

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на
транспорті

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: «Модернізація лінії транспортування зернових культур в умовах
елеваторного комплексу»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕПА-20м
галузь знань 14 – Електрична інженерія
спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
освітня програма «Електромеханічні системи
автоматизації та електропривод»

Лях Дмитро Павлович

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Грабко В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2021 року

Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувача кафедри

д.т.н., проф.
В. М. Кутін
“ ___ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ляху Дмитру Павловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу

керівник роботи Грабко В. В., к.т.н., доц. каф. ЕМСАІТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ___ ” _____ 20__ року № ___

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: структурна схема елеваторного комплексу; характеристики скребкового транспортера: продуктивність 60 т/год, діаметр приводної зірочки 350 мм, діаметр натяжної зірочки 350 мм, довжина транспортера 11,2 м, кількість зубців зірочки 10, крок 100мм, швидкість ланцюга 0,31 м/с

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1 Постановка задачі проектування. 2 Характеристика об'єкта проектування. 3 Розрахунок електропривода скребкового транспортера завальної ями. 4 Розробка автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур. 5 Пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна. 6 Економічна частина. 7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

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

1 Технологічний процес післязбиральної обробки та зберігання зерна. 2 Структура елеваторного комплексу. 3 Характеристика скребкового транспортера. 4 Схема кінематична скребкового транспортера. 5 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи ЕП скребкового транспортера. 6 Вибір елементної бази ЕП скребкового транспортера. 7 Схема електрична функціональна ЕП скребкового транспортера. 8 Моделювання ЕП скребкового транспортера. 9 Схема функціональна автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур. 10 Лицьова панель щита керування елеваторного комплексу. 11 Схема електрична принципова автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур. Силові кола. 12 Схема електрична принципова автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур. Кола керування.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Грабко В. В., к.т.н., доц. каф. ЕМСАПТ		
Економічна частина	Мельничук Л.М., доцент		
Охорона праці	Кобилянський О.В., д. пед. н., професор, зав. каф. БЖД		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми (МКР)		
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР		
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР		
4	Виконання розділу «Економічна частина»		
5	Виконання розділу «Охорона праці»		
6	Попередній захист МКР		
7	Нормоконтроль МКР		
8	Рецензування МКР		
9	Захист МКР		

Студент

(підпис)

Лях Дмитро Павлович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Грабко В. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Лях Д. П. «Модернізація лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу». Магістерська кваліфікаційна робота. – Вінниця : ВНТУ. 2021.– 139 с. Бібліогр. : 15. Іл. : 39. Табл. : 19.

Розроблено автоматизовану систему керування лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу. Розраховано електропривод скребкового транспортера завальної ями елеваторного комплексу. Перевірено правильність проведених розрахунків та прийнятих проектних рішень шляхом комп'ютерного моделювання в Matlab. Розроблено ряд заходів з охорони праці щодо безпечної експлуатації розробленої системи.

Ключові слова: елеватор, електропривод, скребковий транспортер.

АННОТАЦИЯ

Лях Д. П. «Модернизация линии транспортировки зерновых культур в условиях элеваторного комплекса». Магистерская квалификационная работа. – Винница : ВНТУ. 2021. – 139 с. Библиогр. : 15. Ил. : 39. Табл. : 19.

Разработана автоматизированная система управления линии транспортировки зерновых культур в условиях элеваторного комплекса. Рассчитано электропривод скребкового транспортера завальной ямы элеваторного комплекса. Проверена правильность проведенных расчетов и принятых проектных решений путем компьютерного моделирования в Matlab. Разработан ряд мероприятий по охране труда по безопасной эксплуатации разработанной системы.

Ключевые слова: элеватор, электропривод, скребковый транспортер.

ABSTRACT

Lyah D. P. «Modernization of the grain transportation line in the conditions of the elevator complex». Master thesis. – Vinnytsia : VNTU. 2021. – 139 p. Refs. : 15. Il. : 39. Table. : 19.

An automated control system for the grain transportation line in the conditions of the elevator complex has been developed. The electric drive of the scraper conveyor of the filling pit of the elevator complex is calculated. The correctness of the calculations and design decisions was verified by computer simulation in Matlab. A number of labor protection measures have been developed for the safe operation of the developed system.

Keywords: elevator, electric drive, scraper conveyor.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ.....	7
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	8
2.1 Загальна характеристика технологічного процесу транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу	8
2.2 Характеристика об’єкта проектування	10
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЗАВАЛЬНОЇ ЯМИ.....	13
3.1 Технічні характеристики скребкового транспортера.....	13
3.2 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна	16
3.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода.....	18
3.4 Вибір приводного двигуна за потужністю і швидкістю обертання.....	25
3.5 Перевірка вибраного приводного двигуна	30
3.6 Вибір перетворювального пристрою	31
3.7 Розробка функціональної схеми електропривода скребкового транспортера	35
3.8 Моделювання перехідних процесів електропривода скребкового транспортера	36
3.8.1 Моделювання АД з КЗ ротором	36
3.8.2 Моделювання роботи електропривода скребкового транспортера при живленні від перетворювача частоти	39
4 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	45

4.1 Розробка функціональної схеми автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур	45
4.2 Вибір сенсорів рівня та сенсорів підпору.....	47
4.3 Розробка принципової схеми.....	48
5 ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ РОБОЧОГО РЕСУРСУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА	59
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	68
6.1 Розрахунок капітальних вкладень.....	68
6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	69
6.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	69
6.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу.....	69
6.2.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію	71
6.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання	72
6.2.5 Інші витрати.....	74
6.3 Визначення економічної ефективності проекту	76
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	77
7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання	78
7.1.1 Вимоги до організації робочих місць оперативного персоналу	78
7.1.2 Електробезпека.....	80
7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	85
7.2.1 Мікроклімат	85
7.2.2 Склад повітря робочої зони	86
7.2.3 Виробниче освітлення	87
7.2.4 Виробничий шум.....	89
7.2.5 Психофізіологічні фактори	91

7.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи лінії транспортування зернових культур в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуаціях	92
7.3.1 Дослідження безпеки роботи лінії транспортування зернових культур в умовах дії іонізуючих випромінювань	94
7.3.2 Дослідження безпеки роботи лінії транспортування зернових культур в умовах дії ЕМІ	95
7.3.3 Розробка засобів по підвищенню безпечної роботи лінії транспортування зернових культур в умовах надзвичайних ситуацій.....	97
ВИСНОВКИ.....	100
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	101
Додаток А Технічне завдання.....	103
Додаток Б Ілюстративні матеріали.....	107

ВСТУП

Однією із відмінних особливостей сучасного виробництва є автоматизація технологічних процесів. Це дозволяє здійснювати керування ними без безпосередньої участі людей. Таким чином автоматизація забезпечує зменшення трудових затрат, покращення умов виробництва, підвищення продуктивності та якості випущеної продукції.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування машинами механізмами, які забезпечують транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу.

Об'єкт дослідження – процес транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу.

Предмет дослідження – вдосконалення системи автоматизованого електропривода скребкового транспортера завальної ями.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

Магістерська кваліфікаційна робота передбачає модернізацію автоматизованої системи керування машинами механізмами, які забезпечують транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу, який знаходиться в с. Холосне (Коростенський район, Житомирська область).

В ході проектування необхідно вирішити такі задачі:

1. Здійснити загальну характеристику технологічного процесу транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу.
2. Розрахувати електропривод скребкового транспортера та вибрати його елементи з врахуванням техніко-економічних показників.
3. Розробити автоматизовану систему керування лінії транспортування зернових культур.
4. Перевірити правильність прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання.
5. Розробити пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна.
6. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.
7. Зробити загальні висновки.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Загальна характеристика технологічного процесу транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу

Після збирання урожаю зернових культур їх вологість зазвичай відрізняється від оптимального для тривалого зберігання значення. Таким чином спочатку потрібно довести вологість зерна до бажаного значення, а потім забезпечити його зберігання в належних умовах. Усі ці операції реалізують на елеваторних комплексах.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд елеваторного комплексу

Елеватор – зерносховище, обладнане пристосуваннями для підймання, сушіння, зберігання великої кількості зерна [1].

Елеваторний комплекс – це сукупність будівель, споруд та пристроїв, які призначені для транспортування, технологічної обробки та зберігання зерна. Магістралі транспортування продукту пов'язують між собою ці механізми та

споруди. Для транспортування продукції, комбінуючи обладнання можна побудувати будь-яку потрібну послідовність транспортування.

Технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна має такі основні етапи (рисунок 2.2) [2]:

- приймання та розміщення зерна;
- очищення та сортування зерна;
- сушіння зерна;
- зберігання зерна;
- перевалка зерна;
- відвантаження зерна.

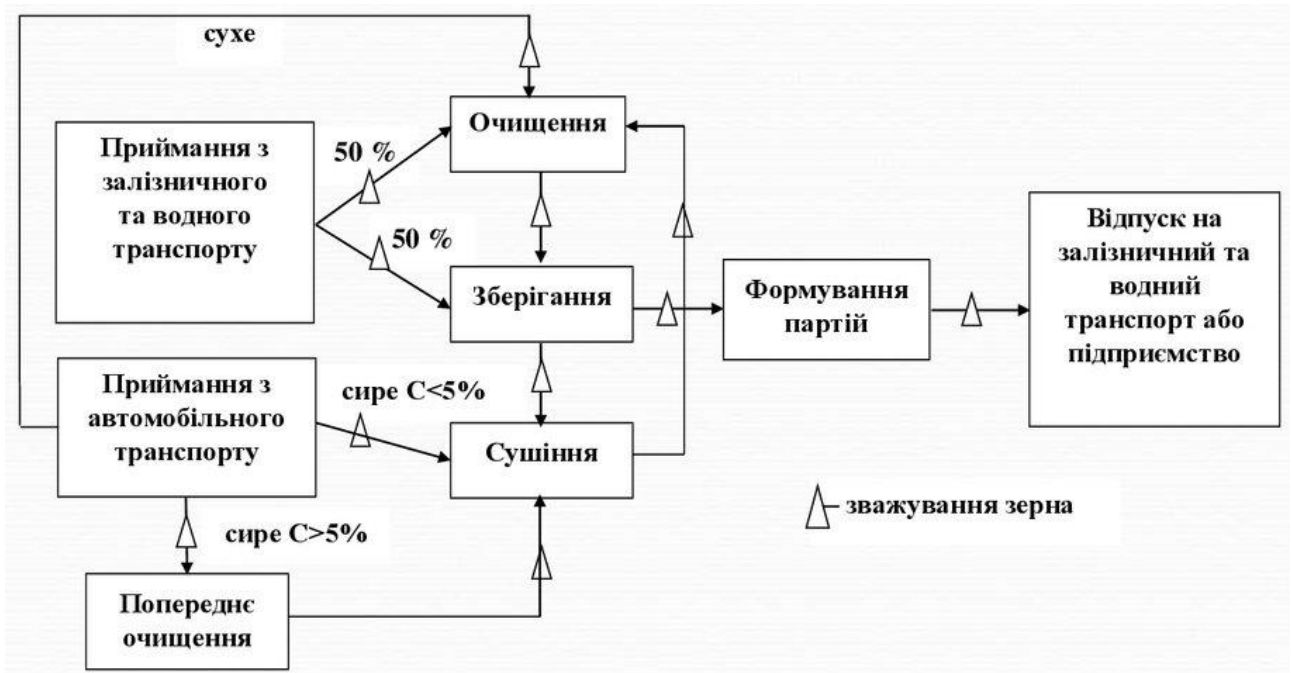


Рисунок 2.2 – Узагальнена структурна схема технологічного процесу післязбиральної обробки та зберігання зерна

Приймання зерна з автомобільного транспорту відбувається до приймально-очисних башт. Подальше транспортування зерна до силосних споруд, зерносушарок чи на відвантаження відбувається за допомогою системи із декількох конвеєрів та норій [2].

2.2 Характеристика об'єкта проектування

Узагальнена структурна схема елеваторного комплексу, який знаходиться в с. Холосне (Коростенський район, Житомирська область) зображена на рисунку 2.3.

Послідовність транспортування зерна на елеваторному комплексі:

1. Зерно завозиться на територію елеваторного комплексу за допомогою автотранспорту, який розвантажується в завальну яму;

2. Із завальної ями зерно транспортується в хопери 1 та 2, або подається на очистку за допомогою таких механізмів:

- скребковий транспортер завальної ями (Т1);
- норія завальної ями (Н1);
- трьохходовий перемикач 1.

Зазначені механізми утворюють технологічну лінію завантаження хоперів та очистки зерна;

3. Із хоперів 1 та 2 вологе зерно подається в зерносушарку за допомогою таких механізмів:

- скребковий транспортер хопера 1 (Т2);
- скребковий транспортер хопера 2 (Т3);
- норія завантаження проміжного бункера сушарки (Н2).

Зазначені механізми утворюють технологічну лінію завантаження сушарки;

4. Із сушарки сухе та охолоджене зерно транспортується на зберігання в силоси 1 та 2 за допомогою таких механізмів:

- норія вивантаження сушарки (Н3);
- перемикач 2;

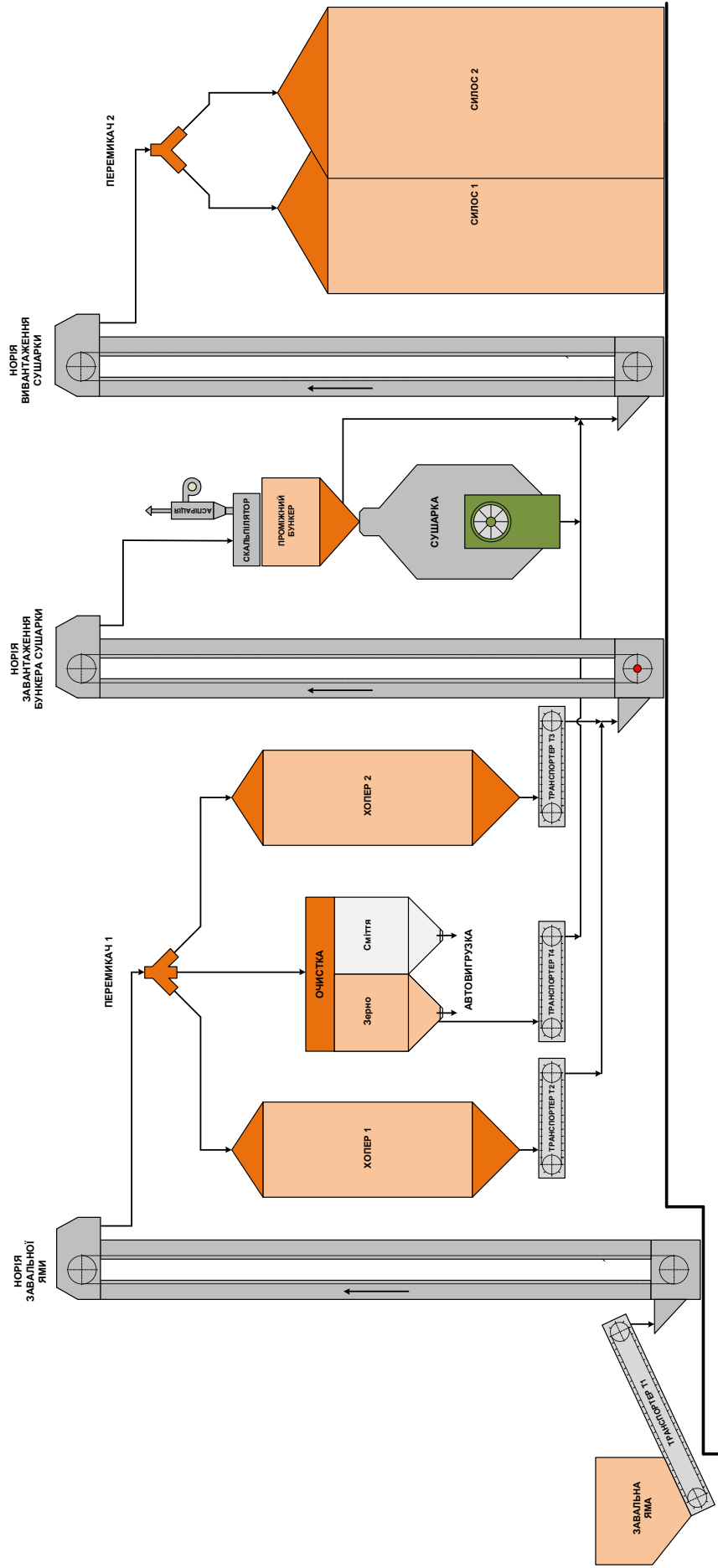


Рисунок 2.3 – Узагальнена структурна схема елеваторного комплексу

5. Якщо завезене зерно є сухим, то його транспортують одразу на зберігання силоси 1 та 2 після його очищення:

- скребковий транспортер очистки (Т4);
- норія вивантаження сушарки (НЗ);
- перемикач 2.

Робота усіх механізмів, які працюють в складі технологічних ліній чи окремо по повинна бути організована таким чином, щоб не допустити завалу механізмів зерном як в нормальному режимі роботи, так і при виникненні нештатних ситуацій та некваліфікованих дії персоналу.

З метою проведення налагоджувальних та ремонтних робіт кожен з механізмів повинен передбачати роботу не лише в автоматичному але і ручному режимі роботи.

Висновок. В даному розділі були приведені загальна характеристика технологічного процесу транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу, а також характеристика об'єкта проектування.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЗАВАЛЬНОЇ ЯМИ

3.1 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 3.1) [3].



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд скребкового транспортера

Особливістю скребкового транспортера є можливість його безперервної роботи, а також те, що його розвантаження може здійснюватися як в кінці транспортера, так і через отвори в днищі. Однією з головних переваг скребкового транспортера є те, що він може бути адаптований до будь-яких виробничих умов, наприклад, він може навіть бути адаптованим для транспортування під кутом 90° і в реверсивному напрямку.

Кінематична схема скребкового транспортера зображена на рисунку 3.2.

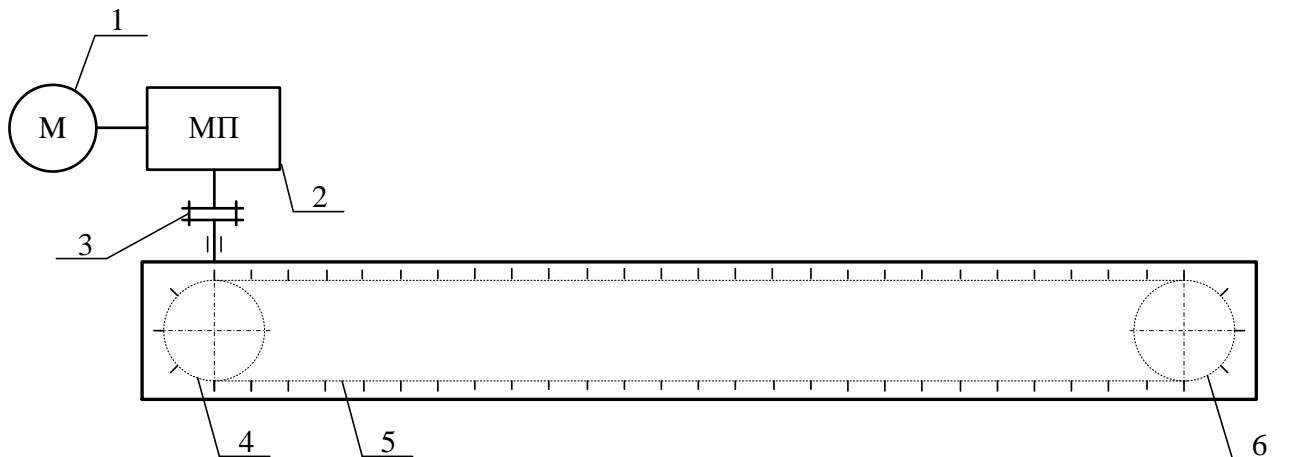


Рисунок 3.2 – Кінематична схема скребкового транспортера:

- 1 – приводний двигун;
- 2 – механічна передача;
- 3 – муфта;
- 4 – приводна зірочка;
- 5 – тяговий ланцюг зі скребками;
- 6 – натяжна зірочка

В нашому випадку розглядається скребковий транспортер Т1, який в умовах елеваторного комплексу забезпечує транспортування зерна із завальної ями до норії завальної ями Н1 (рисунок 3.3).

Основні технічні характеристики скребкового транспортера завальної ями Т1 наведені в таблиці 3.1.

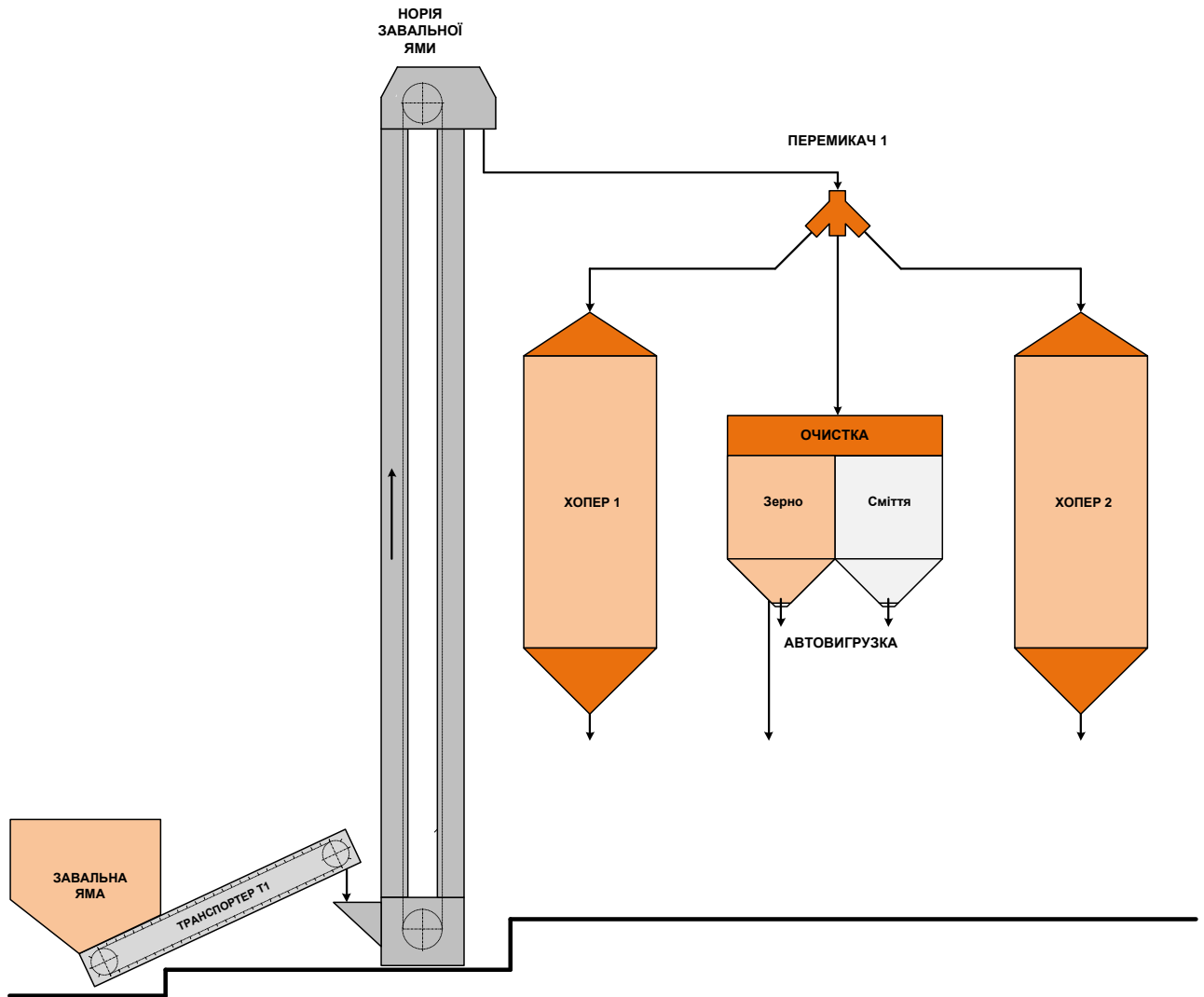


Рисунок 3.3 – Лінія завантаження хоперів (очистки)

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики скребкового транспортера

Параметри	Значення
Продуктивність	60 т/год
Діаметр приводної зірочки	350 мм
Діаметр натяжної зірочки	350 мм
Довжина транспортера	11,2 м
Ширина	200мм
Висота	400мм
Кількість зубців	10
Крок	100мм
Швидкість ланцюга	0,31 м/с

Електропривод скребкового транспортера завальної ями повинен забезпечувати

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

3.2 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна

Швидкість обертання приводної зірочки транспортера при номінальній швидкості транспортування:

$$n_{з. ном} = \frac{60 \cdot V_{ном}}{\pi \cdot D_з}, \quad (3.1)$$

де $V_{ном}$ – номінальна швидкість тягового ланцюга ($V_{ном} = 0,31$ м/с);

$D_з$ – діаметр приводної зірочки ($D_з = 0,35$ м),

$$n_{з. ном} = \frac{60 \cdot 0,31}{\pi \cdot 0,35} = 16,92 \text{ (об/хв)}.$$

Швидкість двигуна при номінальній швидкості транспортування вантажу:

$$n_{ном} = n_{з. ном} \cdot i_{п}, \quad (3.2)$$

де $i_{п}$ – передаточне число механічної передачі ($i_{п} = 56$),

$$n_{ном} = 16,92 \cdot 56 = 947 \text{ (об/хв)}.$$

Кутова швидкість двигуна при номінальній швидкості транспортування вантажу:

$$\omega_{ном} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{ном}}{60}, \quad (3.3)$$

$$\omega_{ном} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 947}{60} = 99,2 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Допустиме кутове прискорення приводного двигуна:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \frac{2 \cdot a_{\text{доп}} \cdot i_{\text{п}}}{D_3}, \quad (3.4)$$

де $a_{\text{доп}}$ – допустиме прискорення ($a_{\text{доп}} = 0,28 \text{ м/с}^2$)

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \frac{2 \cdot 0,28 \cdot 56}{0,28} = 89,6 \text{ (рад/с}^2\text{)}.$$

Час роботи механізму при пуску з допустимим прискоренням:

$$t_{\text{п}} = \frac{V_{\text{НОМ}}}{a_{\text{доп}}}, \quad (3.5)$$

$$t_{\text{п}} = \frac{0,31}{0,28} = 1,11 \text{ (с)}.$$

Розрахункова потужність приводного двигуна ланцюгового транспортера [4]:

$$P_{\text{роз}} = \frac{Q}{367 \cdot \eta_{\text{п}}} \cdot (c \cdot L + H) \cdot k_3, \quad (3.6)$$

де Q – продуктивність транспортера ($Q = 60 \text{ т/Год}$);

L – відстань між барабанами транспортера ($L = 11,2 \text{ м}$);

H – висота підйому вантажу ($H = 1,6 \text{ м}$);

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 (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта c [4]

L, м	Продуктивність Q, т/год			
	10	50	200	400
10	2,00	0,92	0,50	0,37
50	0,66	0,35	0,22	0,18
200	0,35	0,21	0,14	0,12

Розрахункова потужність приводного двигуна ланцюгового транспортера:

$$P_{\text{роз}} = \frac{60}{367 \cdot 0,75} \cdot (0,92 \cdot 11,2 + 1,6) \cdot (1,15 \dots 1,3) = 3,04 \dots 3,37 \text{ (кВт)}.$$

Прирівнявши отриманий діапазон потужностей із стандартним рядом потужностей очевидно, що для привода ланцюгового транспортера необхідно попередньо вибрати двигун з номінальною потужністю 4,0 кВт.

3.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода

Зазвичай транспортери не вимагають регулювання швидкості, лише в окремих випадках, для зміни темпу роботи, повинні забезпечувати неглибоке регулювання $D=(2:1)$ або $D=(3:1)$:

$$D = \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_{\text{min}}}. \quad (3.7)$$

Зазначений діапазон регулювання швидкості забезпечують такі основні системи електричного привода: РКС-ДПС; РКС-АД з ФР, ТП-ДПС; ПЧ-АД.

Використовувати двигуни постійного струму і системи побудовані на їх основі є недоцільним оскільки вони мають значні масо-габаритні показники порівняно з двигуна змінного струму.

Асинхронні двигуни з контактними кільцями і фазним ротором у порівнянні з АД з КЗ ротором мають дещо більші масо-габаритні показники,

більш дорогі, складніші за конструкцією, однак основна їх перевага полягає в можливості зменшення пускового струму при одночасному збільшенні пускового моменту. Оскільки пуски є не частими, то використання систем електропривода на базі АД з ФР є також не виправданим. Окрім того, релейно-контакторна система керування (РКС) передбачає ступінчасте регулювання швидкості та більш складна для включення її в сучасну автоматизовану систему.

Система ТП-ДПС характеризується широким діапазоном регулювання швидкості. Регулювання плавне, плавність регулювання залежить від плавності регулювання напруги. При регулюванні забезпечується висока жорсткість механічних характеристик. Експлуатаційні витрати достатньо малі на відміну від капітальних. Спосіб економічний. ККД знаходиться в межах 0,9 – 0,95.

Система ПЧ-АД характеризується широким діапазоном регулювання швидкості, а отримані характеристики мають високу жорсткість з високими показниками і малими втратами. Використання різних законів керування дозволяє якнайкраще оптимізувати роботу електричного привода.

При порівнянні можливих варіантів вирішення будь-якого завдання кращим, за інших рівних умов, вважається варіант, який передбачає мінімум приведених витрат [5]:

$$Z = E_n \cdot K + C, \quad (3.8)$$

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:

$$K = D + CK, \quad (3.9)$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 3780$ грн [6]);

CK – вартість системи керування ($CK = 11357$ грн [7]),

$$K = 3780 + 11357 = 15137 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні витрати [5]:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K, \quad (3.10)$$

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 15137 = 2573,29 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування [5]:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O, \quad (3.11)$$

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 [5]:

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (3.12)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 15137 = 1513,7 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на ремонт електрообладнання приймають в розрахунку 2% від капітальних вкладень [5]:

$$C_P = 0,02 \cdot K, \quad (3.13)$$

$$C_P = 0,02 \cdot 15137 = 302,74 \text{ (грн/рік)}.$$

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

$$C_D = C_{D1} + C_{D2}, \quad (3.14)$$

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

$C_{д2}$ – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік, грн/рік.

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік [5]:

$$C_{д1} = \Delta W_{\Sigma дв} \cdot c, \quad (3.15)$$

де $\Delta W_{дв}$ – 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) ($c = 3,44$ грн/(кВт·год)).

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [5]:

$$\Delta W_{\Sigma дв} = (\Delta P_{ном} + \Delta P_{перех.}) \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (3.16)$$

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

$\Delta P_{перех.}$ – 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 [5]:

$$\Delta P_{ном} = P_{ном} \cdot \frac{1 - \eta_{ном}}{\eta_{ном}}, \quad (3.17)$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{ном} = 4,0$ кВт);

$\eta_{ном}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{ном} = 0,82$),

$$\Delta P_{ном} = 4,0 \cdot \frac{1 - 0,82}{0,82} = 0,9 \text{ (кВт)}.$$

Додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних [5]:

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{ном}}, \quad (3.18)$$

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot 0,9 = 0,09 \text{ (кВт)}.$$

Дійсний фонд часу роботи електричного привода за рік [5]:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot Z_{\text{р.з.}} \cdot t_{\text{р.з.}}, \quad (3.19)$$

де ε – відносна тривалість ввімкнення ($\varepsilon = 0,8$);

$Z_{\text{р.д.}}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{\text{р.д.}} = 90$ 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),

$$\Phi = 1 \cdot 90 \cdot 2 \cdot 12 = 1728 \text{ (год/рік)}.$$

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули (3.16):

$$\Delta W_{\Sigma \text{дв}} = (0,9 + 0,09) \cdot 0,8 \cdot 1728 = 1335,2 \text{ ((кВт} \cdot \text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (3.15):

$$C_{\text{д1}} = 1335,2 \cdot 3,44 = 4593,07 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік [5]:

$$C_{\text{д2}} = \Delta W_{\Sigma \text{ск}} \cdot c, \quad (3.20)$$

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

Втрати енергії в системі керування за рік [5]:

$$\Delta W_{\Sigma \text{ск}} = \Delta P_{\text{ск}} \cdot k_z \cdot \Phi, \quad (3.21)$$

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

Втрати потужності в системі керування [5]:

$$\Delta P_{\text{ск}} = P_{\text{сп}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{пп}}}{\eta_{\text{пп}}}, \quad (3.22)$$

де $P_{\text{пп}}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{\text{пп}} = 5,5$ кВт);

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

$$\Delta P_{\text{ск}} = 5,5 \cdot \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,11 \text{ (кВт)}.$$

Втрати потужності в системі керування згідно формули (3.21):

$$\Delta W_{\Sigma\text{ск}} = 0,11 \cdot 0,8 \cdot 1728 = 155,2 \text{ ((кВт}\cdot\text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (3.20):

$$C_{\text{Д}2} = 155,2 \cdot 3,44 = 533,78 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (3.14):

$$C_{\text{Д}} = 4593,07 + 533,78 = 5126,85 \text{ (грн/рік)}.$$

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

$$C_{\text{О}} = 0,05 \cdot (C_{\text{А}} + C_{\text{Р}} + C_{\text{Д}}), \quad (3.23)$$

$$C_{\text{О}} = 0,05 \cdot (1513,7 + 302,74 + 5126,85) = 347,16 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування згідно формули (3.11):

$$C = 1513,7 + 302,74 + 5126,85 + 347,16 = 7290,45 \text{ (грн/рік)}.$$

Приведені витрати згідно формули (3.8):

$$З = 0,17 \cdot 15137 + 7290,45 = 9863,74 \text{ (грн/рік)}.$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведемо в порівняльну таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця

Показники	Системи електричного привода			
	РКС-ДПС	РКС-АД з ФР	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	9450	7560	9450	3780
Вартість системи керування СК, грн	3407,1	3974,95	10221,3	11357
Капітальні вкладення К, грн	12857,1	11534,95	19671,3	15137
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	2185,71	1960,94	3344,12	2573,29
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	1285,71	1153,50	1967,13	1513,70
Відрахування на ремонт C_P , грн/рік	257,14	230,70	393,43	302,74
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	22029,75	13311,41	5969,65	5126,85
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	1178,63	734,78	416,51	347,16
Загальні відрахування C , грн/рік	24751,23	15430,38	8746,72	7290,45
Приведені витрати З, грн/рік	26936,94	17391,33	12090,84	9863,74

Очевидно, що найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД, оскільки приведені витрати для неї є найменшими і становлять 9863,74 грн/рік.

3.4 Вибір приводного двигуна за потужністю і швидкістю обертання

Умови вибору приводного двигуна [5, 8]:

$$\begin{cases} P_{\text{дв.н}} \geq P_{\text{роз}}, \\ \omega_{\text{дв.н}} \geq \omega_{\text{роз}}, \end{cases} \quad (3.24)$$

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

$P_{\text{роз}}$ – розрахункова потужність приводного двигуна, кВт;

$\omega_{\text{дв.н}}$ – номінальна кутова швидкість приводного двигуна, с^{-1} ;

$\omega_{\text{роз}}$ – розрахункова кутова швидкість, с^{-1} .

Для привода ланцюгового транспортера попередньо вибираємо АД з КЗ ротором типу АИР112МВ6 [9, 10, 11].

Паспортні дані приводного двигуна наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Паспортні дані приводного двигуна [9, 10, 11]

Параметри двигуна	Значення
Тип	АИР112МВ6
Номінальна потужність $P_{\text{дв.н}}$, кВт	4,0
Номінальна напруга $U_{\text{дв.н}}$, В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{дв.н}}$, об/хв	960
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{н}}$	0,76
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н}}$	0,82
Номінальний струм статора $I_{\text{дв.н}}$, А	9,75
Кратність пускового струму $I_{\text{дв.п}} / I_{\text{дв.н}}$	6,5
Кратність пускового моменту $M_{\text{дв.п}} / M_{\text{дв.н}}$	2,1
Кратність критичного моменту $M_{\text{дв.к}} / M_{\text{дв.н}}$	2,1
Активний опір ротора R_1 , Ом	1,8
Реактивний опір ротора X_1 , Ом	1,7

Продовження таблиці 3.4

Параметри двигуна	Значення
Приведений активний опір статора R_2' , Ом	1,5
Приведений реактивний опір ротора X_2' , Ом	2,6
Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$, кг·м ²	0,0425

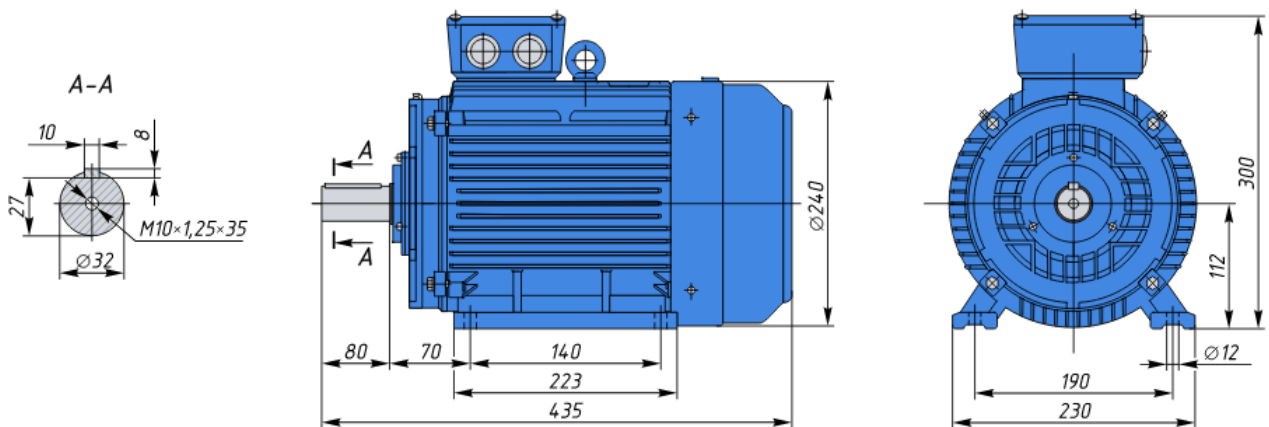


Рисунок 3.4 – Габаритні та установочні розміри двигуна АІР112МВ6
(виконання ІМ1081)

Синхронна кутова швидкість приводного двигуна:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}, \quad (3.25)$$

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

p – чило пар полюсів електричної машини ($p = 3$),

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot 50}{3} = 104,72 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальна кутова швидкість обертання:

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{дв.н}}}{60}, \quad (3.26)$$

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot 960}{60} = 100,5 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номинальний момент приводного двигуна:

$$M_{\text{дв.н}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{дв.н}}}{n_{\text{дв.н}}}, \quad (3.27)$$

$$M_{\text{дв.н}} = 9550 \cdot \frac{4,0}{960} = 39,8 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Китичний момент приводного двигуна:

$$M_{\text{дв.к}} = M_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{к}}, \quad (3.28)$$

$$M_{\text{дв.к}} = 39,8 \cdot 2,1 = 83,6 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Пусковий момент приводного двигуна:

$$M_{\text{дв.п}} = M_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{п}}, \quad (3.29)$$

$$M_{\text{дв.п}} = 39,8 \cdot 2,1 = 83,6 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Пусковий струм приводного двигуна:

$$I_{\text{дв.п}} = I_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{п}}, \quad (3.30)$$

$$I_{\text{дв.п}} = 9,75 \cdot 6,5 = 63,4 \text{ (А)}.$$

Номинальне ковзання:

$$s_{\text{н}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{дв.н}}}{\omega_0}, \quad (3.31)$$

$$s_{\text{н}} = \frac{104,72 - 100,5}{104,72} = 0,04.$$

Критичне ковзання:

$$s_{\text{к}} = s_{\text{н}} \cdot (\lambda_{\text{к}} + \sqrt{\lambda_{\text{к}}^2 - 1}), \quad (3.32)$$

$$s_{\text{к}} = 0,04 \cdot (2,1 + \sqrt{2,1^2 - 1}) = 0,16.$$

Механічна характеристика згідно формули Клоса:

$$M(s) = \frac{2 \cdot M_{\text{дв.к}} \cdot (1 + a \cdot s_{\text{к}})}{\frac{s}{s_{\text{к}}} + 2 \cdot a \cdot s_{\text{к}} + \frac{s_{\text{к}}}{s}}, \quad (3.33)$$

де a – розрахунковий коефіцієнт,

$$a = \frac{R_1}{R'_2}, \quad (3.34)$$

$$a = \frac{1,8}{1,5} = 1,2.$$

Механічна характеристика згідно формули Клоса, відповідно до рівняння (3.33):

$$M(s) = \frac{2 \cdot 83,6 \cdot (1 + 1,2 \cdot 0,16)}{\frac{s}{0,16} + 2 \cdot 1,2 \cdot 0,16 + \frac{0,16}{s}}.$$

Механічна характеристика згідно формули Чекунова:

$$M(s) = M_{\text{дв.к}} \cdot \frac{2 + (s^2 - s_{\text{к}}^2) \cdot K_s}{\frac{s}{s_{\text{к}}} + \frac{s_{\text{к}}}{s}}, \quad (3.35)$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт,

$$K_s = \frac{\frac{\lambda_{\text{пуск}}}{\lambda_{\text{к}}} \cdot \left(\frac{1}{s_{\text{к}}} + s_{\text{к}} \right) - 2}{1 - s_{\text{к}}^2}, \quad (3.36)$$

$$K_s = \frac{\frac{2,1}{2,1} \cdot \left(\frac{1}{0,16} + 0,16 \right) - 2}{1 - 0,16^2} = 4,6.$$

Механічна характеристика згідно формули Чекунова, відповідно до рівняння (3.35):

$$M(s) = 83,6 \cdot \frac{2 + (s^2 - 0,16^2) \cdot 4,6}{\frac{s}{0,16} + \frac{0,16}{s}}$$

Механічні характеристики приводного двигуна, побудовані в Mathcad, зображені на рисунку 3.5.

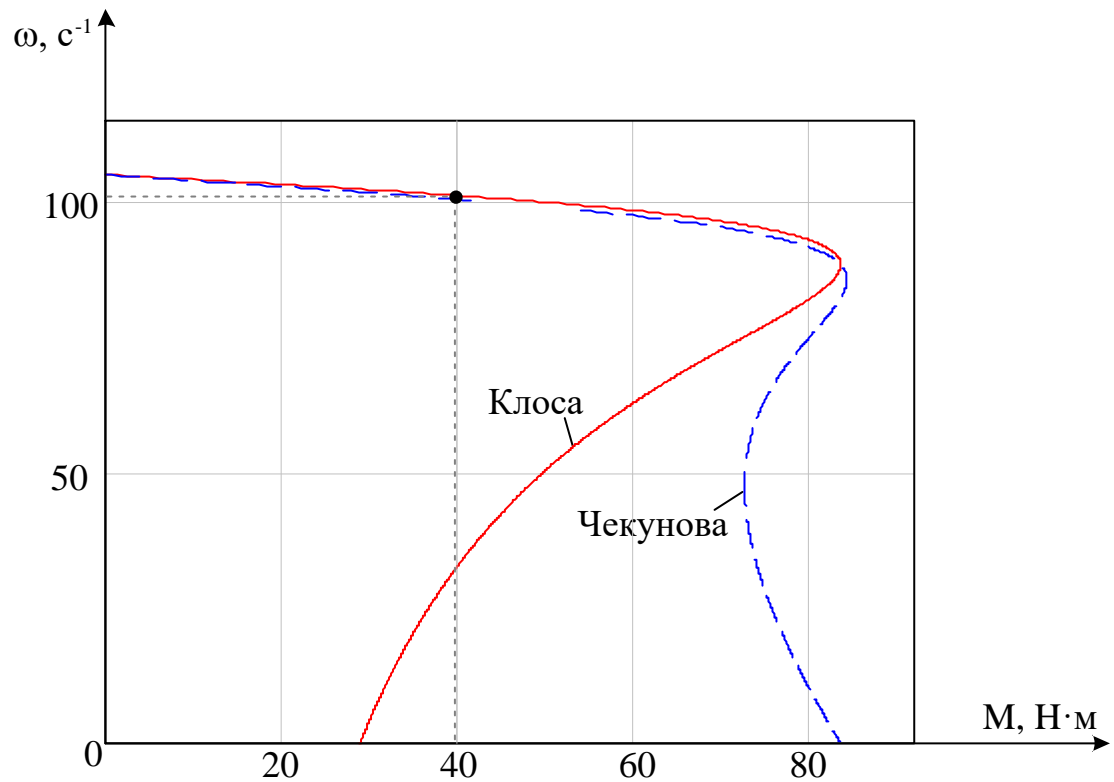


Рисунок 3.5 – Природні механічні характеристики АД з КЗ ротором

3.5 Перевірка вибраного приводного двигуна

Скребоквий транспортер працює переважно в режимі S1, а тому здійснювати перевірку за нагрівом немає необхідності, вона виконується автоматично виходячи з умови вибору приводного двигуна. Головною вимогою є забезпечення надійного пуску при повному завантаженні транспортера.

Умова перевірки:

$$k_u^2 \cdot M_{\text{дв.п}} \geq k_z \cdot M_c, \quad (3.37)$$

де k_u – коефіцієнт, який враховує можливе падіння напруги в мережі при пуску ($k_u = 0,9$);

k_z – коефіцієнт запасу при пуску, який враховує збільшення моменту навантаження за рахунок тертя спокою та динамічну складову навантаження ($k_z = 1,5$);

M_c – момент статичного опору при номінальному завантаженні механізму.

Розрахункове значення моменту статичного опору при номінальному завантаженні транспортера:

$$M_c = \frac{1000 \cdot Q}{367 \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \omega_{\text{ном}}} \cdot (c \cdot L + H), \quad (3.38)$$

$$M_c = \frac{1000 \cdot 60}{367 \cdot 0,75 \cdot 99,2} \cdot (0,92 \cdot 11,2 + 1,6) = 26,2 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Умова перевірки згідно (3.37):

$$0,9^2 \cdot 83,6 \geq 1,5 \cdot 26,2,$$

$$67,7 \geq 39,3.$$

Умова перевірки виконується, отже пуск під навантаженням буде надійним.

3.6 Вибір перетворювального пристрою

Умови вибору перетворювача частоти [5, 8]:

$$\begin{cases} P_{\text{ПЧ}} \geq P_{\text{дв.сп}}, \\ I_{\text{ПЧ}} \geq I_{\text{дв.н}}, \end{cases} \quad (3.39)$$

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 [5, 8]:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot P_{\text{дв.н}}}{\eta_{\text{дв.н}}}, \quad (3.40)$$

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

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{1 \cdot 4,0}{0,82} = 5,12 \text{ (кВт)}.$$

Необхідна робоча потужність перетворювача частоти [5, 8]:

$$P_{\text{ПЧ}} \geq \frac{P_{\text{дв.пуск}}}{\lambda_{\text{ПЧ}}}, \quad (3.41)$$

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 [5, 8]:

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{k \cdot \omega_{\text{ном}}}{\eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} \cdot 1,5 \cdot M_s, \quad (3.42)$$

де n – оберти до яких потрібно розігнати двигун за час t , об/хв,

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{1 \cdot 99,2}{0,82 \cdot 0,76} \cdot 1,5 \cdot 26,2 = 4,98 \text{ (кВт)}.$$

Відповідно до виразу (3.41):

$$P_{\text{ПЧ}} \geq \frac{4,98}{1,5} = 3,32 \text{ (кВт)};$$

Струм який споживає електродвигун при лінійному розгоні не повинен перевищувати пусковий струм перетворювача частоти [5, 8]:

$$I_{\text{ПЧ пуск}} \geq \frac{k \cdot \omega_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi_{\text{НОМ}} \cdot U_{\text{дв.н}} \cdot \sqrt{3}} \cdot 1,5 \cdot M_c, \quad (3.43)$$

де $U_{\text{НОМ}}$ – напруга на обмотка двигуна на номінальних обертах, В,

$$I_{\text{ПЧ пуск}} \geq \frac{1 \cdot 99,2}{0,82 \cdot 0,76 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1,54 \cdot 26,2 = 9,96 \text{ (А)}.$$

Відповідно до розрахункових даних вибираємо з перетворювач частоти ATV212HU55N4 фірми Schneider Electric [12] (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд о перетворювача частоти ATV212HU55N4 Schneider Electric 5,5 кВт

Схема підключення ATV212HU55N4 Schneider Electric зображена на рисунку 3.7, а його технічні характеристики представлені в таблиці 3.5.

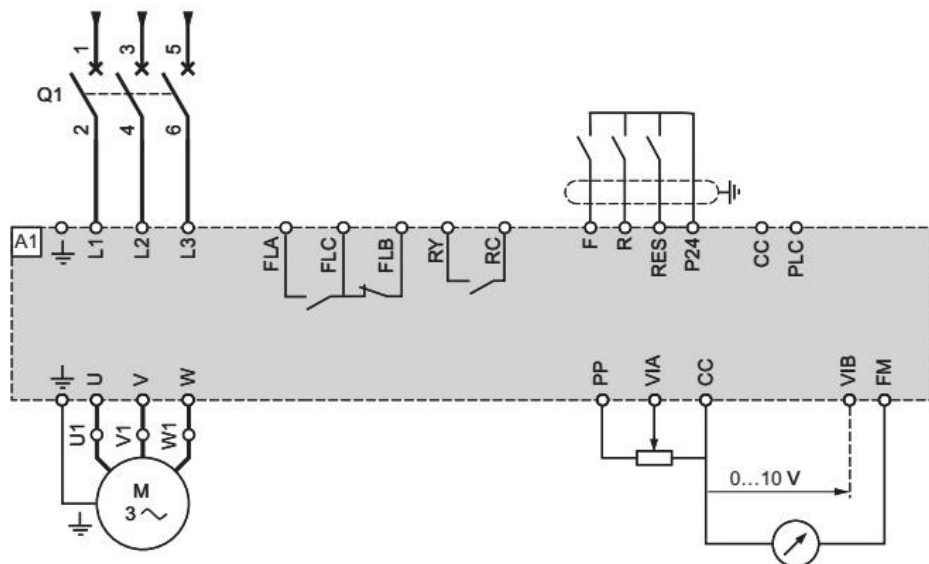


Рисунок 3.7 – Схема підключення ATV212HU55N4 Schneider Electric

Таблиця 3.5– Технічні характеристики перетворювача частоти [12]

Характеристики	Значення
Бренд	Schneider Electric
Серія	Altivar 212
sku	ATV212HU55N4
Потужність	5.5 кВт
Число фаз / напруга на вході	3-ф / 380 В
Число фаз / напруга на виході	3-ф / 380 В
M_{\max} (1 min)	110% – 130%
Струм номінальний	12 А
Струм протягом 1 хвилини	10,3 А
Максимальна вихідна частота	200 Гц

Продовження таблиці 3.5

Характеристики	Значення
Ступінь захисту	IP 20
ЕМС фільтр	є
Вбудований ПЛК	немає
Вбудований регулятор	ПД
Скалярний режим керування	є
Векторний режим керування без енкодера	є
Лінійний закон керування U / f	є
Квадратичний закон керування U / f^2	є
Панель програмування в комплекті з ПЧ	незнімна
Розширена панель програмування	VW3A1101
Програматор	VW3A8121
Максимальне число фіксованих швидкостей	7
Число / тип аналогових входів	2 (1: 0-10V; 1: 0-10V або 0 (4)-20mA)
Число дискретних входів	3
Число / тип аналогових виходів	1 (1: 0-10V або 0 (4)-20mA)
Число релейних виходів	2
Вбудований потенціометр (або номінал опору)	немає
Протокол LonWorks	VW3A21212
Протокол BACnet	опція
Інтерфейс RS-485 / Modbus	є

3.7 Розробка функціональної схеми електропривода скребкового транспортера

Система керування електропривода скребкового транспортера завальної ями повинна бути побудована таким чином, щоб забезпечувати дистанційне керування в ручному та автоматичному режимах, а також забезпечувала необхідні захисти.

Відповідна функціональна схема електропривода скребкового транспортера завальної ями зображена на рисунку 3.8.

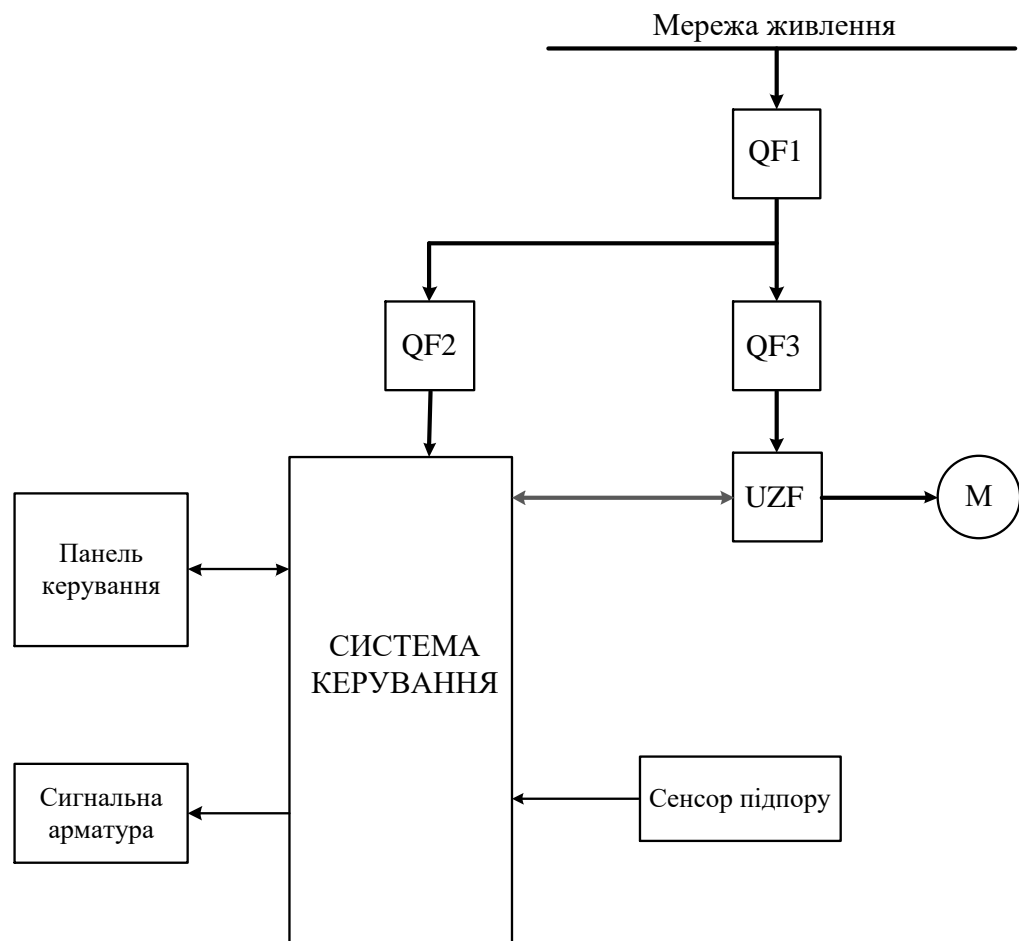


Рисунок 3.8 – Функціональна схема ЕП скребкового транспортера

3.8 Моделювання перехідних процесів електропривода скребкового транспортера

3.8.1 Моделювання АД з КЗ ротором

Модель АД в Matlab Simulink зображена на рисунку 3.9.

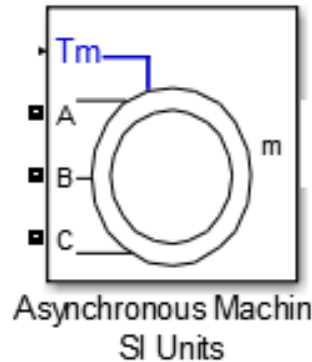


Рисунок 3.9 – Модель АД в Matlab Simulink

Для налаштування моделі необхідно додатково розрахувати такі параметри АД:

– приведена індуктивність розсіювання статора і ротора:

$$L'_c = L'_p = \frac{U_{\phi, \text{ном}}}{4 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot (1 + C^2) \cdot \lambda_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{дв.н}}}, \quad (3.44)$$

де C – розрахунковий коефіцієнт (його значення приймають в межах від 1,01 до 1,05, прийmemo $C = 1,028$),

$$L'_c = L'_p = \frac{220}{4 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (1 + 1,0248^2) \cdot 6,5 \cdot 9,75} = 0,00269 \text{ (Гн)};$$

– індуктивність статора:

$$L_c = \frac{U_{\phi, \text{ном}}}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot I_{\text{дв.н}} \sqrt{1 - \cos^2 \phi} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot M_{\text{к}} \cdot s_{\text{н}}}{p_1 \cdot U_{\phi, \text{ном}} \cdot s_{\text{к}}}}, \quad (3.45)$$

$$L_c = \frac{220}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 9,75 \cdot \sqrt{1 - 0,76^2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 83,6}{3 \cdot 220} \cdot \frac{0,04}{0,16}} = 0,110885 \text{ (Гн)};$$

– індуктивність кола намагнічування:

$$L_m = L_c - L'_c, \quad (3.46)$$

$$L_m = 0,110885 - 0,00269 = 0,108191 \text{ (Гн)}.$$

Схема в Matlab Simulink для моделювання АД зображена на рисунку 3.10.

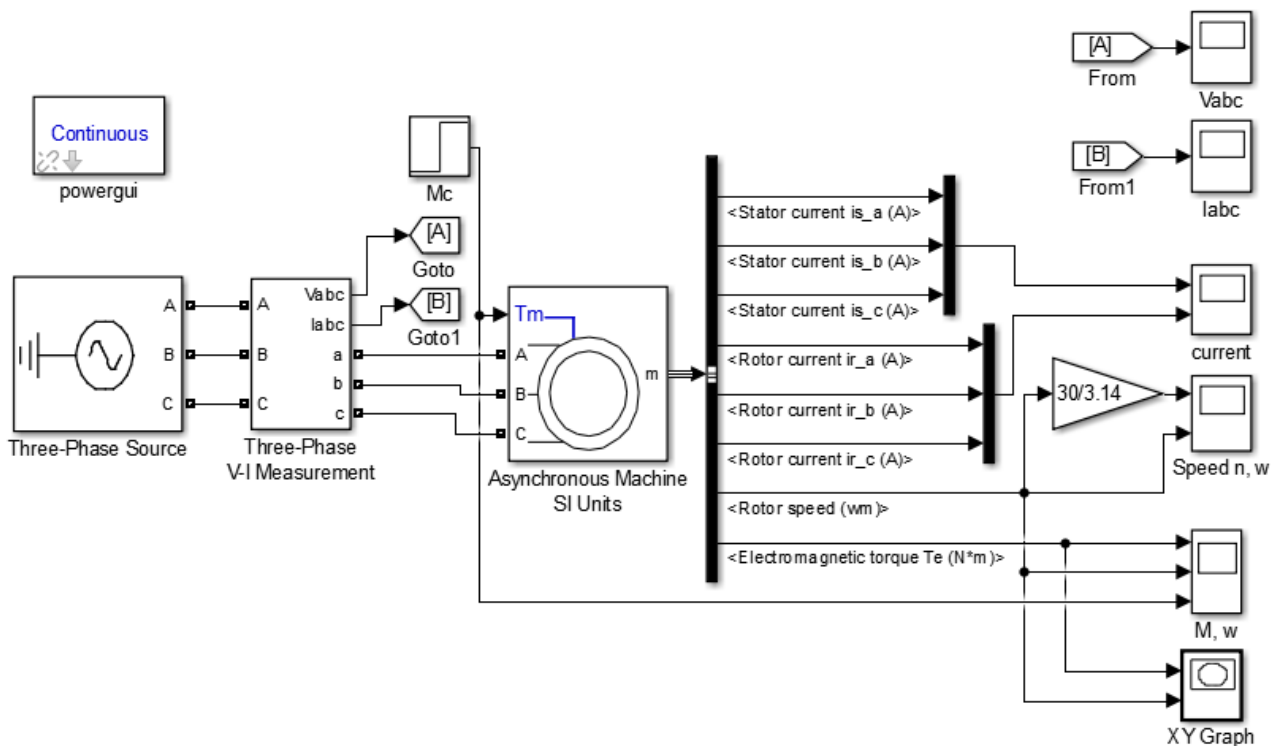


Рисунок 3.10 – Схема АД в Simulink

В результаті моделювання отримуємо:

- 1) перехідні процеси зміни струмів в фазах статора та ротора АД (рисунок 3.11);
- 2) динамічну механічну характеристику АД (рисунок 3.12);
- 3) перехідні процеси зміни моменту та швидкості АД при його прямому пуску (рисунок 3.13).

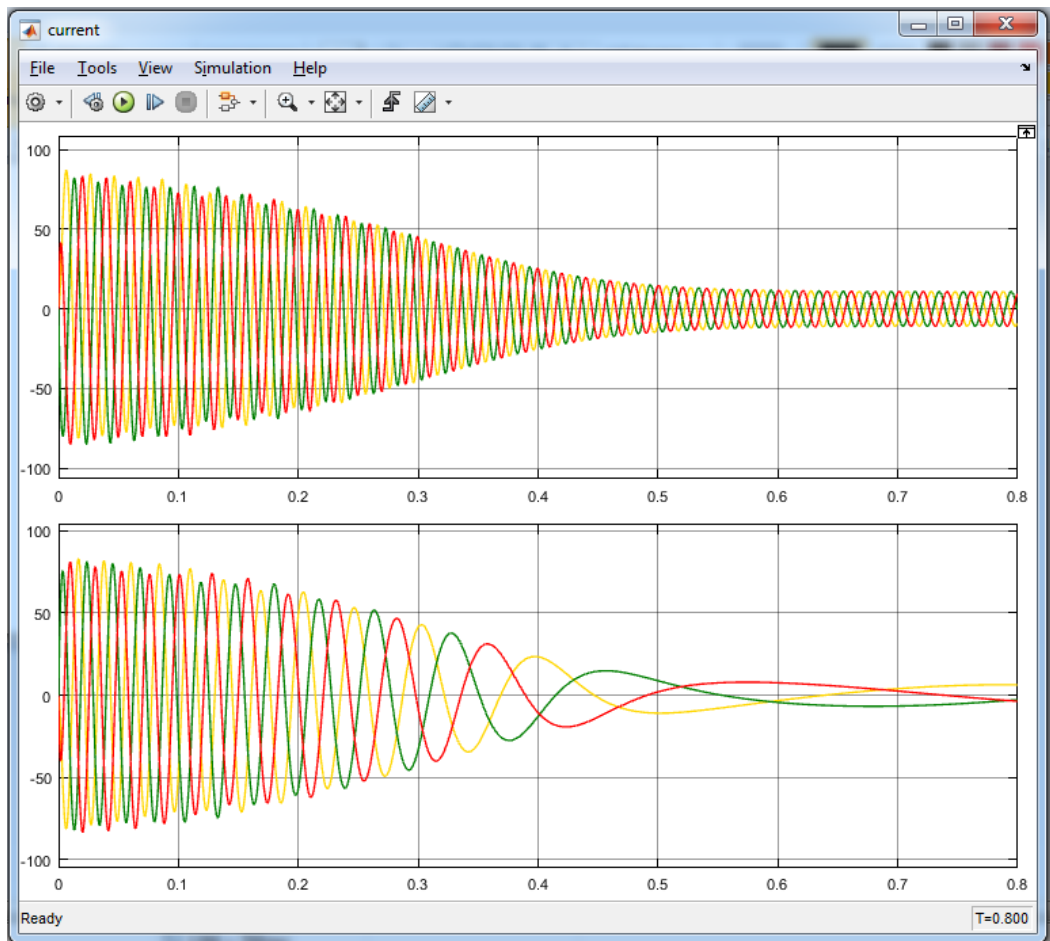


Рисунок 3.11 – Перехідні процеси зміни струмів в фазах статора та ротора АД

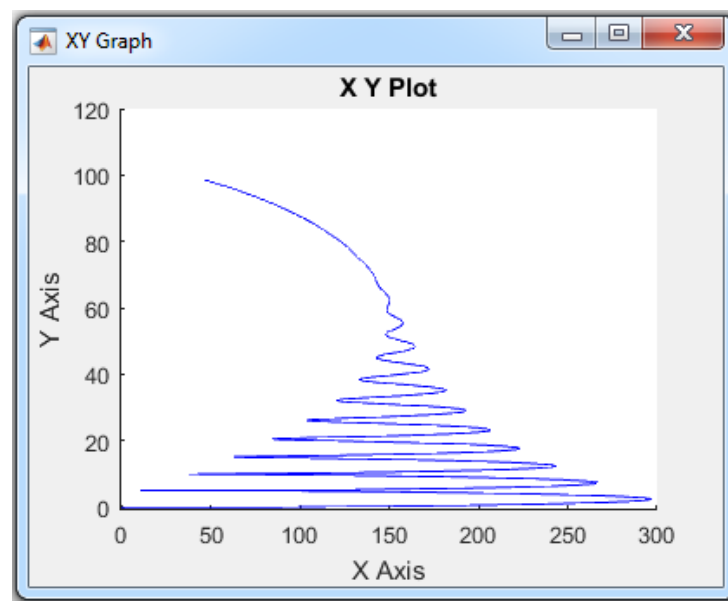


Рисунок 3.12 – Динамічна механічна характеристика АД

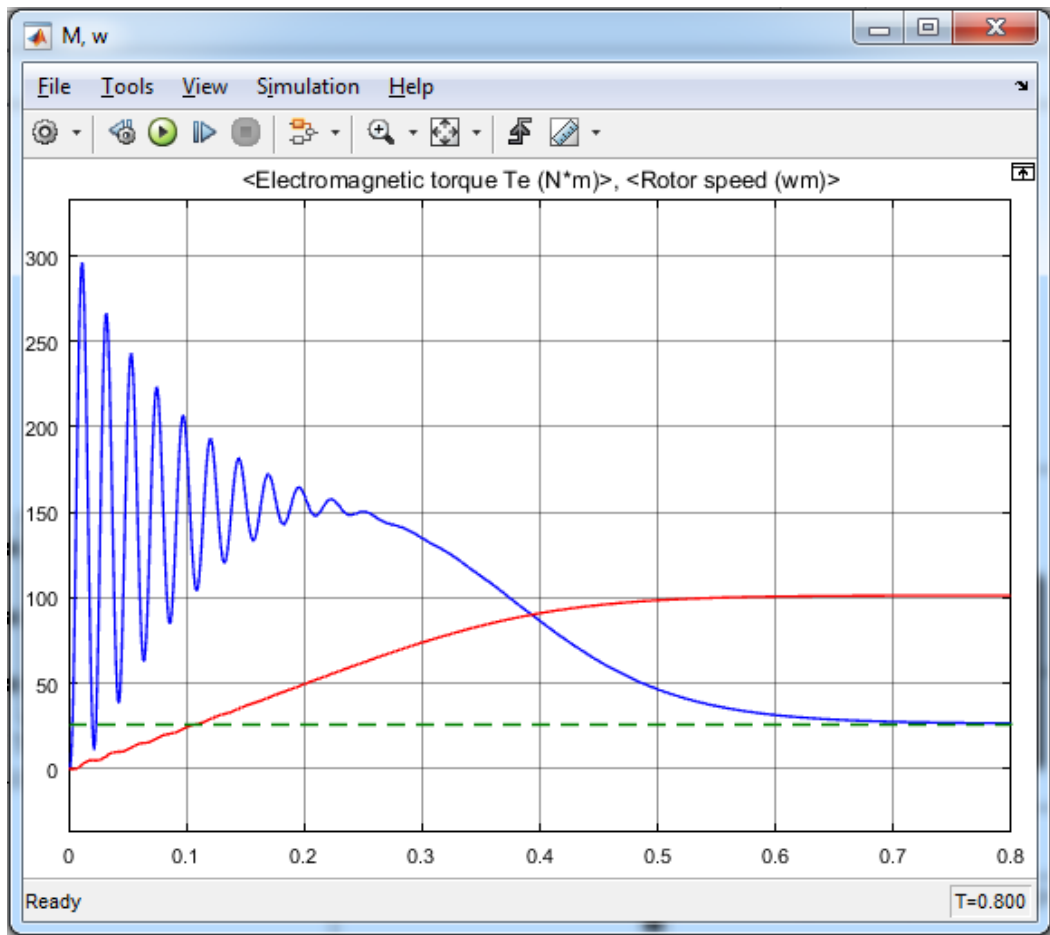


Рисунок 3.13 – Перехідні процеси зміни моменту та швидкості АД при прямому пуску

3.8.2 Моделювання роботи електропривода скребкового транспортера при живленні від перетворювача частоти

Для проведення моделювання електропривода скребкового транспортера при живленні від перетворювача частоти необхідно розрахувати параметри елементів структурної схеми, яка зображена на рисунку 3.14.

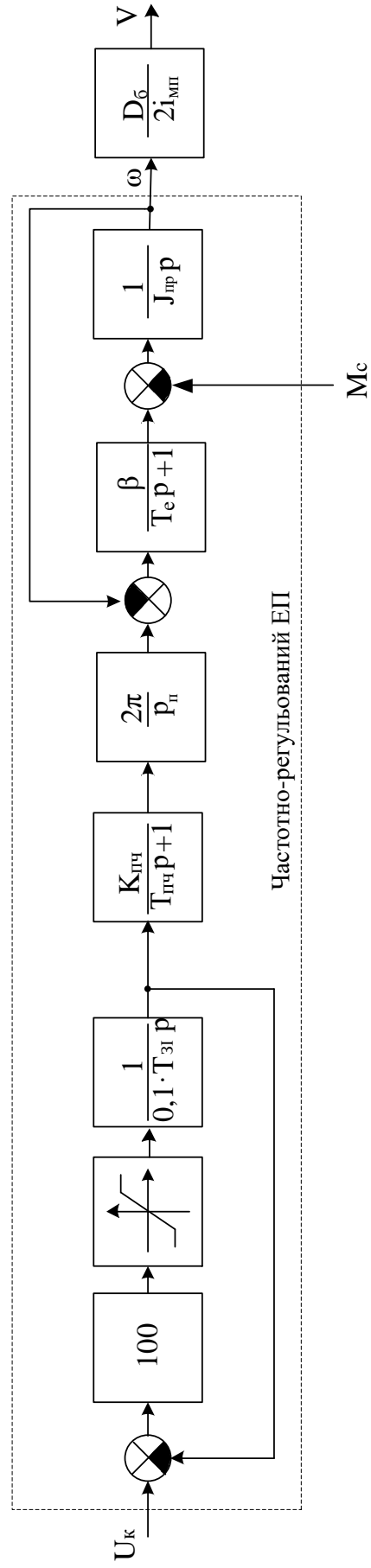


Рисунок 3.14 – Структурна схема електропривода скребкового транспортера при живленні від ПЧ

Модуль жорсткості механічної характеристики АД:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{\kappa}}{\omega_0 \cdot s_{\kappa}}, \quad (3.1)$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 83,6}{104,7 \cdot 0,16} = 10,1.$$

Електромагнітна стала часу АД:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot s_{\kappa}}, \quad (3.2)$$

$$T_e = \frac{1}{104,7 \cdot 0,16} = 0,0605 \text{ (с)}.$$

Передаточна функція лінеаризованої моделі АД:

$$W_{\text{АД}}(p) = \frac{\beta}{T_e \cdot p + 1}, \quad (3.3)$$

$$W_{\text{АД}}(p) = \frac{0,37}{0,0605 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція механічної частини АД:

$$W_{\text{АД мех}}(p) = \frac{1}{J_{\text{в}} \cdot p}, \quad (3.4)$$

$$W_{\text{АД мех}}(p) = \frac{1}{0,2 \cdot p}.$$

Коефіцієнт підсилення перетворювача частоти:

$$K_{\text{пч}} = \frac{f_{\text{max}}}{U_{\text{max}}}, \quad (3.5)$$

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

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

$$K_{\text{пч}} = \frac{50}{10} = 5.$$

Передаточна функція перетворювача частоти:

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{K_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}} \cdot p + 1}, \quad (3.6)$$

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

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

Постійна часу задавача інтенсивності:

$$T_{3I} = \frac{J_{\text{нав}} \cdot \omega_{\text{ном}}}{M_{\text{ном}}}, \quad (3.7)$$

$$T_{3I} = \frac{0,2 \cdot 100,5}{39,8} = 1,3 \text{ (с)}.$$

Модель ПЧ-АД в Simulink приведена на рисунку 3.15, а відповідні результати моделювання представлені на рисунку 3.16.

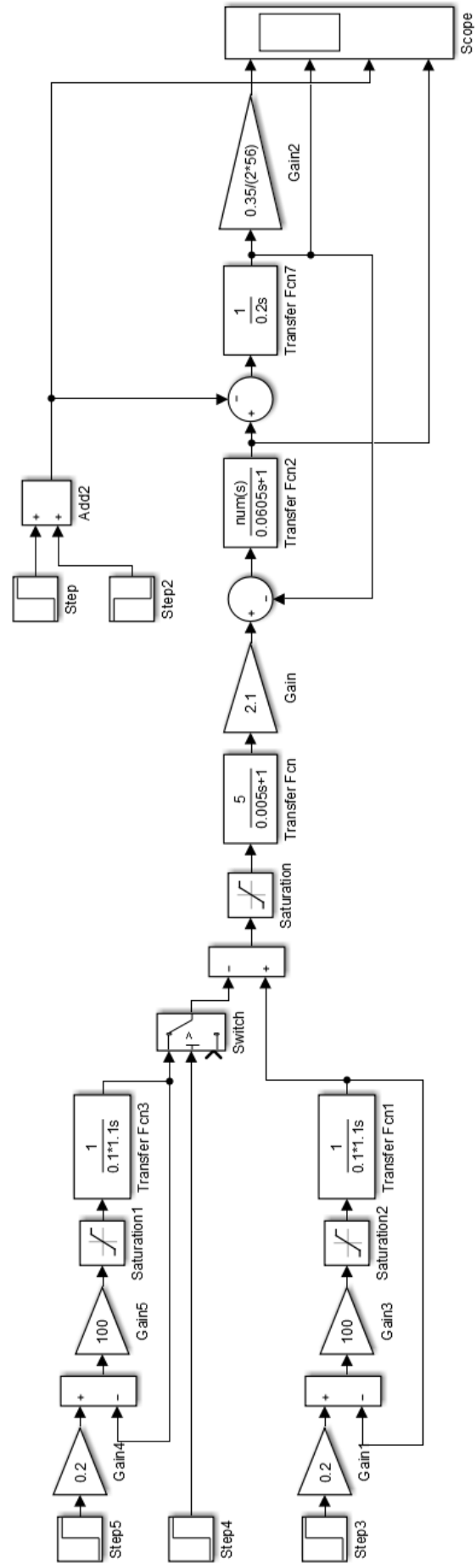


Рисунок 3.15 – Модель ПЧ-АД в Simulink

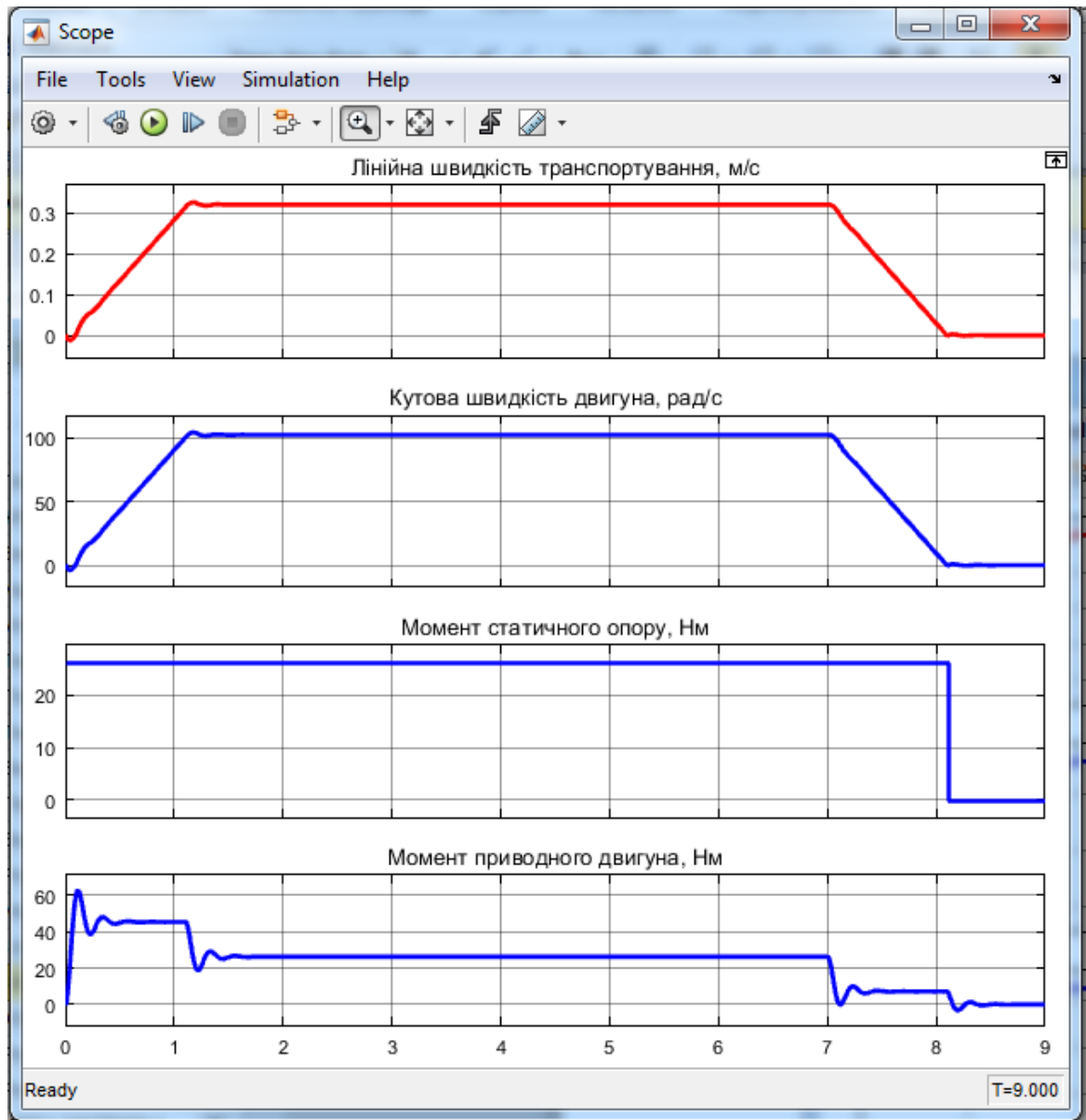


Рисунок 3.16 – Графіки перехідних процесів

Висновок. Згідно розрахункових даних для привода скребкового транспортера завальної ями вибрано АД з КЗ ротором типу АІР112МВ6 потужністю 4,0 кВт та побудовані його механічні характеристики.

Для живлення приводного двигуна вибрано типовий перетворювач частоти з АІН з ШІМ типу АТV212НU55N4 Schneider Electric потужністю 5,5 кВт.

Коректність прийнятих проектних рішень перевірено шляхом комп'ютерного моделювання в Matlab.

4 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

4.1 Розробка функціональної схеми автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур

Система керування електроприводом норії завантаження бункера повинна передбачати як ручний так і автоматичний режими роботи. Головна задача, яку потрібно розв'язати – забезпечити безперебійну подачу зерна до зерносушарки, яка працює в режимі «поток». Відповідні рівні зерна в проміжному бункері сушарки та хоперах відслідковуються відповідними сенсорами. Окрім того потрібно контролювати також і чи не відбулося завалу механізму продуктом що транспортується тощо. У випадку виникнення аварійних ситуацій оператор повинен бути сповіщений за допомогою відповідної світлової та звукової сигналізації.

Умовно уся лінія завантаження може бути поділена на такі частини:

2. Із завальної ями зерно транспортується в хопери 1 та 2, або подається на очистку за допомогою таких механізмів:

1) лінію завантаження хоперів та очистки зерна (скребковий транспортер завальної ями (Т1); норія завальної ями (Н1); трьохходовий перемикач 1);

2) лінію завантаження сушарки (скребковий транспортер хопера 1 (Т2); скребковий транспортер хопера 2 (Т3); норія завантаження проміжного бункера сушарки (Н2));

3) лінію вивантаження сушарки (норія вивантаження сушарки (Н3); перемикач 2).

Відповідна функціональна схема автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур зображена на рисунку 4.1.

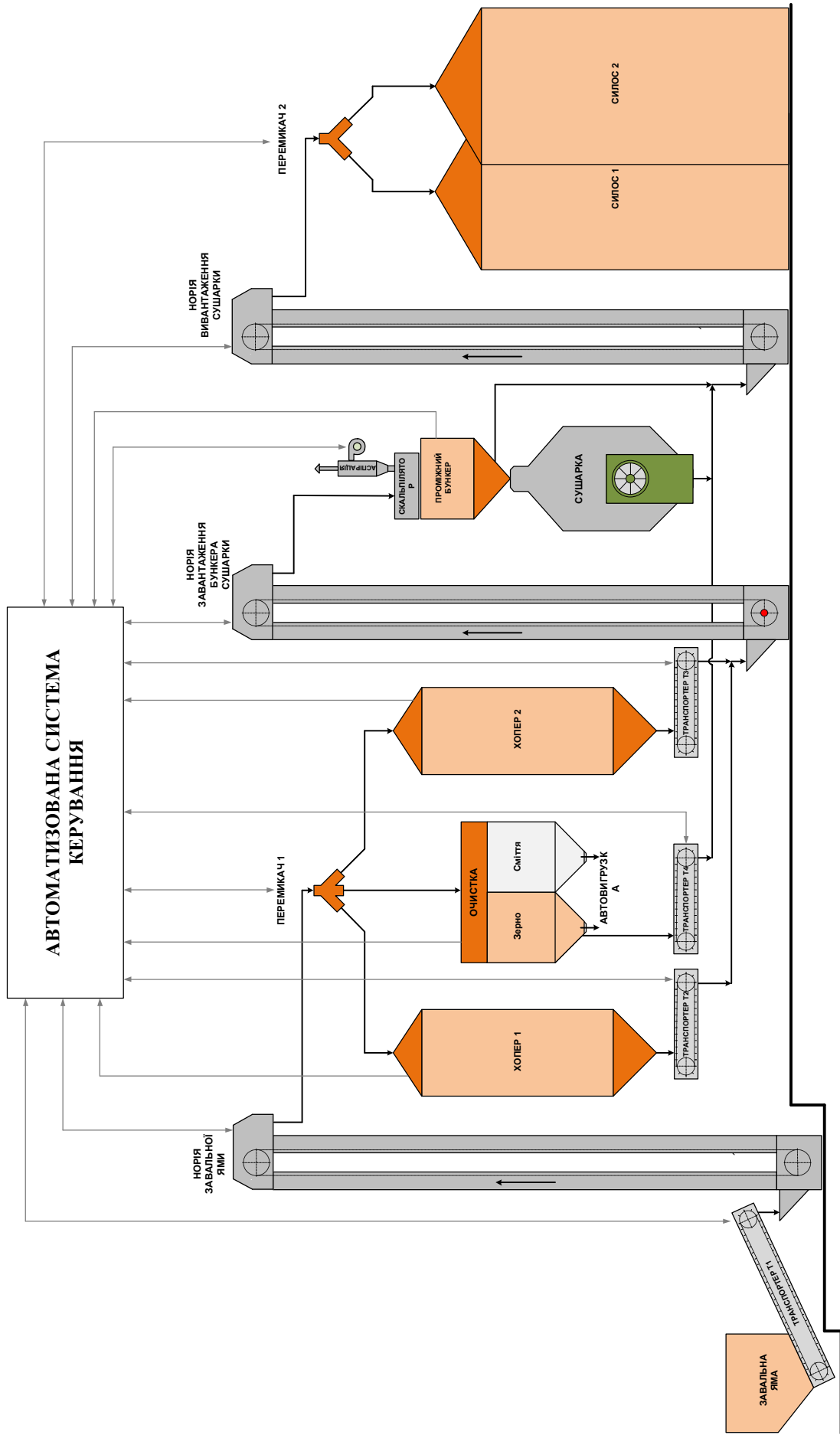


Рисунок 4.1 – Функціональна схема автоматизованої сист. кер. лінії транспортування зернових культур

4.2 Вибір сенсорів рівня та сенсорів підпору

Рівень зерна в хоперах та проміжному бункері зерносушарки контролюватимемо за допомогою мембранних сенсорів рівня типу СУМ-1 (рисунок 4.2)



Рисунок 4.2 – Мембранний сенсор рівня СУМ-1

СУМ-1 – сигналізатор рівня мембранний, призначений для сигналізації рівня сипучих речовин в технологічних ємностях і резервуарах тощо.

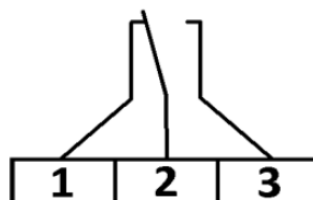


Рисунок 4.3 – Схема підключення сенсора рівня СУМ-1 [13]

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики сенсора рівня СУМ-1 [13]

Параметри	Значення
Струм комутації виходу при 220В	2А
Гарантоване зусилля спрацювання	0,5Н±10%
Гарантована кількість спрацювань	30000
Середній строк служби	12 років
Ступінь захисту	IP65
Робочий діапазон температур	-20...+50°C
Відносно вологість повітря	30-90%
Внутрішній розмір установочного фланця	88мм
Маса	0,4кг
Габаритні розміри	130×115×77мм

4.3 Розробка принципової схеми

На рисунку 4.4 представлено зовнішній вигляд щита автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур.

Силові електричні кола схема автоматизованої системи керування лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу зображені на рисунках 4.5-4.7, а відповідні кола керування в повному обсязі наведені в додатках.

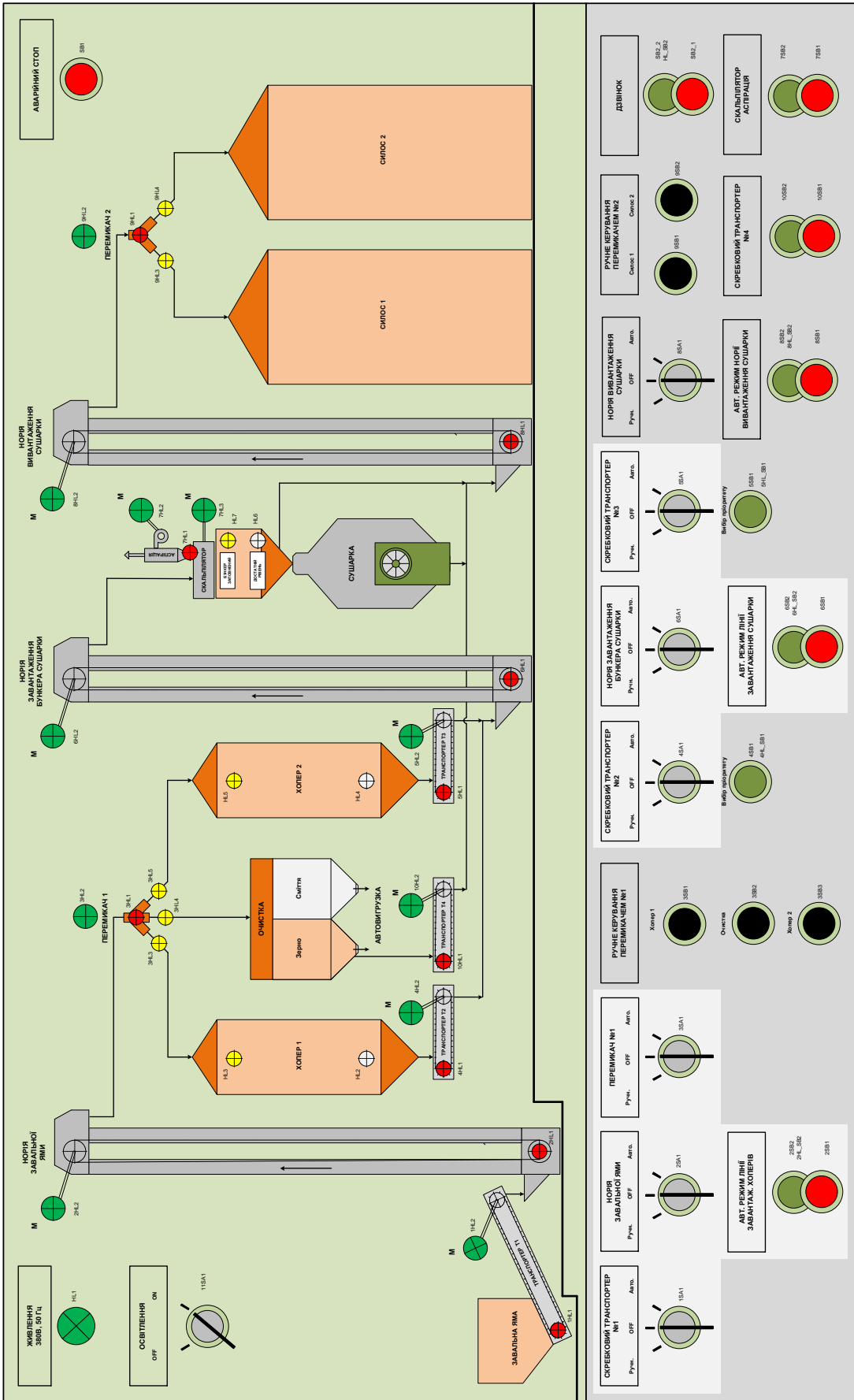


Рисунок 4.4 – Зовн. вигляд щита автоматизованої системи кер. лінії транспортування зернових культур

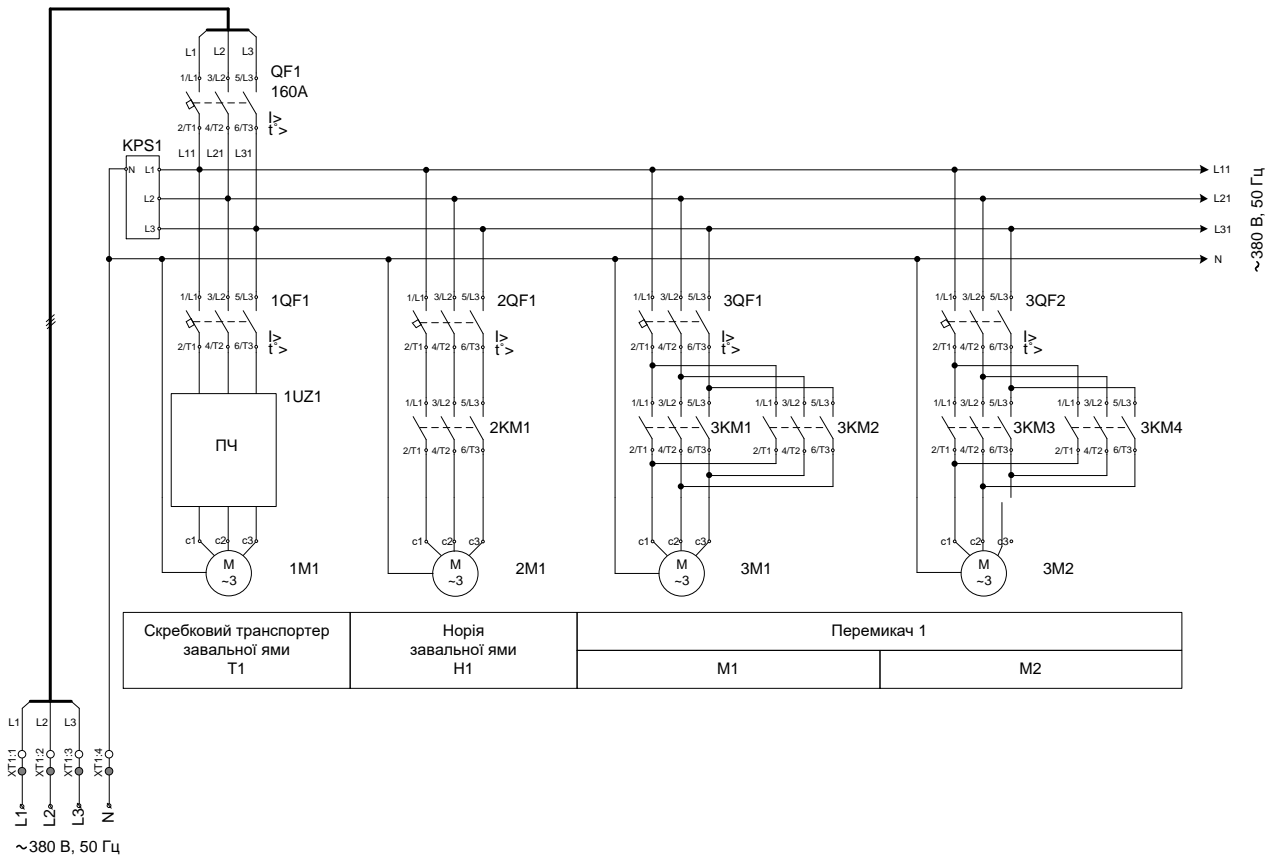


Рисунок 4.5 – Силві електричні кола

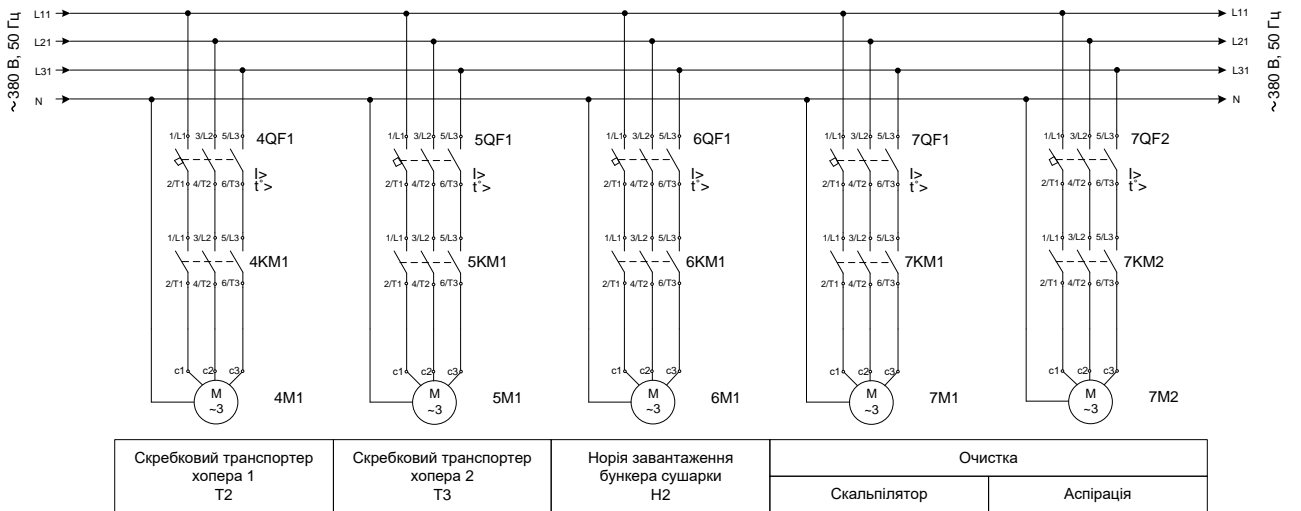


Рисунок 4.6 – Силві електричні кола (продовження)

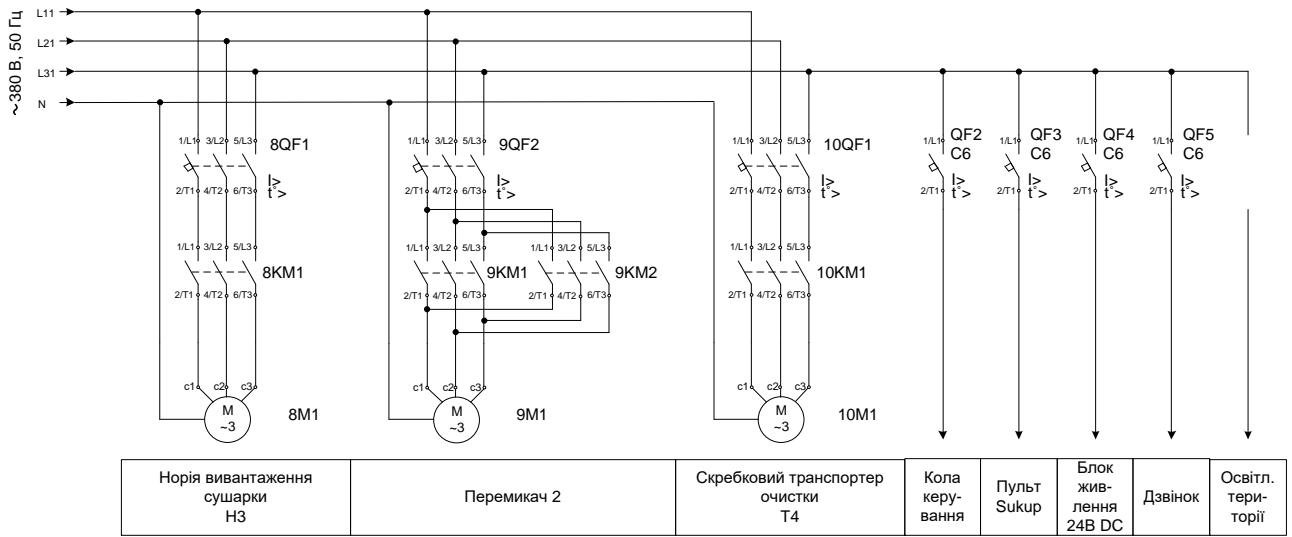


Рисунок 4.7 – Силіві електричні кола (продовження)

Фрагменти кіл керування зображені на рисунках 4.8 – 4.17. В повному обсязі вони наведені в додатках.

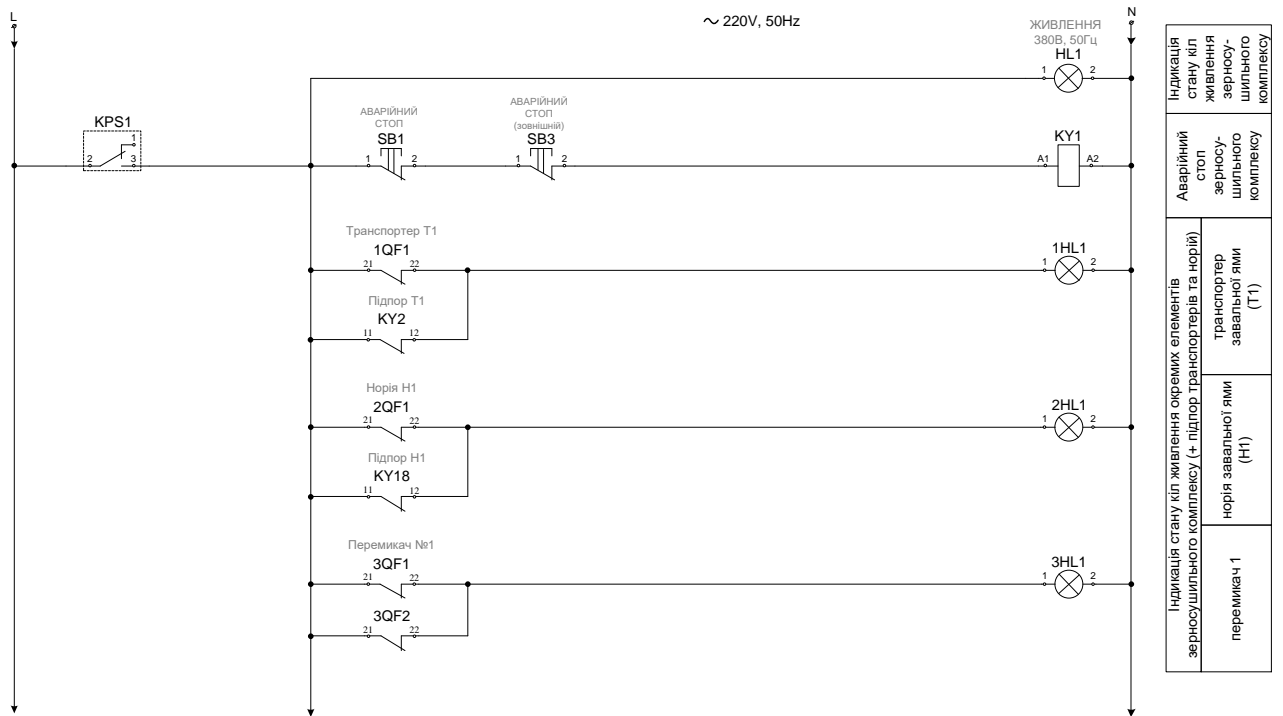


Рисунок 4.8 – Кола керування

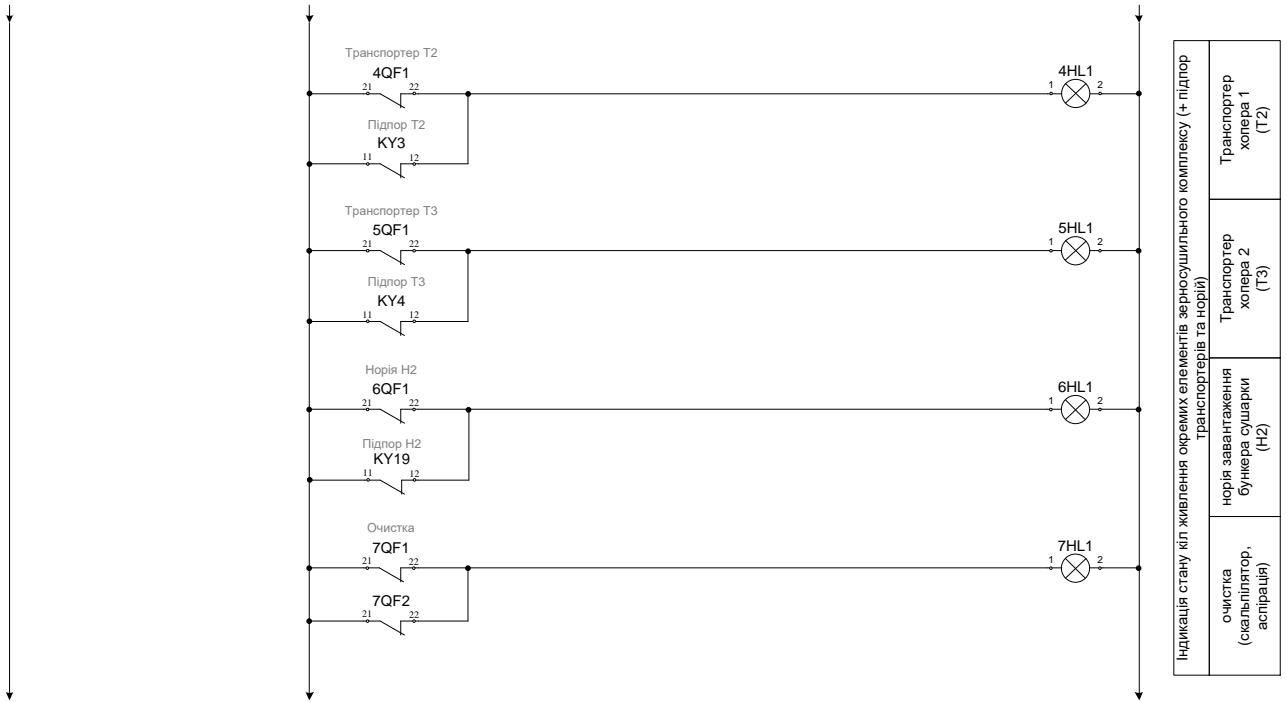


Рисунок 4.9 – Кола керування (продовження)

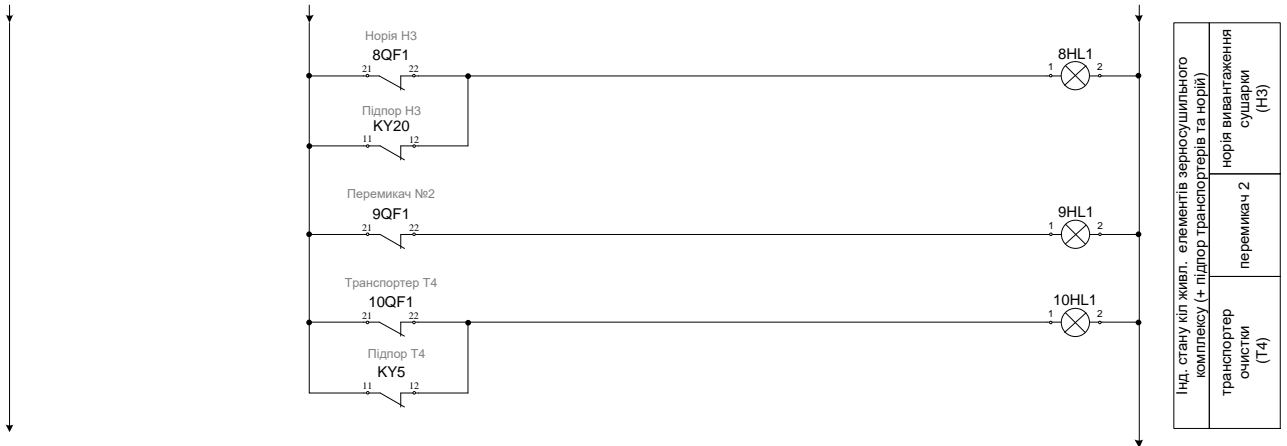


Рисунок 4.10 – Кола керування (продовження)

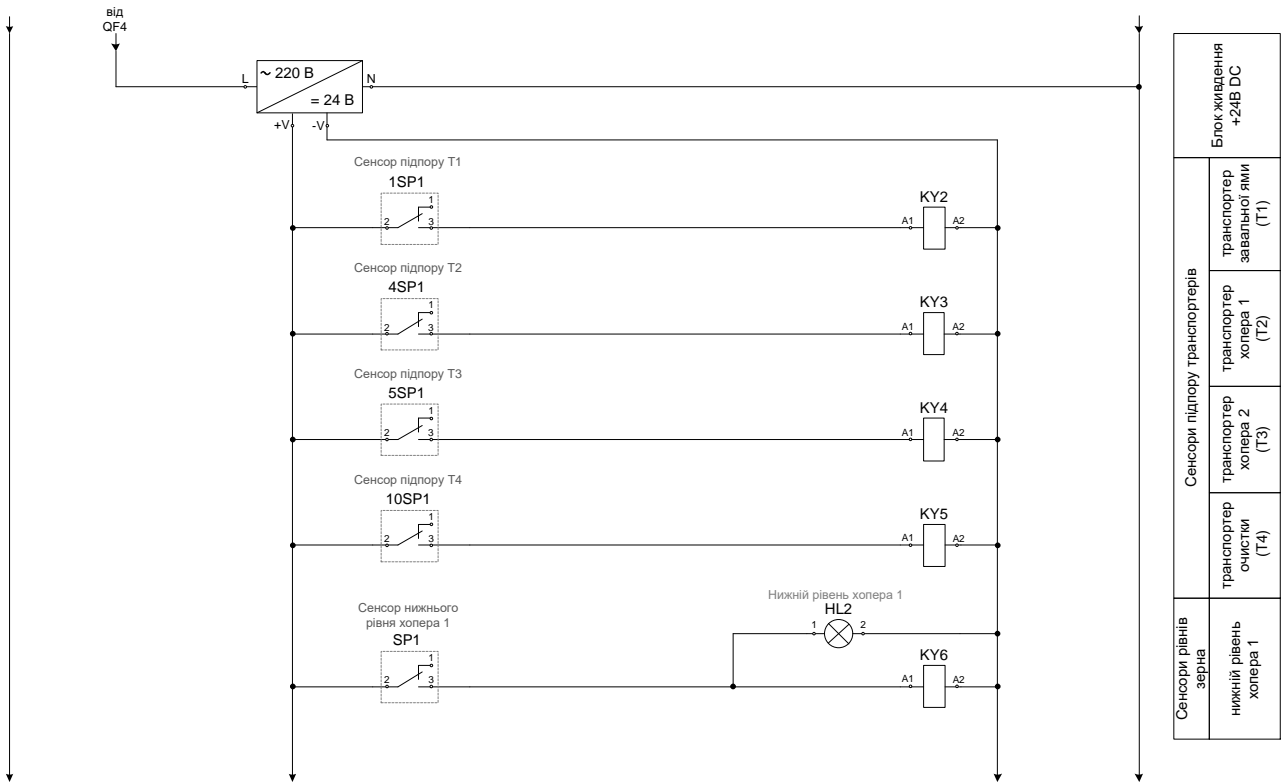


Рисунок 4.11 – Кола керування (продовження)

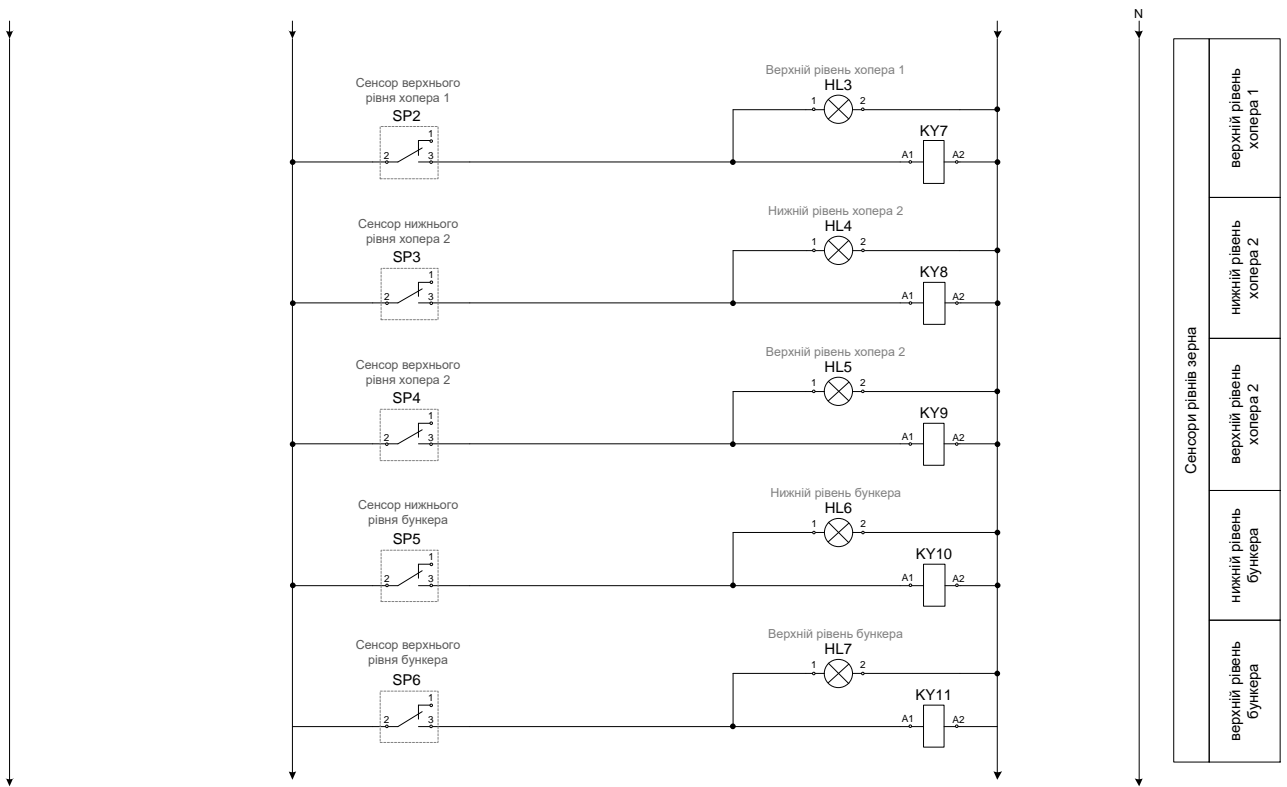


Рисунок 4.12 – Кола керування (продовження)

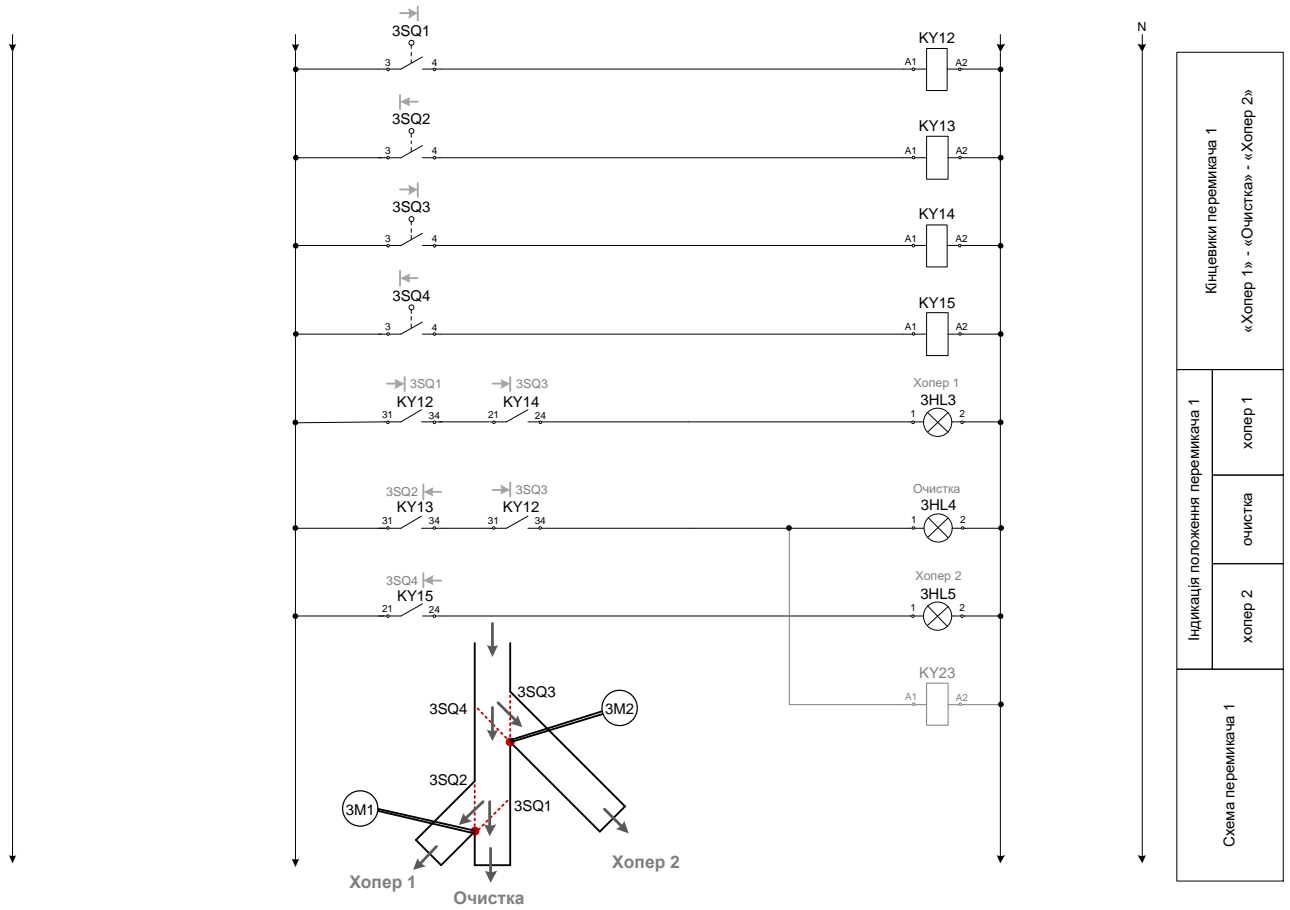


Рисунок 4.13 – Кола керування (продовження)

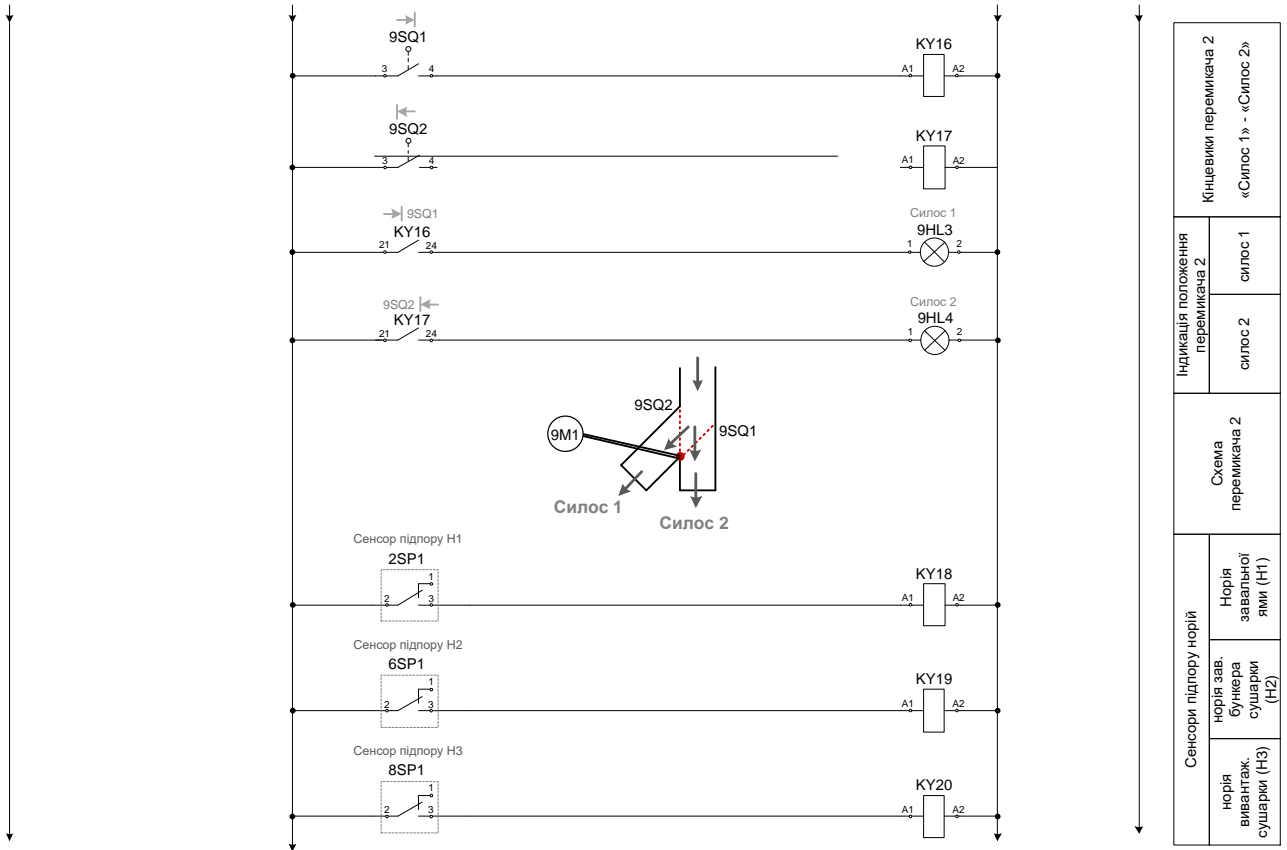


Рисунок 4.14 – Кола керування (продовження)

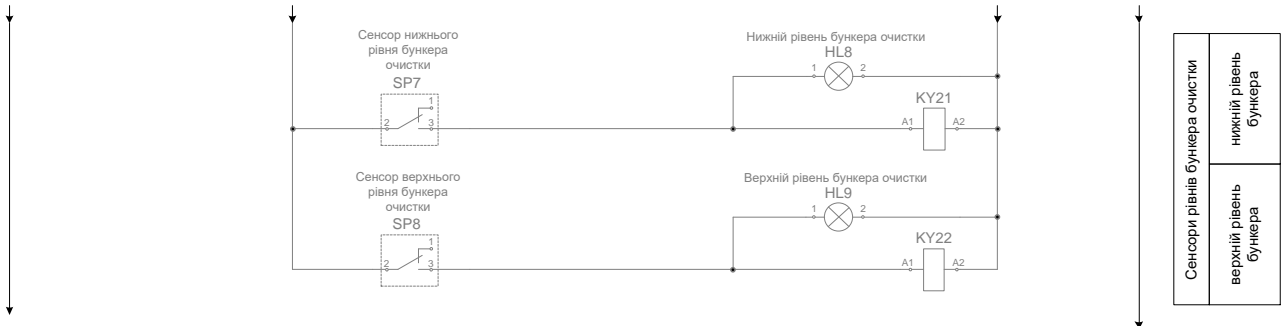


Рисунок 4.15 – Кола керування (продовження)

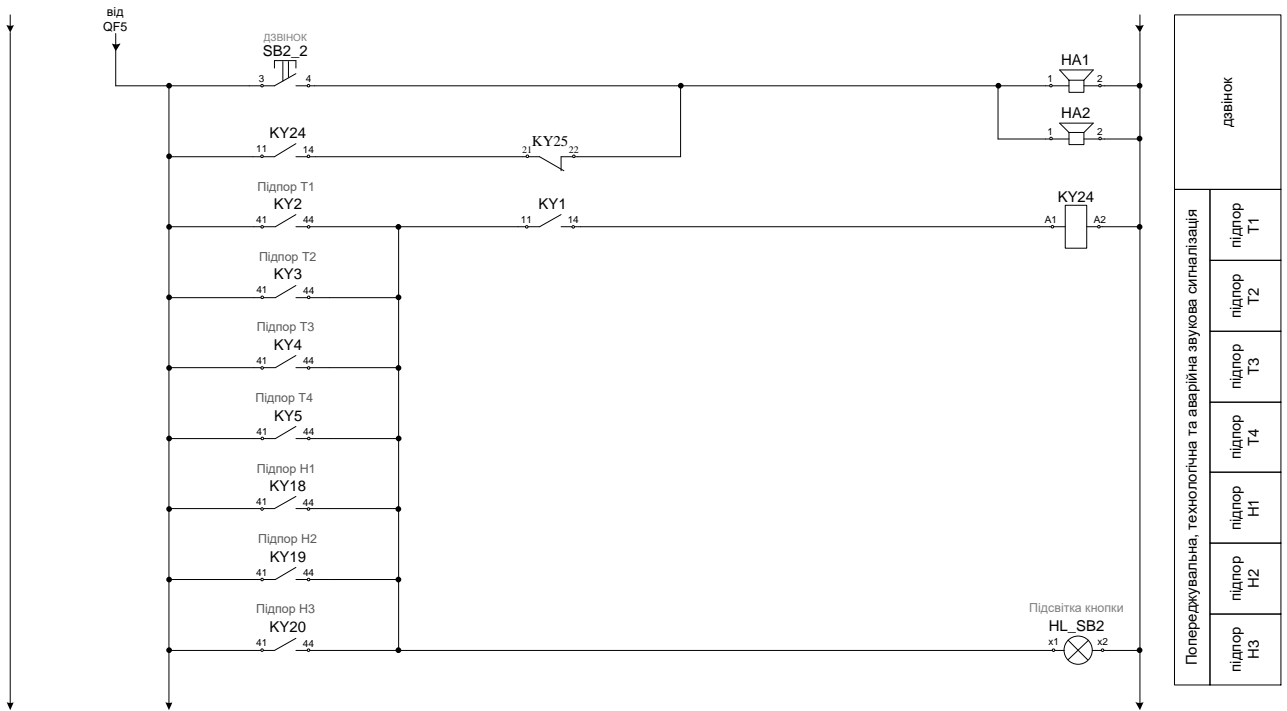


Рисунок 4.16 – Кола керування (продовження)

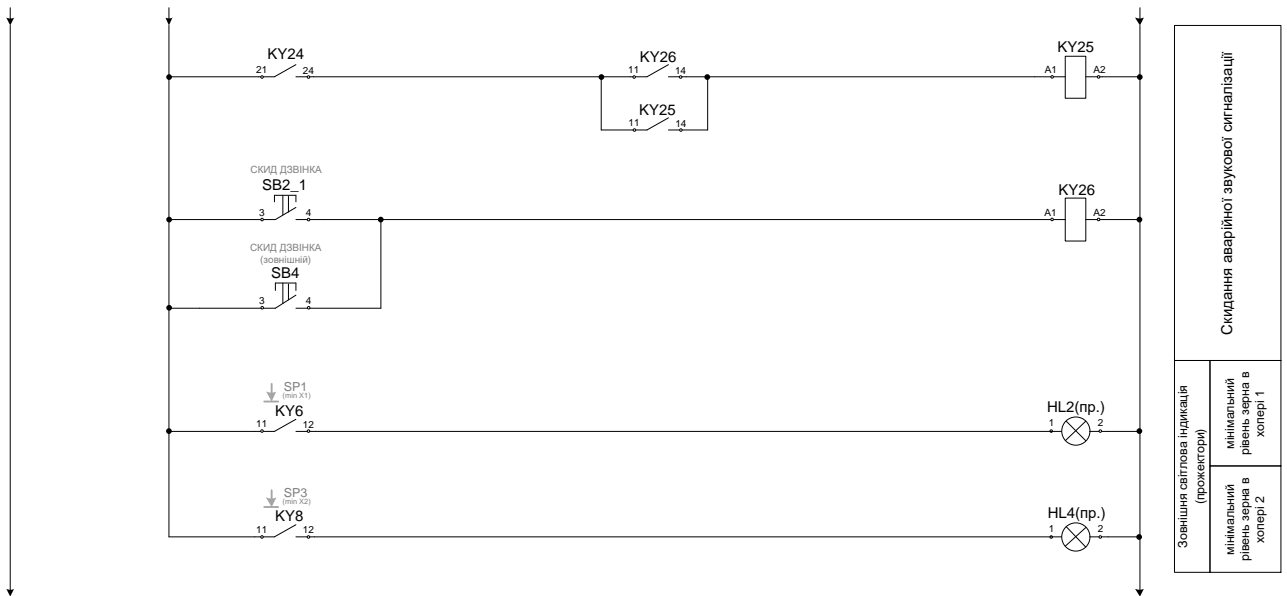


Рисунок 4.17 – Кола керування (продовження)

Для перевірки роботи окремих найбільш складних фрагментів кіл керування (рисунок 4.18) було проведено комп'ютерне моделювання їх роботи.

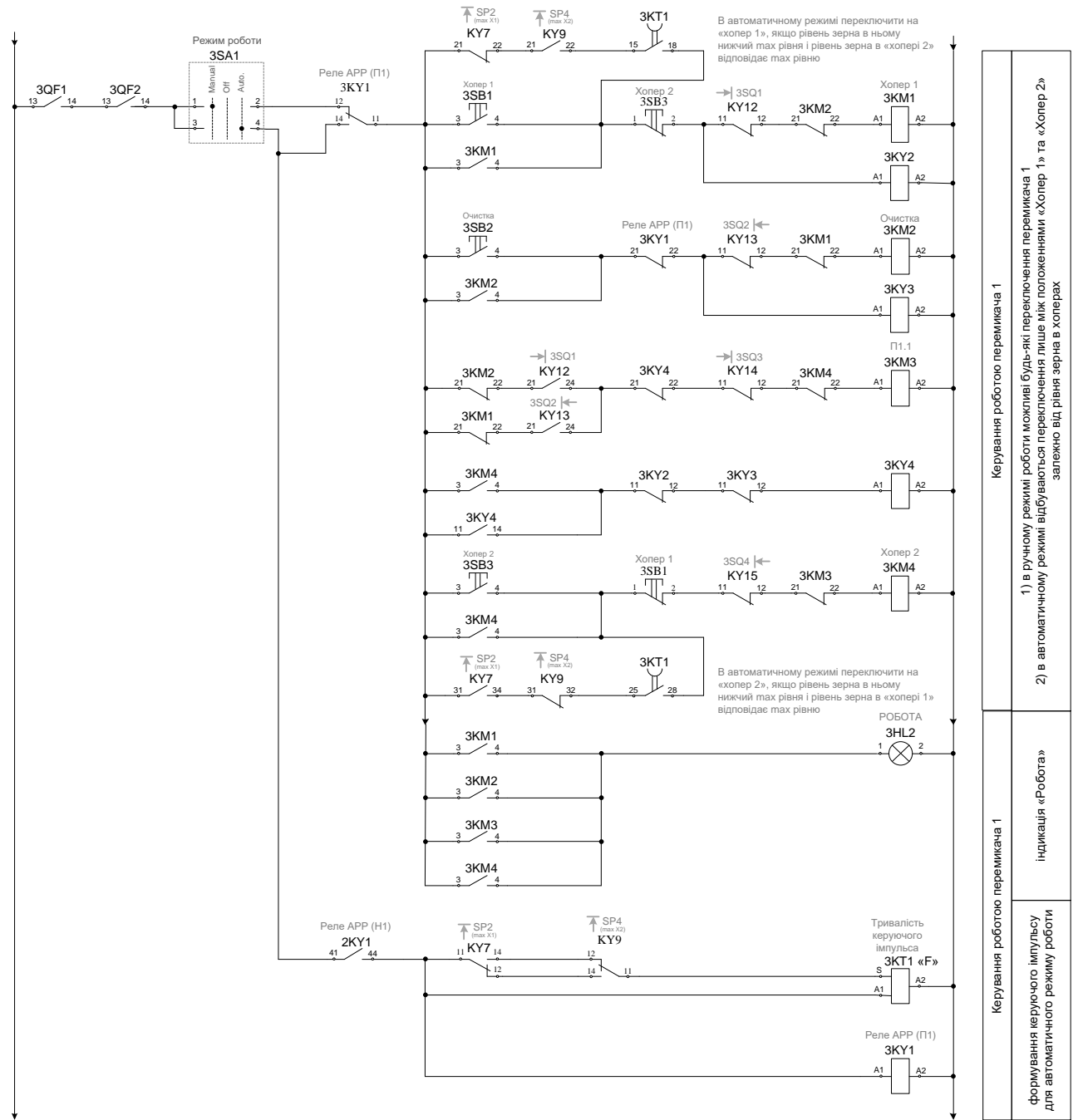


Рисунок 4.8 – Фрагмент кіл керування перемикачем 1

Моделювання наведеного фрагменту схеми виконано в Logo Soft Comfort (рисунок 4.19).

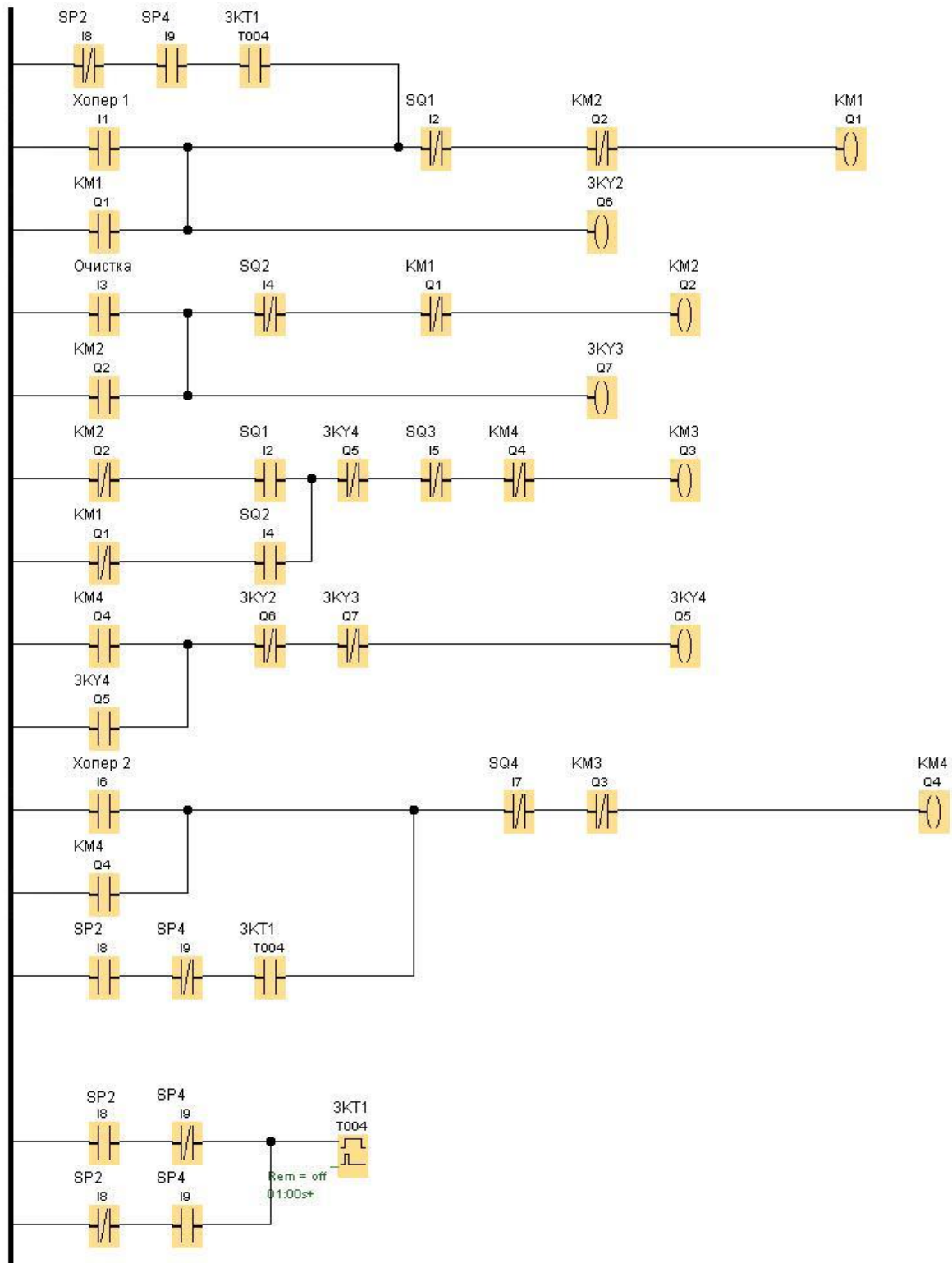


Рисунок 4.19 – Моделювання фрагменту кіл керування перемикачем 1

Висновок: Розроблено автоматизовану систему керування лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу.

5 ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ РОБОЧОГО РЕСУРСУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

Робота автоматизованої системи керування лінії транспортування супроводжується додатковим впливом різних чинників, що можуть негативно впливати на стан електричного двигуна. Саме тому з метою контролю робочого ресурсу електричного двигуна було розроблено відповідний пристрій (рисунок 5.1).

Пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 – сенсор струму; 2 – перший аналого-цифровий перетворювач; 3 – функціональний перетворювач; 4 – перший лічильник імпульсів; 5 – перший елемент АБО; 6 – перший розподільник тактів; 7 – перший елемент І; 8 – блок установки нуля; 9 – дільник частоти; 10 – перший генератор імпульсів; 11 – перетворювач напруги; 12 – задавач коду; 13 – задавач швидкості зміни температури; 14 – цифровий компаратор; 15 – диференціальний підсилювач; 16 – другий аналого-цифровий перетворювач; 17 – регістр з інверсними виходами; 18, 19 – відповідно перший і другий суматори; 20 – сенсор температури; 21 – другий лічильник імпульсів; 22 – другий елемент АБО; 23 – другий розподільник тактів; 24 – другий елемент І; 25 – другий генератор імпульсів; 26 – задавач ресурсу двигуна; 27 – третій елемент АБО; 28 – двійковий лічильник ресурсу; 29 – елемент АБО-НІ; 30 – четвертий елемент АБО; 31 – підсилювач сигналу; 32 – блок опорної напруги; 33 – компаратор; 34 – третій генератор імпульсів; 35 – третій елемент І; 36 – третій лічильник імпульсів; 37 – дешифратор; 38 – четвертий елементи І; 39 – п'ятий елемент АБО, причому вхід перетворювача напруги 11 з'єднаний з виходом сенсора струму 1 та з першим входом першого аналого-цифрового перетворювача 2, його другий вхід підключений до першого виходу першого

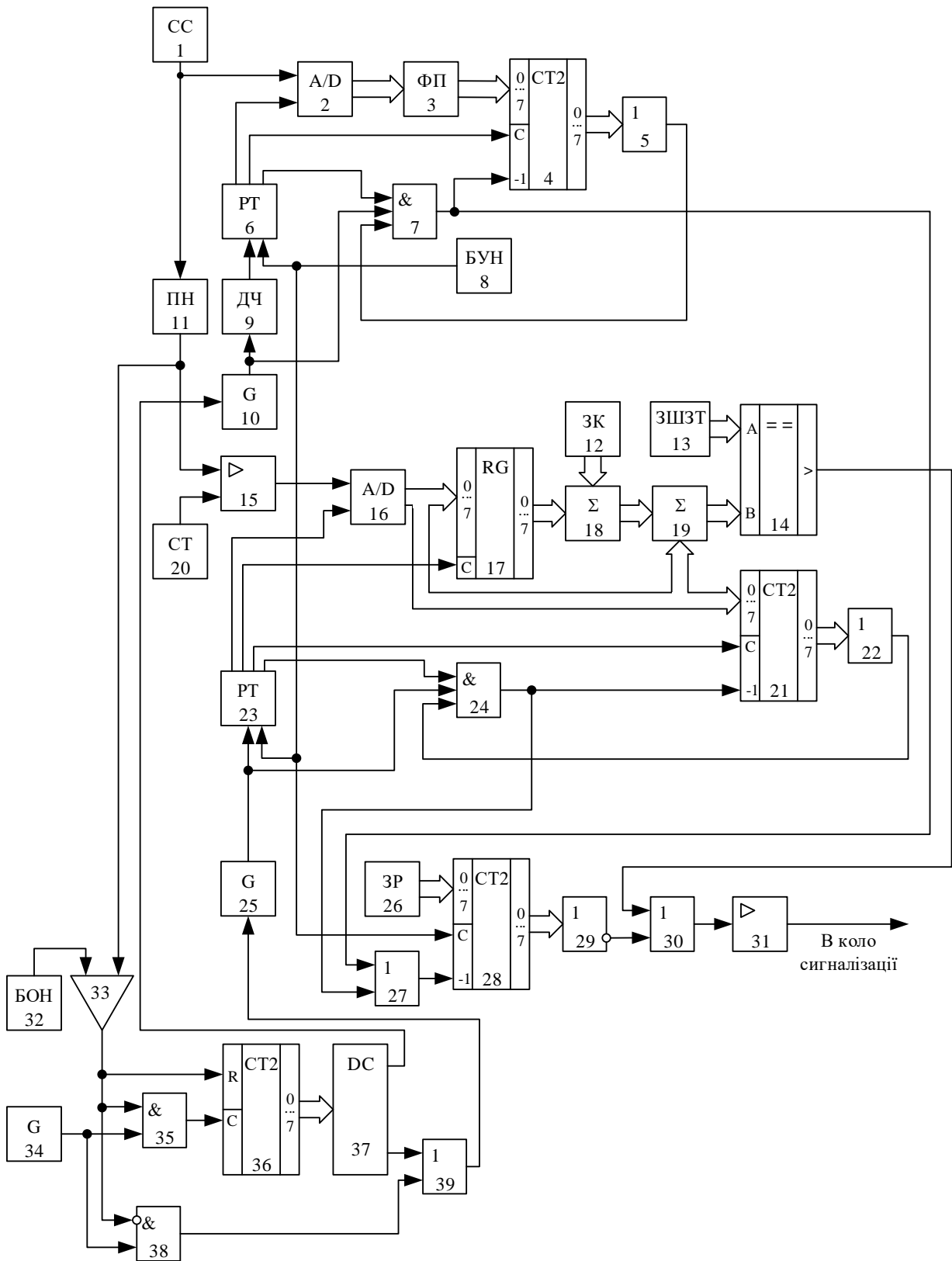


Рисунок 5.1 – Пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна

розподільника тактів 6, а його другий вихід з'єднаний з першим входом першого лічильника імпульсів 4, перший вхід першого елемента І 7 підключений до третього виходу першого розподільника тактів 6, другий вхід першого елемента І 7 з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 10, а також підключений до входу дільника частоти 9, вихід якого з'єднаний з першим входом першого розподільника тактів 6, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля 8, а також до першого входу двійкового лічильника ресурсу 28, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача 2 з'єднана з вхідною цифровою шиною функціонального перетворювача 3, його вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини першого лічильника імпульсів 4, а його вихідна цифрова шина з'єднана з вхідною цифровою шиною першого елемента АБО 5, вихід якого підключений до третього входу першого елемента І 7, вихід якого з'єднаний з другим входом першого лічильника імпульсів 4 та підключений до першого входу третього елемента АБО 27, вихід якого з'єднаний з другим входом двійкового лічильника ресурсу 28, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини задавача ресурсу 26, вихідна цифрова шина двійкового лічильника ресурсу 28 з'єднана з вхідною цифровою шиною елемента АБО-НІ 29, його вихід підключений до другого входу четвертого елемента АБО 30, а його вихід з'єднаний з входом підсилювача сигналу 31, вихід якого підключений до колу сигналізації контрольованого об'єкта, вихід перетворювача напруги 11 з'єднаний з першим входом диференційного підсилювача 15, другий вхід якого підключений до виходу сенсора температури 20, вихід диференціального підсилювача 15 з'єднаний з першим входом другого аналого-цифрового перетворювача 16, другий вхід якого підключений до першого виходу другого розподільника тактів 23, другий вихід дешифратора 37 з'єднаний з першим входом п'ятого елемента АБО 39, перший вхід другого розподільника тактів 23 підключений до виходу другого генератора імпульсів 25, вихід якого з'єднаний з другим входом другого елемента І 24, перший вхід

якого підключений до четвертого виходу другого розподільника тактів 23, другий вихід якого з'єднаний з входом регістра 17, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого аналого-цифрового перетворювача 16, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною другого лічильника імпульсів 21 та другою вхідною цифровою шини другого суматора 19, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого суматора 18, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані з вихідною цифровою шиною регістра 17 та підключена до вихідної цифрової шини задавача коду 12 відповідно, вихідна цифрова шина задавача швидкості зміни температури 13 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового компаратора 14, його друга вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини другого суматора 19, третій вихід другого розподільника тактів 23 з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів 21, другий вхід якого підключений до виходу другого елемента І 24, вихід якого з'єднаний з другим входом третього елемента АБО 27, цифрова шина на виході другого лічильника імпульсів 21 підключена до цифрової шини на вході другого елемента АБО 22, вихід якого з'єднаний з третім входом другого І 24, вихід цифрового компаратора 14 підключений до першого входу четвертого елемента АБО 30, вихід перетворювача напруги 11 з'єднаний з другим входом компаратора 33, перший вхід якого підключений до виходу блока опорної напруги 32, вихід компаратора 33 з'єднаний з першим входом третього лічильника імпульсів 36, з першим входом третього елемента І 35 та з першим входом четвертого елемента І 38, вихід третього генератора імпульсів 34 підключений до другого входу третього елемента І 35 та до другого входу четвертого елемента І 38, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента АБО 39, вихід якого підключений до входу другого генератора імпульсів 25, вихід третього елемента І 35 з'єднаний з другим входом третього лічильника імпульсів 36, цифрова шина на виході якого підключена до вхідної

цифрової шини дешифратора 37, перший вихід якого з'єднаний з входом першого генератора імпульсів 10.

Запропонований пристрій працює так. В момент подачі напруги живлення на схему на виході блока установки нуля 8 з'являється короткий імпульс, який переводить в нульовий стан перший 6 та другий 23 розподільники тактів. Також короткий імпульс з виходу блока установки нуля 8 надходить на перший вхід лічильника імпульсів 28, що призводить до запису в нього значення робочого ресурсу двигуна з виходу задавача ресурсу 26. При цьому перший 10, другий 25 та третій 34 генератори імпульсів починають генерувати послідовності імпульсів.

Контроль робочого ресурсу електричного двигуна здійснюється сенсорами пристрою, які розподілені по об'єкту контролю наступним чином: сенсор струму 1 встановлюється в колі вмикання двигуна, а сенсор температури 20 розташований у найбільш нагрітій точці двигуна.

В моделі припущено, що в блок задавача швидкості зміни температури 13 містить максимально допустиме значення швидкості зміни температури, а блок задавача ресурсу 26 в цифровому вигляді містить значення робочого ресурсу електричного двигуна.

Частина схеми, в якій розташовані блоки 1–10, здійснює вимірювання значення струму, що споживається електричним двигуном, і перерахунок цього струму у виділене тепло з подальшим врахуванням його в зміні залишкового ресурсу двигуна.

Частина схеми, в якій розташовані блоки 11–25, виконує вимірювання значення температури і перетворює її у відповідне значення відпрацьованого ресурсу двигуном.

Частина схеми, в якій розташовані блоки 32–39, здійснює узгодження роботи першого 10 та другого 25 генераторів імпульсів.

На виході третього генератора імпульсів 34 формуються імпульси, що надходять на другі входи третього 35 і четвертого 38 елементів І, а на їх перші

входи надходить сигнал з виходу сенсора струму 1 через компаратор 33 і перетворювач напруги 11.

Під час наявності струму в обмотці двигуна на виході третього елемента І 35 починає з'являтися послідовність імпульсів з виходу третього генератора імпульсів 34, а на виході четвертого елемента І 38 присутній сигнал логічного нуля. Така послідовність імпульсів надходить на другий вхід третього лічильника імпульсів 36, в результаті чого на виходах дешифратора 37 по чергово формуються вихідні сигнали, що забезпечують узгоджену роботу першого 10 та другого 25 генераторів імпульсів.

В момент відключення електричного двигуна від мережі живлення на виході компаратора 33 з'являється сигнал, який переводить в нульовий стан третій лічильника імпульсів 36, на виході третього елемента І 35 формується сигнал логічного нуля, а на виході четвертого елемента І 38 з'являється послідовність імпульсів з виходу третього генератора імпульсів 34. Це призводить до встановлення на виходах дешифратора 37 сигналів логічного нуля, що здійснює блокування роботи частини схеми, що містить блоки 2–10. Послідовність сигналів з виходу четвертого елемента І 38 через п'ятий елемент АБО 39 подається на вхід управління другим генератором імпульсів 25, внаслідок чого пристрій здійснює контроль теплового старіння ізоляції електричного двигуна до моменту його охолодження.

Послідовність імпульсів з виходу генератора імпульсів 10 надходить на другий вхід першого елемента І 7, а також на вхід дільника частоти 9, на виході якого з'являється кожен n -ий імпульс з тих, що поступають на його вхід. Число n розраховується таким чином, щоб узгодити роботу частин пристрою. Після чого імпульси з виходу дільника частоти 9 поступають на вхід першого розподільника тактів 6. При першому такті вимірювання струму з першого виходу першого розподільника тактів 6 з'являється сигнал дозволу для зчитування інформації з сенсора струму 1, який через перший аналого-цифровий перетворювач 2, де аналоговий сигнал перетворюється в цифровий

код, потім надходить на вхід функціонального перетворювача 3. На його виході з'являється цифровий код, що відповідає рівню відпрацьованого ресурсу електричного двигуна за струмом, який протікає в його обмотках. При появі другого такту вимірювання струму на другому виході першого розподільника тактів 6 з'являється сигнал дозволу для зчитування інформації з функціонального перетворювача 3 на перший вхід першого лічильника імпульсів 4. При цьому на його виході з'являється цифровий код який через перший елемент АБО 5 надходить на третій вхід елемента І 7. При появі третього такту вимірювання струму на третьому виході першого розподільник тактів 6 формується сигнал, який надходить на перший вхід першого елемента І 7. На виході першого елемента І 7 з'являється сигнал логічної одиниці, який одночасно надходить на другий вхід першого лічильника імпульсів 4 і на перший вхід третього елемента АБО 27. У разі обнулення першого лічильника імпульсів 4, на виході першого елемента І 7 з'являється сигнал логічного нуля. З виходу третього елемента АБО 27 сигнал надходить на другий вхід двійкового лічильника ресурсу 28. При цьому залишковий ресурс електричного двигуна зменшується на величину відпрацьованого ресурсу, обумовлену старінням ізоляції обмоток струмом, що по них протікає. У разі обнулення двійкового лічильника ресурсу 28, що є свідченням про вичерпання ресурсу роботи електричного двигуна, він відключається від мережі сигналом, що подається з виходу елемента АБО-НІ 29 через четвертий елемент АБО 30 і підсилювач сигналу 31, або ж формується попереджувальний сигнал експлуатаційному персоналу (в коло сигналізації).

Послідовність імпульсів з виходу другого генератора імпульсів 25 надходить на вхід другого розподільника тактів 23 та на другий вхід другого елемента І 24. На виході сенсора температури 20 з'являється сигнал, який пропорційний температурі обмоток двигуна, та надходить на другий вхід диференціального підсилювача 15, на першому вході якого присутній сигнал з виходу перетворювача напруги 11, а на вхід останнього надходить сигнал з

виходу сенсора струму 1. При першому такті вимірювання температури на першому виході другого розподільника тактів 23 з'являється сигнал дозволу зчитування інформації з диференційного підсилювача 15 для другого аналого-цифрового перетворювача 16, де аналоговий сигнал, що пропорційний перевищенню температури електричного двигуна, що подається від сенсора температури 20, над температурою, що викликана нагрівом при протіканні струму в обмотках, перетворюється в цифровий код. При другому такті вимірювання температури цифровий код, що з'являється на виході другого аналого-цифрового перетворювача 16 записується в регістр 17 за наявності сигналу, що надходить на його вхід з другого виходу другого розподільника тактів 23. Потім цифровий код з виходу регістра 17 подається на перший вхід першого суматора 18, на другому вході якого присутній також цифровий код з виходу задавача коду 12. Сумарний цифровий код з виходу першого суматора 18 поступає на першу вхідну цифрову шину другого суматора 19, на другу вхідну цифрову шину якого поступає цифровий код з вихідної цифрової шини другого аналого-цифрового перетворювача 16. На виході другого суматора 19 з'являється цифровий код, що відповідає швидкості зміни температури. У випадку перевищення швидкості зміни температури максимально допустимого значення, що записане у вигляді цифрового коду в задавачі швидкості зміни температури 13, на виході цифрового компаратора 14 формується сигнал логічної одиниці, який через четвертий елемент АБО 30 та підсилювач сигналу 31 надходить на відключення двигуна від мережі (в коло сигналізації). В іншому разі на виході цифрового компаратора 14 буде присутній сигнал логічного нуля. При третьому такті вимірювання температури на третьому виході другого розподільника тактів 23 формується сигнал, який поступає на перший вхід другого лічильника імпульсів 21. При цьому йому надається дозвіл для зчитування інформації з другого аналого-цифрового перетворювача 16. Після цього цифровий код з виходу другого лічильника імпульсів 21 через другий елемент АБО 22 надходить на третій вхід другого елемента І 24. На його

виході формується сигнал логічної одиниці, який одночасно подається на другий вхід другого лічильника імпульсів 21 та на другий вхід третього елемента АБО 27. У разі обнуління другого лічильника імпульсів 21, на виході другого елемента І 24 присутній сигнал логічного нуля. При цьому двійковий лічильник 28 фіксує зменшення відпрацьованого ресурсу, що обумовлений старінням ізоляції обмоток від перевищення температури.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Розрахунок капітальних вкладень

Метою даної магістерської роботи є модернізація лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу.

Розрахуємо капітальні витрати на електроустаткування базового та нового варіантів. В якості базового використовується система РКС-АД з ФР. В якості нового варіанту ПЧ-АД.

В таблиці 6.1 приведено розрахунок капітальних вкладень на модернізацію системи керування електроприводом ліфта.

Таблиця 6.1 – Капітальні витрати на електроустаткування базового та нового варіантів

Найменування обладнання	Кошторисна вартість, грн.	
	Базовий варіант	Новий варіант
Система керування	3975	11357
Двигун	7560	3780
Кабелі, апарати захисту, сенсори та ін.	7632	6622
Всього:	19167	21759
Витрати на транспортування (10 %)	1916.7	2175.9
Монтажні та налагоджувальні роботи (10%)	1916.7	2175.9
Всього капітальних вкладень	23000.4	26110.8

Отже. $K_б = 23000.4$ грн, а $K_н = 26110.8$ грн.

6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати включають витрати на забезпечення адекватного функціонування того чи іншого технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку на рік.

Експлуатаційні витрати E включають:

1. Амортизаційні відрахування E_a
2. Заробітна плата $E_{зп}$ обслуговуючого персоналу (основна, додаткова, нарахування на заробітну плату).
3. Витрати на силову електроенергію E_e .
4. Витрати на поточний ремонт $E_{пр}$.
5. Інші витрати $E_{ін}$.

Таким чином:

$$E = E_a + E_{зп} + E_e + E_{пр} + E_{ін}, \quad (6.1)$$

6.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні відрахування для нового та базового варіантів становлять (норма амортизації 10 % в рік):

$$E_{аб} = 23000.4 \cdot 10 / 100 = 2300.04(\text{грн}),$$

$$E_{ан} = 26110.8 \cdot 10 / 100 = 2611.08(\text{грн}).$$

6.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Згідно ПУЕ обслуговувати установки до 1000 В може робітник, у якого розряд четвертий і вище, група допуску по електробезпеці третя і вище.

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховуємо за наступною формулою:

$$E_3 = E_{30} + E_{3д}, \quad (6.2)$$

де E_{30} – основна заробітна плата по тарифу;

$E_{3д}$ – додаткова заробітна плата.

$$E_{30} = N \cdot T_1 \cdot K \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot K_c \cdot \beta. \quad (6.3)$$

де N – кількість робітників, що обслуговують установку ($N = 1$ чол.);

T_1 – годинна тарифна ставка робітника 1-го розряду, грн/год;

K – тарифний коефіцієнт ($K_6 = 1.8$, $K_H = 2.03$);

$\Phi_{\text{эф}}$ – ефективний фонд часу на обслуговування лінії транспортування (приймаємо рівним 365 год);

K_c – коефіцієнт співвідношень, встановлений генеральною угодою між профспілками і урядом ($K_c = 1$);

β – частка часу, який працівник витрачає на обслуговування установки в загальному часі свого робочого дня ($\beta = 1$ для базового варіанту, $\beta = 0.85$ для нового варіанту).

T_1 приймаємо рівним 62 грн/год.

З (6.3) розрахуємо E_{30} для базового та нового варіантів.

$$E_{30б} = 1 \cdot 62 \cdot 1.36 \cdot 365 \cdot 1 \cdot 1 = 40734 \text{ (грн)},$$

$$E_{30н} = 1 \cdot 62 \cdot 1.54 \cdot 365 \cdot 1 \cdot 0.85 = 39048.06 \text{ (грн)}.$$

Додаткова заробітна плата $E_{3д}$ становить 10% від основної заробітної плати. Для базового та нового варіантів значення додаткової зарплатні становитиме:

$$E_{3дб} = 40734 \cdot 10 / 100 = 4073.4 \text{ (грн)},$$

$$E_{3дн} = 39048.06 \cdot 10 / 100 = 3904.81 \text{ (грн)}.$$

Таблиця 6.2 – Розрахунок заробітної плати

№ з/п	Показник	Базовий варіант	Новий варіант
1	Основна заробітна плата, $E_{зо}$, грн	40734	39048.06
2	Додаткова заробітна плата, $E_{зд}$, грн	4073.4	3904.81
3	Разом основна і додаткова заробітна плата, $(E_{зо} + E_{зд})$ грн	44807.4	42952.87

Отже, з (6.2) маємо:

$$E_{зб} = 40734 + 4073.4 = 44807.4(\text{грн}),$$

$$E_{зн} = 39048.06 + 3904.81 = 42952.87(\text{грн}).$$

6.2.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію знаходимо за формулою:

$$E_e = \frac{P}{\eta} \cdot B \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_{\text{вм}} \cdot K_z, \quad (6.4)$$

де B – вартість електроенергії ($B = 3.44$ грн/кВт-год);

P – установлена потужність (3 кВт);

η – ККД установки;

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу роботи в рік;

$K_{\text{вм}}$ – коефіцієнт ввімкнення (використання за часом);

K_z – коефіцієнт завантаження (використання за потужністю).

Коефіцієнт корисної дії обчислено як добуток ККД двигуна і перетворювача частоти. Для базового варіанту ККД = 0.82, для нового варіанту ККД = 0.90. Коефіцієнт ввімкнення приймаємо рівним 0.8 в обох варіантах, а коефіцієнт завантаження для базового варіанту рівний 0.72, а для нового – 0.78.

Ефективний фонд робочого часу для двох варіантів становить:

$$\Phi_{\text{эф}} = 365 \cdot 8 \cdot 95 / 100 = 2774 (\text{год}).$$

Отже, підставивши відомі значення в (10.4) отримаємо:

$$E_{\text{еб}} = \frac{3}{0.82} \cdot 3.44 \cdot 2774 \cdot 0.8 \cdot 0.72 = 20109.2 \text{ (грн в рік)},$$

$$E_{\text{ен}} = \frac{3}{0.90} \cdot 3.44 \cdot 2774 \cdot 0.8 \cdot 0.78 = 19848.52 \text{ (грн в рік)}.$$

6.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання

Поточний ремонт ліфтової установки здійснюється на місці встановлення з його відключенням від мережі силами ремонтного персоналу.

Витрати на проведення ремонтних робіт складаються з витрат на комплектуючі, з витрат на запасні частини та інші елементи, які підлягають заміні, а також з витрат на оплату праці персоналу, який проводить ремонтні роботи. Для визначення витрат на оплату праці ремонтників необхідно розрахувати трудомісткість ремонтних робіт. Трудомісткість ремонтних робіт визначається згідно графіка планово-попереджувальних ремонтів, у якому показано тривалість міжремонтних періодів та трудомісткість кожного виду ремонту.

Графік планово-попереджувальних ремонтів для базового та нового варіантів наведено в таблицях 6.3 та 6.4.

Таблиця 6.3 – Графік ремонтів для базового варіанту

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудомісткість, люд-год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система керування ліфтом	П			П			П			П		П	40
Двигун		П			П			П			П		52
Кабельна мережа	П					П						П	32
Апарати захисту		П				П				П			27
Сенсори		П				П				П			7
Загальна трудомісткість												158	

Таблиця 6.4 – Графік ремонтів для нового варіанту

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудомісткість, люд-год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система керування ліфтом			П				П				П		30
Двигун		П				П					П		46
Кабельна мережа				П				П				П	32
Апарати захисту		П				П				П			27
Сенсори		П				П				П			7
Загальна трудомісткість												142	

Ремонтні роботи проводить електромонтер шостого розряду. З врахуванням того, що відома трудомісткість робіт, з (10.3), матимемо:

$$E_{\text{зо}} = T_1 \cdot K \cdot \Phi_{\text{еф}}, \quad (6.5)$$

$$E_{\text{зо б}} = 62 \cdot 2.7 \cdot 158 = 26449.2 \text{ (грн)},$$

$$E_{\text{зо н}} = 62 \cdot 2.7 \cdot 142 = 23770.8 \text{ (грн)}.$$

Витрати на матеріали, комплектуючі та запасні частини для поточного ремонту приймають рівними 15% від затрат на основну заробітну плату. Отже, витрати на матеріали для ремонтів становлять:

- для базового варіанту:

$$26449.2 \cdot 15/100 = 3967.38 \text{ (грн)}.$$

- для нового варіанту:

$$23770.8 \cdot 15/100 = 3565.62 \text{ (грн)}.$$

Всього витрати на поточний ремонт обладнання становлять:

$$E_{\text{пр б}} = 26449.2 + 3967.38 = 30416.58 \text{ (грн)},$$

$$E_{\text{пр н}} = 23770.8 + 3565.62 = 27336.42 \text{ (грн)}.$$

6.2.5 Інші витрати

Розмір інших затрат приймаємо рівним 5% від загальної суми попередніх витрат. Отже маємо:

$$E_{\text{ін б}} = (2300.04 + 44807.4 + 20109.2 + 30416.58) \cdot 5 / 100 = 4881.66 \text{ (грн)},$$

$$E_{\text{ін н}} = (2611.08 + 42952.87 + 19848.52 + 27336.42) \cdot 5 / 100 = 4637.44 \text{ (грн)}.$$

Розрахунок загальної суми експлуатаційних витрат за (10.1) наведемо у вигляді таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Експлуатаційні витрати

Найменування витрат	Базовий варіант	Новий варіант
Амортизаційні відрахування, E_a , грн	2300.04	2611.08
Заробітна плата обслуговуючого персоналу, $E_{зп}$, грн	44807.4	42952.87
Витрати на електроенергію, E_e , грн	20109.2	19848.52
Витрати на поточний ремонт, $E_{пр}$, грн	30416.58	27336.42
Інші витрати, $E_{ін}$, грн	4881.66	4637.44
Всього експлуатаційні витрати E , грн	102514.88	97386.34

Оскільки ми розраховуємо ефективність нової системи після модернізації, то необхідно порівняти експлуатаційні витрати використовуючи відносні показники.

Для порівняння експлуатаційних витрат розрахуємо показник відносної економії витрат:

$$L_e = \frac{E_б - E_н}{E_б} \cdot 100\%, \quad (6.6)$$

$$L_e = \frac{102514.88 - 97386.34}{102514.88} \cdot 100\% = 5\%.$$

За результатами приведених розрахунків можна зробити висновок, що впровадження нової системи керування електроприводом ліфта є економічно виправданим. При цьому досягається економія річних експлуатаційних витрат на рівні 5 %.

6.3 Визначення економічної ефективності проекту

За критерій економічної ефективності нового технічного рішення приймаємо термін окупності капітальних вкладень T_o та коефіцієнт економічної ефективності $E_{\text{еф}}$.

Визначимо термін окупності капітальних вкладень:

$$T_o = \frac{K_n - K_6}{E_6 - E_n}, \quad (6.7)$$

$$T_o = \frac{26110.8 - 23000.4}{102514.88 - 97386.34} = 0.606(\text{роки}).$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_{\text{еф}} = 1 / T_o, \quad (6.8)$$

$$E_{\text{еф}} = 1 / 0.606 = 1.65.$$

Тепер визначимо річний економічний ефект в грн:

$$EE = E_{\text{нд}} \cdot (K_6 - K_n) + (E_6 - E_n) \quad (6.9)$$

де $E_{\text{нд}}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності (норма дисконту), ($E_{\text{нд}} = 0.2$).

$$EE = 0.2 \cdot (23000.4 - 26110.8) + (102514.88 - 97386.34) = 4506.46(\text{грн}).$$

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній магістерській кваліфікаційній роботі розробляються заходи з модернізації лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу.

На електротехнічний персонал підприємства, що виконує ці роботи з модернізації лінії транспортування зернових культур і її подальшої експлуатації, впливає комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Тому важливо розглянути питання з охорони праці, що передбачають заходи щодо їхнього виявлення, розроблення заходів зі зниження їхнього впливу, з промислової безпеки, з цивільного захисту, а також зі створення безпечних та нешкідливих умов праці робітників.

Згідно ГОСТ 12.003-74, на оперативний електротехнічний персонал підприємства впливають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухливість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- недостатня освітленість робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень вібрації;
 - розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);
 - гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.
- психофізіологічні:
- фізичні перевантаження (динамічні);
 - нервово–психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів).

7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

7.1.1 Вимоги до організації робочих місць оперативного персоналу

Організація робочого місця користувача ПК має відповідати ергономічним вимогам ГОСТ 12.2.032. ССБТ. “Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”, ДНАОП 0.00-1.31-99, ДСанПіН 3.3.2.007-98, характеру та особливостям трудової діяльності.

Площа одного робочого місця користувача ПК повинна складати не менше 6 м², а об’єм – не менше 20 м³.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки, характеру виконуваної роботи і забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів, рухомого пюпітра (тримача документів) та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, пристрою “миша”, принтера та інших периферійних пристроїв з урахуванням їх кількості та конструктивних особливостей (мал.6).

Монітор на робочому місці встановлюється так, щоб верхній край екрана знаходився на рівні очей.

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній

площині під кутом $\pm 30^0$ від лінії зору, площина екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

Клавіатура розміщується на поверхні столу або висувній полиці на відстані 100-300мм від краю, ближчого до користувача. Кут нахилу клавіатури має бути в межах $5-15^0$. Поверхня клавіатури повинна бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4. Клавiші клавіатури мають бути зручними в роботі і м'якими при натисканні (хід всіх клавiш має бути однаковим з мінімальним опором натискання 0,25Н та максимальним – не більше 1,5Н).

Оптимальна робоча поза:

- ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг (застосування підставки є обов'язковим для тих, у кого ноги не дістають до підлоги, коли робоче сидіння знаходиться на висоті, потрібній для забезпечення оптимальної робочої пози);
- стегна – в горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом $70-90^0$ до вертикальної площини;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20^0 відносно горизонтальної площини;
- нахил голови – $15-20^0$ відносно вертикальної площини.

Робочий стіл, крісло і інші елементи обладнання робочого місця повинні бути зручними для вас. Так, наприклад, незручне крісло в якому ви сидите багато годин на день, може призвести до розвитку самих різних захворювань.

Глибина на рівні колін не менше 450, а на рівні витягнутої ноги – не менше 650.

Висота поверхні сидіння робочого крісла має регулюватися в межах 400-500 мм, а кут нахилу поверхні – від 15^0 вперед і до 5^0 назад.

При виконанні великого обсягу роботи кращим варіантом (для хребта) буде, якщо сидіння буде трошки нахилене вперед.

Кут нахилу спинки крісла повинен регулюватися в межах $0-30^{\circ}$ відносно вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння повинна регулюватися в межах 260-400 мм.

Для зниження статичного напруження м'язів рук доцільно застосовувати стаціонарні або знімні підлокітники, що регулюються по висоті над сидінням в межах 230 ± 30 мм та по відстані між підлокітниками в межах 350-500 мм.

Поверхня сидіння і спинки робочого крісла має бути напівм'якою з нековзким та повітронепроникним покриттям, що неелектризується та добре чиститься.

Підставка для ніг має бути регульованою по висоті в межах 150 мм, з кутом нахилу опорної поверхні в межах 20° . Її розміри: ширина – не менше 300мм, глибина – не менше 400 мм. Підставка повинна мати не слизьку поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм.

Робоче місце користувача ПК необхідно розташовувати відносно світлових прорізів (вікон) так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

7.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні 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 однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

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

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. 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.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

Для надання першої медичної допомоги при нещасних випадках повинна бути аптечка з набором необхідних перев'язочних матеріалів та медикаментів.

Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи:

I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізолювані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією;

II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму;

III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється.

Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення.

Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення.

Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем.

Електроінструмент класів II і III не заземлюють.

Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання. Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможлиблювати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту. До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються

працівники з II групою електробезпеки. До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

У електроінструмента класу I, крім того, має бути перевірена справність кола заземлення між його корпусом і заземлювальним контактом штепсельної вилки. Працівнику мають бути видані засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, килими) або розподільчий трансформатор, чи перетворювач із окремими обмотками, чи захисно вимикальне устаткування.

Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з просроченою датою періодичної чергової перевірки.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмопровідними підлогами – також і діелектричні калоші або килими.

Електроінструментом класів II і III дозволяється працювати без застосування індивідуальних засобів захисту в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом.

У посудинах, апаратах та інших металевих спорудах в умовах обмеженої можливості переміщення і виходу з них дозволяється працювати електроінструментом класів I і II за умови, якщо тільки один електроінструмент одержує живлення від автономної двигун-генераторної установки, розподільчого трансформатора безпеки або перетворювача частоти із роздільними обмотками, а також електроінструментом класу III. В цьому разі джерело живлення (трансформатор, перетворювач тощо) слід розміщувати поза вказаними посудинами, а вторинне коло джерела не слід заземлювати.

Забороняється підключати електроінструмент напругою до 12 В до електричної мережі загального користування через автотрансформатор, резистор або потенціометр.

7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

7.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Робота оператора силової установки відноситься до легкої фізичної роботи категорія Ia, бо оперативний персонал практично весь свій робочий день проводить сидячи. Параметри мікроклімату наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Ia	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Ia	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оперативного персоналу передбачається:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

7.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 7.2., а іонного складу – в таблиці 7.3.

Таблиця 7.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оперативного персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Таблиця 7.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ВДТ та ПЕОМ (відповідно до СН 2152-80)

Рівні	Кількість іонів в 1 см куб. повітря	
	n^+	n^-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних та негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря.

7.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає в приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне та суміщене освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники

розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосовуються до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – це додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, роботи з влаштування звукоізоляції внутрішніх стін, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в».

Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3,0

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

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

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

7.2.4 Виробничий шум

Шум вище гранично допустимих рівнів несприятливо діє на людину. Шум у приміщенні широкопasmовий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ПК, мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-85, ГР 2411-81 і наведені в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо геометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Оператори з обробки інформації	96	83	74	68	63	60	57	55	54

Устаткування, що є джерелом шуму (АЦП, принтери тощо), слід розташовувати поза приміщенням для роботи ПК.

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Акустична обробка приміщень – це облицювання частини внутрішніх поверхонь огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також розміщення в приміщенні штучних звукопоглиначів, які представляють собою вільно підвішені об'ємні поглинаючі тіла довільної форми.

Найбільший ефект при акустичній обробці можливо отримати в точках, які розташовані в зоні відбитого звуку; в зоні прямого звуку акустичний ефект від застосування облицювання набагато менший.

Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь.

У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не

облицьованими, або проектувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

7.2.5 Психофізіологічні фактори

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 4

По вертикалі: до 2

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника

Ступінь ризику для власного життя – Виключений

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (приймів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 6–7

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни

7.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи лінії транспортування зернових культур в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуаціях

Дія іонізуючого випромінювання на обладнання залежить від виду випромінювання, дози опромінювання та умов оточуючого середовища.

Іонізуюче випромінювання – потік заряджених або нейтральних частинок і квантів електромагнітного випромінювання, проходження яких через речовину призводить до іонізації і збудження атомів або молекул середовища.

Розрізняють кілька видів іонізуючого випромінювання. Гамма-випромінювання є найнебезпечнішим джерелом енергії, воно проникає у повітрі на відстань сотень метрів. Бета-випромінювання проникає в повітрі на відстань кількох метрів, а в живих тканинах кількох міліметрів. Альфа-частинки мають найкоротший радіус дії (кілька сантиметрів у повітрі і 0,1 мм у тканинах), а тому небезпечні лише у разі безпосереднього контакту з слизовими оболонками. Особливим видом іонізуючого випромінювання є нейтронне випромінювання (n), яке має місце при деяких діленнях урану або плутонію.

Опромінення системи призводить до зміни струму та коефіцієнтів підсилення, також вплине на конденсатори в них понизиться напруга пробою і опір витoku, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність а також тангенс кута витрат.

В результаті дії ЕМІ імпульс струму чи напруги проникає в систему і спричиняє пошкодження, ступінь яких залежить від чутливості складових системи вузлів. Серйозні пошкодження викликає ЕМІ в роботі цифрових і контрольних-вимірювальних приладів.

Дія електромагнітного імпульсу може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання.

7.3.1 Дослідження безпеки роботи лінії транспортування зернових культур в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій безпеки роботи лінії транспортування зернових культур приймається допустима доза $D_{\text{доп}}(P)$ або граничне значення рівня радіації $P_{\text{гр}}(P/\text{год})$, при яких система буде нормально працювати.

Визначаємо граничні значення дози опромінення $D_{\text{гр}}$, для елементної бази системи електропривода, при яких виникають незворотні зміни. Отриманні данні заносимо в таблицю 7.6.

Таблиця 7.6 – Граничні значення експозиційних доз лінії транспортування

№	Блоки	Елементи лінії	$D_{\text{гр}i},(P)$	$D_{\text{гр}},(P)$
1	Блок управління	Автоматичний вимикач ВА 53-41		10 ⁴
		Мікросхеми	10 ⁵	
2	Блок живлення	Конденсатори К53-1, 1 мкФ×32В(10%)	10 ⁷	
		Резистори С2-29-5%	10 ⁷	
		Напівпровідники	10 ⁵	
3	Блок підсилення	Транзистори IRG7PH46UPBF	10 ⁴	
		Діоди	10 ⁴	

По мінімальному значенню допустимої дози, при якій в елементній базі виникають необоротні зміни, визначаємо границю безпеки роботи електропривода в цілому. Проаналізувавши дані таблиці 7.6, робимо висновок, що самим уразливим елементом системи з мінімальною дозою $D_{\text{гр}}=10^4 P$ є транзистори та діоди.

Визначаємо можливу дозу опромінення D_m за формулою :

$$D_M = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{\Pi}})}{k_{\text{осл}}}, \quad (7.1)$$

де $P_{1\max}$ – максимальне значення рівня радіації ($P_{1\max} = 6,7 \text{ Р / год}$);

t_k – час кінця опромінення ($t_k = 35040 \text{ год}$);

t_{Π} – час початку опромінення ($t_{\Pi} = 1 \text{ год}$);

$k_{\text{осл}}$ – коефіцієнт послаблення радіації будинком ($k_{\text{осл}} = 1$).

$$D_M = \frac{2 \cdot 6,7 \cdot (\sqrt{35040} - \sqrt{1})}{1} = 2492,4 \text{ (Р)}.$$

Порівнюючи граничне значення дози опромінення з можливою, ми бачимо, що $D_{\text{гр}} > D_M$ ($10^4 > 2492,4$).

Отже можна зробити висновок, що дана система електроприводу буде безпечно працювати в умовах дії іонізуючого випромінювання.

Визначимо допустимий час роботи системи електропривода в заданих умовах за формулою :

$$t_d = \left(\frac{D_{\text{гр}} \cdot k_{\text{осл}} + 2 \cdot P_{1\max} \cdot \sqrt{t_{\Pi}}}{2 \cdot P_{1\max}} \right)^2, \quad (7.2)$$

$$t_d = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 6,7 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,7} \right)^2 = 588410,4 \text{ (год)}.$$

Отже, система нашого електропривода тривалий час буде безпечно працювати в умовах дії іонізуючого випромінювання.

7.3.2 Дослідження безпеки роботи лінії транспортування зернових культур в умовах дії ЕМІ

При оцінці впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) на струмопровідні елементи необхідно врахувати, що ЕМІ має горизонтальну та вертикальну

складові напруженостей електричного поля і тому повинні визначатися значення напруг на вертикальних та горизонтальних ділянках ліній. Так як для живлення силового обладнання використовується мережа живлення змінної напруги 380 В, а кола управління – постійної 5 В, то проведемо розрахунок безпеки роботи для обох мереж живлення. Напруга наводки в горизонтальній і вертикальній струмопровідній частині:

$$U_r = E_v \cdot L_r, \quad (7.3)$$

де E_v – величина вертикальної складової напруженості електромагнітного поля ($E_v = 12,3 \cdot 10^3$ В/м);

L_r – довжина горизонтальної струмопровідної частини системи ($L_r = 1,8$ м).

$$U_a = 12,3 \cdot 10^3 \cdot 1,8 = 22,14 \cdot 10^3 \text{ (В)},$$

$$U_b = E_r \cdot L_b, \quad (7.4)$$

де E_r – величина горизонтальної складової напруженості електромагнітного поля (В/м);

L_b – довжина вертикальної струмопровідної частини системи ($L_b = 1$ м).

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля:

$$E_r = E_v \cdot 10^{-3}, \quad (7.5)$$

$$E_r = 12,3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 12,3 \text{ (В/м)},$$

$$U_b = 12,3 \cdot 1 = 12,3 \text{ (В)}.$$

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення для різних блоків:

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N, \quad (7.6)$$

де N – відсоток допуску ($N=25\%$).

Отже, для силового кола (380 В) допустиме коливання напруги становитиме 475 В ($U_{\text{доп}} = 475$ В), для кола управління – 6,25 В ($U_{\text{доп}} = 6,25$ В).

Коефіцієнт безпеки визначається за формулою:

$$Кб_{г(в)} = 20 \lg \frac{U_{доп}}{U_{г(в)}} \geq 40, \quad (7.7)$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для силового кола ($U_{ж} = 380 \text{ В}$):

- вертикальної: $Кб_{в.} = 20 \cdot \lg \frac{475}{12,3} = 18,72 \text{ (дБ)},$
- горизонтальної: $Кб_{г.} = 20 \cdot \lg \frac{475}{22140} = -7,22 \text{ (дБ)}.$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для кола управління ($U_{ж} = 5 \text{ В}$):

- вертикальної: $Кб_{в.} = 20 \cdot \lg \frac{6,25}{12,3} = 7,12 \text{ (дБ)},$
- горизонтальної: $Кб_{г.} = 20 \cdot \lg \frac{6,25}{22140} = -32,79 \text{ (дБ)}.$

Отримані дані заносимо в таблицю 7.7.

Таблиця 7.7 – Значення коефіцієнтів безпеки РЕА системи лінії транспортування зернових культур

№	Найменування кіл живлення	Кб _{в.} , (дБ)	Кб _{г.} , (дБ)	Результат дії
1	Силове коло, 380 В	18,72	-7,22	Нестійке
2	Коло управління, 5 В	7,12	-32,79	Нестійке

Отже, система є нестійкою в умовах дії електромагнітного імпульсу.

7.3.3 Розробка засобів по підвищенню безпечної роботи лінії транспортування зернових культур в умовах надзвичайних ситуацій

Для підвищення рівня безпеки роботи лінії транспортування зернових культур необхідно вжити наступних заходів:

- кабелі живлення електродвигуна на 380 В помістити в металеві труби, на вводах до двигунів встановити розрядники;
- розвідну мережу керування і кабелі введення інформації від датчиків прокласти в сталевих заземлених трубах;
- на вводах блоку керування встановити швидкодіючі відключаючі електронні пристрої;
- пристрій введення, блок керування розмістити в металевих пасивних екранах з коефіцієнтом безпеки понад 40 дБ.

Щоб визначити якої товщини необхідно застосувати екран, знайдемо перехідне затухання екрану:

$$A = K_{\text{Бном}} - K_{\text{Бмін}}, \quad (7.8)$$

де $K_{\text{Бном}}$ – номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{\text{Бном}} = 40 \text{ дБ}$);

$K_{\text{Бмін}}$ – мінімальний коефіцієнт безпеки ориманий під час розрахунків.

Для силового кол :

$$A_{380\text{В}} = 40 + 7,22 = 47,22 \text{ (дБ)}.$$

Для кола управління:

$$A_{5\text{В}} = 40 + 32,79 = 72,79 \text{ (дБ)}.$$

Товщину захисного екрану знайдемо за формулою:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (7.9)$$

де f – найбільш характерна частота (15 кГц).

Отже, для обладнання силового кола товщина екрану:

$$t_{380\text{В}} = \frac{47,22}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,1 \text{ (см)},$$

Для обладнання кола управління товщина екрану:

$$t_{5\text{В}} = \frac{72,79}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,12 \text{ (см)}.$$

Отже, при застосуванні екранів розрахованих товщин будуть досягнуті номінальні коефіцієнти безпеки.

Висновки: В даному розділі було проведено дослідження безпеки роботи лінії транспортування зернових культур. Описано вплив та наслідки дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу на працездатність системи електропривода. Після проведення розрахунків визначено, що система лінії транспортування зернових культур стійка при заданому рівні радіації 6,7 Р/год. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою.

В ході роботи було визначено коефіцієнти безпеки, які для горизонтальної та вертикальної ділянок силового кола становлять -7,22 та 18,72 дБ відповідно і є дещо більшими ніж для кола управління -32,79 і 7,12, проте не досягають номінального значення в 40 дБ. Для досягнення номінального коефіцієнта безпеки, а відповідно і безпечної роботи системи електропривода було запропоновано ряд заходів, розраховано товщину захисного екрана, для елементів силового кола це 0,1 см, для елементів кола управління – 0,12 см.

ВИСНОВКИ

В роботі здійснено загальну характеристику технологічного процесу транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу, який знаходиться в с. Холосне (Коростенський район, Житомирська область).

Розраховано електропривод скребкового транспортера завальної ями в умовах даного елеваторного комплексу.

Згідно розрахункових даних для привода скребкового транспортера завальної ями вибрано АД з КЗ ротором типу АІР112МВ6 потужністю 4,0 кВт та побудовані його механічні характеристики.

Для живлення приводного двигуна вибрано типовий перетворювач частоти з АІН з ШІМ типу АТV212НU55N4 Schneider Electric потужністю 5,5 кВт.

Коректність прийнятих проектних рішень перевірено шляхом комп'ютерного моделювання в Matlab.

Розроблено автоматизовану систему керування лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу.

Для перевірки роботи окремих найбільш складних фрагментів кіл керування елеваторного комплексу було проведено комп'ютерне моделювання їх роботи в середовищі Logo Soft Comfort.

Розроблено пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна.

Розроблено ряд заходів з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Елеватор. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80>
2. Технологічна схема транспортування та зберігання зерна. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ppt-online.org/679733>
3. Скребковый конвейер. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D0%B9%D0%B5%D1%80
4. Волотковский С. А. Типовой электропривод промышленных установок / С. А. Волотковский, В. И. Емец, В. К. Козло. – К. : Вища школа, 1983. – 312 с.
5. 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.
6. Электродвигатель АИР112МВ6 4 кВт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://nasosteh.com.ua/product/electric-motor/elektrodivigatel_air_112_mv6
7. Преобразователь частоты 5,5 кВт [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://chastotnik.com.ua/Schneider+Electric-r-ATV310HU55N4E>
8. 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.
9. Збірник задач до курсу «Електропривід». Навчальний посібник / Піцан Р., Бардачевський В., Бойчук Б. – Львів : Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 1999. – 426 с.

10. Электродвигатель трёхфазный АИР112МВ6 4 кВт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://systemax.ua/elektrodivigateli/trehfaznye-obshepromyshlennye-elektrodivigateli/air/air112mb6--4-kvt-1000-ob-min-.html>

11. Электродвигатель 4 кВт 1000 об/мин — АИР112МВ6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://aipr.com.ua/katalog_elektrodivigatelei_air/air-112mv6-4-kvt-1000-ob-min/

12. ATV212HU55N4 Преобразователь частоты ATV212 5.5кВт 3-ф/380 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://chastotnik.com.ua/Schneider+Electric-r-ATV212HU55N4>

13. Сигнализатор СУМ-1 (датчик уровня мембранный). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.olx.ua/obyavlenie/signalizator-sum-1-datchik-urovnya-membranny-prodam-ot-1-sht-IDAxkJ6.html>

14. Черных И. В. Моделирование электромеханических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / Черных И. В. – М. : ДМК Пресс; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.

15. Кобилянський О. В. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей / О. В. Кобилянський, О. П. Терещенко. – Вінниця: ВНТУ, 2003.– 46 с.

Додаток А

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕМСАПТ

д.т.н., проф.

_____ В. М. Кутін

“ ___ ” _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**Модернізація лінії транспортування зернових культур в умовах
елеваторного комплексу**

08-16.МКР.004.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц.

_____ В. В. Грабко

“ ___ ” _____ 20__ р.

Виконавець: ст. гр. ЕПА-20м

_____ Д. П. Лях

“ ___ ” _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ 2021

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Модернізація лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу».

Скорочене найменування розробки – «Модернізація елеваторного комплексу».

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем дипломного проектування.

3 Призначення розробки і галузь використання

Елеваторний комплекс – це сукупність будівель, споруд та пристроїв, які призначені для транспортування, технологічної обробки та зберігання зерна.

4 Вимоги до розробки

Робота усіх механізмів, які працюють в складі окремих ліній елеваторного комплексу чи окремо повинна бути організована таким чином, щоб не допустити завалу механізмів зерном як в нормальному режимі роботи, так і при виникненні нештатних ситуацій та некваліфікованих дії персоналу. З метою проведення налагоджувальних та ремонтних робіт кожен з механізмів повинен передбачати роботу не лише в автоматичному але і ручному режимі роботи.

5 Комплектація розробки

До складу елеваторного комплексу входять такі механізми: скребковий транспортер завальної ями; норія завальної ями; трьохходовий перемикач 1; скребковий транспортер хопера 1; скребковий транспортер хопера 2; норія завантаження проміжного бункера сушарки; норія вивантаження сушарки; перемикач 2; скребковий транспортер очистки.

6 Технічні характеристики стрічкового транспортера завальної ями

Параметри	Значення
Продуктивність	60 т/год
Діаметр приводної зірочки	350 мм
Діаметр натяжної зірочки	350 мм
Довжина транспортера	11,2 м
Ширина	200мм
Висота	400мм
Кількість зубців	10
Крок	100мм
Швидкість ланцюга	0,31 м/с

7 Джерела розробки

1. Технологічна схема транспортування та зберігання зерна. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ppt-online.org/679733>

2. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / Белов М. П., Новиков М.А., Рассудов Л.Н. – М. : Академия, 2007. – 576 с.

8 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т.п. виробництва України, країн близького зарубіжжя та Європи.

9 Конструктивне виконання

Автоматизована система керування елеваторного комплексу виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пило-вологозахищеному виконанні.

10 Показники технологічності

Автоматизована система керування елеваторного комплексу виконується на сучасній елементній базі, а її монтаж здійснюється з відповідно правилам улаштування електроустановок.

11 Технічне обслуговування і ремонт

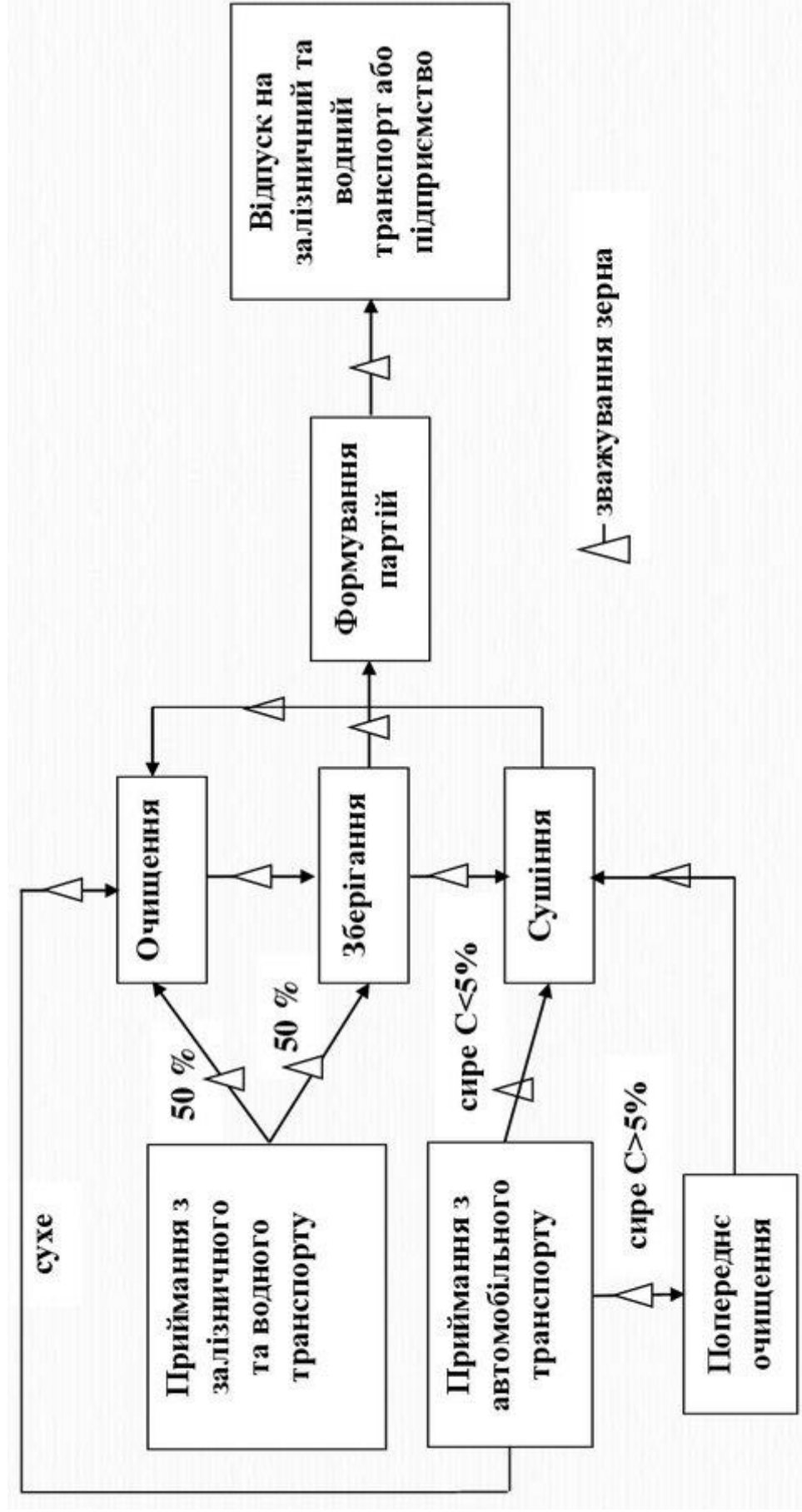
Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками відповідної кваліфікації. Технічний огляд пристрою здійснюється мінімум один раз на місяць. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

12 Живлення електропривода

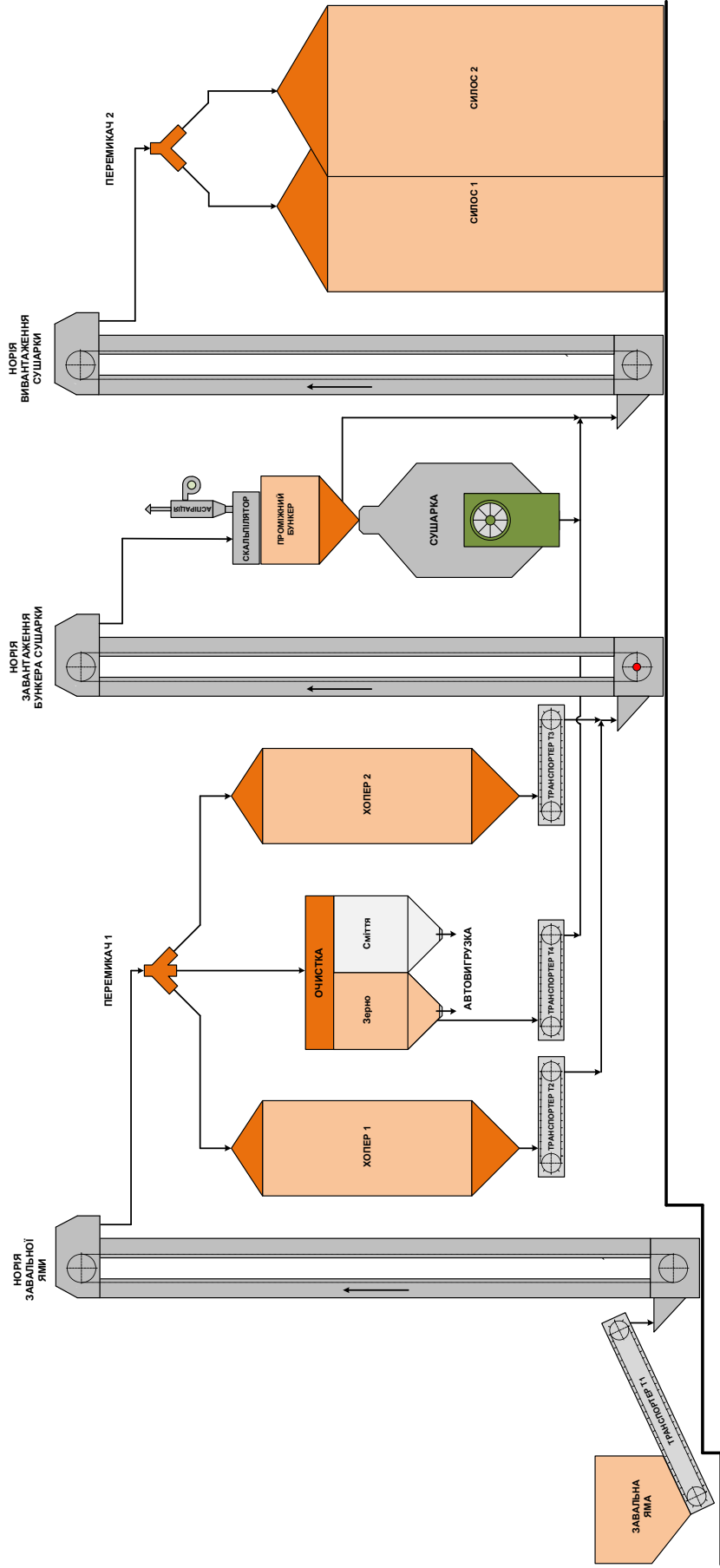
Живлення установки повинно бути виконане напругою 380 В промислової частоти.

Додаток Б
Ілюстративні матеріали

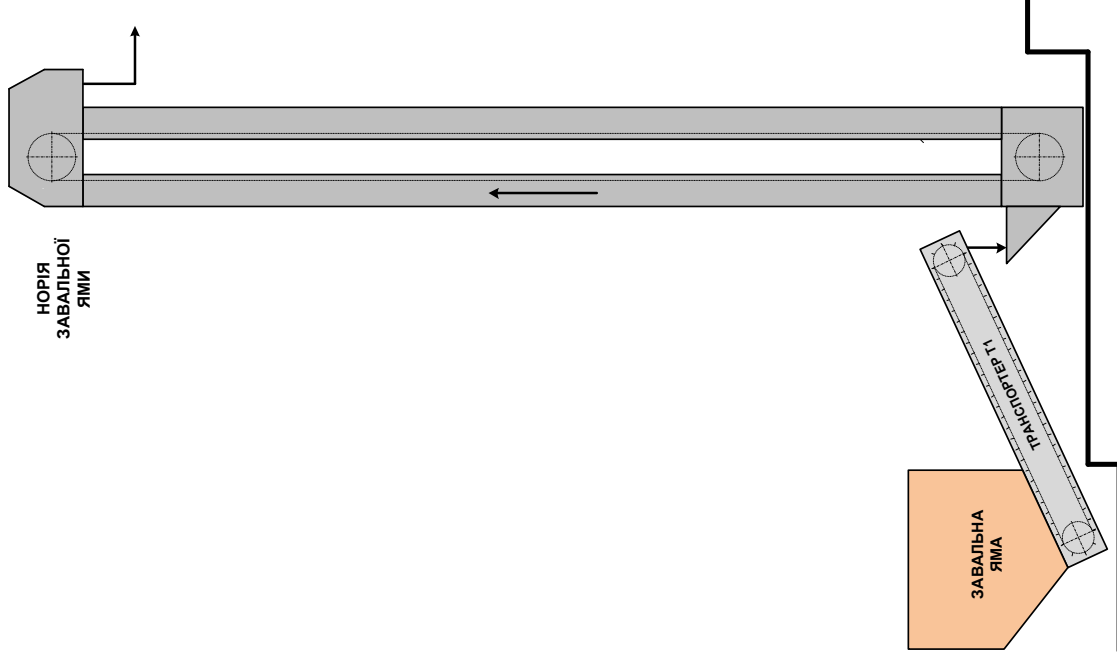
Технологічний процес післязбиральної обробки та зберігання зерна



Структура елеваторного комплексу



Характеристики скребкового транспортера



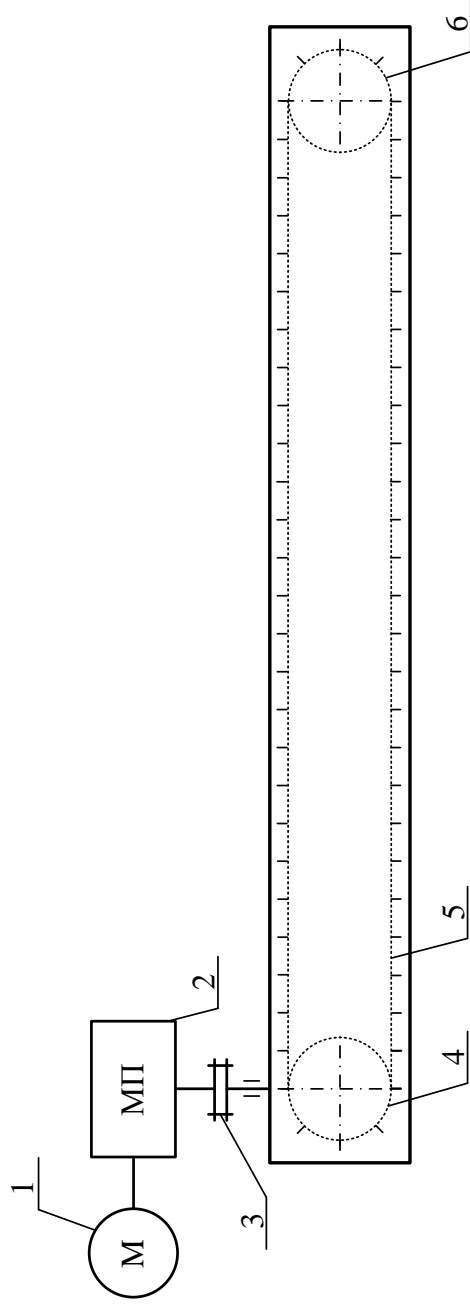
Технічні характеристики скребкового транспортера

Параметри	Значення
Продуктивність	60 т/год
Діаметр приводної зірочки	350 мм
Діаметр натяжної зірочки	350 мм
Довжина транспортера	11,2 м
Ширина	200мм
Висота	400мм
Кількість зубців	10
Крок	100мм
Швидкість ланцюга	0,31 м/с



Зовнішній вигляд скребкового транспортера

08-16.МКР.004.00.000 К



- 1 – приводний двигун
- 2 – механічна передача
- 3 – муфта
- 4 – приводна зірочка
- 5 – тяговий орган
- 6 – натяжна зірочка

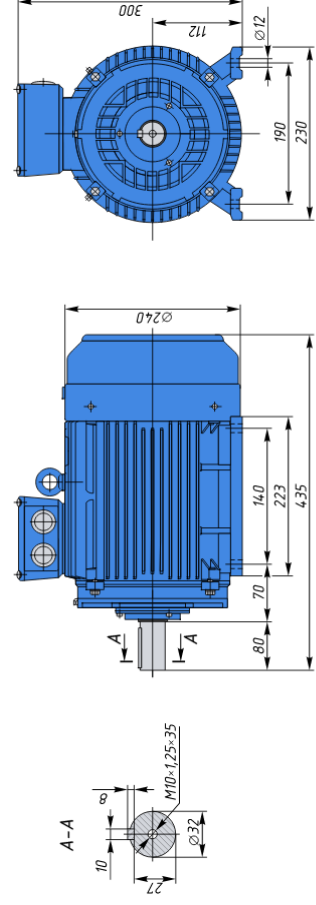
Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
---------------	-------------	--------------	---------------

08-16.МКР.004.00.000 К		Літ.	Маса	Масштаб
Модернізація лінії транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу. Схема кінематична скребкового транспортера				
Зм. Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	
Розробив: Лях Д.П.				
Перевірив: Грабко В.В.				
Т. конпр.				
Норм.кон.	Кутін В.М.			
Загверд.				
гр. ЕПА-20м		Аркуш 1	Аркушів 1	

Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода скребкового транспортера

Показники	Системи електричного привода			
	РКС-ДПС	РКС-АД з ФР	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	9450	7560	9450	3780
Вартість системи керування СК, грн	3407,1	3974,95	10221,3	11357
Капітальні вкладення К, грн	12857,1	11534,95	19671,3	15137
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	2185,71	1960,94	3344,12	2573,29
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	1285,71	1153,50	1967,13	1513,70
Відрахування на ремонт C_P , грн/рік	257,14	230,70	393,43	302,74
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	22029,75	13311,41	5969,65	5126,85
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	1178,63	734,78	416,51	347,16
Загальні відрахування С, грн/рік	24751,23	15430,38	8746,72	7290,45
Приведені витрати З, грн/рік	26936,94	17391,33	12090,84	9863,74

Вибір елементної бази ЕП скребкового транспортера

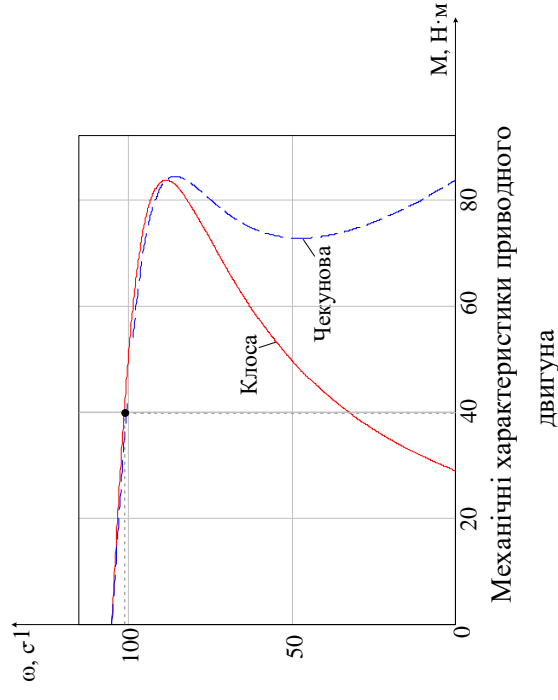


Приводний двигун АІР112МВ6



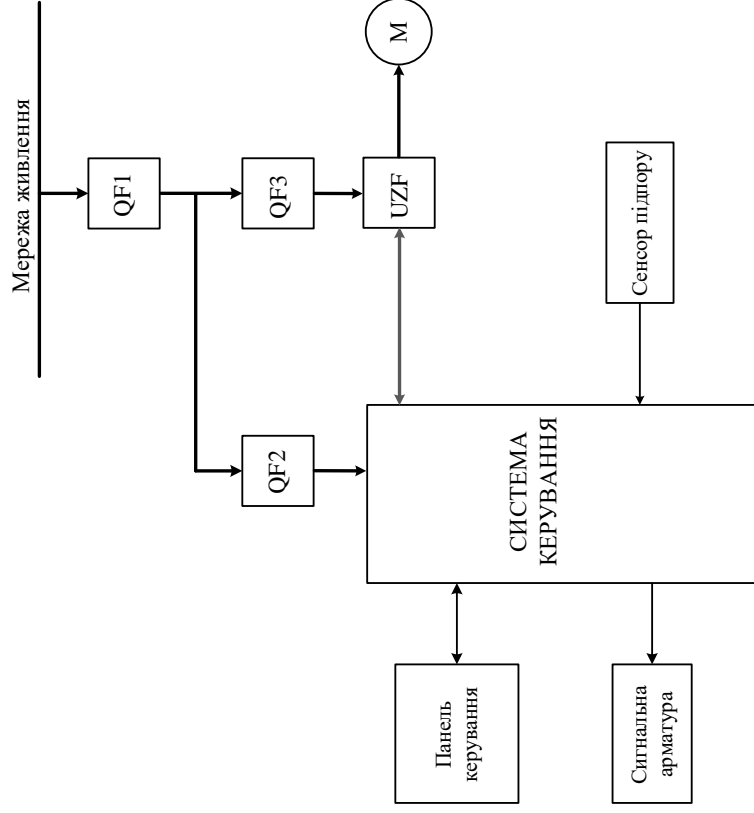
Перетворювач частоти АТV212НU55N4 5,5 кВт

Параметри двигуна	Значення
Тип	АІР112МВ6
Номинальна потужність $P_{дв.н.}$, кВт	4,0
Номинальна напруга $U_{дв.н.}$, В	380
Номинальна швидкість обертання $n_{дв.н.}$, об/хв	960
Коефіцієнт потужності $\cos\phi_n$	0,76
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н.}$	0,82
Номинальний струм статора $I_{дв.н.}$, А	9,75
Крагіньсть пускового струму $I_{дв.п.} / I_{дв.н.}$	6,5
Крагіньсть пускового моменту $M_{дв.п.} / M_{дв.н.}$	2,1
Крагіньсть критичного моменту $M_{дв.к.} / M_{дв.н.}$	2,1
Активний опір ротора R_1 , Ом	1,8
Реактивний опір ротора X_1 , Ом	1,7
Приведений активний опір статора R_2 , Ом	1,5
Приведений реактивний опір ротора X_2 , Ом	2,6
Момент інерції ротора $J_{рот.}$, кг·м ²	0,0425



Механічні характеристики приводного двигуна

08-16.МКР.004.00.000 Е2

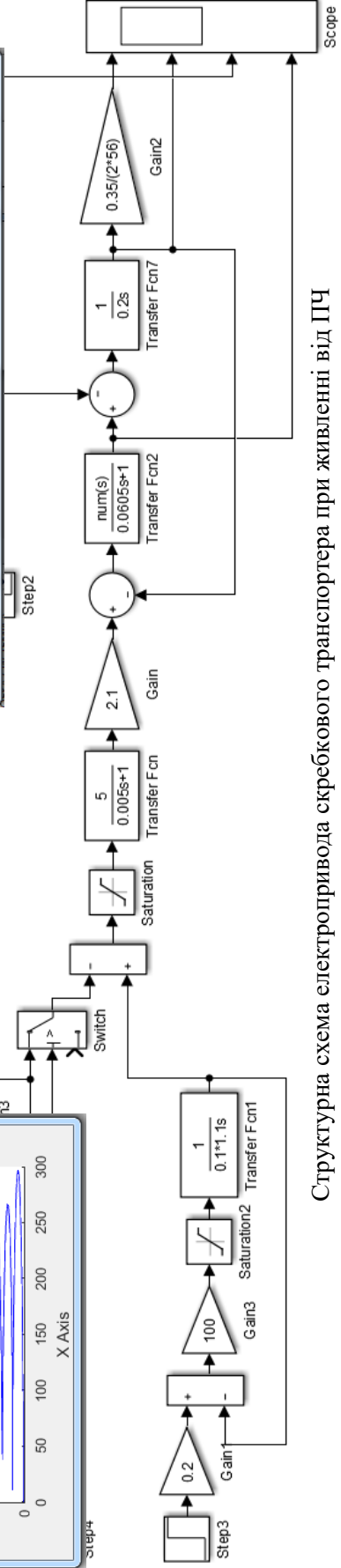
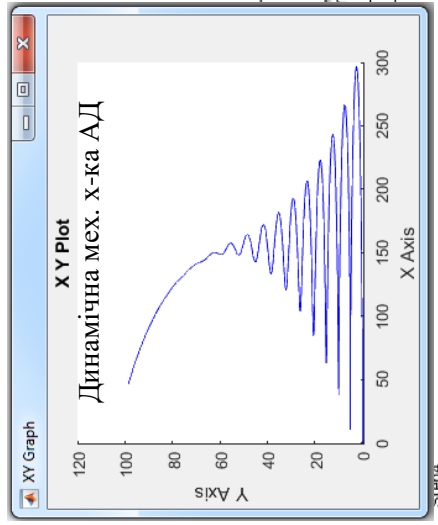
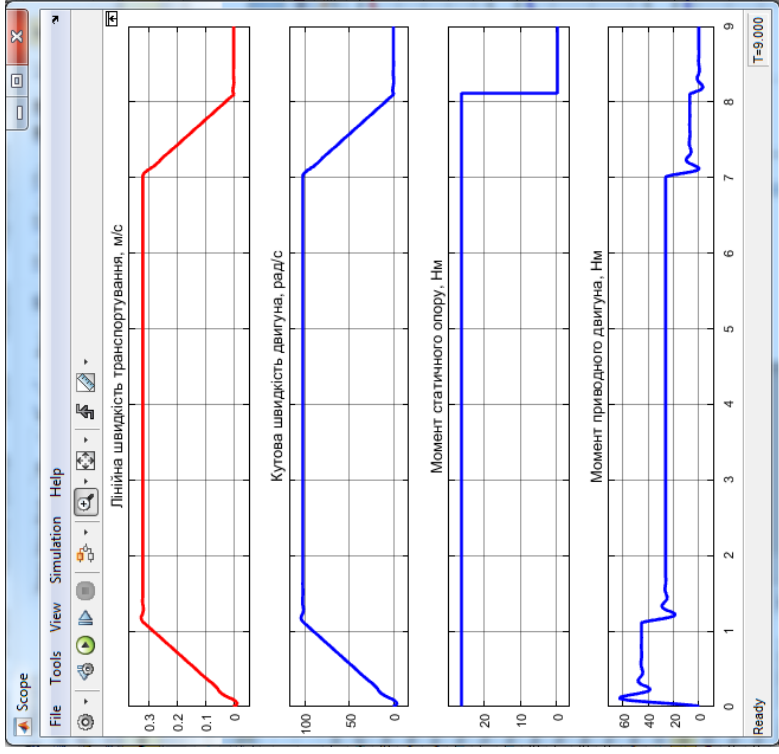
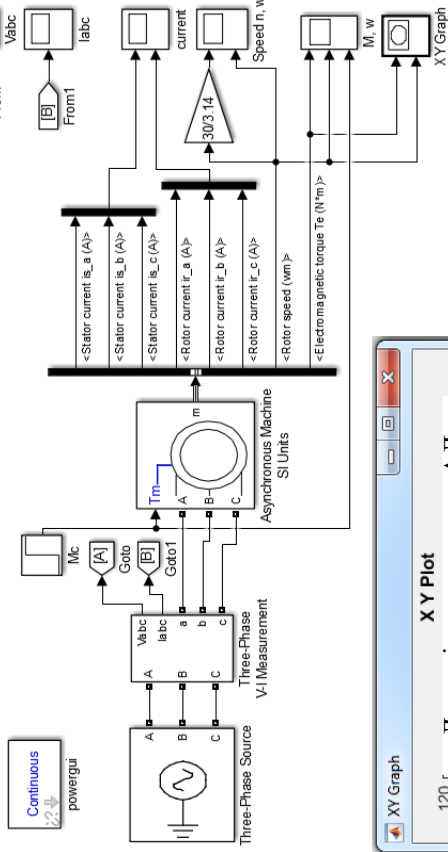


08-16.МКР.004.00.000 Е2										
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб			
Розробив:	Лях Д.П.									
Перевірив:	Грибко В.В.									
Т. контр.										
Модернізація ліній транспортування зернових культур в умовах елеваторного комплексу. Схеми електричних функціональних ЕП сирецького транспортера							Аркуш	1	Аркушів	1
Нормокон.										
Затверд.	Кутин В.М.									
гр. ЕПА-20м										

Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

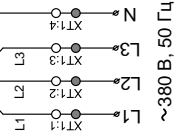
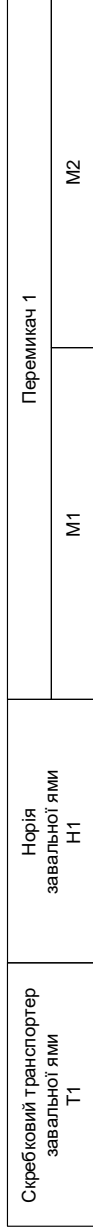
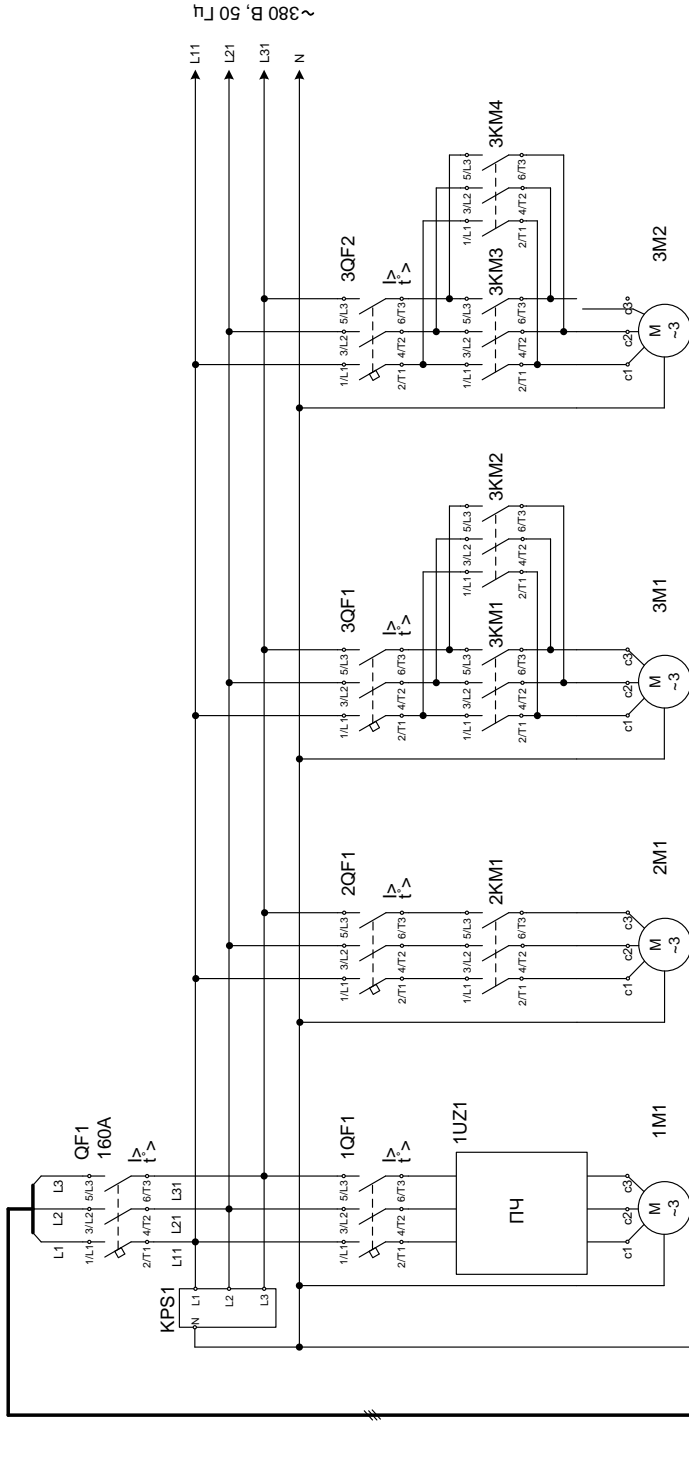
Моделювання ЕП скребкового транспортера

— Схема АД в Simulink



Структурна схема електропривода скребкового транспортера при живленні від ПЧ

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ



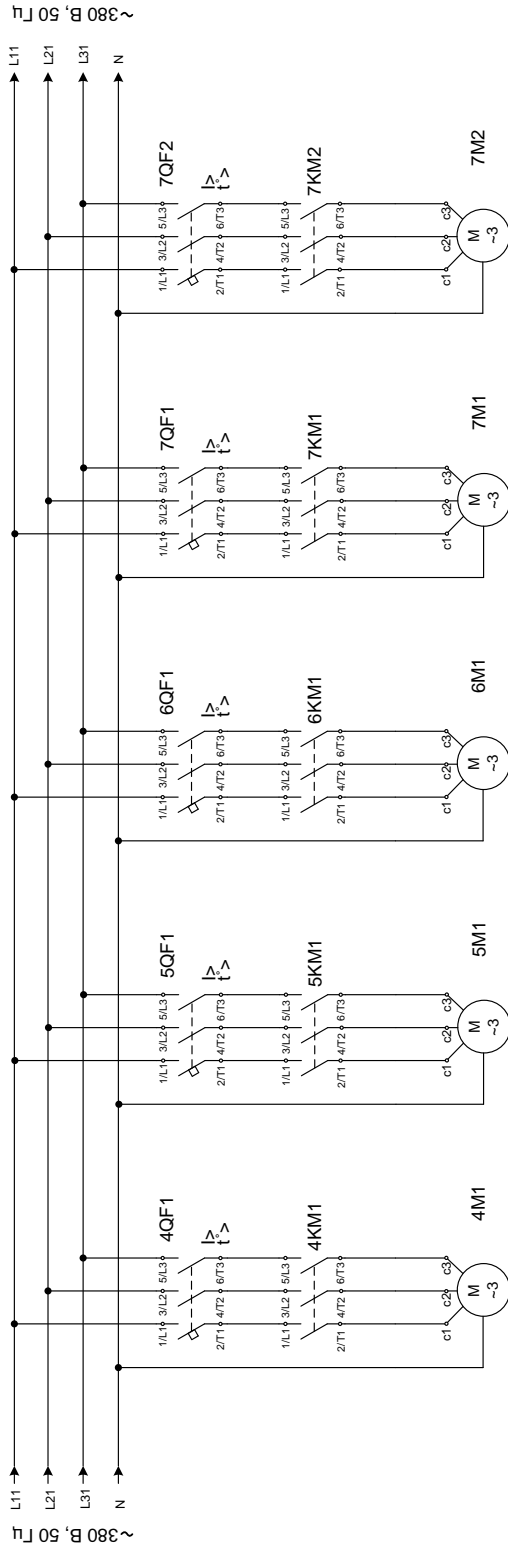
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб	
Розробив	Лях Д.П.							
Перевірив	Грибко В.В.							
Т. контр.								
Модернізація лінії транспортування зернової культури в умовках елеваторного комплексу. Схеми електричних принципів автоматизованої системи керування ліній транспортування зернової культури. Словникова книга					Аркуш	1	Аркушів	3
Норм.кон.								
Затверд.	Кулін В.М.							

гр. ЕПА-20м

Інв. № опр.	
Підпис і дата	
Зам. інв. №	
Інв. № дугл.	
Підпис і дата	

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ

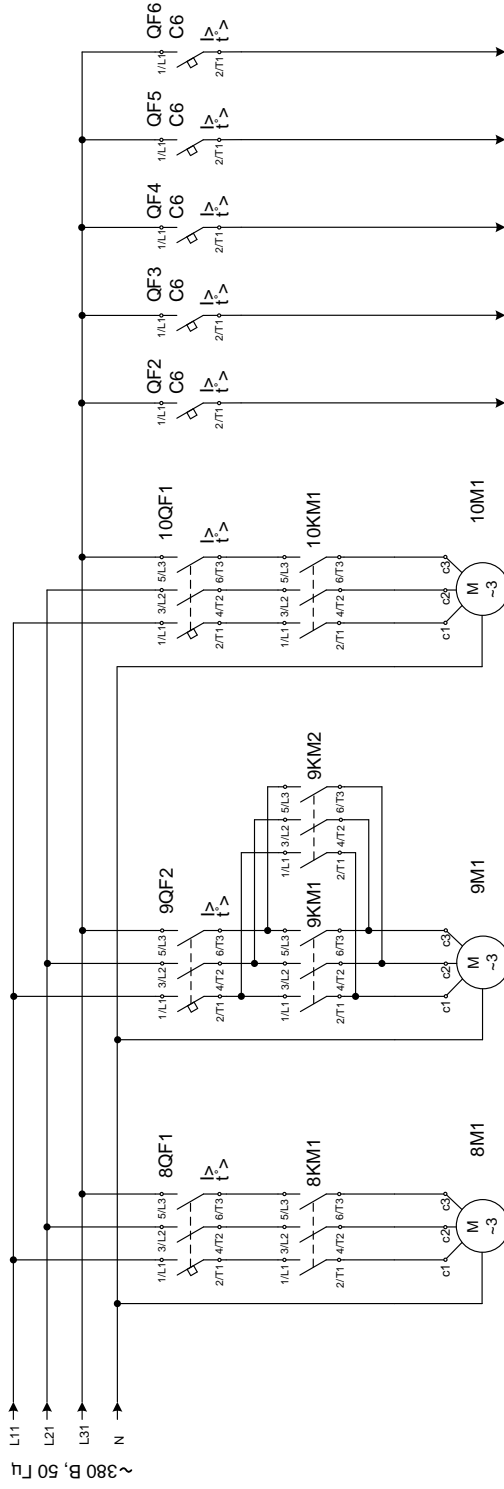


Скребокый транспортер хопера 1 Т2	Скребокый транспортер хопера 2 Т3	Норія завантаження бункера сушарки Н2	Очистка
		Скальпілятор	Аспирація

Інв. № орис.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

Лист	2
Зм.	Лист
№ документа	Підпис
Дата	
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ	

08-16.MKP.004.00.000 E3

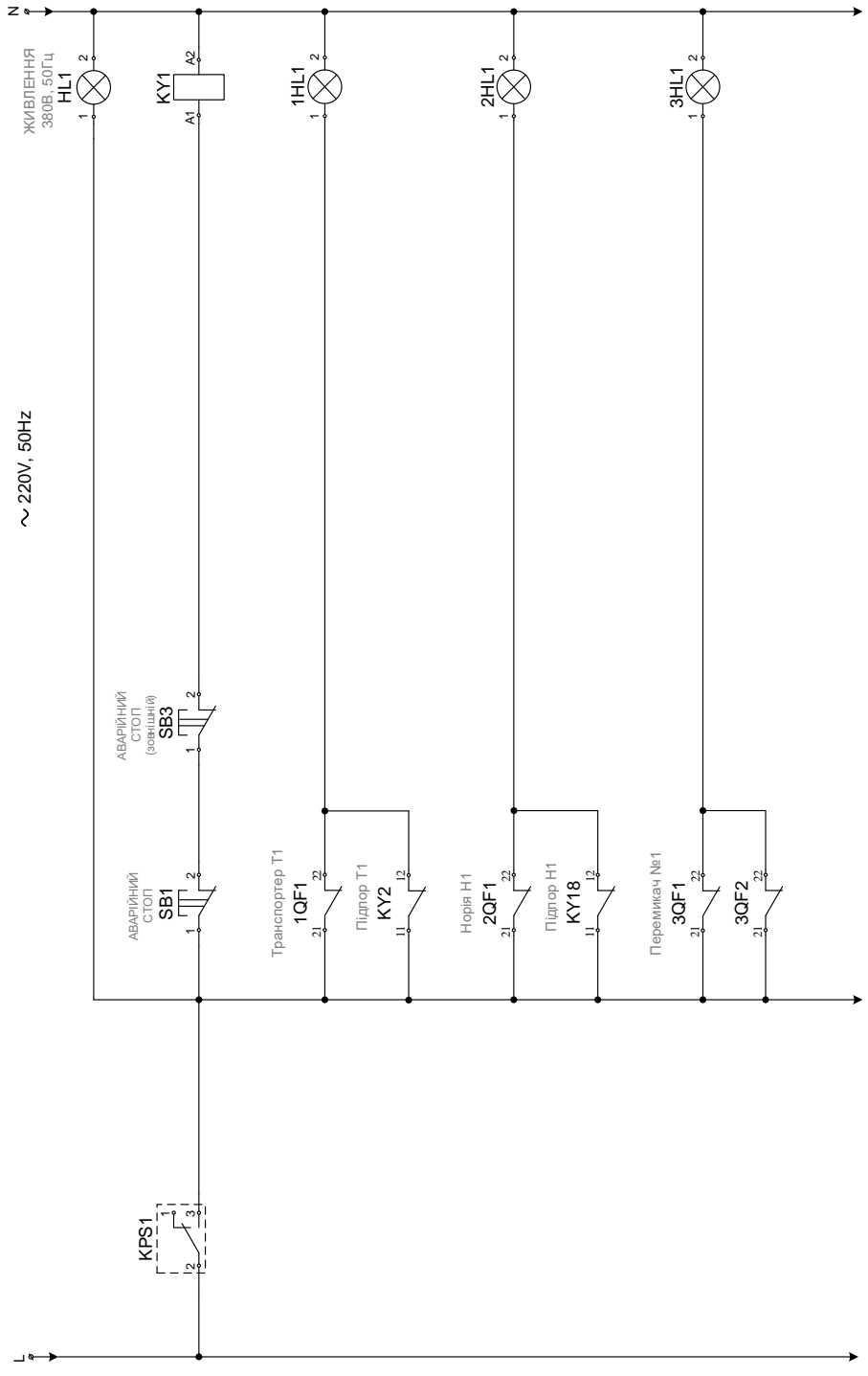


Норія вивантаження суцарки НЗ	Перемикач 2	Скребокый транспорттер очистки Т4	Кола керування	Пульт Sukur	Блок живлення 24В DC	Давінок	Освітл. території
-------------------------------	-------------	-----------------------------------	----------------	-------------	----------------------	---------	-------------------

Ім'я, № ориг.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
---------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Лист	3			
08-16.MKP.004.00.000 E3				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ

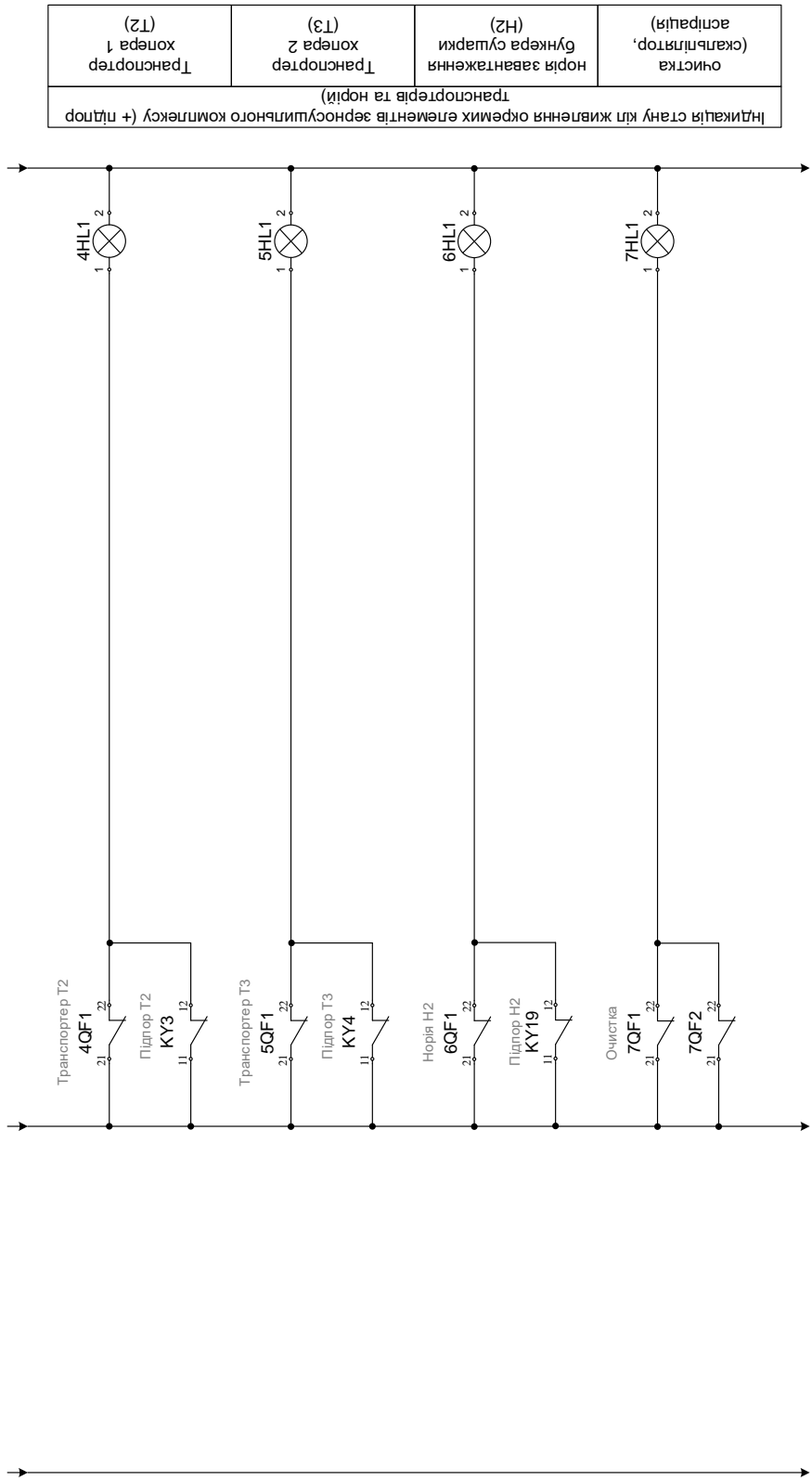


Індикація стану кіл живлення окремих елементів зерноушльного комплексу (+ підпор транспортів та норії)	Транспортер завальної ями (Т1)	перемикач 1 (Н1)	норія завальної ями (Н1)	перемикач 1
Аварійний стоп зерноушльного комплексу	Індикація стану кіл живлення зерноушльного комплексу			

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис
Розробив:	Лях Д.П.		
Перевірив:	Грабко В.В.		
Т. контр.			
Модернізація лінії транспортування зернових культур в умовях елеваторного комплексу. Схема електричного принципової автоматизованої системи керування ліній транспортування зернових культур. Кола керування			
Аркуш 1	Аркушів 19	Маса	Масштаб
Норм.кон. Затверд. Кулін В.М.			
гр. ЕПА-20м			

Ім'я, № опит.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № д/пн.	Підпис і дата
---------------	---------------	--------------	---------------	---------------

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ

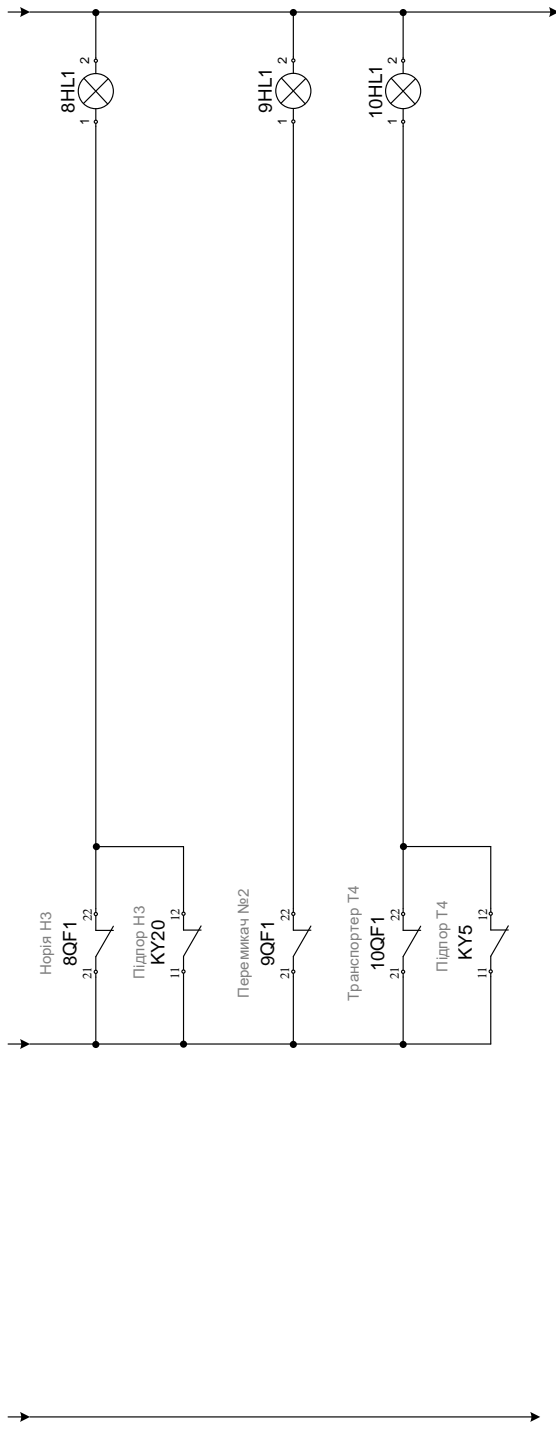


Індикація стану кіл живлення окремих елементів зєднанушнього комплексу (+ підпор транспортєрів та норїє)	
очїстка (кальїлятор, аспїрація)	норїє завантаженнє (H2)
Транспортер хопєра 2 (Т3)	Транспортер хопєра 1 (Т2)

Імє, № опрї:	Пїдпис і дата	Зам. імє, №	Імє, № дубл.	Пїдпис і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

Лїст	2			
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ				
Зм.	Лїст	№ документа	Пїдпис	Дата

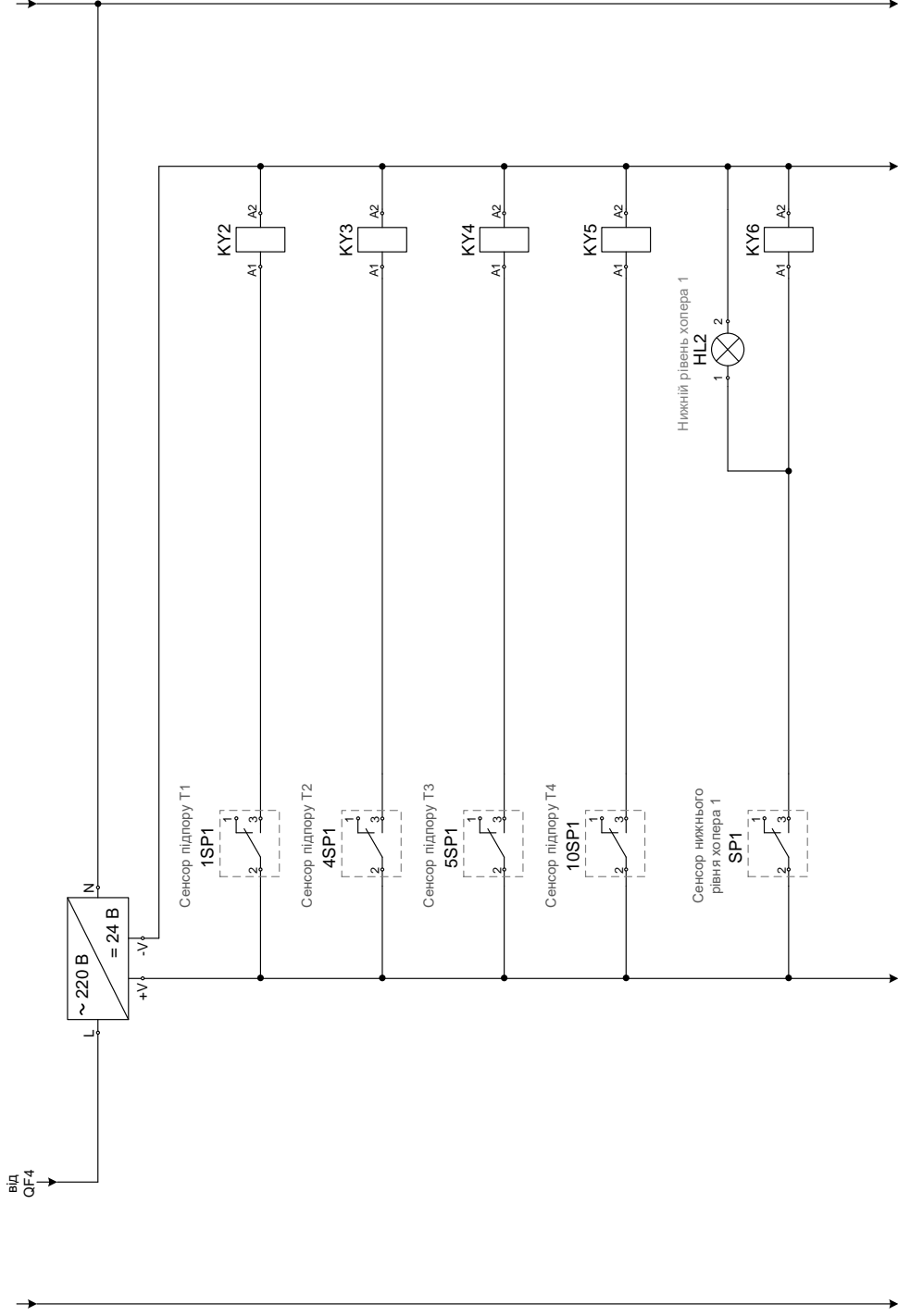
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ



Інд. стану кіл живл. елементів зрослоушляного комплексу (+ підпор транспортерів та норій)	
транспортер очистки (Т4)	перемикач 2
норія вивантаження (Н3)	

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

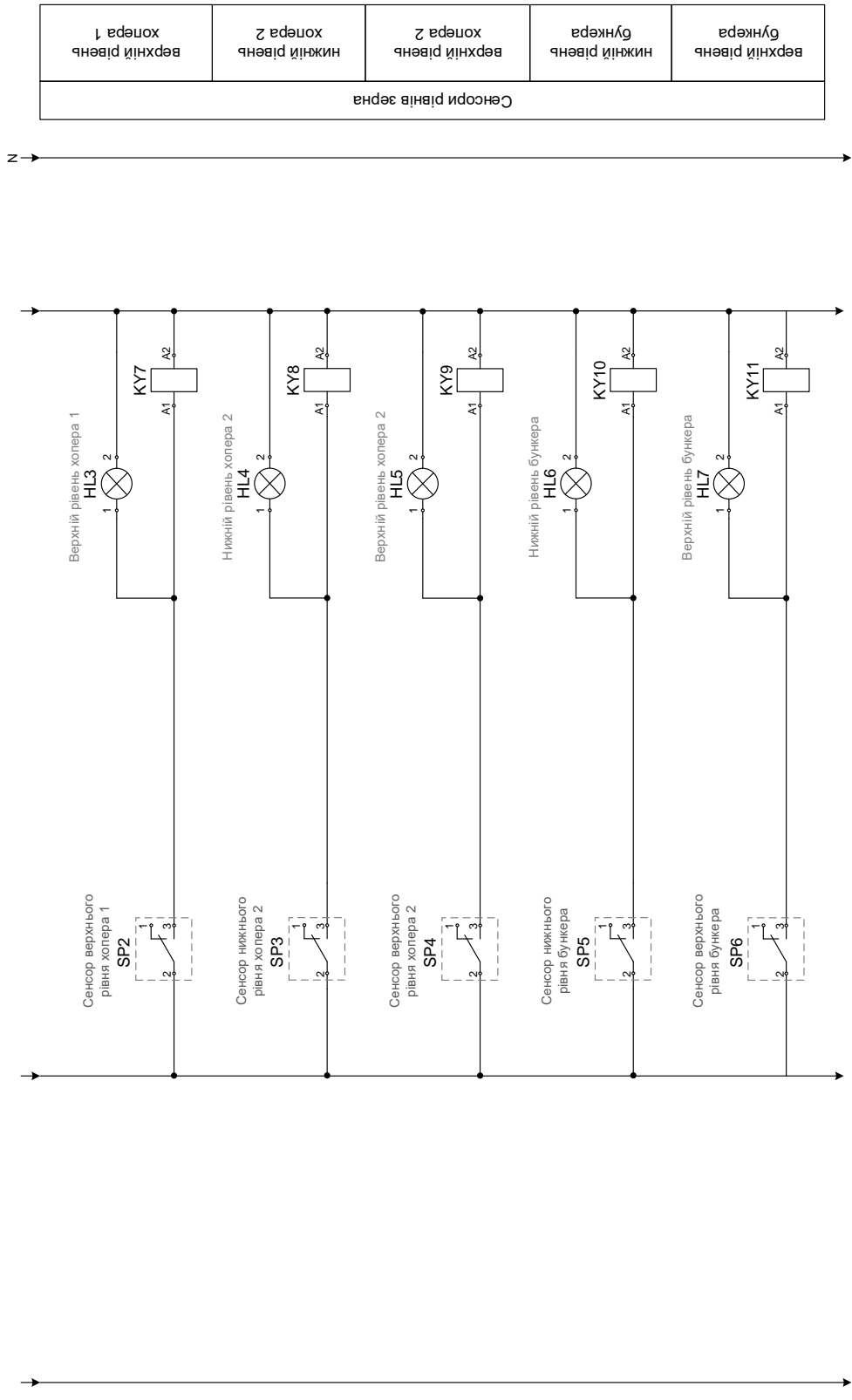
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ				Лист
				3



Сенсори рівнів хопера 1	Сенсори підлору транспортів
транспорт очиски (Т4)	транспортів
транспорт хопера 2 (Т3)	
транспорт хопера 1 (Т2)	
транспорт завальної ями (Т1)	
Блок живлення +24В DC	

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

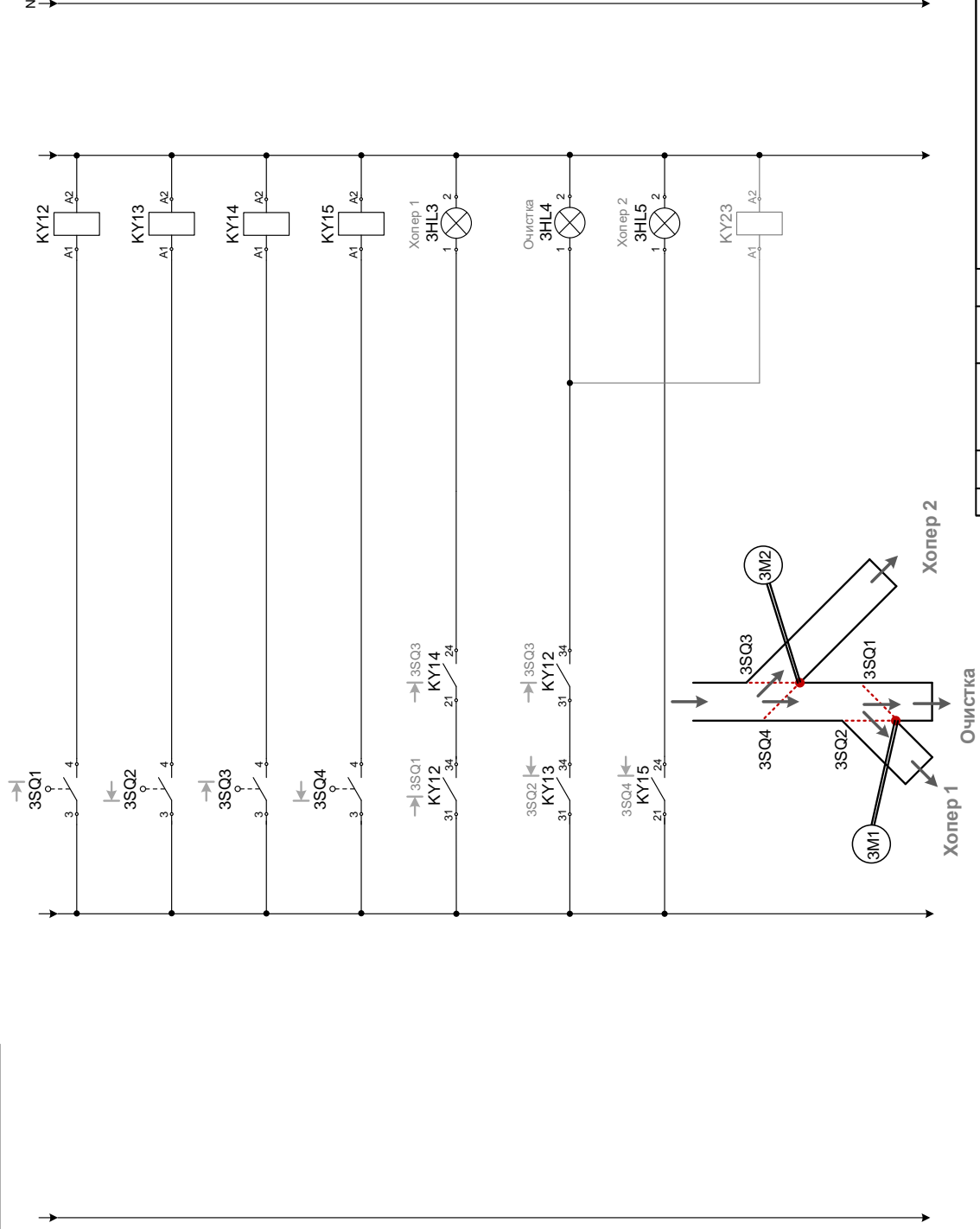
08-16.MKP.004.00.000 E3



Z

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Лист	5			
08-16.MKP.004.00.000 E3				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

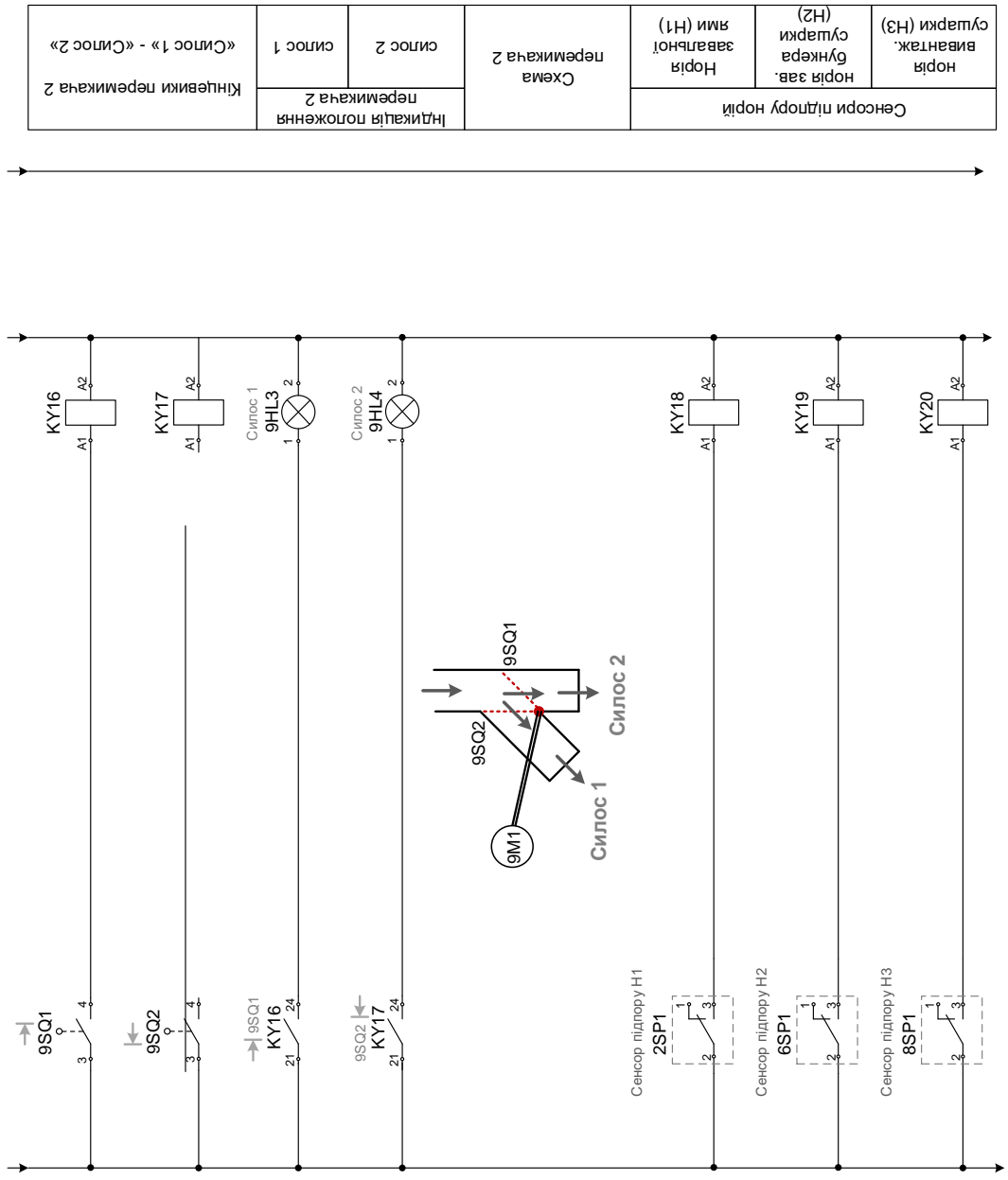


Індикація положення перемикача 1	холоп 2	холоп 1
	Очистка	холоп 1
Кінцевики перемикача 1		
«Холоп 1» - «Очистка» - «Холоп 2»		

Лист	6			
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ

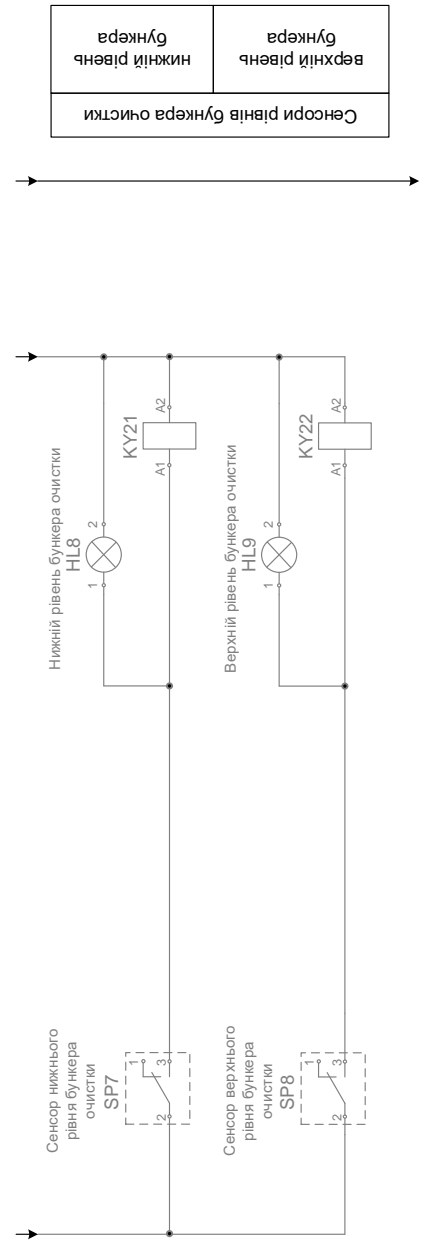


Сенсори підпору Норії		Норія зав. бункера сушарки (Н2)	Норія вивантаж. сушарки (Н3)
Норія завальної ями (Н1)			
Схема перемікача 2			
Індикація положення перемікача 2		сілос 2	сілос 1
Кінцевики перемікача 2			

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дит.	Підпис і дата
--------------	---------------	--------------	--------------	---------------

Лист	7			
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.MKP.004.00.000 E3

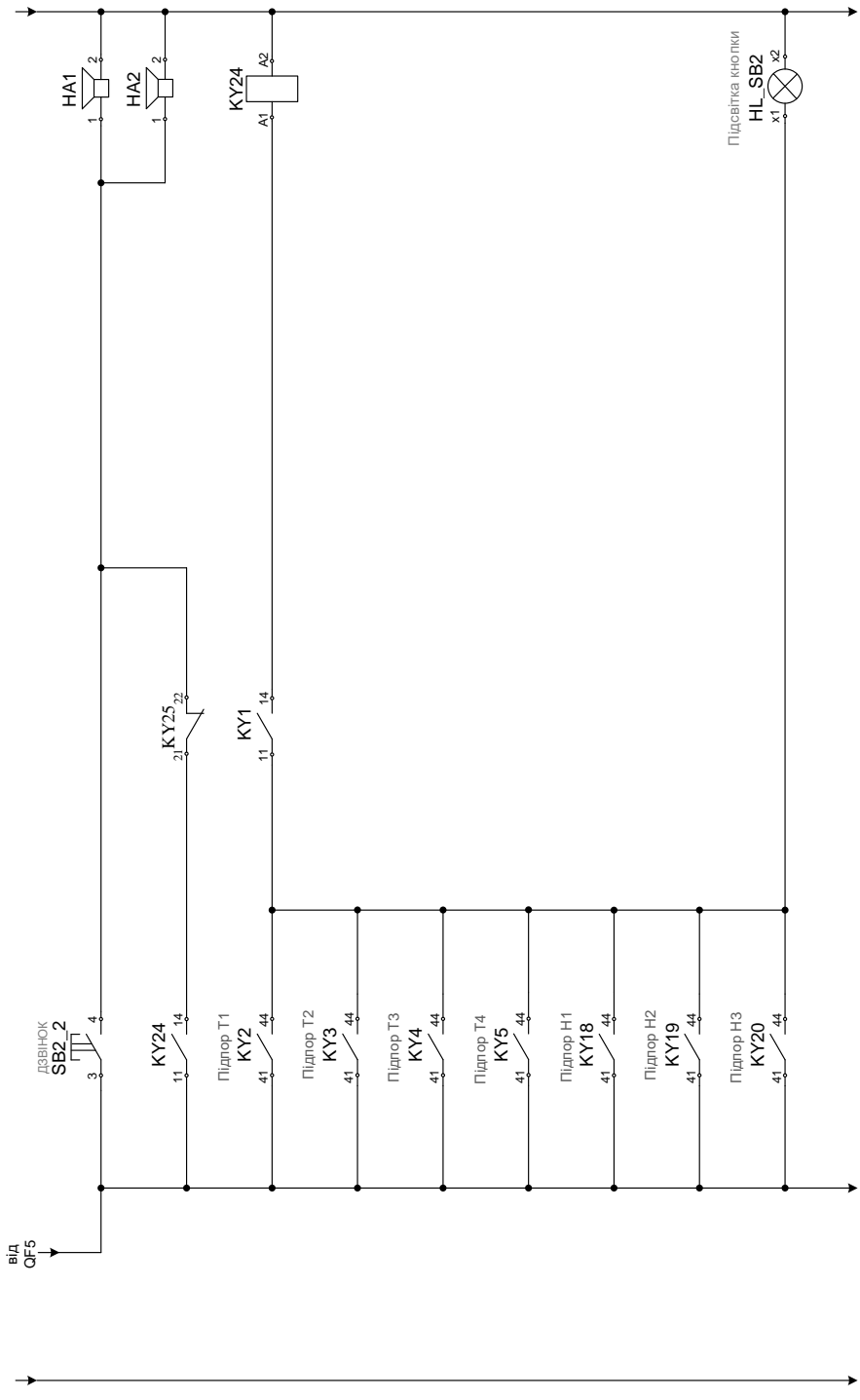


Сенсори рівнів бункера очистки	нижній рівень бункера
	верхній рівень бункера

Ім'я, № ориг.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
---------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
08-16.MKP.004.00.000 E3				
				Лист
				8

08-16.МКР.004.00.000 Е3

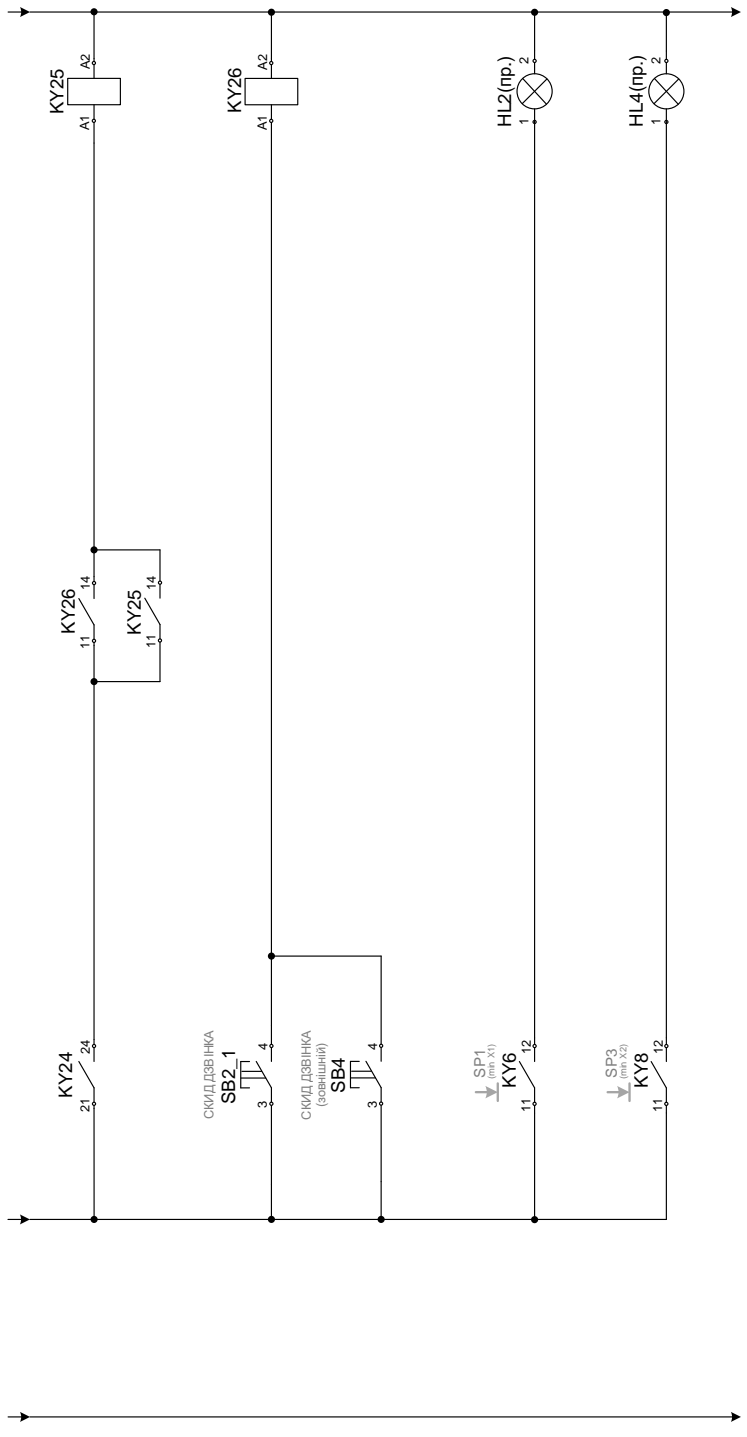


Попереджувальна, технологічна та аварійна звукова сигналізація	підпор H3	ДЗВІНОК
	підпор H2	
	підпор H1	
	підпор T4	
	підпор T3	
підпор T2		
підпор T1		

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Лист	9			
08-16.МКР.004.00.000 Е3				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ

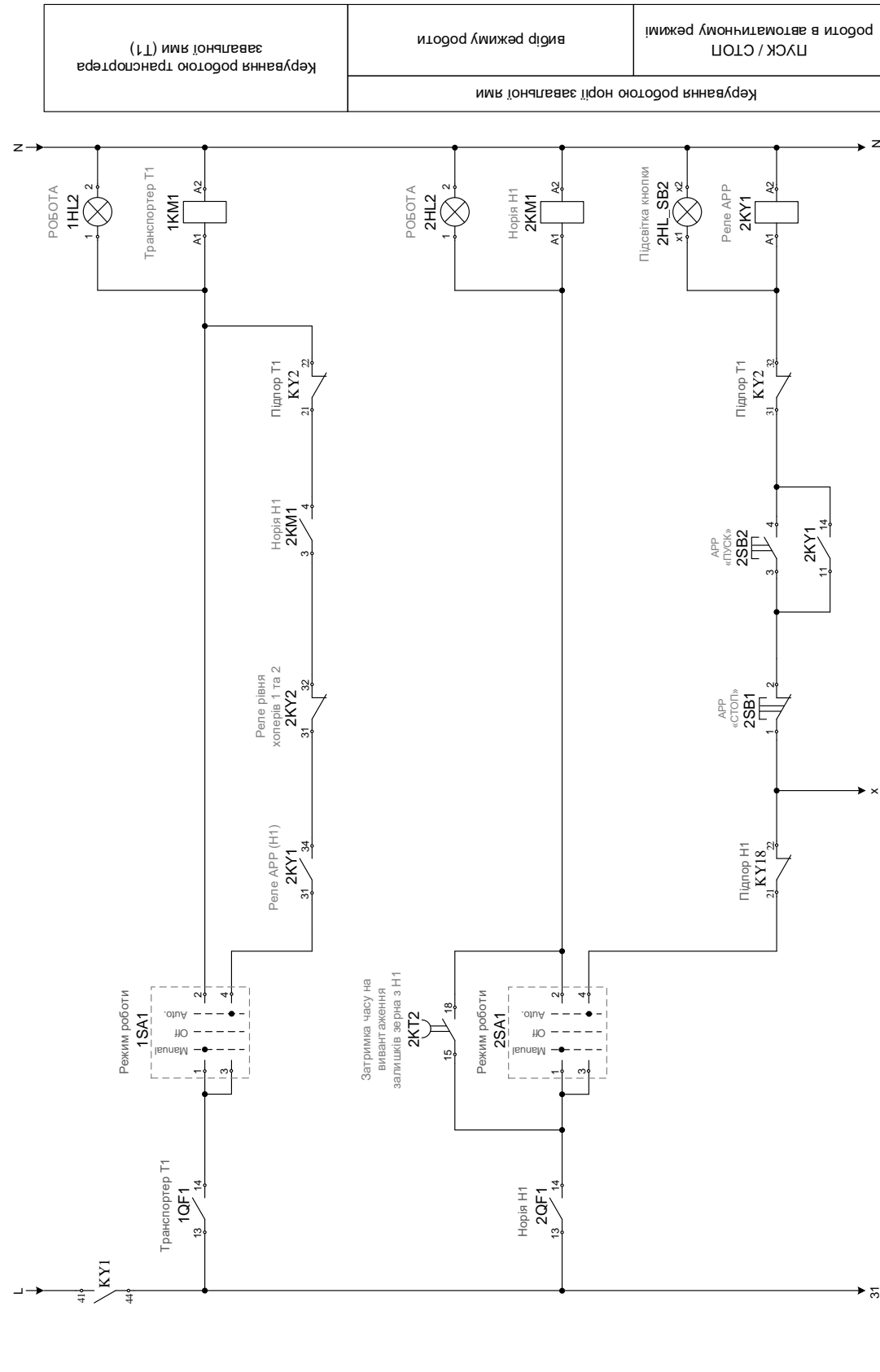


Зовнішня світлова індикація (пожежори)
 мінімальний рівень зерна в хопері 1
 мінімальний рівень зерна в хопері 2
 Скидання аварійної звукової сигналізації

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Лист	10			
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

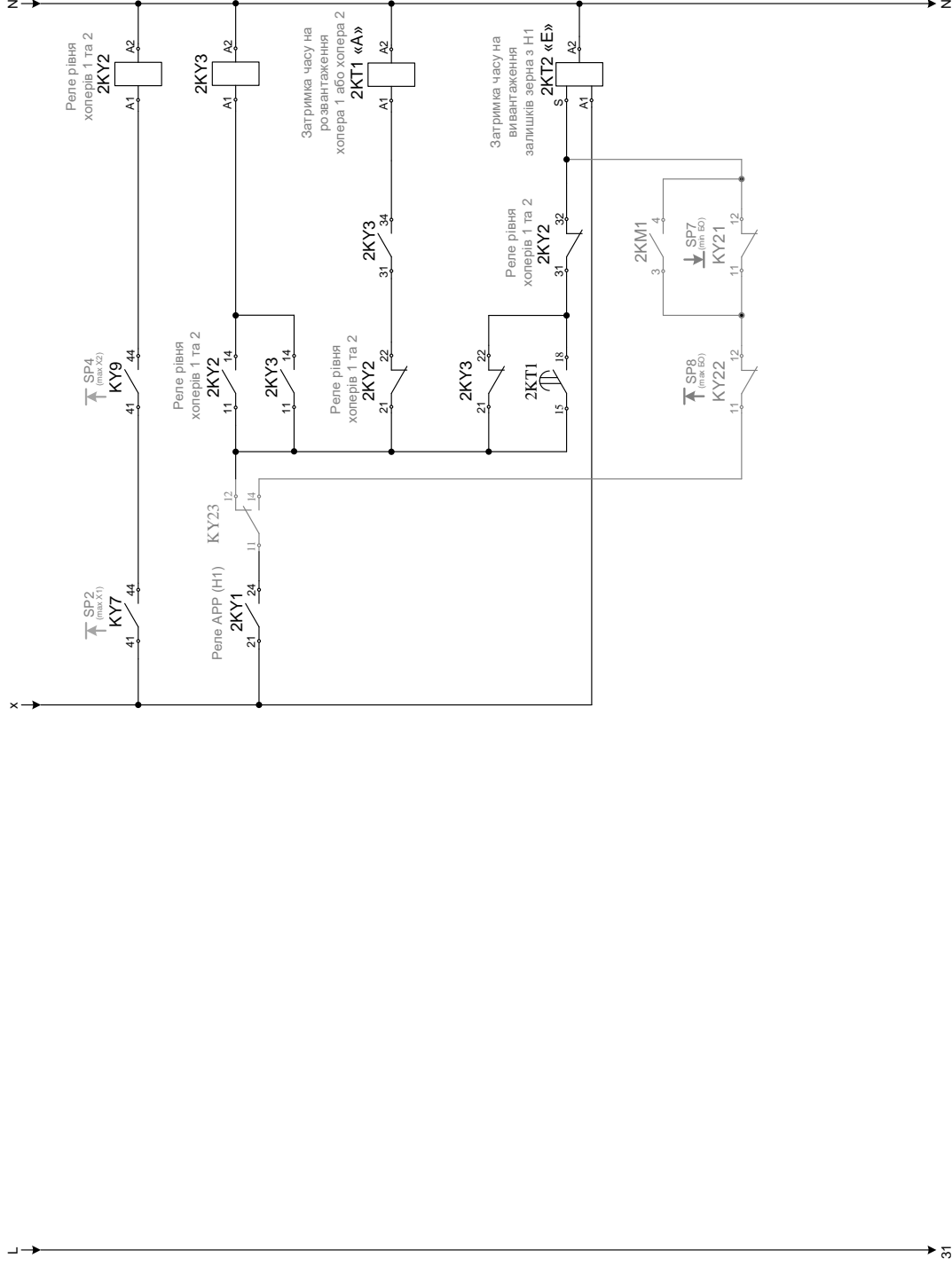
08-16.MKP.004.00.000 E3



Керування роботою норії завальної ями
 вибір режиму роботи
 ПУСК / СТОП
 роботи в автоматичному режимі!
 Керування роботою транспортера завальної ями (Т1)

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата



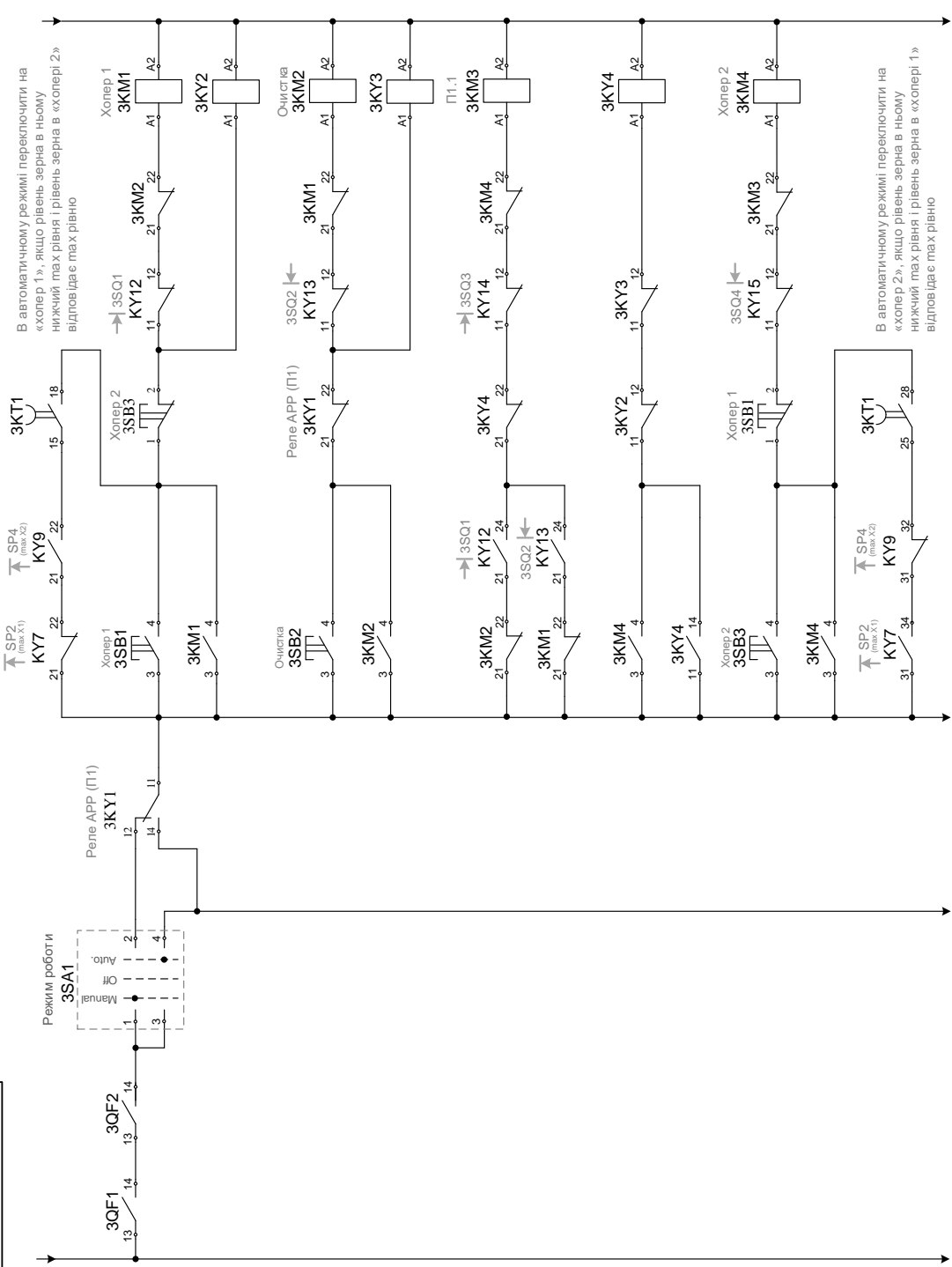
Керування роботою норі завантаження бункера сучаски
 автоматичне керування роботою норі
 контроль верхнього рівня обох хоперів

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ

Ім'я, № опит.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дит.	Підпис і дата

08-16.MKP.004.00.000 E3



В автоматичному режимі переключити на «хопер 1», якщо рівень зерна в ньому нижчий мах рівня 1 рівень зерна в «хопері 2» відпов іде мах рівню

В автоматичному режимі переключити на «хопер 2», якщо рівень зерна в ньому нижчий мах рівня 1 рівень зерна в «хопері 1» відпов іде мах рівню

Керування роботою перемикача 1
 1) в ручному режимі роботи можливі відключення лише між положеннями «Хопер 1» та «Хопер 2»
 2) в автоматичному режимі відбуваються переключення зерна в хоперах залежно від рівня зерна в хоперах

Ім'я, № опит.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дупл.	Підпис і дата
---------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Лист	13			
08-16.MKP.004.00.000 E3				
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ

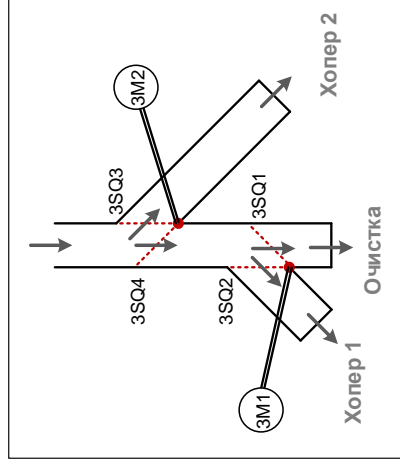
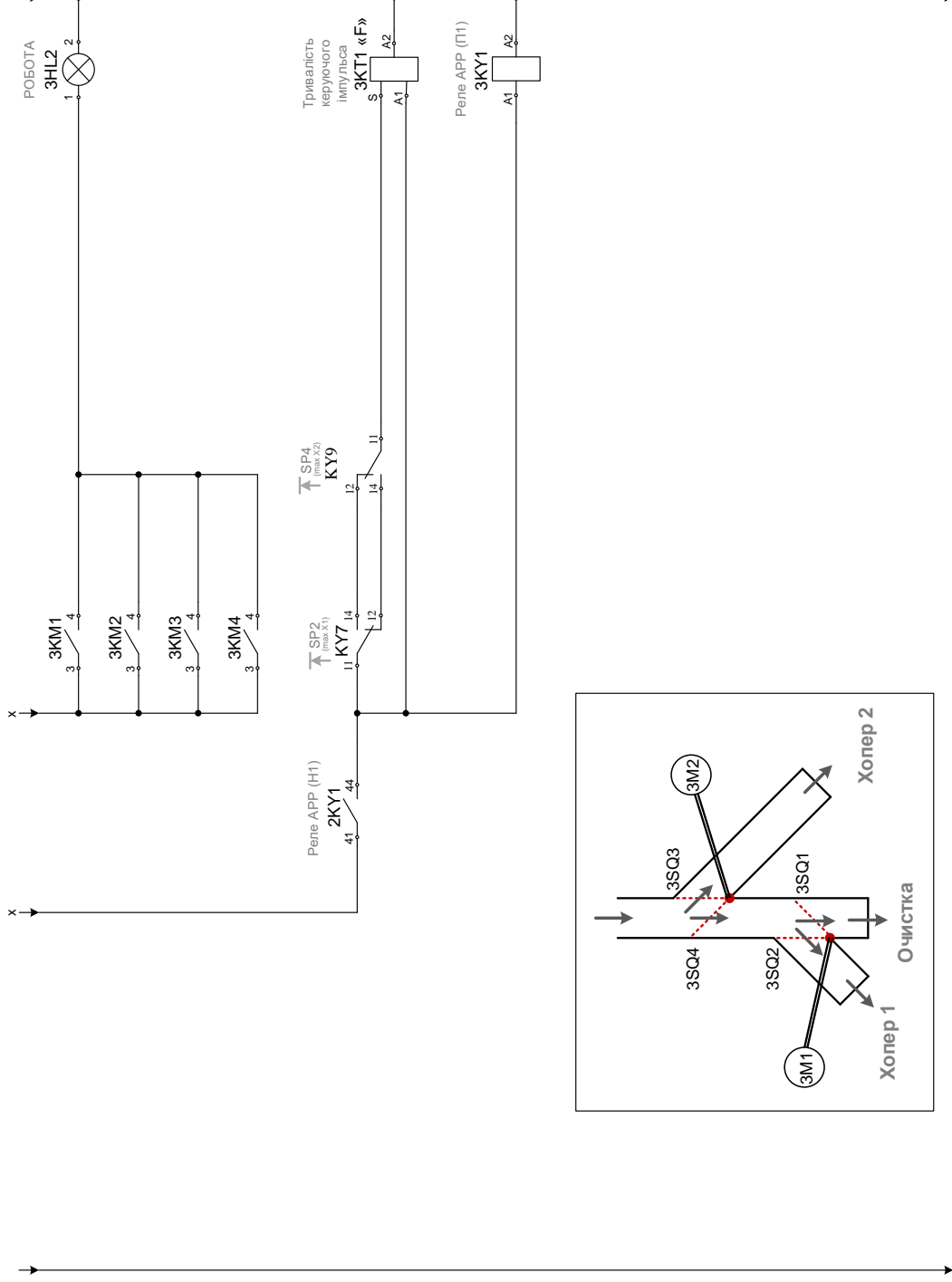


Схема перемикача з розміщенням кінцевиків

формування керуючого імпульсу для автоматичного режиму роботи

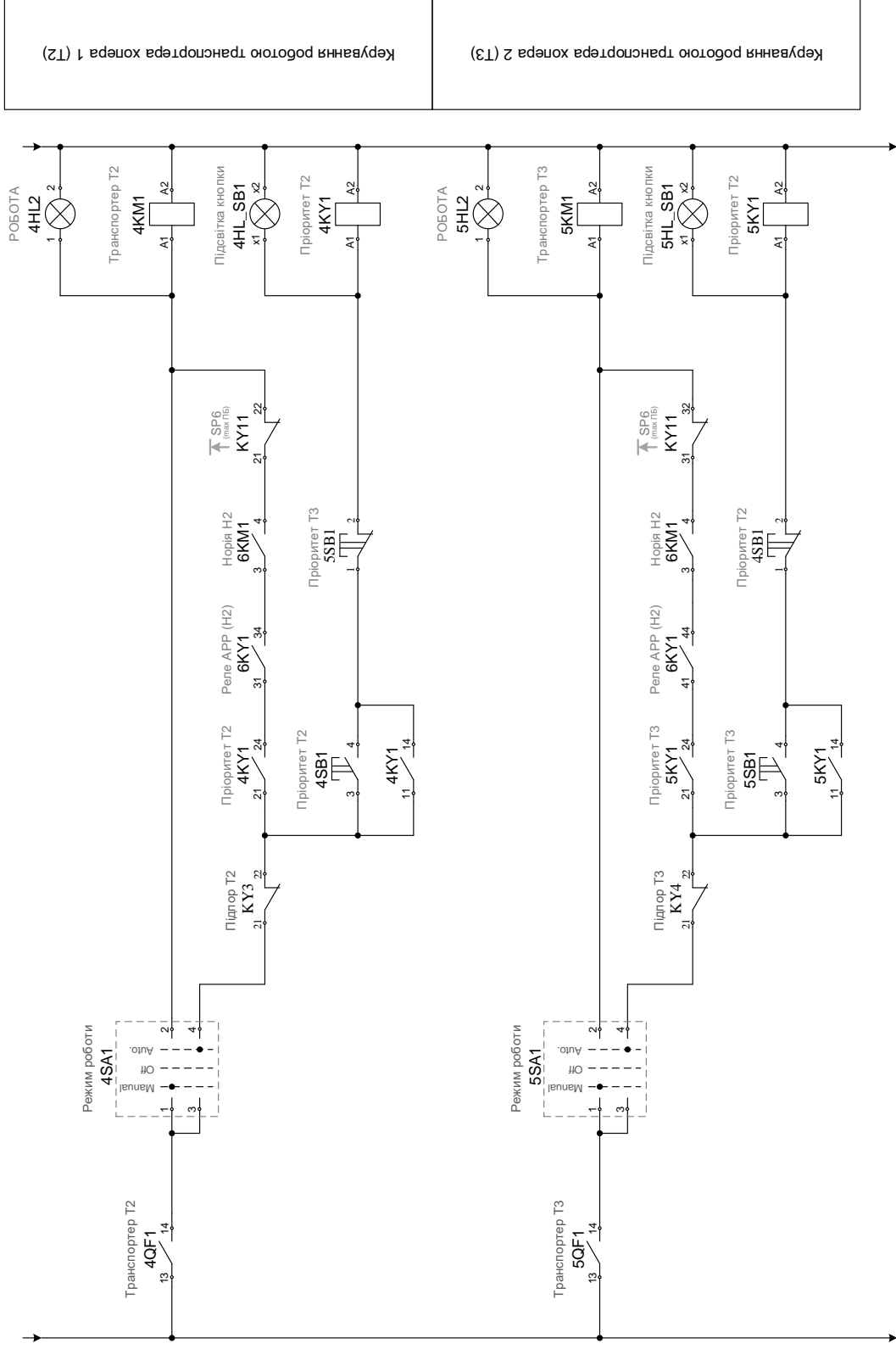
Керування роботою перемикача 1

Індикація «Робота»

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

Лист	14			
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ				
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата

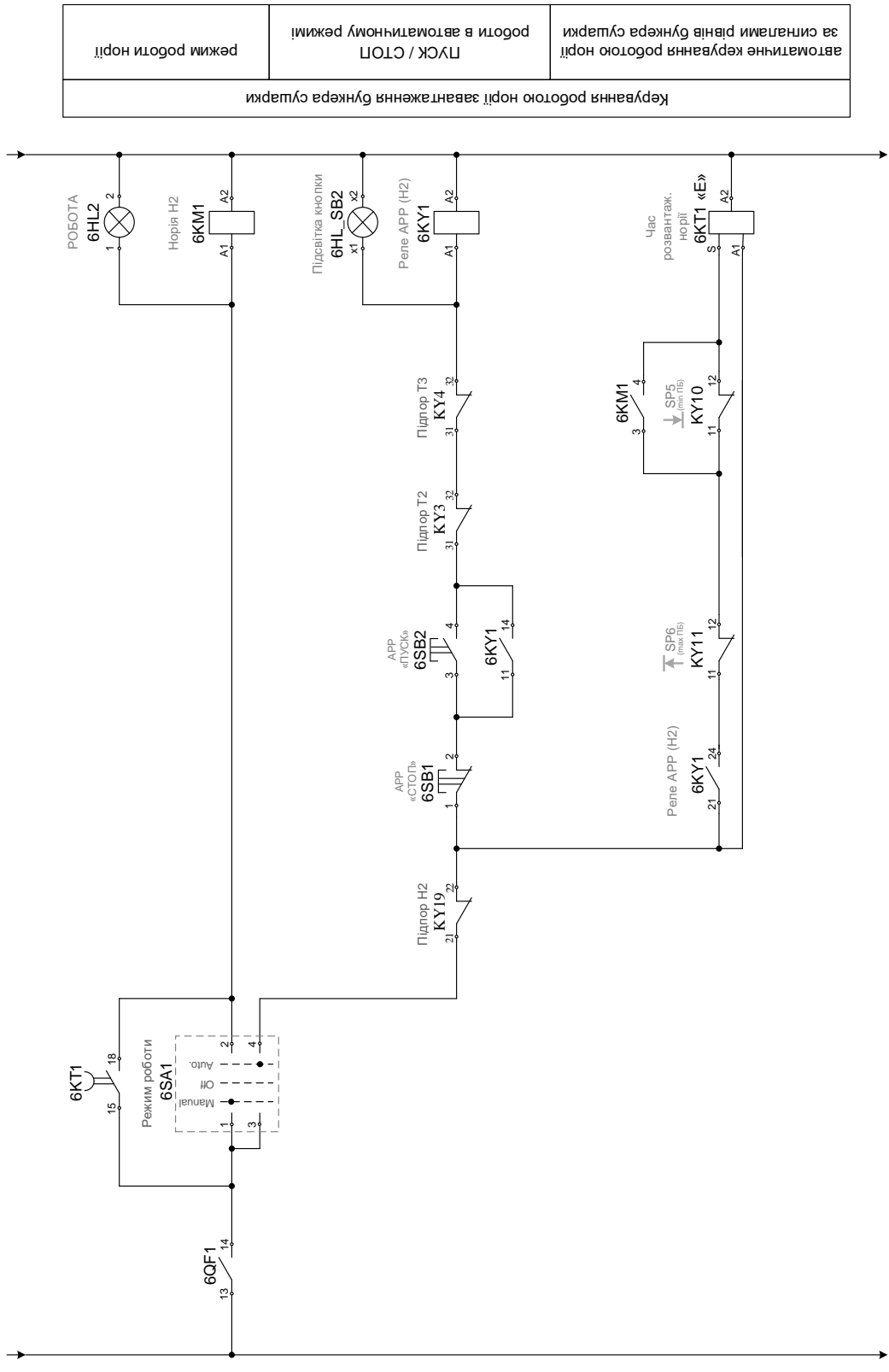
08-16.MKP.004.00.000.E3



Ім'я, № опит.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дупл.	Підпис і дата
---------------	---------------	--------------	---------------	---------------

08-16.MKP.004.00.000.E3				Лист	15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ



Керування роботою норії завантаження бункера сушарки

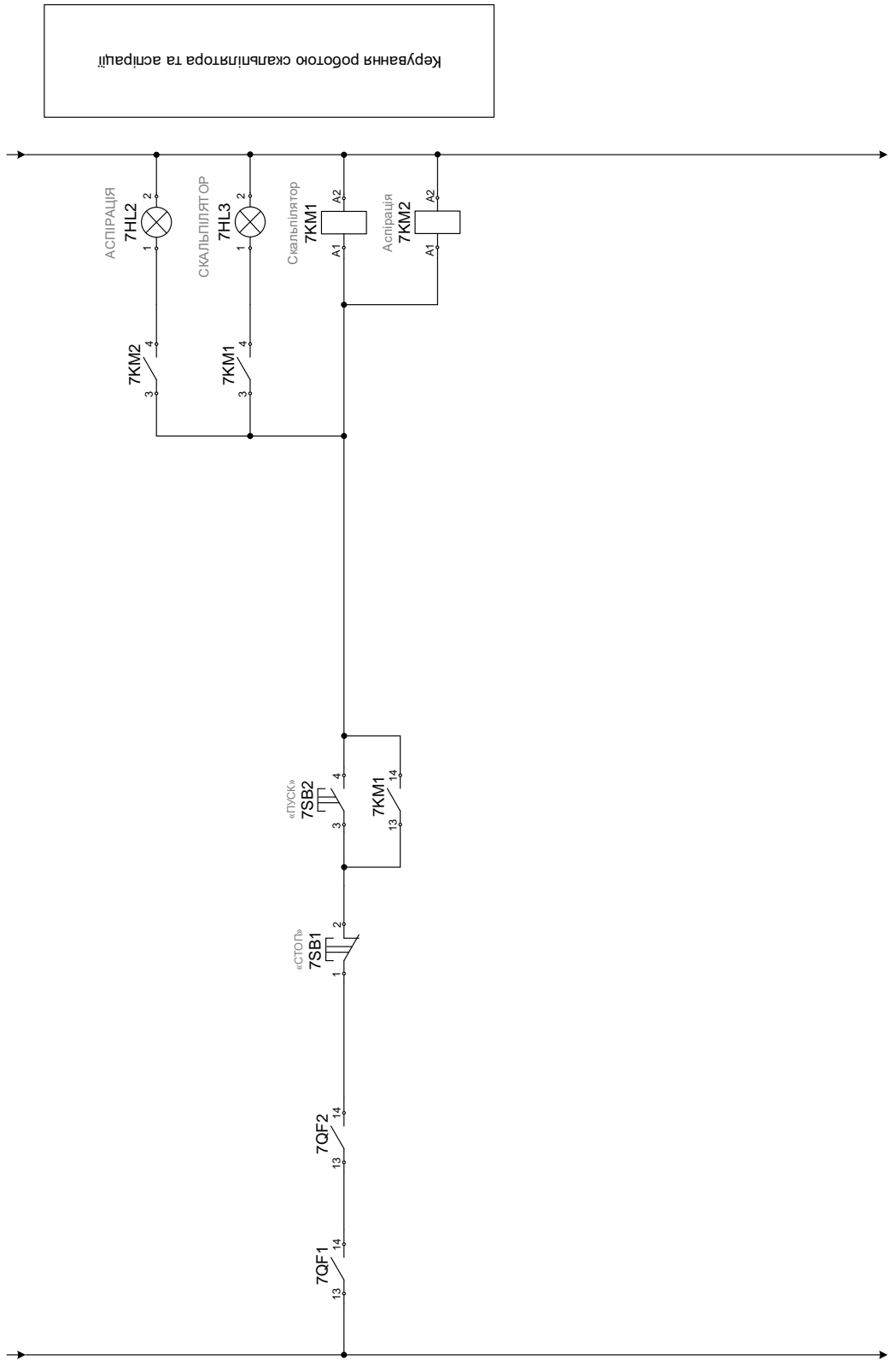
автоматичне керування роботою норії
Пуск / Стоп
роботи в автоматичному режимі!

режим роботи норії

Ім'я, № опр.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дитн.	Підпис і дата
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

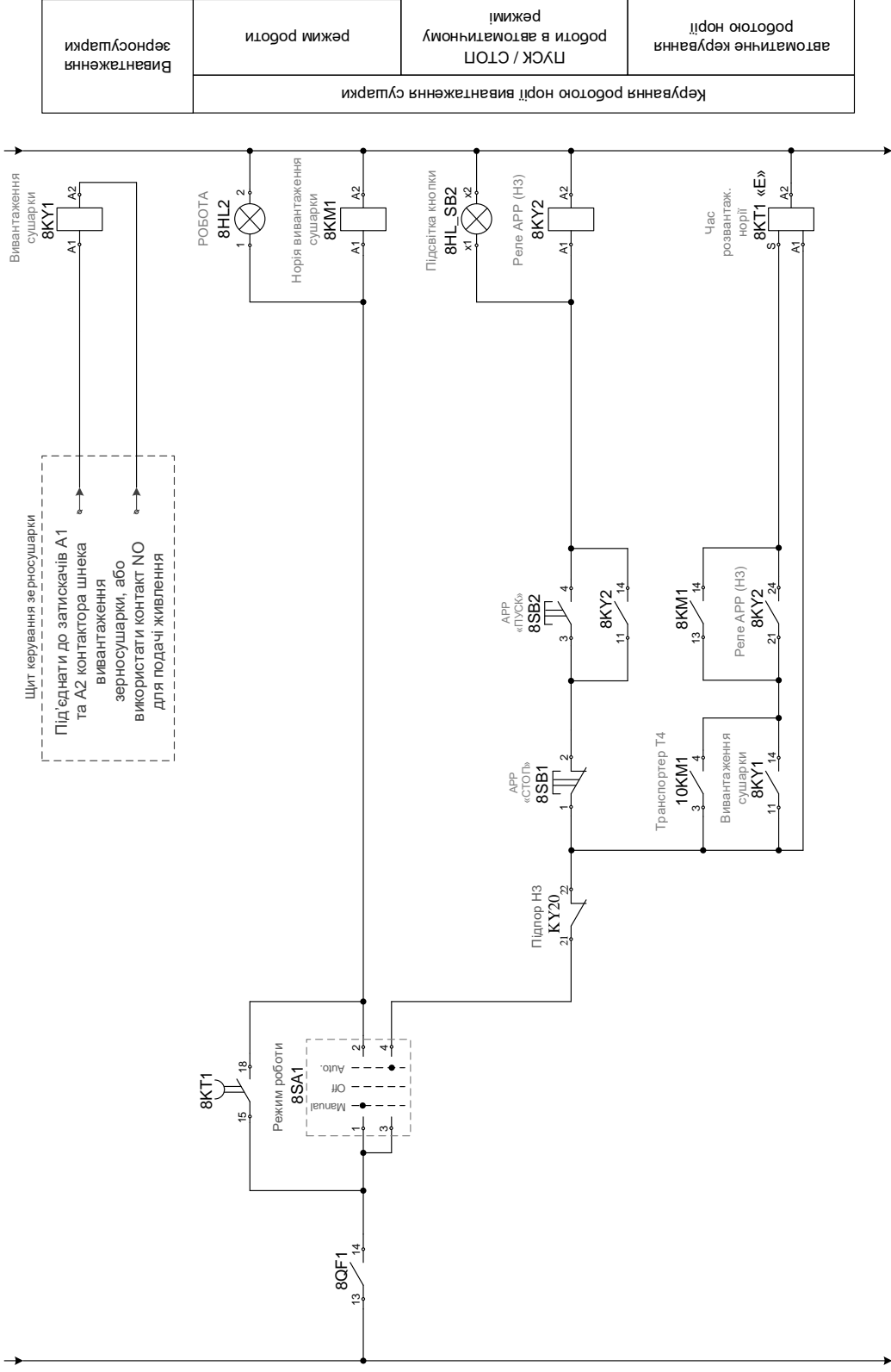
Лист	16			
08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.004.00.000 Е3



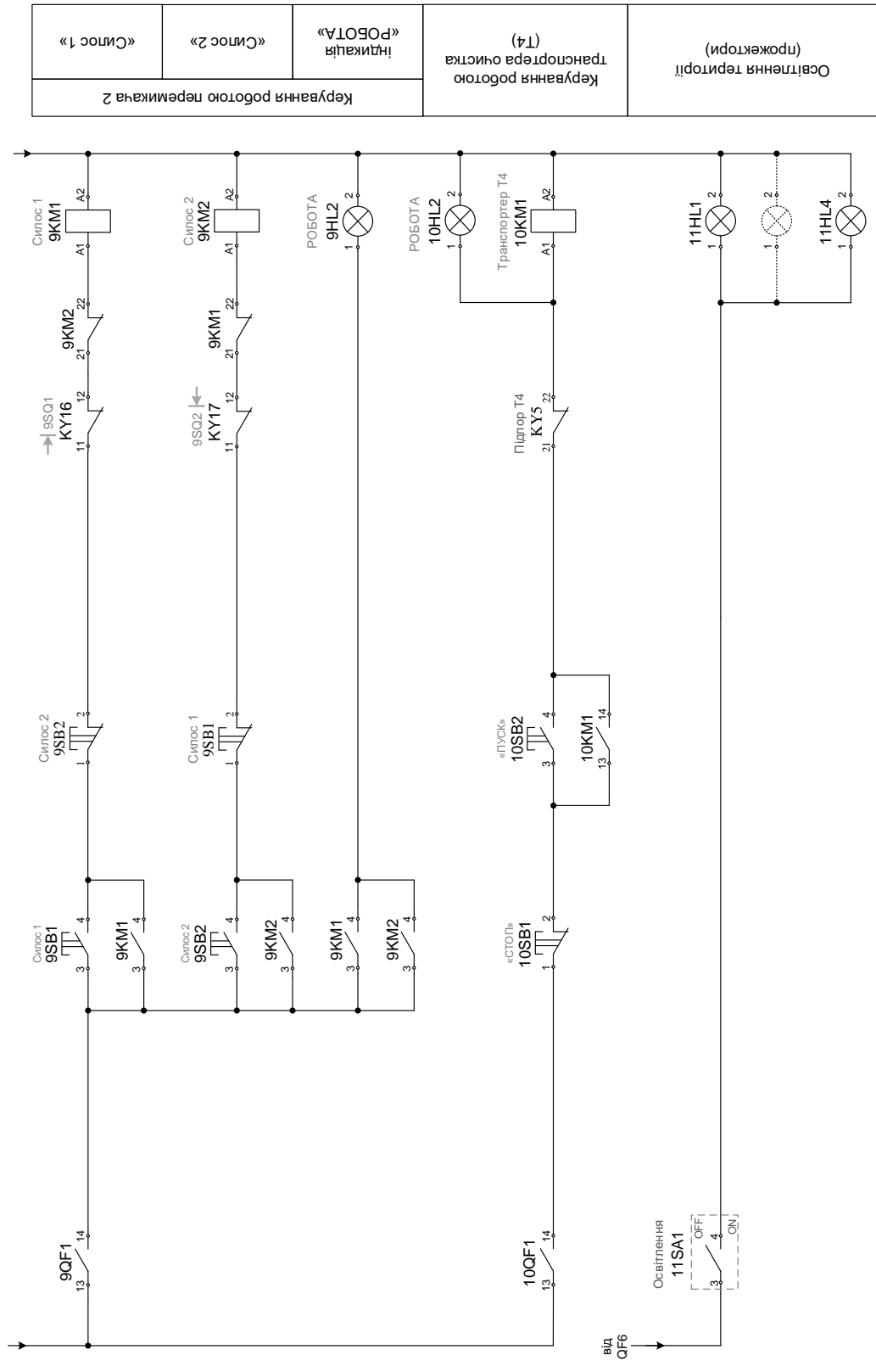
Ім'я, № опит.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дити.	Підпис і дата
---------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
08-16.МКР.004.00.000 Е3				
				Лист
				17



автоматичне керування роботою норії	Керування роботою норії вивантаження сушарки
ПУСК / СТОП роботи в автоматичному режимі	
Вивантаження зерносушарки	

08-16.МКР.004.00.000 ЕЗ



Освітлення території (прожектори)	Керування роботою транспортера очищення (Т4)	Індикація «РОБОТА»	«Сигнал 2»	«Сигнал 1»
Керування роботою перемикача 2				

Ім'я, № ориг.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
---------------	---------------	--------------	---------------	---------------