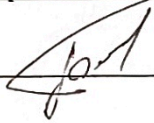


МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ»

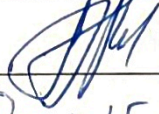
Виконав: студент 2-го курсу, гр. ЕПА-21м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка


Олег ГЕРАСИМ'ЮК
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

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


Сергій БАБІЙ
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

« 15 » листопада 2022 р.

Опонент:  к.т.н., доц. каф. ЕСЕСМ
Олександр БАБЕНКО
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

« 19 » грудня 2022 р.

Допущено до захисту
кафедрою КЕМСК
В.о. зав. кафедри Микола МОШНОРИЗ
« 30 » листопада 2022 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ

«06» Вересня 2022 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Герасим'юку Олегу Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ»

керівник роботи Бабій Сергій Миколайович, к.т.н., доц. каф. КЕМСК
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» Вересня 2022 року № 223

2. Строк подання студентом роботи 30 листопада 2022 ф.

3. Вихідні дані до роботи: характеристики барабанної сушарки: довжина барабана 6 м; діаметр барабана 1,6 м; діаметр бандажа барабана 2 м; діаметр опорного ролика 0,3 м; маса барабана з обладнанням 5,5 т; корисний об'єм барабана 10 м³; номінальна швидкість обертання 8 об/хв; кількість зубців зубчастого вінця барабана 132; кількість зубців приводної шестерні 24; передавальне число редуктора 31,5.

4. Зміст текстової частини: 1 Характеристика об'єкта проектування. 2 Розрахунок електропривода сушильного барабана. 3 Розробка системи керування електропривода сушильного барабана. 4 Розробка автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив. 5 Економічна частина. 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1 Мета та задачі дослідження. 2 Характеристика сушильного барабана. 3 Схема структурна сушильного відділення. 4 Схема кінематична привода сушильного барабана. 5 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода. 6 Вибір елементної бази електропривода сушильного барабана. 7 Схема структурна САЕП сушильного барабана. 8 Моделювання САЕП сушильного барабана. 9 Схема функціональна системи керування технологічним процесом сушіння добрив. 10 Характеристика пальника сушарки. 11 Вибір температурних контролерів. 12 Схема електрична принципова системи керування технологічним процесом сушіння добрив. 13 Практична реалізація. 14 Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Бабій С. М., к.т.н., доц. каф. ЕМСАПТ	06.09.2022р. 	15.11.2022р.
Економічна частина	Шулле Ю. А. к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ	06.09.2022р. 	22.11.2022р.
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д. пед. н., професор, зав. каф. БЖДПБ	06.09.2022р. 	29.11.2022р.

7. Дата видачі завдання 06.09.2022р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	06.09.2022р.	вик.
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	15.11.2022р.	вик.
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	15.11.2022р.	вик.
4	Виконання розділу «Економічна частина»	25.11.2022р.	вик.
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	29.11.2022р.	вик.
6	Попередній захист МКР	30.11.2022р.	вик.
7	Нормоконтроль МКР	30.11.2022р.	вик.
8	Рецензування МКР	19.12.2022р.	вик.
9	Захист МКР	20.12.2022р.	вик.

Студент

(підпис)
Герасим'юк О. Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

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

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ	9
1.1 Характеристика ТОВ «АГРОВІТ ГРУП»	9
1.2 Загальна характеристика технологічного процесу виробництва сульфоамофосних добрив	10
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА	15
2.1 Розрахунок потужності приводного двигуна.....	15
2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода.....	19
2.2.1 Обґрунтування згідно з технічним критерієм.....	19
2.2.2 Обґрунтування згідно з економічним критерієм.....	20
2.3 Вибір елементів силового привода барабанної сушарки.....	26
2.3.1 Вибір приводного двигуна	26
2.3.2 Розрахунок та вибір перетворювача частоти	31
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА	37
3.1 Розробка математичної моделі САЕП	37
3.2 Моделювання перехідних процесів.....	43
4 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ ДОБРИВ	46
4.1 Розробка функціональної схеми автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив	46
4.2 Характеристика пальника сушарки.....	48
4.2.1 Загальна характеристика пальника	48
4.2.2 Розробка пристрою діагностування сервопривода пальника.....	50

4.3 Вибір температурних контролерів	54
4.4 Розробка принципової схеми керування технологічним процесом сушіння добрив	57
4.5 Практична реалізація схеми керування технологічним процесом сушіння добрив	63
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	68
5.1 Розрахунок капітальних вкладень	69
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	70
5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	70
5.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу	70
5.2.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію	72
5.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання	73
5.2 Інші витрати.....	74
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	76
6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	76
6.1.2 Електробезпека.....	79
6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	80
6.2.1 Мікроклімат	80
6.2.2 Виробниче освітлення	81
6.2.3 Виробничий шум.....	82
6.2.4 Виробнича вібрація.....	83
6.2.5 Фактори трудового процесу.....	84
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	86

6.3.1 Дослідження безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах впливу іонізуючого випромінювання.....	87
6.3.2 Дослідження безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах дії електромагнітного імпульсу	88
6.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах надзвичайних ситуацій	89
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання	96
Додаток Б (довідниковий). Рахунок на обладнання.....	100
Додаток В (обов'язковий). Ілюстративна частина	103

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Україна – це перед усім аграрна країна і її велика роль в забезпеченні країн світу аграрною продукцією стала особливо відчутною в умовах сьогодення. Для того, щоб отримати гарні врожаї повинно скластися багато факторів. Серед найбільш вагомих можна виділити такі: погодні умови; родючість ґрунтів; якість посівного матеріалу; якість обробітку землі. Під останнім слід розуміти не лише якість механічного обробітку землі, але і своєчасність внесення необхідних добрив в необхідній кількості. Тому серед фермерів є така неофіційна формула «урожайність пропорційна кількості внесених добрив».

Таким чином важливо розвивати в Україні, як в аграрній країні, також і виробництво добрив. Так у м. Вінниця знаходиться підприємство ТОВ «АГРОВІТ», яке спеціалізується саме на виробництві сучасних добрив для сільського господарства.

Отже, магістерська кваліфікаційна робота спрямована на підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах ТОВ «АГРОВІТ».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалася відповідно до наукового напрямку кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів ВНТУ.

Об'єкт дослідження – процес сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».

Предметом дослідження є автоматизована система керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ» за рахунок

використання сучасної елементної бази з високими енергетичними показниками.

В процесі реалізації мети роботи необхідно виконати такі **завдання**:

1. Здійснити загальну характеристику об'єкта проектування та режимів його роботи.
2. Розрахувати привод сушильного барабана, вибрати елементи силового привода з врахуванням результатів техніко-економічного обґрунтування.
3. Розробити систему керування технологічним процесом сушіння добрив.
4. Перевірити правильність прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання та в реальних умовах експлуатації.
5. Провести економічні розрахунки.
6. Розробити ряд заходів з охорони праці та описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

Методи дослідження. У процесі роботи застосовувалися такі методи дослідження: теорії електричного привода – для розрахунку потужності приводного двигуна; теорії автоматичного керування та систем керування – для синтезу системи керування; оптимізації – для оптимального налаштування регуляторів системи керування; аналітичні можливості комп'ютерної алгебри – для перевірки прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розроблено автоматизовану систему керування технологічним процесом сушіння добрив, яка в сукупності із використанням сучасного технологічного та енергоефективного обладнання забезпечила збільшення продуктивності лінії з 6 т/добу до 70 т/добу.

2. Запропоновано структуру пристрою контролю технічного стану мікроперемикачів сервопривода пальника барабанної сушарки добрив, що дозволяє точно ідентифікувати місце несправності та швидко провести ремонтні роботи.

Практичне значення одержаних у роботі результатів полягає в наступному:

– результати отриманих досліджень можуть бути використані в задачах проектування та оптимізації режимів роботи сушильних установок;

– результати досліджень можуть бути використанні під час вивчення фахових дисциплін таких освітніх програм як «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».

Особистий внесок здобувача. Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи отримано автором самостійно.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на науково-технічній конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2023).

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

- Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)», Вінниця, ВНТУ. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/view/16887>

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Характеристика ТОВ «АГРОВІТ ГРУП»

ТОВ «АГРОВІТ ГРУП» («AGROVIT GROUP») – польсько-українська компанія виробничі потужності якої знаходяться за адресою: вул. Академіка Янгеля, 4, м. Вінниця, координати для навігації: 49°15'09.5"N 28°30'46.5"E (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – ТОВ «АГРОВІТ ГРУП»

В структурі компанії ТОВ «АГРОВІТ ГРУП» працює виробничо-технічний центр, який займається промисловим виробництвом добрив, контролем їх якості та логістичними послугами [1].

ТОВ «АГРОВІТ ГРУП» виробляє та реалізує нову лінію комплексних мікродобрив європейської якості NANOVIT: NANOVIT Супер, NANOVIT Макро, NANOVIT Мікро, NANOVIT Фосфорний, NANOVIT Кальцієвий, NANOVIT Моно Бор, NANOVIT Моно Марганець, NANOVIT Моно Мідь,

NANOVIT Моно Цинк, NANOVIT Молібдєновий, NANOVIT Аміно Макс [1, 2].

Останнім часом на підприємстві було налаштовано виробництво добрива сульфоамофос – комплексне добриво з високим рівнем ефективності. До його складу входить велика кількість азоту, фосфору і сірки, а також інших хімічних елементів, необхідних для життєдіяльності рослин [3].

1.2 Загальна характеристика технологічного процесу виробництва сульфоамофосних добрив

Зовні добрива сульфоамофосу виглядають як сіра сипуча маса, утворена округлими гранульованими частинками світло-сірого кольору (рисунок 1.2) [3].



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд добрива сульфоамофос

В загальному виробництво даних добрив можна розділити на два етапи:

- 1) замішування та формування гранул добрив;
- 2) сушка добрив.

Точна послідовність дій на першому етапі технологічного процесу отримання добрив відноситься до комерційної таємниці, а тому не може бути розкрита. Слід відзначити лише те, що вихідна вологість продукту, отриманого на даному етапі, становить близько (6 – 7)%. При даній вологості сформована гранула є м'якою і не може зберігати свою форму тривалий час, також це не дозволяє проводити її точно та дозоване внесення в ґрунт. Саме тому сформовану гранулу необхідно сушити до рівня вологості близько 1,5 %.

Враховуючи особливості добрив сульфоамофосу для їх сушіння підходять лише сушарки барабанного типу, оскільки при їх застосуванні унеможлиблюється контакт агресивних та шкідливих випарів, які утворюються в процесі сушіння, з обслуговуючим персоналом.

Таким чином для сушіння добрив сульфоамофосу в умовах ТОВ «АГРОВІТ ГРУП» було використано саме сушарку барабанного типу, її зовнішній вигляд зображено на рисунках 1.3 – 1.4, а основні технічні характеристики наведені в таблиці 1.1.



Рисунок 1.3 – Барабанна сушарка. Зовнішній вигляд



Рисунок 1.4 – Барабанна сушарка. Вигляд з середини

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики барабанної сушарки

Параметри	Значення
Довжина барабана	6 м
Діаметр барабана	1,6 м
Діаметр бандаж барабана	2 м
Діаметр опорного ролика	0,3 м
Маса барабана з обладнанням	5,5 т
Корисний об'єм барабана	10 м ³
Номінальна швидкість обертання	8 об/хв
Кількість зубців зубчастого вінця барабана	132
Кількість зубців приводної шестерні	24
Передавальне число редуктора	31,5

Узагальнена структура сушильного відділення зображена на рисунку 1.5.

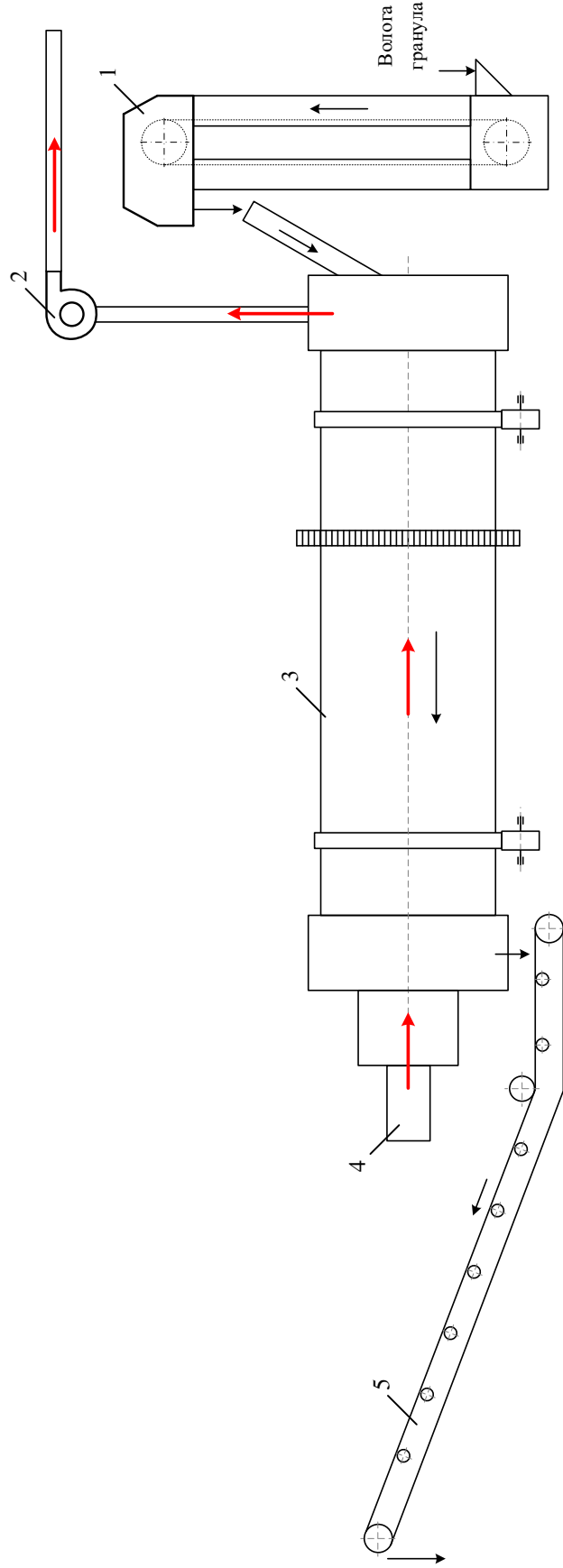


Рисунок 1.5 – Структура сушильного відділення

Волога гранула за допомогою норії 1 поступово завантажується в барабан сушарки 3, який розташований під невеликим кутом нахилу, а тому при його обертанні волога гранула повільно починає просуватись в сторону вивантаження на зустріч потоку гарячого повітря створюваного пальником 4. Для того щоб отримати на виході суху гранулу необхідно при заданій температурі сушіння забезпечити таку швидкість просування гранули в барабані, щоб за період часу коли гранула знаходиться в барабані вона успівала висохнути. Таким чином для привода барабана сушарки потрібно передбачити регульований електропривод з діапазоном регулювання близько (10:1).

Суха гранула вивантажується на стрічковий транспортер 5, який подає її на інші механізми відділення, що забезпечують охолодження гранули, її сортування та пакування для тривалого зберігання і транспортування.

Висновок: Сульфоамофос – комплексне добриво з високим рівнем ефективності. Для його тривалого зберігання необхідно довести його вологість до рівня вологості близько 1,5 %. З цією метою доцільно використовувати сушарку барабанного типу, оскільки при її застосуванні унеможлиблюється контакт обслуговуючого персоналу з агресивними та шкідливими випарами, які утворюються в процесі сушіння добрив.

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА

2.1 Розрахунок потужності приводного двигуна

Барабанна сушарка приводиться в дію від електричного двигуна через систему механічних передач, які включають редуктор та зубчастий вінець з приводною шестернею (рисунок 2.1). Відповідна кінематична схема зображена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.1 – Привод барабанної сушарки

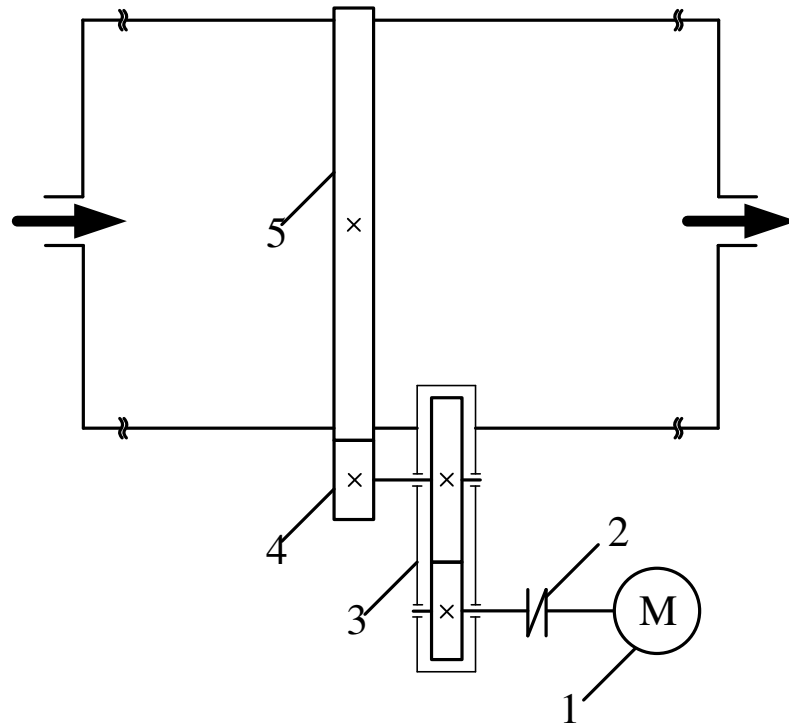


Рисунок 2.2 – Кінематична схема барабанної сушарки:

- 1 – приводний двигун;
- 2 – гнучка муфта;
- 3 – циліндричний редуктор;
- 4 – приводна шестерня;
- 5 – зубчастий вінець

Технологічний процес сушки гранули є безперервним, а тому електропривод сушильного барабана повинен працювати в тривалому режимі роботи та забезпечувати діапазон регулювання швидкості близько (10:1). Слід зауважити, що заданий діапазон регулювання швидкості можуть забезпечити такі системи регульованого електропривода: ТП-Д; ПЧ-АД.

З рахуванням діапазону регулювання мінімальна швидкість обертання сушильного барабана:

$$n_{\text{б. min}} = \frac{n_{\text{б. ном}}}{10}, \quad (2.1)$$

де $n_{б.ном}$ – номінальна швидкість обертання сушильного барабана ($n_{б.ном} = 8$ об/хв),

$$n_{б. min} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ (об/хв)}.$$

Загальне передаточне число механічної передачі:

$$i_{мп} = \frac{Z_1 \cdot i_{ред}}{Z_2}, \quad (2.2)$$

де Z_1 – кількість зубців зубчастого вінця барабана ($Z_1 = 132$);

Z_2 – кількість зубців приводної шестерні ($Z_2 = 24$);

$i_{ред}$ – передаточне число редуктора ($i_{ред} = 31,5$),

$$i_{мп} = \frac{132 \cdot 31,5}{24} = 173,25.$$

Розрахункова швидкість обертання приводного двигуна при номінальній швидкості обертання барабана сушарки:

$$n_{роз.1} = n_{б. ном} \cdot i_{мп}, \quad (2.3)$$

$$n_{роз.1} = 8 \cdot 173,25 = 1386 \text{ (об/хв)}.$$

Розрахункова швидкість обертання приводного двигуна при мінімальній швидкості обертання барабана сушарки:

$$n_{роз.2} = n_{б. min} \cdot i_{мп}, \quad (2.4)$$

$$n_{роз.1} = 0,8 \cdot 173,25 = 138,6 \text{ (об/хв)}.$$

Розрахункова кутова швидкість обертання приводного двигуна при номінальній швидкості обертання барабана сушарки [4]:

$$\omega_{роз.1} = \frac{\pi \cdot n_{роз.1}}{30}, \quad (2.5)$$

$$\omega_{роз.1} = \frac{3,14 \cdot 1386}{30} = 145,1 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Розрахункова кутова швидкість обертання приводного двигуна при мінімальній швидкості обертання барабана сушарки [4]:

$$\omega_{\text{роз.2}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{роз.2}}}{30}, \quad (2.6)$$

$$\omega_{\text{роз.2}} = \frac{3,14 \cdot 138,6}{30} = 14,5 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Статичний момент в режимі холостого ходу приведений до валу двигуна:

$$M_{c_0} = \frac{m_{\text{б}} \cdot g \cdot \frac{(\mu \cdot d_{\text{ц}} + 2 \cdot f)}{d_{\text{р}}} \cdot D_{\text{бн}}}{2 \cdot i_{\text{МП}} \cdot \eta_0}, \quad (2.7)$$

де $m_{\text{б}}$ – маса барабана з обладнанням ($m_{\text{б}} = 5500$);

g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

μ – коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках ($\mu = 0,1$);

f – коефіцієнт тертя кочення ($f = 0,005 \text{ м}$);

$d_{\text{р}}$ – діаметр опорного ролика ($d_{\text{р}} = 0,3 \text{ м}$);

$d_{\text{ц}}$ – діаметр цапфи опорного ролика ($d_{\text{ц}} = 0,05 \text{ м}$);

$D_{\text{бн}}$ – діаметр бандажу барабану ($D_{\text{бн}} = 2 \text{ м}$);

η_0 – ККД механічної передачі при незавантаженому барабані ($\eta_0 = 0,7$),

$$M_{c_0} = \frac{5500 \cdot 9,81 \cdot \frac{(0,1 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,005)}{0,3} \cdot 2}{2 \cdot 173,25 \cdot 0,7} = 22,2 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Статичний момент в режимі номінального навантаження приведений до валу двигуна:

$$M_{c_{\text{нав}}} = \frac{(m_{\text{б}} + \gamma_{\text{гр}} \cdot k_z \cdot V_{\text{б}}) \cdot g \cdot \frac{(\mu \cdot d_{\text{ц}} + 2 \cdot f)}{d_{\text{р}}} \cdot D_{\text{бн}}}{2 \cdot i_{\text{МП}} \cdot \eta_{\text{ном}}}, \quad (2.8)$$

де $\gamma_{\text{гр}}$ – густина вологої гранули ($\gamma_{\text{гр}} = 2900 \text{ кг/м}^3$);

k_z – коефіцієнт заповнення барабану: ($k_z = 0,1$);

V_6 – корисний об'єм сушильного барабану ($V_6 = 10 \text{ м}^3$);

$\eta_{\text{ном}}$ – ККД механічної передачі при завантаженому барабані ($\eta_{\text{ном}} = 0,8$),

$$M_{c_{\text{нав}}} = \frac{(5500 + 2900 \cdot 0,1 \cdot 10) \cdot 9,81 \cdot \frac{(0,1 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,005)}{0,3} \cdot 2}{2 \cdot 173,25 \cdot 0,8} = 29,7 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Розрахункова потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{роз}} = k_3 \cdot M_{c_{\text{нав}}} \cdot \omega_{\text{роз.1}}, \quad (2.9)$$

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

$$P_{\text{роз}} = (1,1 \dots 1,3) \cdot 29,7 \cdot 145,1 = 4,7 \div 5,6 \text{ (кВт)}.$$

Порівнюючи отриманий діапазон потужностей зі стандартним рядом потужностей очевидно, що для привода сушильного барабана доцільно вибрати двигун потужністю 5,5 кВт.

2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода

2.2.1 Обґрунтування згідно з технічним критерієм

Аналіз технологічного процес сушки гранули дозволяє зробити висновок, що для привода сушильного барабана необхідно використати систему електричного привода, яка передбачає роботу в тривалому режимі роботи та забезпечує діапазон регулювання швидкості близько (10:1). Зазначений діапазон регулювання швидкості можуть забезпечити такі системи регульованого електропривода: ШПП-ДПС; ТП-Д; ПЧ-АД.

Зазначені системи електричного привода характеризуються широким діапазоном регулювання швидкості, а отримані характеристики мають високу жорсткість. Основна перевага використання електропривода типу ПЧ-АД по відношенню до електроприводів типу ШПП-ДПС та ТП-Д полягає в тому, що

АД є надійнішими та набагато дешевшими у порівнянні з двигунами постійного струму. Окрім того слід мати також і на увазі той факт, що мережа живлення є змінного струму. В сучасному виконанні обидві зазначені системи електричного привода реалізують принцип відкритих систем, тому їх досить просто включити в системи комплексної автоматизації виробництва.

Для остаточного прийняття рішення щодо вибору системи електричного привода здійснимо порівняння розглянутих варіантів згідно критерію приведених витрат.

2.2.2 Обґрунтування згідно з економічним критерієм

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

$$Z = E_n \cdot K + C, \quad (2.10)$$

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 [5]:

$$K = D + CK, \quad (2.11)$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 11806$ грн [6]);

CK – вартість системи керування ($CK = 19218$ грн [7]),

$$K = 11806 + 19218 = 31024 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні витрати [5]:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K, \quad (2.12)$$

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 31024 = 5274,08 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування [5]:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O, \quad (2.13)$$

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]:

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (2.14)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 31024 = 3102,4 \text{ (грн/рік)}.$$

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

$$C_P = 0,02 \cdot K, \quad (2.15)$$

$$C_P = 0,02 \cdot 31024 = 620,48 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії системі електричного привода у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [5]:

$$C_D = C_{D1} + C_{D2}, \quad (2.16)$$

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

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

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

$$C_{D1} = \Delta W_{\Sigma \text{дв}} \cdot c, \quad (2.17)$$

де $\Delta W_{\text{дв}}$ – 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) ($c = 5,553$ грн/(кВт·год) [8]).

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

$$\Delta W_{\Sigma \text{дв}} = (\Delta P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{перех.}}) \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (2.18)$$

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

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

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

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

Втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи [5]:

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

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{\text{ном}} = 5,5$ кВт);

$\eta_{\text{ном}}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{\text{ном}} = 0,855$),

$$\Delta P_{\text{ном}} = 5,5 \cdot \frac{1 - 0,855}{0,855} = 1,27 \text{ (кВт)}.$$

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

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{ном}}, \quad (2.20)$$

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot 1,27 = 0,127 \text{ (кВт)}.$$

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

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot Z_{\text{р.з.}} \cdot t_{\text{р.з.}}, \quad (2.21)$$

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

$Z_{p.d.}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{p.d.} = 240$ 1/рік);

$Z_{p.z.}$ – кількість робочих змін ($Z_{p.z.} = 3$);

$t_{p.z.}$ – тривалість робочої зміни ($t_{p.z.} = 8$ год),

$$\Phi = 1 \cdot 240 \cdot 3 \cdot 8 = 5760 \text{ (год/рік)}.$$

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули (2.18):

$$\Delta W_{\Sigma дв} = (1,27 + 0,127) \cdot 0,8 \cdot 5760 = 6447,2 \text{ ((кВт}\cdot\text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.17):

$$C_{Д1} = 6447,2 \cdot 5,553 = 35801,07 \text{ (грн/рік)}.$$

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

$$C_{Д2} = \Delta W_{\Sigma ск} \cdot c, \quad (2.22)$$

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

Втрати енергії в системі керування за рік [5]:

$$\Delta W_{\Sigma ск} = \Delta P_{ск} \cdot k_z \cdot \Phi, \quad (2.23)$$

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

Втрати потужності в системі керування [5]:

$$\Delta P_{ск} = P_{сп} \cdot \frac{1 - \eta_{сп}}{\eta_{сп}}, \quad (2.24)$$

де $P_{сп}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{сп} = 7,5$ кВт);

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

$$\Delta P_{ск} = 7,5 \cdot \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,153 \text{ (кВт)}.$$

Втрати потужності в системі керування згідно формули (2.23):

$$\Delta W_{\Sigma_{СК}} = 0,153 \cdot 0,8 \cdot 5760 = 705,3 \text{ ((кВт}\cdot\text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.22):

$$C_{Д2} = 705,3 \cdot 5,553 = 3916,56 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.16):

$$C_{Д} = 35801,07 + 3916,56 = 39717,63 \text{ (грн/рік)}.$$

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

$$C_{O} = 0,05 \cdot (C_{A} + C_{P} + C_{Д}), \quad (2.25)$$

$$C_{O} = 0,05 \cdot (3102,4 + 620,48 + 39717,63) = 2172,03 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування згідно формули (2.13):

$$C = 3102,4 + 620,48 + 39717,63 + 2172,03 = 45612,54 \text{ (грн/рік)}.$$

Приведені витрати згідно формули (2.10):

$$З = 0,17 \cdot 31024 + 45612,54 = 50886,62 \text{ (грн/рік)}.$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведемо в порівняльну таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця

Показники	Системи електричного привода		
	ШП-ДПС	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	29515	29515	11806
Вартість системи керування СК, грн	15374,4	17296,2	19218
Капітальні вкладення К, грн	44889,4	46811,2	31024
Річні капітальні витрати $K_{р\text{ічн}}$, грн/рік	7631,20	7957,90	5274,08
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	4488,94	4681,12	3102,40
Відрахування на ремонт C_R , грн/рік	897,79	936,22	620,48
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	43797,39	48050,75	39717,63
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	2459,21	2683,40	2172,03
Загальні відрахування C , грн/рік	51643,32	56351,50	45612,54
Приведені витрати З, грн/рік	59274,52	64309,40	50886,62

Аналіз отриманих результатів розрахунків дозволяє зробити такий висновок: найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД, оскільки приведені витрати для неї є найменшими і становлять 50886,62 грн/рік.

2.3 Вибір елементів силового привода барабанної сушарки

2.3.1 Вибір приводного двигуна

Відповідно до результатів проведених розрахунків для привода барабану сушарки вибираємо АД з КЗ ротором типу АИР112М4 (таблиця 2.2) відповідно до умов [5]:

$$\begin{cases} P_{\text{дв.н}} \geq P_{\text{роз}} = 4,7 \div 5,6 \text{ (кВт)}, \\ \omega_{\text{дв.н}} \geq \omega_{\text{роз}} = 145,1 \text{ (с}^{-1}\text{)}. \end{cases} \quad (2.26)$$

Таблиця 2.2 – Технічні дані приводного двигуна [6, 9]

Тип двигуна	АИР112М4
Номінальна потужність $P_{\text{дв.н}}$, кВт	5,5
Номінальна напруга $U_{\text{дв.н}}$, В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{дв.н}}$, об/хв	1446
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{ном}}$	0,85
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н}}$, %	85,5
Кратність пускового моменту $\lambda_{\text{пуск}}$	2,0
Кратність критичного моменту $\lambda_{\text{к}}$	2,2
Номінальний струм статора $I_{\text{дв.н}}$, А	11,47
Кратність пускового струму $\lambda_{I,\text{пуск}}$	7,0
Активний опір обмотки статора R_1 , Ом	1,23
Приведений активний опір обмотки ротора R'_2 , Ом	0,787
Індуктивний опір розсіювання обмотки статора X_1 , Ом	1,5
Приведений індуктивний опір розсіювання обмотки ротора X'_2 , Ом	2,49
Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$, кг·м ²	0,017
Монтажне виконання	ІМ1081

Розшифрування маркувань [6]:

АИР – загальнопромислова серія електродвигунів;

112 – габарит двигуна (висота осі обертання: 112 мм);

М – виконання довжини сердечника;

4 – кількість полюсів, що відповідає частоті обертання ротора близько 1500 об/хв;

УЗ – кліматичне виконання («помірний клімат»).

Монтажне виконання двигуна зображено на рисунку 2.3 [6].

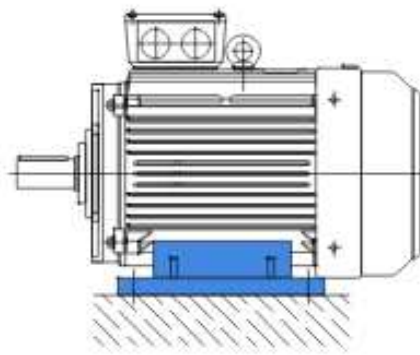


Рисунок 2.3 – Монтажне виконання двигуна ІМ1081

Габаритні та установочні розміри приводного двигуна зображені на рисунку 2.4 [6].

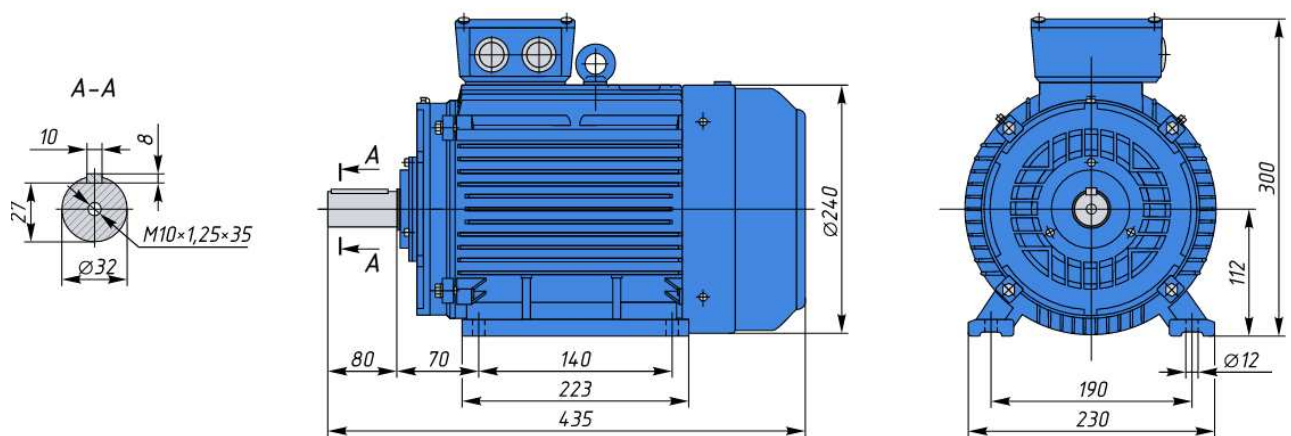


Рисунок 2.4 – Габаритні та установочні розміри приводного двигуна

Синхронна кутова швидкість обертання приводного двигуна [5, 10]:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}, \quad (2.27)$$

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

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

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

Номінальна кутова швидкість обертання [5, 10]:

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{дв.н}}}{60}, \quad (2.28)$$

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot 1446}{60} = 151,42 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальний момент приводного двигуна [5, 10]:

$$M_{\text{дв.н}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{дв.н}}}{n_{\text{дв.н}}}, \quad (2.29)$$

$$M_{\text{дв.н}} = 9550 \cdot \frac{5,5}{1446} = 36,3 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Критичний момент [5, 10]:

$$M_{\text{дв.к}} = \lambda_{\text{к}} \cdot M_{\text{дв.н}}, \quad (2.30)$$

$$M_{\text{дв.к}} = 2,2 \cdot 36,3 = 79,86 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Пусковий момент [5, 10]:

$$M_{\text{дв.пуск}} = \lambda_{\text{пуск}} \cdot M_{\text{дв.н}}, \quad (2.31)$$

$$M_{\text{дв.пуск}} = 2,0 \cdot 36,3 = 72,6 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Пусковий струм [5, 10]:

$$I_{\text{дв.пуск}} = \lambda_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{дв.н}}, \quad (2.32)$$

$$I_{\text{дв.пуск}} = 7,0 \cdot 11,47 = 80,29 \text{ (A)}.$$

Номинальне ковзання [5, 10]:

$$s_{\text{H}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{дв.н}}}{\omega_0}, \quad (2.33)$$

$$s_{\text{H}} = \frac{157,08 - 151,42}{157,08} = 0,036.$$

Критичне ковзання [5, 10]:

$$s_{\text{K}} = s_{\text{H}} \cdot (\lambda_{\text{K}} + \sqrt{\lambda_{\text{K}}^2 - 1}), \quad (2.34)$$

$$s_{\text{K}} = 0,036 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,15.$$

Номинальна фазна напруга приводного двигуна при з'єднанні обмоток статора в зірку [5, 10]:

$$U_{\text{ф.ном}} = \frac{U_{\text{дв.н}}}{\sqrt{3}}, \quad (2.35)$$

$$U_{\text{ф.ном}} = \frac{380}{\sqrt{3}} \approx 220 \text{ (В)}.$$

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

Механічна характеристика згідно формули Клосса [5, 10]:

$$M(s) = \frac{2 \cdot M_{\text{дв.к}} \cdot (1 + a \cdot s_{\text{K}})}{\frac{s}{s_{\text{K}}} + 2 \cdot a \cdot s_{\text{K}} + \frac{s_{\text{K}}}{s}}, \quad (2.36)$$

де a – розрахунковий коефіцієнт [5, 10],

$$a = \frac{R_1}{R'_2}, \quad (2.37)$$

$$a = \frac{1,23}{0,787} = 1,56.$$

Згідно рівняння (2.36):

$$M(s) = \frac{2 \cdot 79,86 \cdot (1 + 1,56 \cdot 0,15)}{\frac{s}{0,15} + 2 \cdot 1,56 \cdot 0,15 + \frac{0,15}{s}}.$$

Механічна характеристика згідно формули Чекунова [5, 10]:

$$M(s) = M_K \cdot \frac{2 + (s^2 - s_K^2) \cdot K_s}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}}, \quad (2.38)$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт [5, 10],

$$K_s = \frac{\frac{\lambda_{\text{пуск}}}{\lambda_K} \cdot \left(\frac{1}{s_K} + s_K \right) - 2}{1 - s_K^2}, \quad (2.39)$$

$$K_s = \frac{\frac{2,0}{2,2} \cdot \left(\frac{1}{0,15} + 0,15 \right) - 2}{1 - 0,15^2} = 4,304.$$

Згідно рівняння (2.38):

$$M(s) = 79,86 \cdot \frac{2 + (s^2 - 0,15^2) \cdot 4,304}{\frac{s}{0,15} + \frac{0,15}{s}}.$$

Рівняння, яке описує залежність швидкості обертання двигуна від ковзання має вигляд [5, 10]:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s). \quad (2.40)$$

Графіки природніх механічних характеристик приводного двигуна, побудовані в ППП Mathcad згідно формул Клоса та Чекунова, зображені на рисунку 2.5.

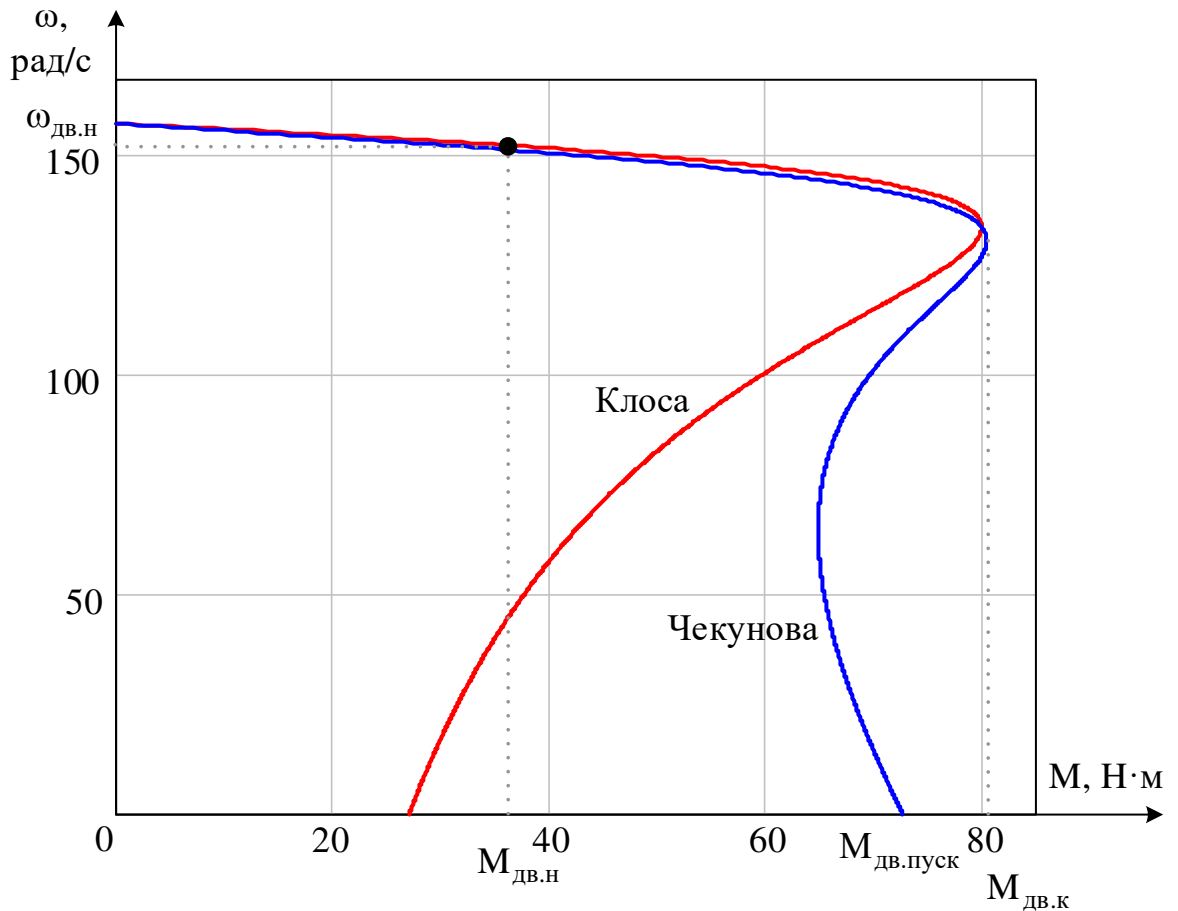


Рисунок 2.5 – Природні механічні характеристики АД з КЗ ротором

Як впливає з отриманих графічних залежностей, механічна характеристика, побудована за формулою Чекунова, більш точно відображає характеристики приводного двигуна.

2.3.2 Розрахунок та вибір перетворювача частоти

Умови вибору перетворювача частоти [5, 10]:

$$\begin{cases} P_{\text{ПЧ}} \geq P_{\text{дв.сп}}, \\ I_{\text{ПЧ}} \geq I_{\text{дв.н}}, \end{cases} \quad (2.41)$$

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, 10, 11]:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot P_{\text{дв.н}}}{\eta_{\text{дв.н}}}, \quad (2.42)$$

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

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{1 \cdot 5,5}{0,855} = 6,4 \text{ (кВт)}.$$

Необхідна робоча потужність перетворювача частоти [5, 10, 11]:

$$P_{\text{ПЧ}} \geq \frac{P_{\text{дв.пуск}}}{\lambda_{\text{ПЧ}}}, \quad (2.43)$$

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, 10, 11]:

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{k \cdot n_{\text{роз.1}}}{9550 \cdot \eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} \cdot 1,4 \cdot M_{\text{с нав}}, \quad (2.44)$$

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{1 \cdot 1386}{9550 \cdot 0,855 \cdot 0,85} \cdot 1,4 \cdot 29,7 = 8,7 \text{ (кВт)}.$$

Відповідно до виразу (2.43):

$$P_{\text{ПЧ}} \geq \frac{8,7}{1,2} = 7,25 \text{ (кВт)};$$

Струм який споживає електродвигун при лінійному розгоні не повинен перевищувати пусковий струм перетворювача частоти [5, 10, 11]:

$$I_{\text{ПЧ пуск}} \geq \frac{k \cdot n_{\text{роз.1}}}{9,55 \cdot \eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}} \cdot U_{\text{дв.н}} \cdot \sqrt{3}} \cdot 1,4 \cdot M_{\text{с нав}}, \quad (2.45)$$

$$I_{\text{ПЧ}} \text{ пуск} \geq \frac{1 \cdot 1386}{9,55 \cdot 0,855 \cdot 0,85 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1,4 \cdot 29,7 = 13,25 \text{ (A)}.$$

Відповідно до розрахункових даних вибираємо з перетворювач частоти ТАУ-С фірми Medel (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд о перетворювача частоти
ТАУ-С фірми Medel

Технічні характеристики вибраного перетворювача частоти представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3– Технічні характеристики перетворювача частоти [7, 12]

Характеристики	Значення
Бренд	Medel
Серія	TAY-C
sku	TAY-3C7.5BS
INPUT	3P / 380 VAC (-15%...+30%), 50/60 Гц ($\pm 5\%$), 20A
OUTPUT	3P / 380 VAC 0.1...320 Hz, 17A
Motor POWER	7.5 kW
Перевантажувальна здатність	150% протягом 60 с
Ступінь захисту	IP 20
Температура експлуатації	-10...+40°C
Скалярний режим керування	є
Векторний режим керування	є
Лінійний закон керування U / f	є
Число / тип аналогових входів	1 (0-10V або 0-20mA)
Число дискретних входів	6
Число / тип аналогових виходів	1 (0-10V або 0-20mA)
Число релейних виходів	1
Число дискретних виходів	1

Схема підключення перетворювача частоти TAY-3C7.5BS зображена на рисунку 2.7.

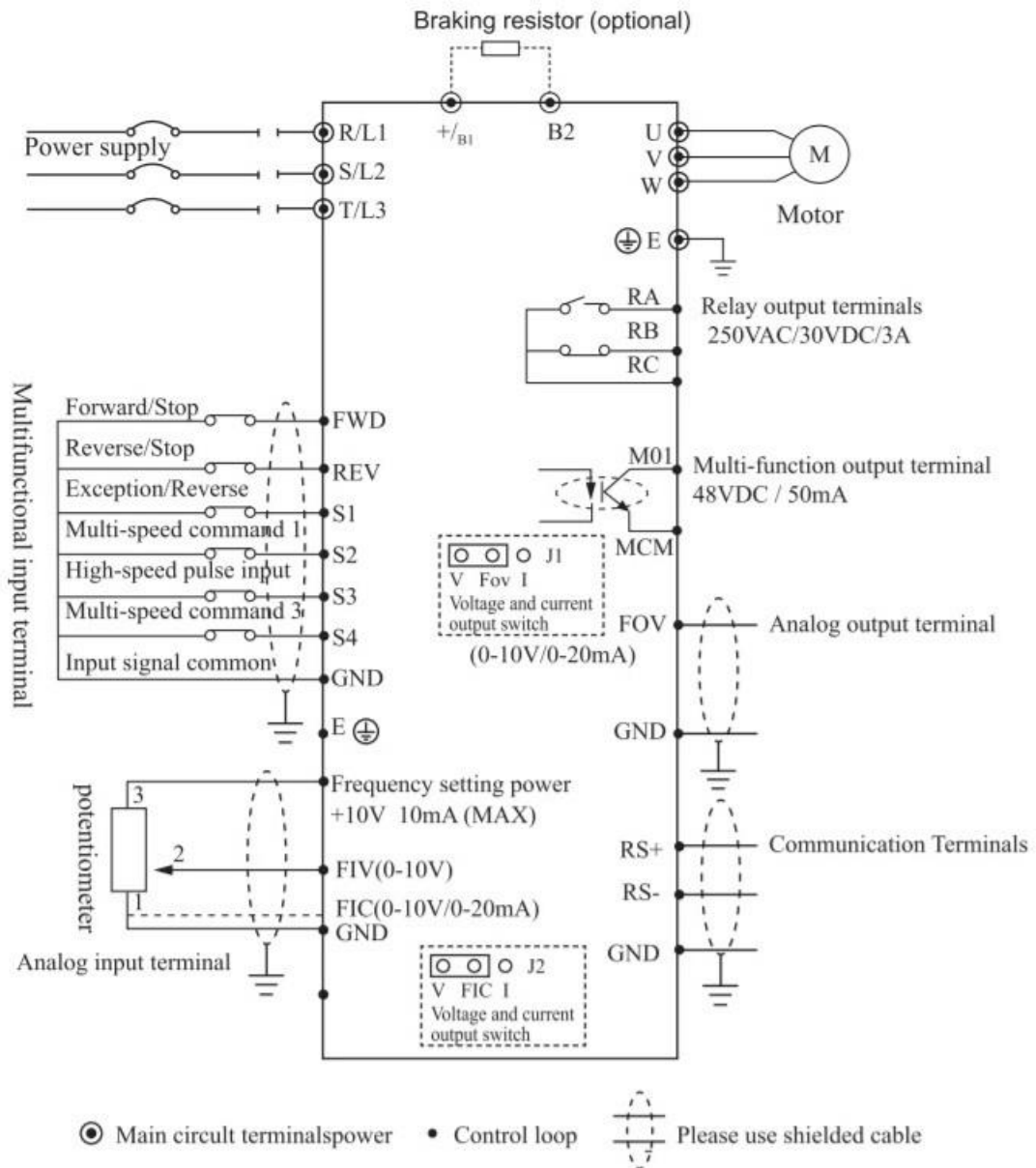


Рисунок 2.7 – Схема підключення перетворювача частоти TAY-3C7.5BS

Вибраний перетворювач частоти укомплектований автономним інвертором напруги з широтно-імпульсним регулюванням напруги (рисунок 2.8). ШІМ дозволяє зменшити вищі гармонічні складові у вихідному струмі інвертора і наблизити його до точної синусоїди [13].

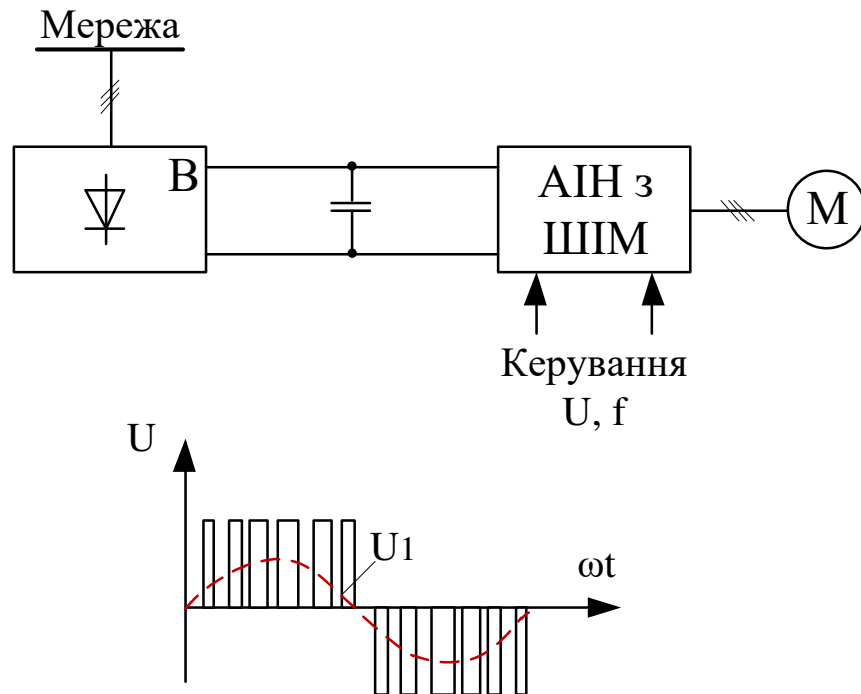


Рисунок 2.8 – Структура та діаграми вихідних напруг ПЧ з АІН при ШІМ

Висновок: Електропривод сушильного барабана працює в тривалому режимі роботи та повинен забезпечувати діапазон регулювання швидкості близько (10:1), що обумовлено необхідністю змінювати швидкість проходження добрив через барабан сушарки. Слід зауважити, що заданий діапазон регулювання швидкості можуть забезпечити такі системи регульованого електропривода: ТП-Д; ПЧ-АД.

Згідно результатів техніко-економічного обґрунтування найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД, оскільки приведені витрати для неї є найменшими і становлять 50886,62 грн/рік.

Відповідно до результатів проведених розрахунків для привода барабану сушарки вибрано АД з КЗ ротором типу АІР112М4 потужністю 5,5 кВт.

Для живлення приводного двигуна вибрано типовий перетворювач частоти з АІН з ШІМ типу ТАУ-С фірми Medel потужністю 7,5 кВт.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА

3.1 Розробка математичної моделі САЕП

В якості базової структури електропривода вибрано частотний електропривод з двома контурами зворотних зв'язків. Типова структурна схема такої системи електричного привода зображена на рисунку 3.1 [14].

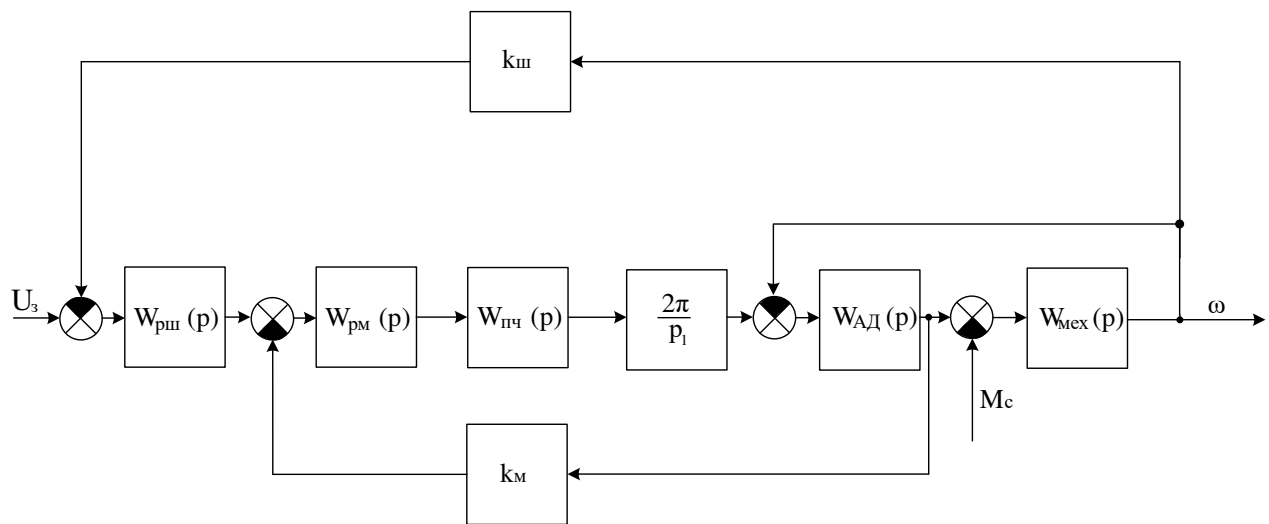


Рисунок 3.1 – Структурна схема САЕП типу ПЧ-АД

Модуль жорсткості лінеаризованої статичної механічної характеристики АД:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{\text{ДВ.К}}}{\omega_0 \cdot s_{\text{К}}}, \quad (3.1)$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 79,86}{157,08 \cdot 0,15} = 6,79.$$

Електромагнітна стала часу АД:

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

$$T_e = \frac{1}{157,08 \cdot 0,15} = 0,0425 \text{ (с)}.$$

Передаточна функція лінеаризованої моделі АД:

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

$$W_{\text{АД}}(p) = \frac{10,33}{0,0425 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція механічної частини АД:

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

де $J_{\text{пр}}$ – приведенне значення моменту інерції привода ($J_{\text{пр}} = 0,45 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$),

$$W_{\text{мех}}(p) = \frac{1}{0,45 \cdot p}.$$

Коефіцієнт підсилення перетворювача частоти:

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

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

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

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

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 ($T_{\text{пч}} = 0,004 \text{ с}$),

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{5}{0,004 \cdot p + 1}.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_{зз ш} = \frac{U_{\max}}{\omega_{\text{дв.н}}}, \quad (3.7)$$

$$k_{зз ш} = \frac{10}{151,42} = 0,066.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за моментом:

$$k_{зз м} = \frac{U_{\max}}{M_{\max}}, \quad (3.8)$$

де M_{\max} – максимальний момент двигуна,

$$k_{зз м} = \frac{10}{79,86} = 0,125.$$

Розглянемо внутрішній контур регулювання моменту (рисунок 3.2).

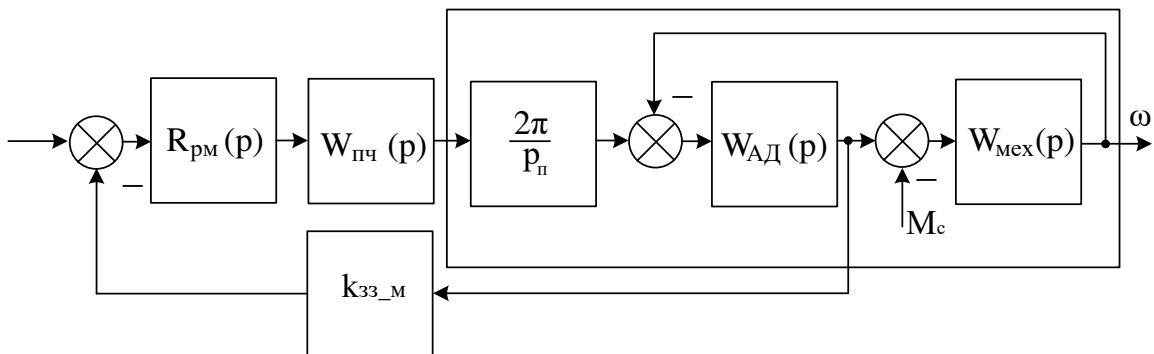


Рисунок 3.2 – Структурна схема внутрішнього контура моменту

Зведемо внутрішній контур моменту до одиничного зворотного зв'язку (рисунок 3.3).

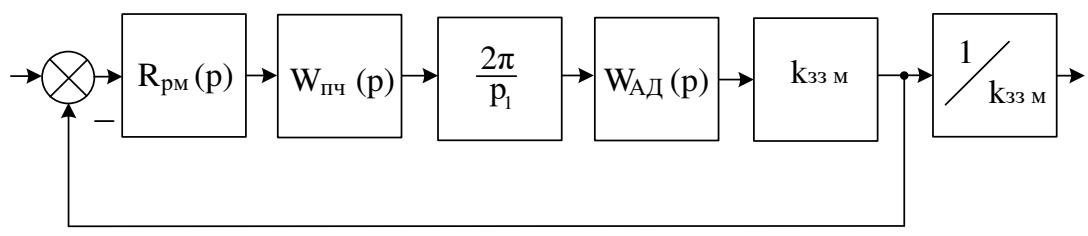


Рисунок 3.3 – Структурна схема внутрішнього контура момента зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Передаточна функція об'єкта регулювання внутрішнього контура момента:

$$W_M(p) = W_{пч}(p) \cdot \frac{2\pi}{p_1} \cdot W_{АД}(p) \cdot k_{зз м}, \tag{3.9}$$

$$W_M(p) = \frac{13,36}{(0,0425 \cdot p + 1) \cdot (0,004 \cdot p + 1)}$$

Загальна передаточна функція контура момента:

$$G_M(p) = R_{pm}(p) \cdot W_M(p), \tag{3.10}$$

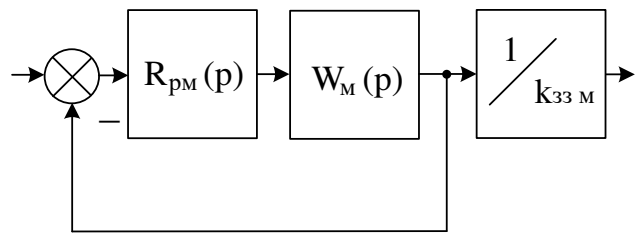


Рисунок 3.4 – Структурна схема внутрішнього контура момента зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Згідно модульного критерію оптимізації:

$$G_M(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{0M} \cdot p \cdot (T_{0M} \cdot p + 1)}, \tag{3.11}$$

де T_{0M} – мала некомпенсована стала часу контуру моменту (приймаємо сталу часу перетворювача частоти $T_{0M} = T_{пч} = 0,004$ с, оскільки вона є найменшою),

$$G_M(p) = \frac{1}{0,008 \cdot p \cdot (0,004 \cdot p + 1)}.$$

Передаточна функцію регулятора моменту:

$$R_{рм}(p) = \frac{G_M(p)}{W_M(p)}, \quad (3.12)$$

$$R_{рм}(p) = \frac{9,359}{p} + 0,3978.$$

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

Зведемо зовнішній контур швидкості до одиничного зворотного зв'язку (рисунок 3.5).

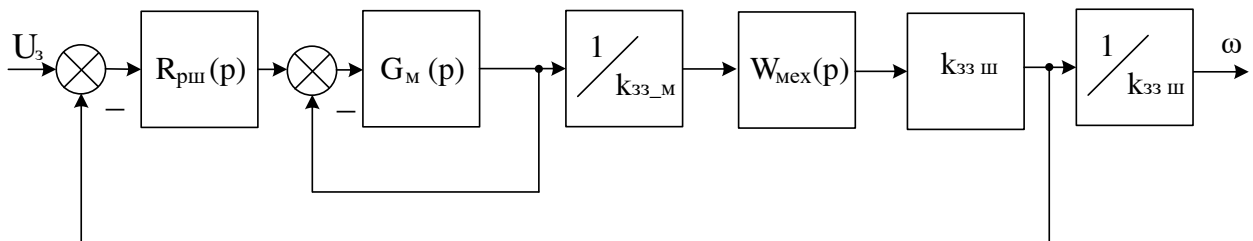


Рисунок 3.5 – Структурна схема зовнішнього контура швидкості зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Передаточна функція контура регулювання моменту зведеного до одиничного зворотного зв'язку:

$$W_{мм}(p) = \frac{G_M(p)}{1 + G_M(p)}, \quad (3.13)$$

$$W_{\text{MM}}(p) = \frac{31250}{p^2 + 250 \cdot p + 31250}.$$

Передаточна функція об'єкта регулювання зовнішнього контура швидкості:

$$W_{\text{ш}}(p) = W_{\text{MM}}(p) \cdot \frac{1}{k_{33\text{M}}} \cdot W_{\text{мех}}(p) \cdot k_{33\text{ш}}, \quad (3.14)$$

$$W_{\text{ш}}(p) = \frac{146,5}{p^2 \cdot \left[\frac{125}{p \cdot (0,004 \cdot p + 1)} + 1 \right] \cdot (0,004 \cdot p + 1)}.$$

Загальна передаточна функція контура швидкості:

$$G_{\text{ш}}(p) = R_{\text{рш}}(p) \cdot W_{\text{ш}}(p), \quad (3.15)$$

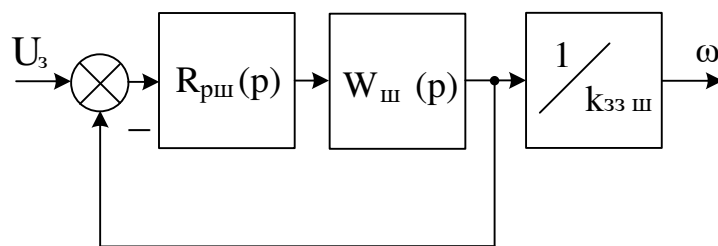


Рисунок 3.6 – Структурна схема зовнішнього контура швидкості зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Згідно модульного критерію оптимізації:

$$G_{\text{ш}}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{0\text{ш}} \cdot p \cdot (T_{0\text{ш}} \cdot p + 1)}, \quad (3.16)$$

де $T_{0\text{M}}$ – мала некомпенсована стала часу контура швидкості (приймаємо сталу часу перетворювача частоти $T_{0\text{ш}} = T_{\text{пч}} = 0,004$ с, оскільки вона є найменшою),

$$G_{\text{ш}}(p) = \frac{1}{0,008 \cdot p \cdot (0,004 \cdot p + 1)}.$$

Передаточна функцію регулятора швидкості:

$$R_{pш}(p) = \frac{G_{ш}(p)}{W_{ш}(p)}, \quad (3.17)$$

$$R_{pш}(p) = 0,8532 \cdot p + \frac{26663}{p + 250}.$$

3.2 Моделювання перехідних процесів

На рисунку 3.7 зображена модель САЕП типу ПЧ-АД в Simulink [15] відповідно до структурної схеми, яка наведена на рисунку 3.1.

Для порівняння здійснено моделювання для випадків використання двоконтурної та одноконтурної системи ЕП. Відповідні суміщені графіки перехідних процесів представлені на рисунку 3.8.

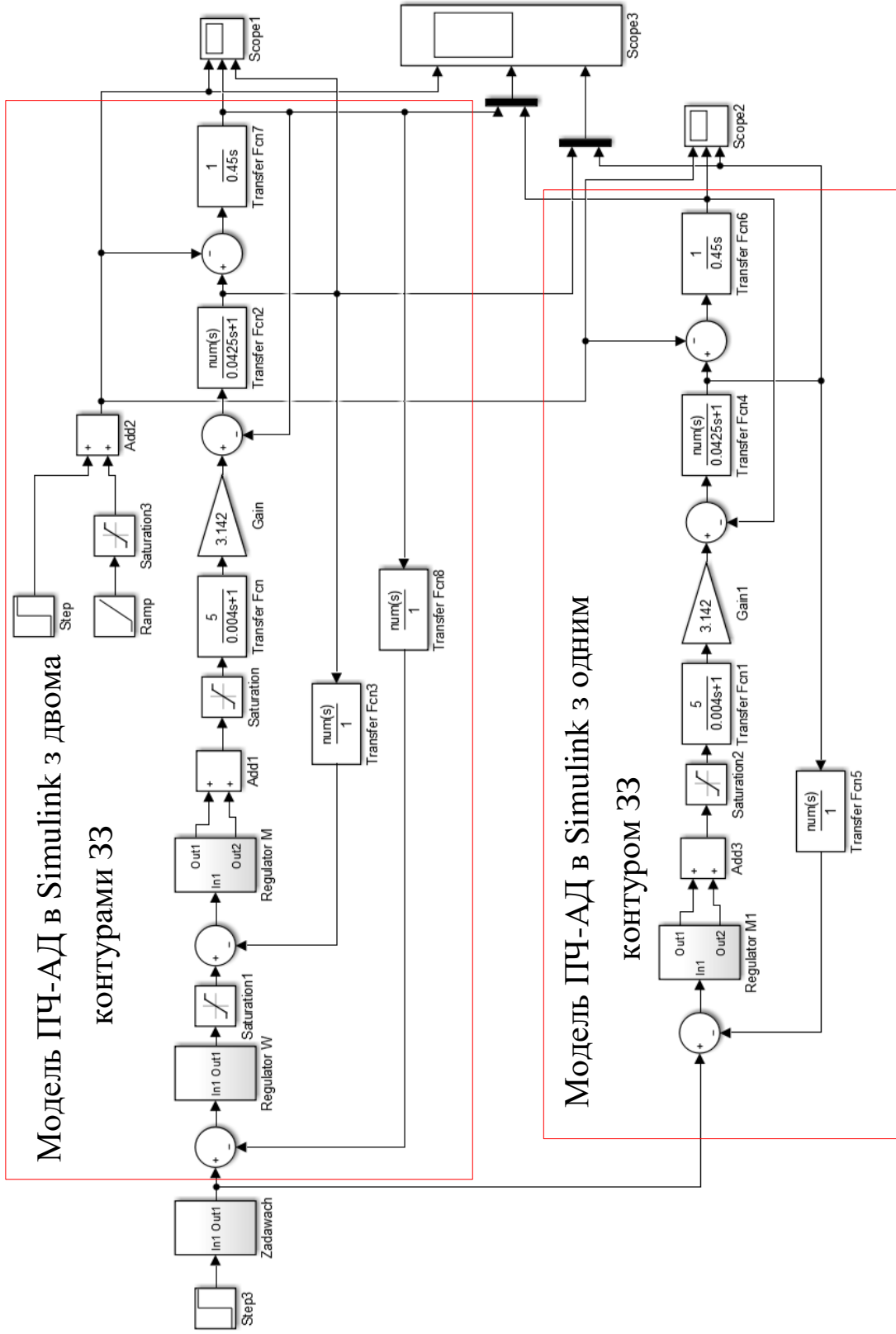


Рисунок 3.7 – Модель ПЧ-АД в Simulink

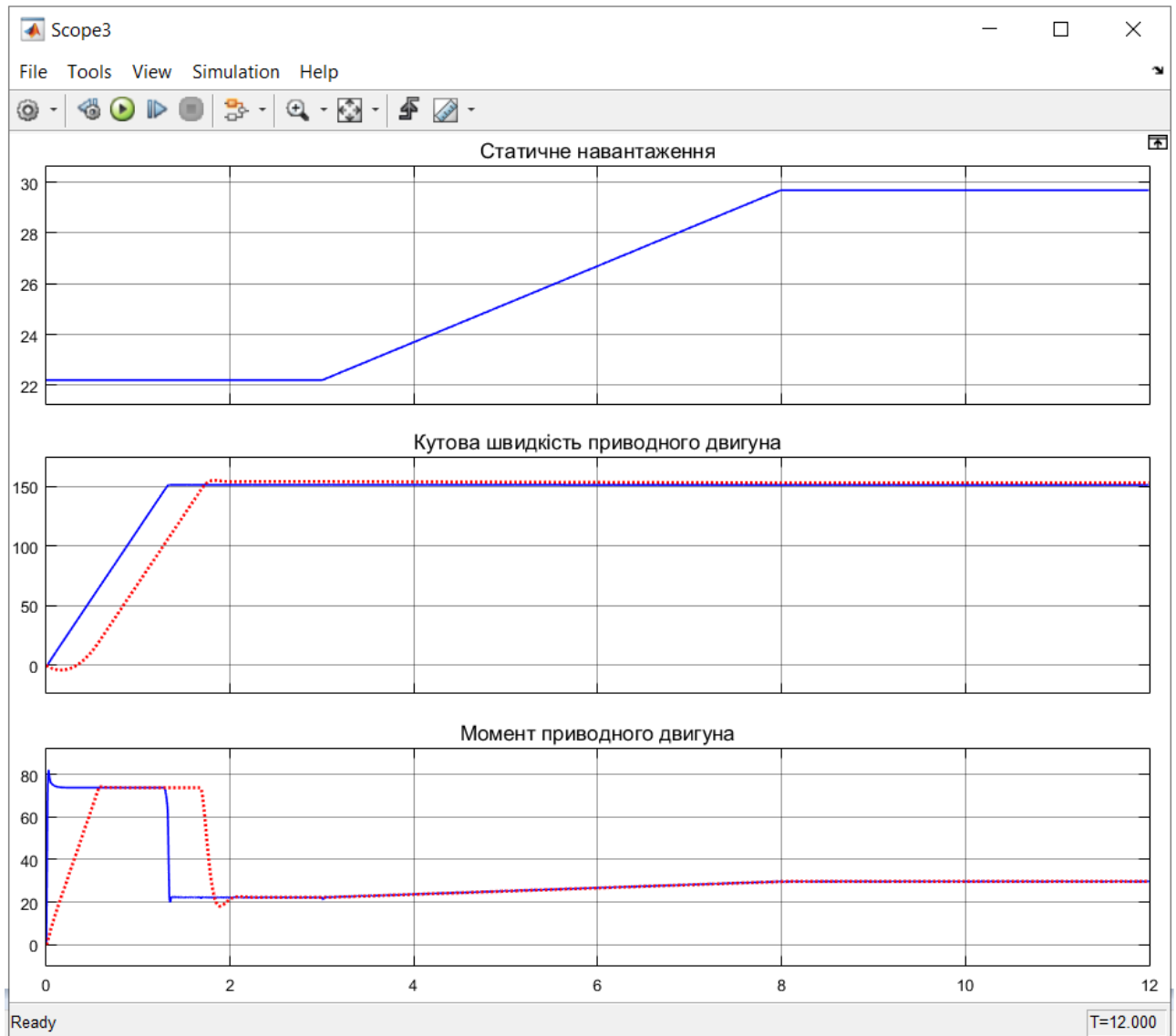


Рисунок 3.8 – Результати моделювання

Висновок: В якості САЕП сушильного барабана вибрано підпорядковану систему частотно-регульованого електропривода з двома контурами зворотних зв'язків (за моментом та швидкістю). Розраховано параметри регуляторів моменту та швидкості. Проведено моделювання розробленої САЕП сушильного барабана в Matlab та отримано відповідні графіки перехідних процесів швидкості та моменту. Їх аналіз дозволяє стверджувати, що розрахунки є коректними.

4 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ ДОБРІВ

4.1 Розробка функціональної схеми автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив

Як вже зазначалось, технологічний процес виробництва добрив сульфоамофосу можна розділити на два етапи:

- 1) замішування та формування гранул добрив;
- 2) сушка добрив.

На виході першого етапу отримують сформовану гранулу добрив вологість яких становить близько (6 – 7)%. При такій вологості гранула не може зберігатись і з часом руйнується. Таким чином виникає об'єктивна необхідність її сушіння з метою доведення вологості гранули до бажаного рівня.

Сушіння відбувається в барабанній сушарці. При цьому необхідно підібрати такий рецепт сушіння (температуру сушильного агенту та швидкість обертання барабану), щоб при проходженні гранули через барабан вона встигла віддати вологу. Вологість сухої гранули повинна становити близько 1,5%.

Згідно даних лабораторних досліджень, температура сушильного агенту повинна знаходитись в межах 500°C. При роботі в межах зазначеного температурного діапазону погіршення характеристик гранули не відбувається. Оптимальна температура сушильного агенту повинна знаходитись в межах (300...400)°C.

Функціональна схема автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив зображена на рисунку 4.1. Загальну логіку керування здійснює блок керування залежно від сигналів керування, які визначає оператор та сигналів, які несуть інформацію про стан параметрів технологічного процесу сушки: температура агенту сушки на вході; температура агенту сушки на виході; температура продукту; температура парової фракції.

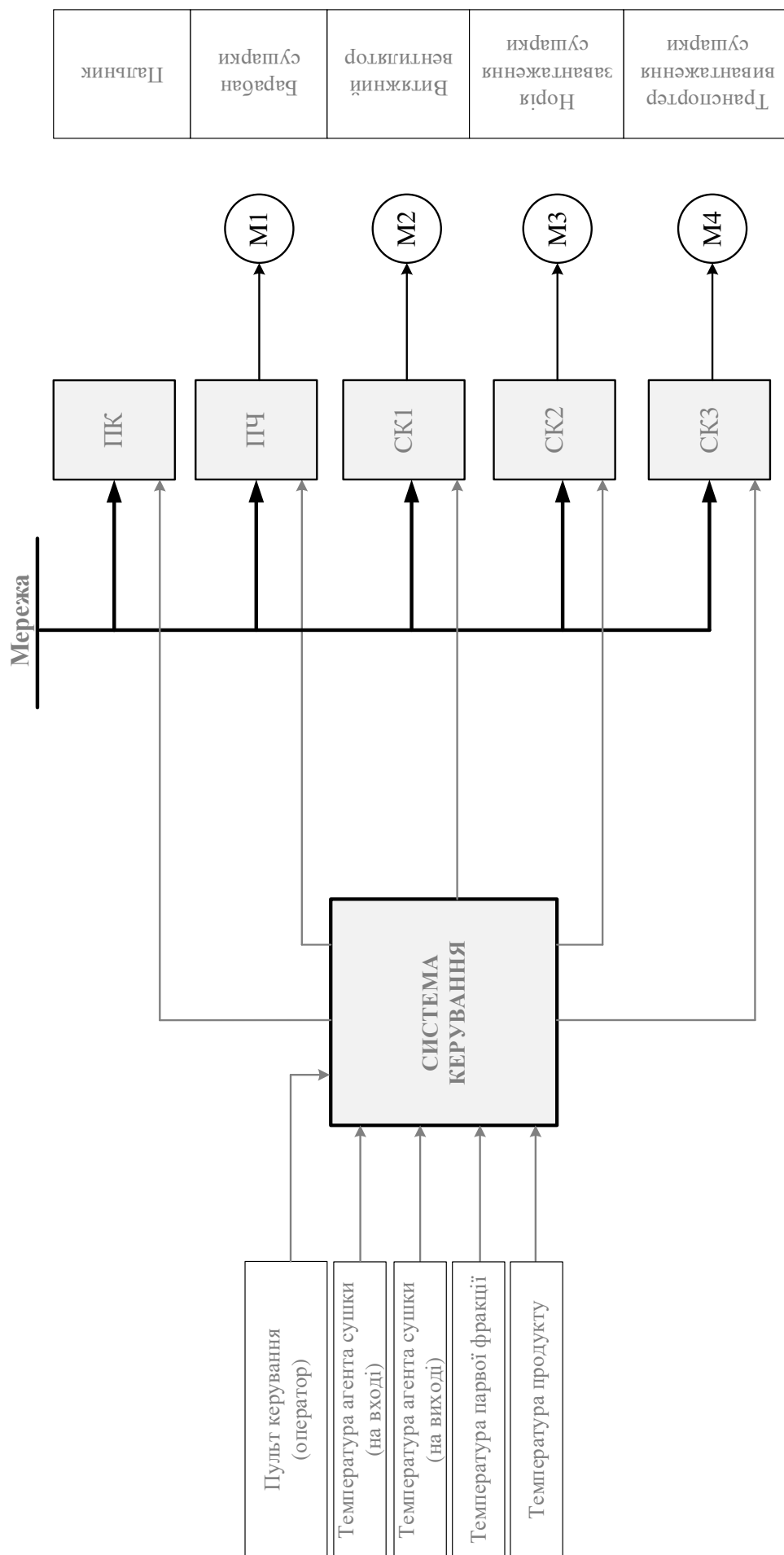


Рисунок 4.1 – Схема функціональна системи керування технологічним процесом сушіння добрив

4.2 Характеристика пальника сушарки

4.2.1 Загальна характеристика пальника

Для нагрівання агенту сушки використовується газовий пальник Riello RS100. Його зовнішній вигляд наведено на рисунку 4.2



Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд газового пальника Riello RS100

Паспорт пальника зображено на рисунку 4.3, а його основні технічні характеристики наведені в таблиці 4.1.

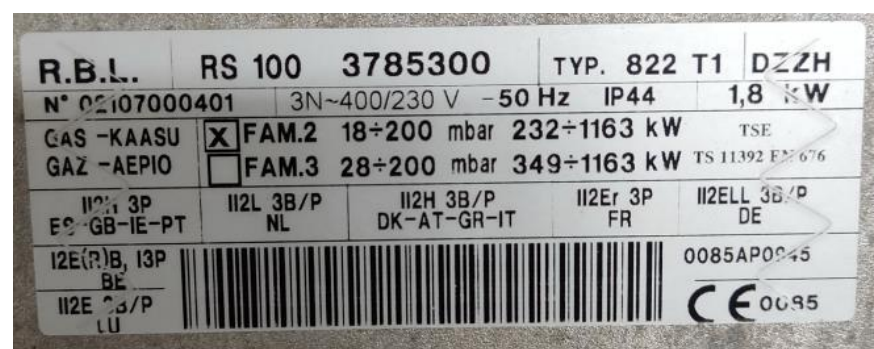


Рисунок 4.3 – Паспорт газового пальника Riello RS100

Таблиця 4.1 – Технічні дані газового пальника Riello RS100 [16]

Параметри		Значення
Модель		RS100
Тип		822 T1
Артикул		3785300
Потужність	1-ша ступінь	232 кВт
	2-га ступінь	(698-1163) кВт
Температура навколишнього середовища		(0...40)°C
Приводний двигун вентилятора пальника:		
- потужність		1,5 кВт
- оберти		2830 об/хв
- напруга живлення		230 / 400 В
- номінальний струм		6,4 / 3,7 А
- ступінь захисту		IP44
Сервопривод:		
- тип		LKS 210-21 (B1-15 S2)
- напруга живлення		200...240 В, 50/60 Гц
- час відкриття		15 с / 90 градусів
- момент		3 Н·м
Автомат горіння		RMG88.62A2 GAS

Схема підключення газового пальника Riello RS100 зображена на рисунку 4.4 [16]:

IN – ручний вимикач пальника;

PG – датчик мінімального тиску газу;

MB – клемна колодка;

S – сигнал дистанційного блокування;

TR – система дистанційного керування навантаженням (керує роботою 1-ї та 2-ї ступені пальника);

TL – система дистанційного керування обмеженням навантаження (вимикає пальник, коли температура досягає заданого граничного значення);

TS – система безпеки контролю навантаження;

VR – регулювальний клапан;

VS – запобіжний клапан.

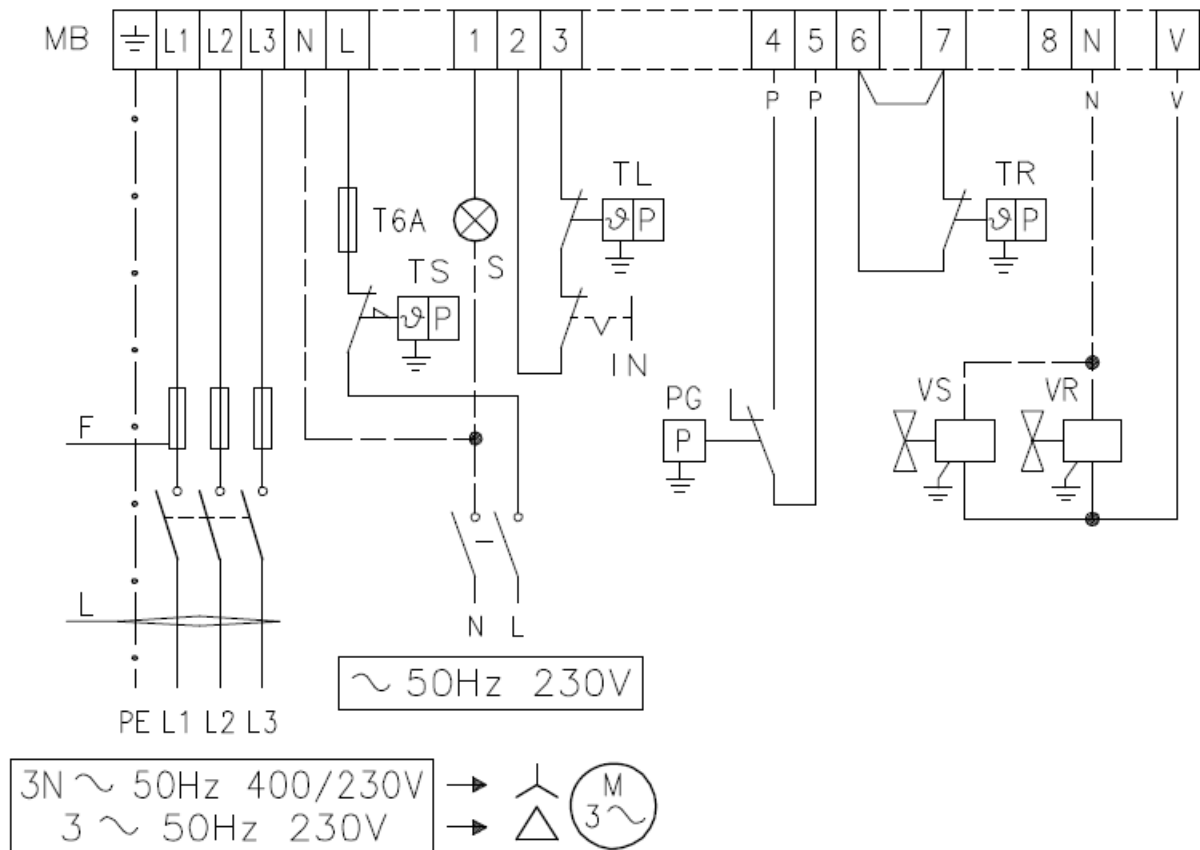


Рисунок 4.4 – Схема підключення газового пальника Riello RS100

4.2.2 Розробка пристрою діагностування сервопривода пальника

Для забезпечення заданої потужності пальника необхідно на пальник подати газ під певним тиском та подати в необхідній кількості повітря (кисню). Для підтримання заданої температури сушіння здійснюється періодичне переключення між першою та другою ступенями пальника. При цьому співвідношення між кількістю газу та кисню для кожної ступені є чітко визначеним і їх підтримання забезпечує сервопривод пальника (рисунок 4.5).

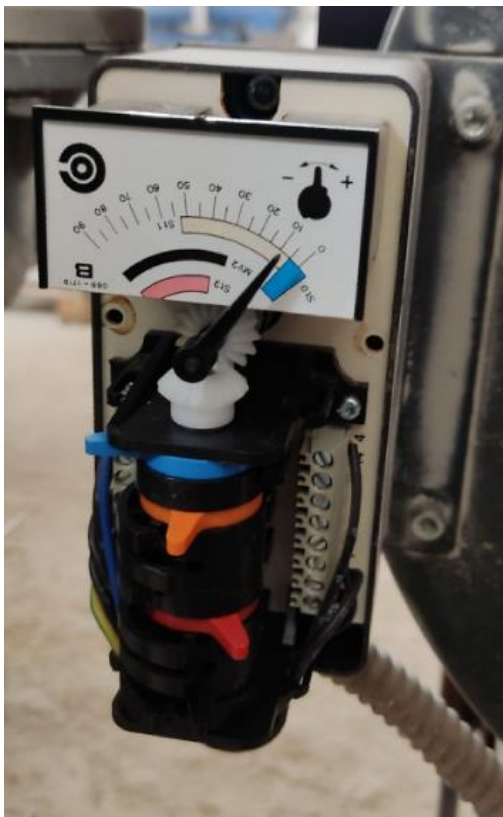


Рисунок 4.4 – Сервопривод пальника LKS 210-21 (B1-15 S2)

Найбільш ненадійними елементами його системи керування є кінцеві мікроперемикачі (рисунок 4.5).

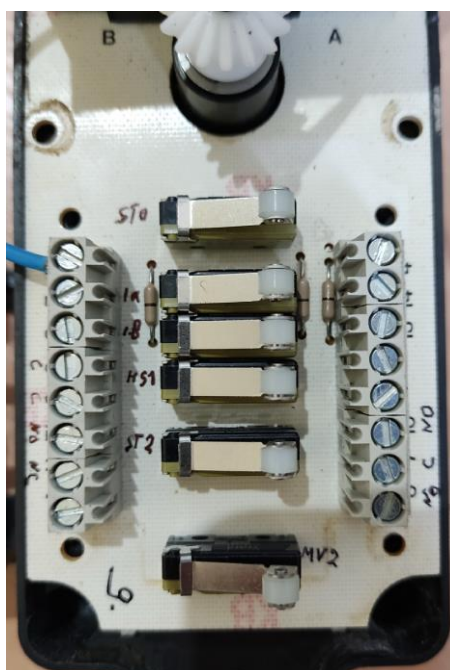


Рисунок 4.5 – Мікроперемикачі сервопривода пальника

При їх некоректній роботі сервопривод перестає працювати і робота пальника порушується або взагалі стає неможливою. Таким чином, виникає об'єктивна необхідність контролювати їх технічний стан. З цією метою запропоновано структуру відповідного пристрою контролю технічного стану мікроперемикачів сервопривода (рисунок 4.6).

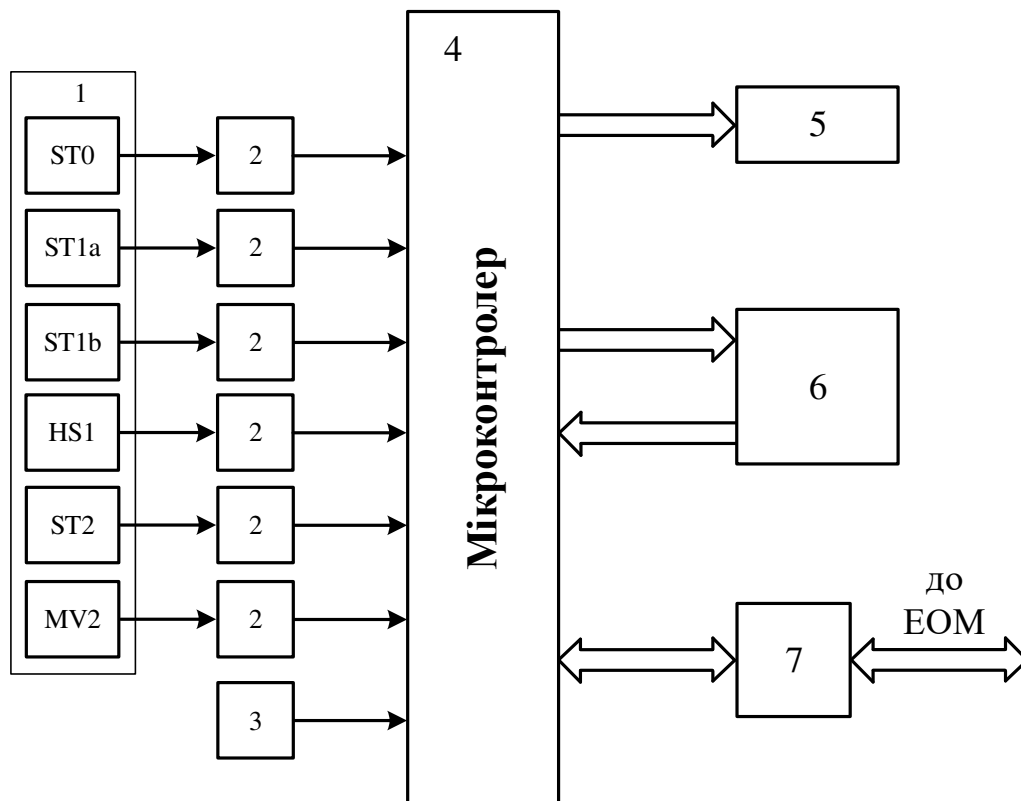


Рисунок 4.6 – Структура пристрою контролю технічного стану мікроперемикачів сервопривода пальника

На схемі: 1 – сенсори параметрів; 2 – перетворювачі сигналів; 3 – напрямок руху привода; 4 – мікроконтролер; 5 – матричний програмований індикатор; 6 – клавіатура; 7 – перетворювач рівнів сигналів.

Сигнали з виходу сенсорів параметрів 1, подаються через перетворювачі сигналів 2, що приводять вхідні сигнали до рівня напруги, яка необхідна для нормальної роботи мікроконтролера 4, поступають на дискретні входи мікроконтролера.

Мікроконтролер 4 здійснює аналіз сукупності вхідних сигналів шляхом порівняння їх із базою знань (таблиця 4.2). При виявленні відхилень робиться висновок про технічний стан сервопривода.

Таблиця 4.2 – База знань

№	Напрямок	Мікроперемикачі						Код (HEX)
		St0	ST1a	ST1b	HS1	ST2	MV2	
1	1	1	0	0	1	0	1	65
2	1	1	1	0	1	1	0	76
3	1	1	1	1	0	0	1	79
4	1	1	1	1	1	0	1	7D
5	1	1	1	1	0	1	1	7B
6	0	1	1	1	0	1	1	3B
7	0	1	1	1	1	0	1	3D
8	0	1	1	1	0	0	1	39
9	0	1	1	0	1	1	0	36
10	0	1	0	0	1	0	1	25

Для керування роботою пристрою застосовується клавіатура 6 та матричний програмований індикатор 5. За допомогою перетворювача рівнів сигналів 7 забезпечується зв'язок з ЕОМ верхнього рівня.

4.3 Вибір температурних контролерів

Для вимірювання температури агенту на ході та виході сушарки, а також температури парової фракції та продукту на виході виберемо температурні контролери фірми TENSE, які є порівняно не дорогими та мають широкий функціонал.

Основні характеристики [17]:

- 1) типи можливих для використання датчиків температури – Т/С (ТЖК, ТХА, ТМКн, ТПП) (J, K, T, S, R) або Pt100;
- 2) два релейних керуючих виходи «OUT» і «ALARM»;
- 3) режим «Нагрів» і «Охолодження» («Heating» і «Cooling»);
- 4) можливість автоматичного підбору параметрів (ПІД регулювання);
- 5) можна вибрати один з режимів роботи: P, PI, PD, PID або просто ON-OFF;
- 6) автоматичне скорочення «Перерегулювання» у режимі ПІД;
- 7) вбудована функція компенсації інтегрального ефекту насичення (anti-windup);
- 8) можливість установки верхнього і нижнього рівня для SET і ALARM;
- 9) можливість вибору відносної, абсолютної чи смугового значення для ALARM;
- 10) можливість установки затримки включення (ON-delay) для режиму охолодження (COOLING mode);
- 11) на дисплеї контролера показується два значення температури – встановлене і поточне;
- 12) компенсація впливу температури холодного підключення датчиків типу Т/С (cold-junction compensation);
- 13) лінійна компенсація для датчиків температури типу Pt100.
- 14) можливість встановлення величини зміщення температури

15) захист паролем установок температурного контролера
16) висока точність установок і тимчасових інтервалів
17) енергонезалежна пам'ять (EEPROM memory) для збереження значень установок

18) легкість приєднання до контролюваного обладнання - всі з'єднання виконані з допомогою швидкознімних роз'ємів.

19) можливо твердотільне реле (SSR output) в якості вихідного контакту.

Зовнішній вигляд вибраного температурного контролера зображено на рисунку 4.7, а його технічні характеристики зведено до таблиці 4.3.



Рисунок 4.7 – Зовнішній вигляд температурного контролера
TENSE DT-72

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики TENSE DT-72 [17]

Параметри	Значення
Тип термодатчика	J,K,T,S,R type T/C, Pt100
Шкала вимірювань	-100 .. 600°C, J тип T/C, (Inpt=J) -100 .. 1300°C, K тип T/C, (Inpt=k) -100 .. 400°C, T тип T/C, (Inpt=t) 0 .. 1750°C, S тип T/C, (Inpt=S) 0 .. 1750°C, R тип T/C, (Inpt=r) -100 .. 600°C, Pt100, (Inpt=Pt) -99.9 .. 600.0°C, Pt100, (Inpt=Pt.0)
Крок вимірювання	$\pm 1^\circ\text{C}$ or $\pm 0.1^\circ\text{C}$
Точність	$\pm 0.3 \%$
Форма контролю	П, ПІ, ПД, ПІД, ON-OFF
Вихід OUT, ALARM	Релейний (NO + NC), 250VAC, 2A, резистивне навантаження
Heat гістерезис	0 .. 50 / 0.0 .. 5.0°C (H.Hys)
Alarm гістерезис	1 .. 50 / 0.1 .. 5.0°C (A.Hys)
Зміщення	-100..+100°C / -10.0 .. +10.0 (oFFS)
Температура навколишнього середовища	0...+50°C
Живлення	230VAC +10%, -20% 50 – 60Гц
Споживана потужність	< 8Вт

Схема підключення температурного контролера TENSE DT-72 зображена на рисунку 4.8.

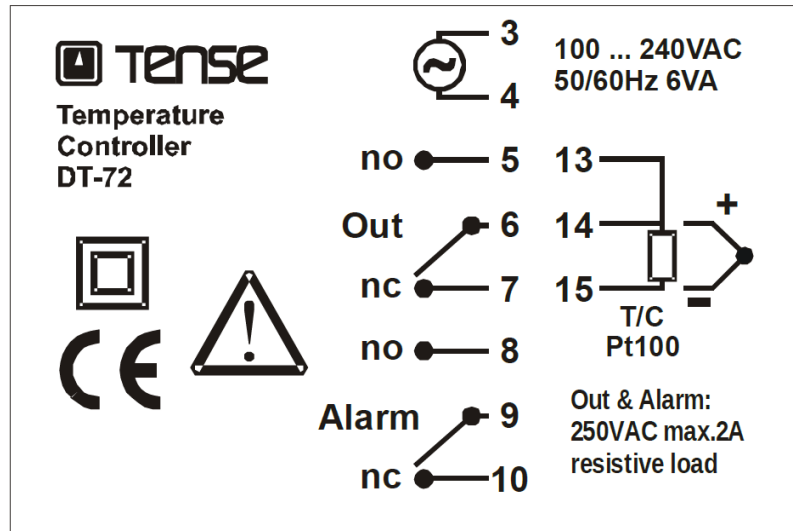


Рисунок 4.8 – Схема підключення температурного контролера
TENSE DT-72

4.4 Розробка принципової схеми керування технологічним процесом сушіння добрив

Схема електрична принципова схеми керування технологічним процесом сушіння добрив в повному обсязі наведена в додатку В. Фрагменти системи керування зображені на рисунках 4.9-4.12.

Для захисту електроприводів механізмів лінії сушіння добрив від коротких замикань та перевантажень використовуються автомати захисту з відповідним діапазоном налаштувань робочих струмів фірми SHINT:

- 1) барабан сушарки (7,5 кВт) – (17...23) А;
- 2) витяжний вентилятор (2,2 кВт) – (4...6,3) А;
- 3) норія завантаження сушарки (1,5 кВт) – (2,5...4) А;
- 4) транспортер вивантаження сушарки (1,5 кВт) – (2,5...4) А.

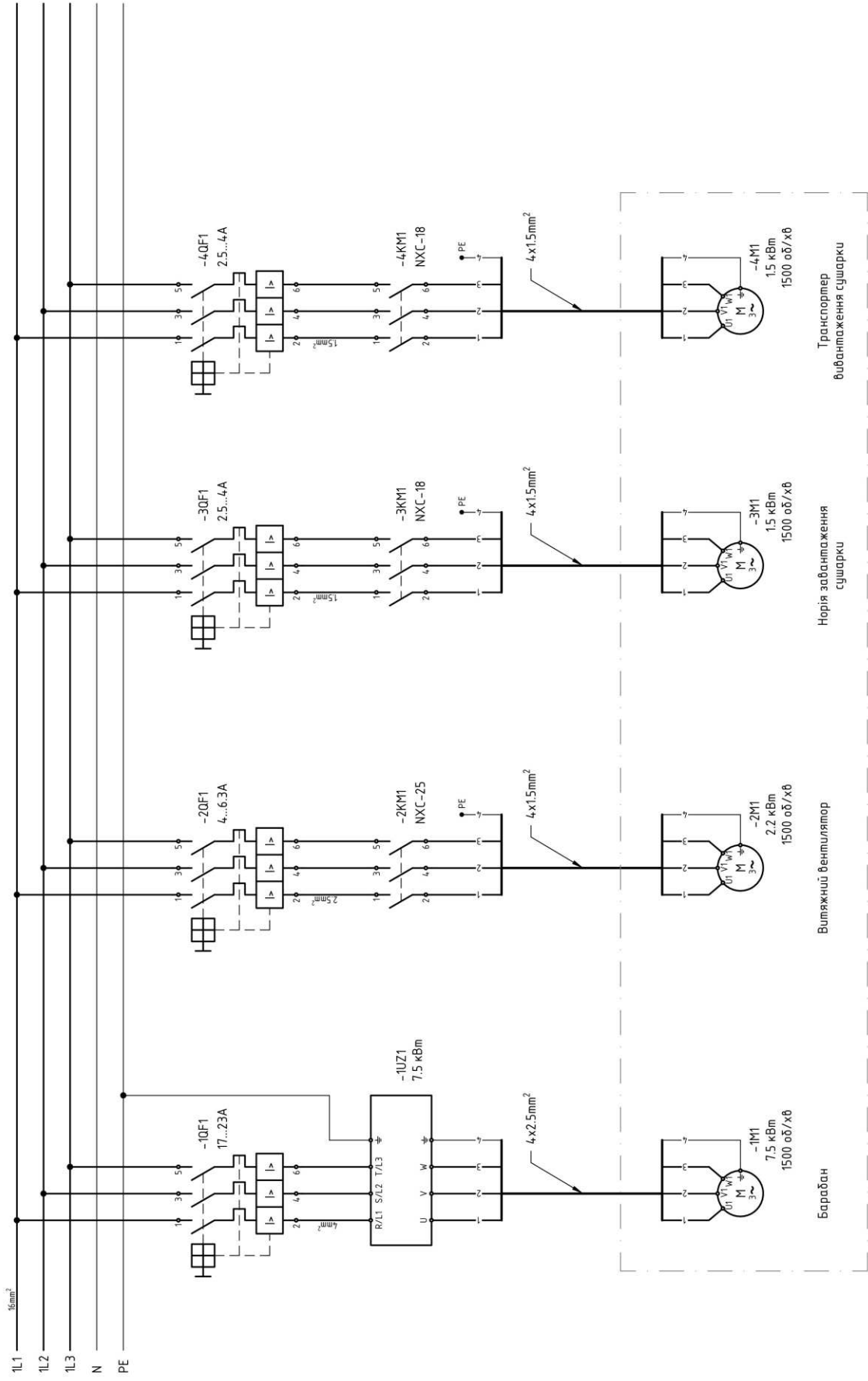


Рисунок 4.9 – Схема електрична принципова керування технологічним процесом сушіння добрив.
Силові електричні кола

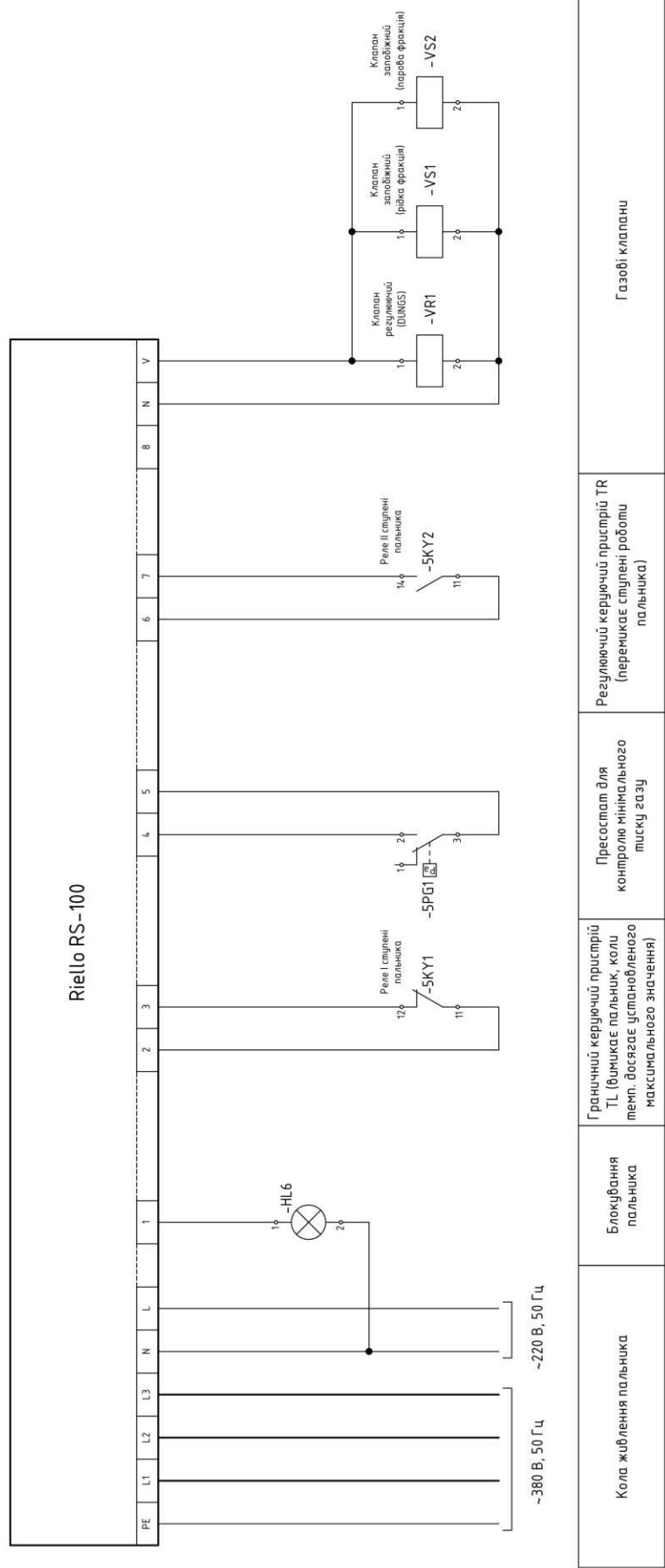


Рисунок 4.10 – Схема електрична принципова керування технологічним процесом сушіння добрив.
 Схема підключення пальника Riello RS-100

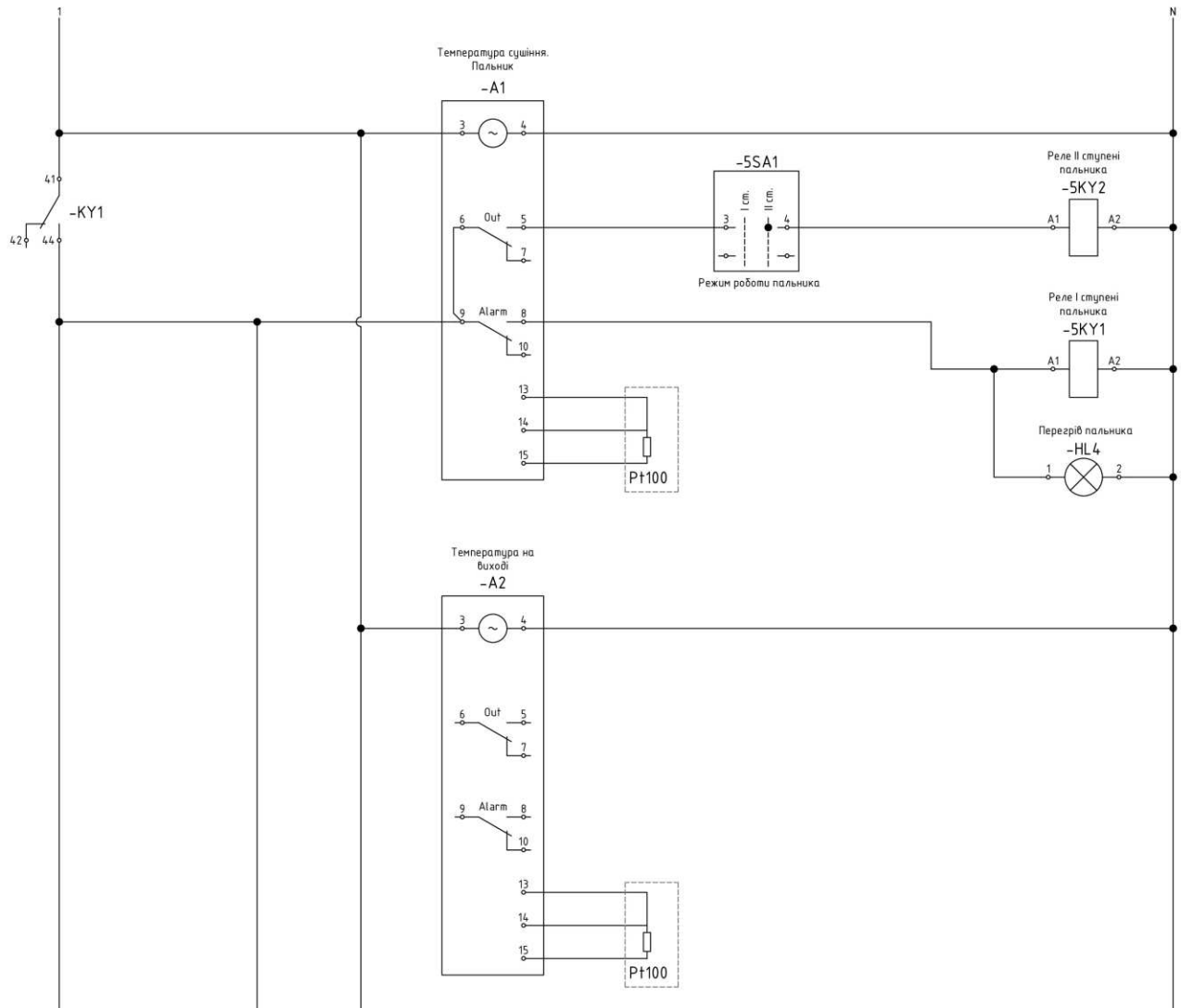


Рисунок 4.11 – Схема електрична принципова схеми керування технологічним процесом сушіння добрив. Підключення температурних контролерів TENSE

Параметри налаштування температурних регуляторів наведені в таблиці 4.4. Для початку налаштувань одночасно натиснути кнопки «SET»+«UP» та утримувати протягом 2 секунд, ввести код 162 та натиснути кнопку «SET».

Якщо потрібно попередньо скинути налаштування температурних контролерів на заводські налаштування, то слід використовувати код 555.

Таблиця 4.4 – Параметри налаштування температурних контролерів
TENSE DT-72

Параметри		Налаштування температурних контролерів		
		«Температура продукту»	«Пальник» «Температура агента на виході»	«Температура парової фракції»
Тип термодатчика	InPt	Pt.0	Pt	Pt
Вибір режиму роботи OUT-виходу	h-C	Cool	Heat	Heat
Значення гістерезису для OUT-виходу, °C	H.hys/ C.hys	C.hys=0,1	H.hys=1°C	H.hys=1°C
Значення гістерезису для ALARM-виходу, °C	A.hys	A.hys=0,2°C	A.hys =12°C	A.hys =12°C
Верхня межа вимірювання, °C	UP.L	400,0	+400°C	+400°C
Нижня межа вимірювання, °C	Lo.L	-50,0	-50°C	-50°C
Зміщення температури, °C	oFFS	0,0°C	0°C	0°C
Тип Alarm-виходу	AL.tY	rel	rel	rel
Налаштування відносного значення ALARM-виходу	r.ALr	0,3°C	30°C	0°C
Мінімальна затримка часу на включення OUT-виходу після його відключення, с.	C.dL Y	10 с	–	–
Поведінка OUT-виходу у випадку помилки	P.Err	0	0	0
	C-t	0,0°C/min	0,0°C/min	0,0°C/min
Стан нижнього дисплея	L.dSP	YES	YES	YES
	SECU	AH	AH	AH

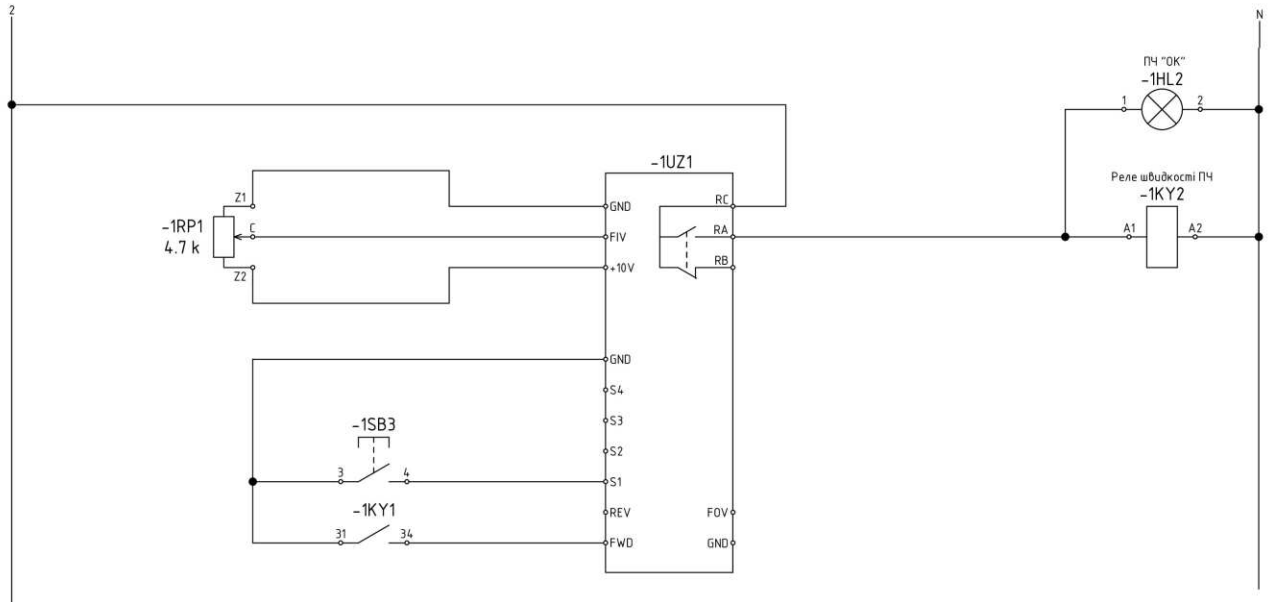


Рисунок 4.12 – Схема електрична принципова схеми керування технологічним процесом сушіння добрив. Підключення перетворювача частоти ТАУ-С

Основні параметри налаштування частотного перетворювача наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Параметри налаштування частотного перетворювача

Код	Параметр	Налаштування
P0.00	AS/BS тип	1 (AS – з постійним моментом навантаження)
P0.01	Вибір типу керування	0 (V/f-керування)
P0.02	Вибір каналу керування	1 (дискретні входи)
P0.03	Комбінація сигналів з основного та додаткового джерел задавання частоти	00
P0.04	Основне джерело задавання значення частоти	0 (пульт керування або дискретні входи)
P0.12	Максимальне значення частоти	50.00 Гц
P0.16	Нижня границя частоти	10.00 Гц
P1.00	Режим старту ПЧ	0 (прямий старт)
P1.07	Режим розгону / сповільнення	0 (лінійний)
P2.00	Тип електродвигуна	0 (асинхронний)
P4.00	Вибір залежності V/f	0 (лінійна)

Продовження таблиці 4.5

Код	Параметр	Налаштування
P5.00	Вибір функції для входу FWD	1 (RUN в прямому напрямку)
P5.02	Вибір функції для входу S1	9 (скид помилки)
P6.02	Функции выхода RA-RB-RC	1 (ПЧ в роботі)

4.5 Практична реалізація схеми керування технологічним процесом сушіння добрив

Систему автоматизованого керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах ТОВ «АГРОВІТ ГРУП» було реалізовано на базі релейно-контакторної елементної бази фірм ETIMAT та CHINT.

На рисунку 4.11 показано лицьову панель щита керування.

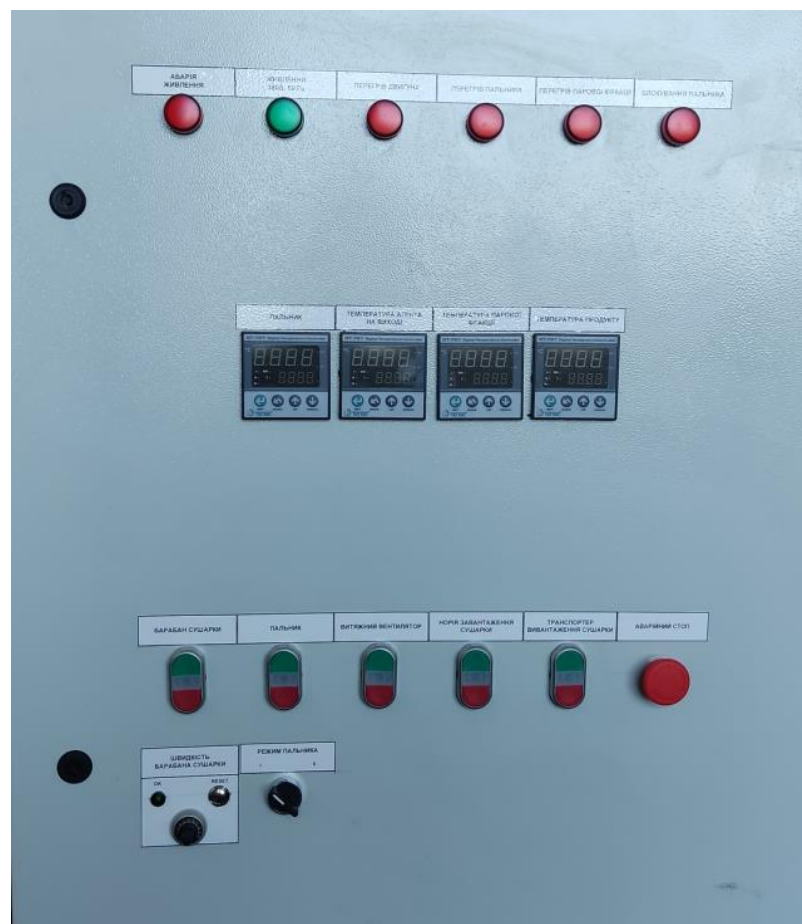


Рисунок 4.11 – Лицьова панель щита керування

На рисунку 4.12 показано лицьову панель щита керування (зворотна сторона).

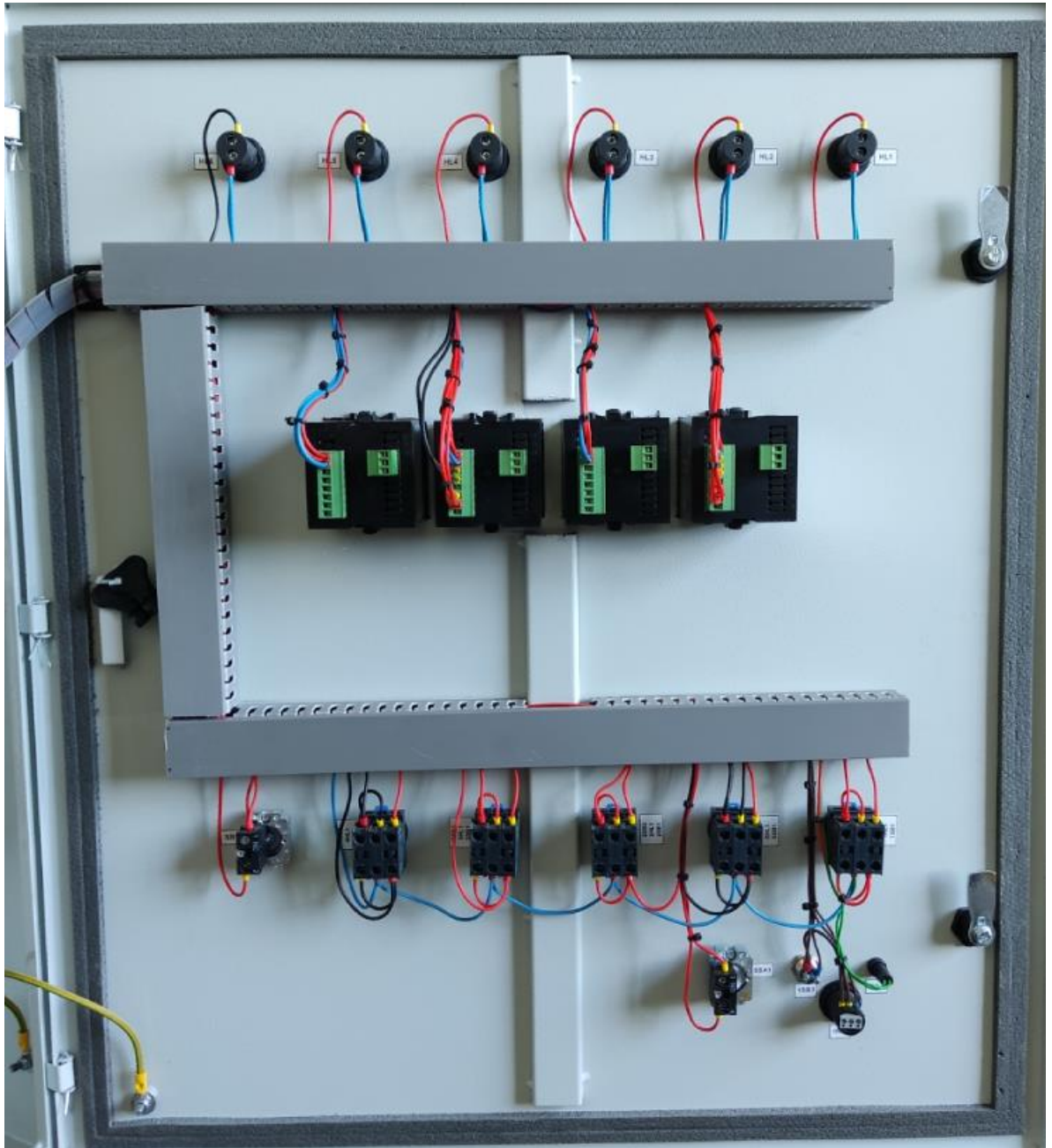


Рисунок 4.12 – Зворотна сторона лицьової панелі щита керування

На рисунку 4.13 показано внутрішню компоновку щита керування.

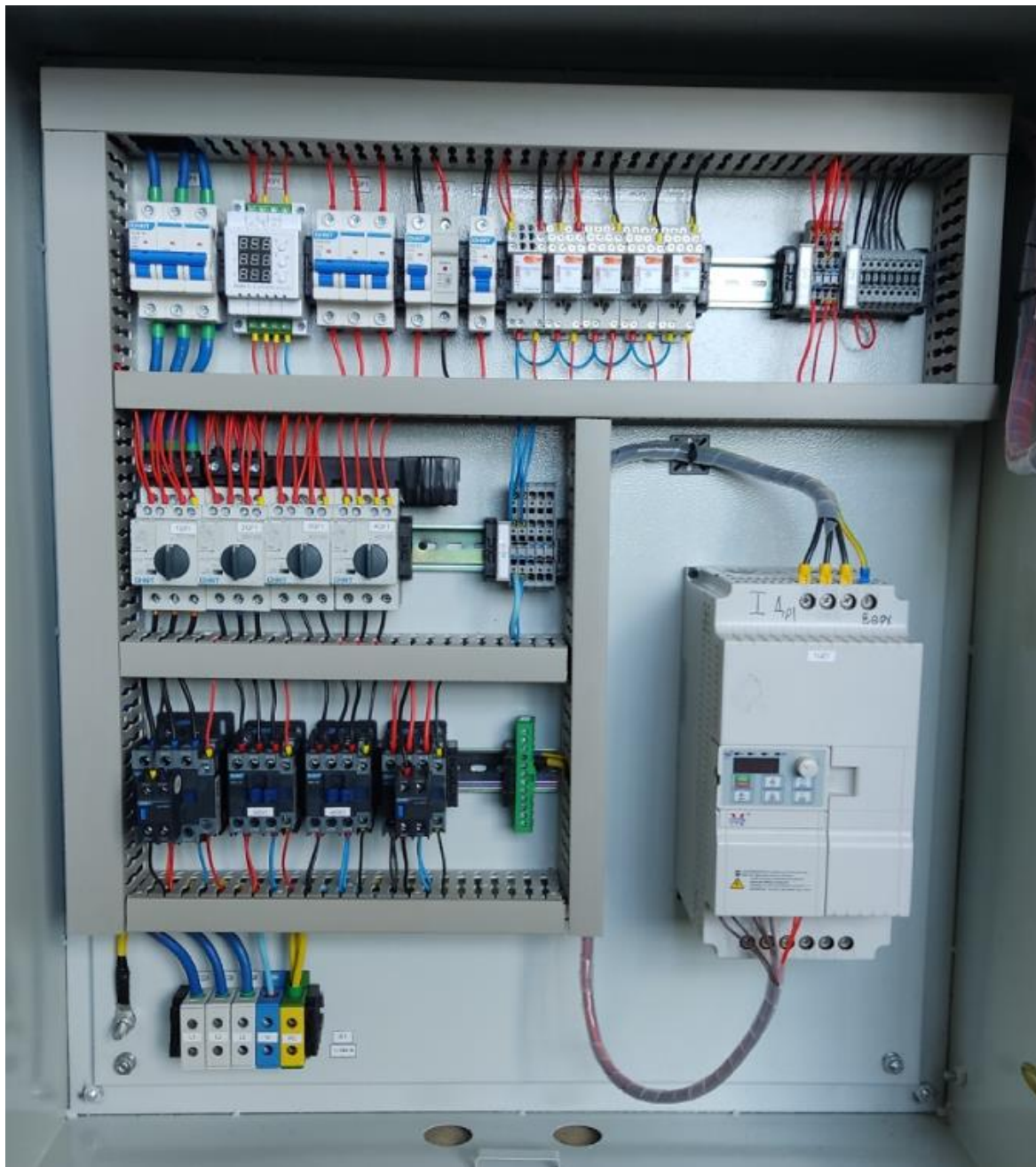


Рисунок 4.13 – Компоновка щита керування

В подальшому дана система була змонтована та показала стабільну умову в реальних умовах експлуатації (рисунок 4.14, рисунок 4.15).



Рисунок 4.14 – Барабанна сушарка в реальних умовах експлуатації



Рисунок 4.14 – Щит керування в реальних умовах експлуатації

Висновок. Розроблено функціональну схему автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив, вибрано елементну базу та розроблено відповідну принципову електричну схему. Виконано монтаж розробленої системи та перевірено її роботу в реальних умовах використання.

Продуктивність лінії для сушіння добрив після модернізації становить близько 70 тон/добу. В базовому варіанті реалізації – продуктивність становила близько 6 тон/добу. Таким чином, завдяки використанні барабанної сушарки в сукупності з розробленою системою керування було забезпечено збільшення продуктивності лінії в більше як в десять раз.

Запропоновано структуру пристрою контролю технічного стану мікроперемикачів сервопривода пальника.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Базовий варіант реалізації сушильного відділення в умовах ТОВ «АГРОВІТ» був примітивним і складався з труби, яка оберталась, і побутового газового пальника (рисунок 5.1). Продуктивність такої лінії не перевищувала 6 т/добу.



Рисунок 5.1 – Базовий варіант реалізації сушильного відділення в умовах ТОВ «АГРОВІТ»

В ході реалізації проекту було повністю замінено існуюче обладнання на нове та розроблено повноцінну автоматизовану систему керування. Розрахункова продуктивність такої лінії становить близько 100 т/добу. Однак враховуючи реальні умови експлуатації та вимішені простої через зупинки іншого технологічного обладнання, яке безпосередньо не входить в структуру сушильного відділення, але впливає на його роботу, реальна продуктивність становить близько 70 т/добу.

Таким чином немає змісту проводити порівняння з базовим варіантом реалізації, тому розрахуємо сумарні витрати на реалізацію та обслуговування

автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах ТОВ «АГРОВІТ».

5.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають в себе всі одноразові витрати: відпускну ціну нової техніки, затрати на її транспортування, монтаж і наладку, затрати на демонтаж старого обладнання тощо.

Складемо калькуляцію собівартості готового виробу в промислових умовах.

В таблиці 5.1 приведено розрахунок відповідних капітальних вкладень на реалізацію автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив.

Таблиця 5.1 – Капітальні витрати на електроустаткування

Найменування обладнання	Кошторисна вартість, грн.
Приводний двигун барабанної сушарки АИР112М4 [6]	11806
Силовий перетворювач ТАУ-С [7]	19218
Апарати захисту, керування, монтажна оснастка тощо (рахунок наведено в додатку Б)	33242,78
Датчики температури [18]	280x4=1120
Всього	65386,78
Витрати на транспортування (10%)	6538,68
Монтажні та налагоджувальні роботи (10%)	6538,68
Всього капітальні вкладення К, грн	78464,14

Отже, капітальні вкладення становлять $K = 78464,15$ грн.

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати включають витрати на забезпечення нормального функціонування певного технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку на рік [19].

Експлуатаційні витрати C включають [19]:

- 1) амортизаційні відрахування C_a ;
- 2) заробітна плата C_z обслуговуючого персоналу (основна, додаткова, нарахування на заробітну плату);
- 3) витрати на силову електроенергію C_e ;
- 4) витрати на поточний ремонт $C_{пр}$;
- 5) інші витрати $C_{ін}$:

$$C = C_a + C_z + C_e + C_{пр} + C_{ін}, \quad (5.1)$$

5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні відрахування становлять (норма амортизації 10% в рік) [19]:

$$C_a = 0,1 \cdot K. \quad (5.2)$$

$$C_a = 0,1 \cdot 78464,14 = 7846,41 \text{ (грн/рік)}.$$

5.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Згідно ПУЕ обслуговувати установки до 1000 В може робітник, у якого розряд не нижче четвертого, група допуску не нижча третьої групи по електробезпеці [19].

Таблиця 5.2 – Тарифна сітка погодинників

Тарифні розряди	I	II	III	IV	V	VI
Тарифні коефіцієнти	1	1,5	1,8	2,03	2,33	2,7

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою [19]:

$$C_z = C_{zo} + C_{зд} + C_{зн}, \quad (5.3)$$

де C_{zo} – основна заробітна плата по тарифу, грн/рік;

$C_{зд}$ – додаткова заробітна плата, грн/рік.

$C_{зн}$ – нарахування на заробітну плату, грн/рік.

Основна заробітна плата по тарифу:

$$C_{zo} = N \cdot T_1 \cdot k \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_c \cdot \beta, \quad (5.4)$$

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

T_1 – годинна тарифна ставка робітника 1-го розряду ($T_1 = 22$ грн/год);

k – тарифний коефіцієнт 5-го розряду ($k = 2,33$);

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу обслуговування вантажного підйомника (згідно техніко-економічного обґрунтування $\Phi_{\text{еф}} = 240$ днів $\cdot 0,5$ год = 120 год/рік);

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

β – частка часу, який витрачає робітник на обслуговування установки в загальному часі своєї роботи ($\beta = 1$),

$$C_{zo} = 1 \cdot 22 \cdot 2,33 \cdot 120 \cdot 1 \cdot 1 = 6151,2 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткова заробітна плата $C_{зд}$ становить 10% від основної заробітної плати.

$$C_{зд} = 0,1 \cdot C_{zo}, \quad (5.5)$$

$$C_{зд} = 0,1 \cdot 6151,2 = 615,12 \text{ (грн/рік)}.$$

Розрахунок нарахувань на заробітну плату зведемо в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок нарахувань на заробітну плату

Показник	Сума
Основна заробітна плата $C_{зо}$, грн/рік	6151,2
Додаткова заробітна плата $C_{зд}$, грн/рік	615,12
Разом основна і додаткова заробітна плата ($C_{зо}+C_{зд}$), грн/рік	6766,32
Єдиний внесок на загальнообов'язкове соціальне страхування (22%) $C_{зн}$, грн/рік	1488,59
Всього нарахування, грн/рік	8254,91

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу згідно (5.3):

$$C_3 = 6151,2 + 615,15 + 1488,59 = 8254,91 \text{ (грн/рік)}.$$

5.2.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на споживану електроенергію [19]:

$$C_e = \frac{P}{\eta} \cdot \Phi \cdot K_3 \cdot B, \quad (5.6)$$

де P – установлена потужність ($P = 5,5$ кВт);

η – ККД привода ($\eta = \eta_{дв.н} \cdot \eta_{пч} = 0,855 \cdot 0,98 = 0,84$);

Φ – дійсний фонд часу роботи електропривода за рік (згідно техніко-економічного обґрунтування $\Phi = 5760$ год/рік);

K_3 – коефіцієнт завантаження (використання за потужністю) (приймаємо $K_3 = 0,8$);

B – вартість електроенергії (для непобутових споживачів, електроустановки яких приєднані до електричних мереж згідно з II класом напруги з ПДВ складає близько 6,1 грн/кВт·год.),

$$C_e = \frac{5,5}{0,84} \cdot 5760 \cdot 0,8 \cdot 6,1 = 184509,98 \text{ (грн/рік)}.$$

5.1.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання

Поточний ремонт електроустаткування здійснюється на місці встановлення з його відключенням і зупинкою, силами змінного ремонтного персоналу.

Витрати на проведення ремонтних робіт включають витрати на комплектуючі і запасні частини та інші елементи, які підлягають заміні та витрати на оплату праці персоналу, який проводить ремонтні роботи. Для визначення витрат на оплату праці робітників-ремонтників необхідно розрахувати трудомісткість ремонтних робіт. Трудомісткість ремонтних робіт визначається згідно графіка планово-попереджувальних ремонтів (таблиця 5.4), у якому зазначено тривалість міжремонтних періодів та трудомісткість кожного виду ремонту.

Таблиця 5.4 – Графік ремонтів

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудомісткість, люд·год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система керування			4				4				4		12
Двигун		4				4					5		13
Кабельна мережа				3				3				3	9
Апарати захисту		2				2				2			6
Сенсори	3				3				3				9
Загальна трудомісткість												49	

Вважаємо, що ремонтні роботи проводить електромонтер п'ятого розряду. З врахуванням того, що нам відома трудомісткість робіт (таблиця 5.4), основну заробітну плату розрахуємо за формулою [22]:

$$C_{з\ по} = T_1 \cdot k \cdot \Phi_{рем}, \quad (5.7)$$

де k – тарифний коефіцієнт ($k = 2,33$);

$\Phi_{рем}$ – трудомісткість ремонтних робіт ($\Phi_{рем} = 49$ год/рік,

$$C_{з\ по} = 22 \cdot 2,33 \cdot 49 = 2511,74 \text{ (грн/рік)}.$$

Нарахування на заробітну плату (22%):

$$C_{з\ пн} = 0,22 \cdot C_{з\ пр}, \quad (5.8)$$

$$C_{з\ пн} = 0,22 \cdot 2511,74 = 552,58 \text{ (грн/рік)}.$$

Всього витрати на заробітну плату для проведення ремонтних робіт становлять [22]:

$$C_{з\ пр} = C_{з\ по} + C_{з\ пн}, \quad (5.9)$$

$$C_{з\ пр} = 2511,74 + 552,58 = 3064,32 \text{ (грн/рік)}.$$

Витрати на матеріали, комплектуючі та запасні частини для поточного ремонту приймають рівними 15% витрат від основної заробітної плати [19]:

$$C_{м\ пр} = 0,15 \cdot C_{з\ по}, \quad (5.10)$$

$$C_{м\ пр} = 0,15 \cdot 2511,74 = 376,76 \text{ (грн/рік)}.$$

Всього витрати на поточний ремонт обладнання становлять [19]:

$$C_{пр} = C_{з\ пр} + C_{м\ пр}. \quad (5.11)$$

$$C_{пр} = 3064,62 + 376,76 = 3441,08 \text{ (грн/рік)}.$$

5.2 Інші витрати

Розмір інших витрат приймається рівним 5% від загальної суми попередніх витрати [19]:

$$C_{ін} = 0,05 \cdot (C_a + C_з + C_e + C_{пр}), \quad (5.12)$$

$$C_{ін} = 0,05 \cdot (7846,41 + 8254,91 + 184506,98 + 3441,08) = 10202,47 \text{ (грн/рік)}.$$

Розрахунок загальної суми експлуатаційних витрат наведено у таблиці 5.4.

Таблиця 6.4 – Експлуатаційні витрати, грн/рік

Найменування витрат	Сума
Амортизаційні відрахування C_a	7846,41
Заробітна плата C_z обслуговуючого персоналу	8254,91
Витрати на електроенергію C_e	184506,98
Витрати на поточний ремонт $C_{пр}$	3441,08
Інші витрати $C_{ін}$	10202,47
Всього експлуатаційні витрати C	214251,86

Висновок. Розраховано капітальні вкладення для побудови автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Розраховано основну заробітну плату, витрати на електроенергію, витрати на планові ремонти та інші витрати. Оскільки, прибуток даної системи не розраховувався, то термін окупності неможливо розрахувати, тому зупиняємося на експлуатаційних витратах, які становлять 214251,86 грн/рік.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці та цивільного захисту під час монтажу та обслуговування автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах ТОВ «АГРОВІТ». небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний персонал, що обслуговує технологічне обладнання підприємства [21, 22].

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

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (органічний пил).

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

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення системи електропостачання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму, відповідно до ПБЕ [24, 25], залежить від наявності

факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

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

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

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

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

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні

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

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

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

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

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

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як

підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

6.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

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

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

3) Електрозахисні засоби захисту.

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

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

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

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [26] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 6.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [27]: температури внутрішніх поверхонь будівельних

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

6.2.2 Виробниче освітлення

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

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

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 6.2.

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 освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 6.2 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

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

6.2.3 Виробничий шум

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

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [29]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Рівень звукового тиску

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

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

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

6.2.4 Виробнича вібрація

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

У нашому цеху присутня вібрація типу – За [30]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

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

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

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

6.2.5 Фактори трудового процесу

Робота електротехнічного персоналу є достатньо складною і потребує різних навичок та характеристик працюючого, тому і впливи від робіт різні і визначаються за Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [21].

Важкість праці визначається за дод. 15 [21], звідки видно, що даний вид робіт за показниками важкості умов праці характеризується як допустимі умови праці.

- енергозатрати організму: при регіональному навантаженні (з переважною участю м'язів рук та плечового суглоба) – до 7800;
- загальні енергозатрати організму, Вт – до 290;
- робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної);
- нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну: 51-100;

Напруженість праці визначається за дод. 16 [21], робота відноситься до інтелектуальної, і має наступні характеристики:

- зміст роботи: відсутня необхідність прийняття рішення;
- сенсорні навантаження : 51-75;
- розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працюючого до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни: 5,0-1,1 мм більше 50% часу;
- тривалість робочого дня, год. – 8 годин;
- змінність роботи - однозмінна робота (без нічної зміни).

Дані характеристики вказуються на те, що за напруженістю робота інженера-проектувальника (цивільне будівництво), який здійснює чисельне моделювання перерозподілу зусиль між елементами кущового пальового фундаменту в залежності від кількості паль відноситься до другого класу з допустимими умовами напруженості праці (напруженість праці середнього ступеня).

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах впливу загрозових чинників надзвичайних ситуацій

Автоматизована система керування може використовуватись як у мирний час так і в особливий період. На неї можуть справляти значний вплив надзвичайні ситуації різного типу. До таких НС можна віднести: стихійні лиха (повені, шторми, блискавка, урагани, зливи, ожеледиця), іонізуючі випромінювання, ЕМІ та багато інших. Тому при забезпеченні роботи даної системи керування слід використати найвищий рівень захисту від тої чи іншої НС, оскільки кожна НС справляє свій вплив на дану систему керування барабанної сушарки.

В апаратурі системи керування барабанної сушарки радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження вузлів. В елементній базі системи внаслідок дії іонізуючих випромінювань можлива зміна всіх електричних та експлуатаційних характеристик.

Ступінь ураження ЕМІ залежить в основному від амплітуди наведеного імпульсу напруги чи струму та електричної міцності обладнання. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем, викликає коротке замикання в пристроях. Найчастіше отримують пошкодження вхідні кола електронних блоків. Всі ці пошкодження можуть призвести до виходу з ладу вузлів і елементів системи керування барабанної сушарки. Також, проходячи через елементи, потік електронів створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до помилкового спрацювання системи.

Таким чином, в даній частині розділу необхідно виконати дослідження безпеки роботи та провести розробку заходів по підвищенню безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

6.3.1 Дослідження безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах впливу іонізуючого випромінювання

В електронній апаратурі застосовують елементи, до складу яких входять такі матеріали: метали, неорганічні метали, (в основному діелектрики), провідники і різноманітні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.) серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива концентрація вільних носіїв.

Робота та експлуатація системи керування барабанної сушарки умовах іонізуючих випромінювань може призвести до втрат працездатності при визначених рівнях випромінювання. Автоматизована система керування барабанної сушарки складається з багатьох компонентів основними з яких є: транзистори, резистори, конденсатори, мікросхеми. Приймаючи до уваги елементну базу блоків, що використовується, складаємо таблицю 6.5 максимально допустимих потужностей доз гамма-випромінювання [31].

Таблиця 6.5 – Максимально допустимі потужні дози гамма випромінювання для елементів системи керування барабанної сушарки

Блоки системи керування	Елементи блоків системи керування	$P_{зв}, P/\text{год}$	$P_{зв}, P/\text{с}$
Драйвер та блок вводу-виводу	Оптрон	10^5	10^4
	Транзистор	10^6	
	Транзистор	10^6	
Блок живлення	Транзистор	10^6	
	Мікросхема	10^5	
	Мікросхема	10^6	
Сенсори	Сенсор температури	10^4	
	Сенсор швидкості	10^4	
Мікросхеми	Мікросхема	10^5	

Аналізуючи дані таблиці 6.5, визначаємо найбільш вразливі елементи системи керування барабанної сушарки, в яких початок зворотних змін виникає при інтенсивності випромінювання $P_{зв} = 10^4$ Р/год.

Граничне значення рівня радіації, при якому система керування барабанної сушарки буде працювати, визначається по формулі:

$$P_{гр} = K \cdot P_{зв} \cdot K_{осл}, \quad (6.1)$$

де $P_{зв}$ – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін у найуразливішому елементі схеми;

K – коефіцієнт надійності ($K=0,9$);

$K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення виробничого приміщення ($K_{осл} = 1$).

$$P_{гр} = 0,9 \cdot 3,98 \cdot 1 = 3,85 \text{ (Р / год)}.$$

Отже, система керування барабанної сушарки, що розробляється буде безпечно працювати при рівні радіації, який не перевищує 3,85 Р/год.

6.3.2 Дослідження безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах дії електромагнітного імпульсу

Безпека роботи системи керування барабанної сушарки в умовах дії електромагнітного імпульсу характеризується коефіцієнтом безпечної роботи K_6 , який визначається за формулою:

$$K_6 = 20 \lg \frac{U_d}{U_{в(г)}} \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (6.2)$$

де U_d – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{в(г)}$ – напруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

$$U_d = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N \text{ [В]}, \quad (6.3)$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення ($U_{ж} = 30$ В);

N – допустимі коливання, 5%.

$$U_d = 30 + \frac{30}{100} \cdot 5 = 31,5 \text{ (В)}.$$

Визначимо напругу наведену у горизонтальних струмопровідних частинах:

$$U_1 = \frac{U_d}{10^2}, \text{ (В)}, \quad (6.4)$$

$$U_1 = \frac{31,5}{10^2} = 0,315 \text{ (В)}.$$

Визначимо вертикальну складову напруженості електричного поля:

$$E_{\text{вер}} = \frac{U_1}{l_1} \text{ (В / м)}, \quad (6.5)$$

де l_1 – довжина вертикальних струмоведучих частин ($l_1 = 2,13$ м).

$$E_{\text{вер}} = \frac{0,315}{2,13} = 0,148 \text{ (кВ / м)}.$$

Отже, система керування барабанної сушарки буде безпечно працювати при умові, що вертикальна складову напруженості електричного поля не буде перевищувати його граничне значення $E_{\text{вер}} = 148$ (В/м).

6.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи автоматизованої системи керування барабанної сушарки в умовах надзвичайних ситуацій

На безпеку роботи системи керування барабанної сушарки можуть впливати такі надзвичайні ситуації як повені, буревії, обледеніння. Для захисту системи від небезпечних чинників надзвичайних ситуацій необхідно проводити профілактичні ремонтні роботи по підвищенню надійності електронних блоків і сенсорів. Для підвищення безпеки роботи системи керування барабанної сушарки від дії вище наведених небезпечних чинників, потрібно дотримуватись правил техніки безпеки, а для зменшення ймовірності збоїв необхідно використовувати програмну та апаратну надлишковість.

Для боротьби з впливом іонізуючого опромінення використовують алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантанідами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багат шарові матеріали. Також для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати метод, що полягає в захисному покритті радіоелектронної апаратури, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання захисне покриття виконане у вигляді наноструктури, яка включає сукупність атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної металічної матриці, або утворює її захисний шар.

З попередніх розрахунків видно що система керування барабанної сушарки може поводити себе не стійко за умов ЕМІ, або під дією іонізуючого випромінювання. В такому випадку необхідно виконати заходи по підвищенню безпеки роботи системи, зокрема провести екранування усієї системи або окремих її блоків критичних до впливу ЕМІ.

Було встановлено, що система керування барабанної сушарки в умовах дії іонізуючих випромінювань буде безпечно працювати при рівні радіації, який не перевищує 3,85 Р/год. А в умовах дії електромагнітного імпульсу система керування барабанної сушарки буде надійно працювати, якщо вертикальна складова напруженості електричного поля не буде перевищувати його граничне значення $E_{\text{вер}}=148$ (В/м).

ВИСНОВКИ

Робота спрямована на підвищення енергетичної ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».

1. Здійснено загальну характеристику об'єкта проектування та режимів його роботи. Враховуючи особливості добрив сульфоамофосу для його сушіння вибрано сушарку барабанного типу, оскільки при її застосуванні унеможливується контакт обслуговуючого персоналу з агресивними та шкідливими випарами, які утворюються в процесі сушіння добрив.

2. Розраховано електропривод сушильного барабана. Зокрема, на основі результатів техніко-економічного обґрунтування визначено, найбільш економічно вигідним для привода сушильного барабана є використання системи ПЧ-АД. Вибрано силові елементи привода: приводний двигун типу АИР112М4 потужністю 5,5 кВт; перетворювач частоти типу ТАУ-С фірми Medel потужністю 7,5 кВт.

Розраховано параметри регуляторів САЕП сушильного барабана та перевірено коректність розрахунків шляхом моделювання в Matlab. Аналіз отриманих графіків перехідних процесів швидкості та моменту дозволяє стверджувати, що розрахунки є коректними.

3. Розроблено функціональну схему автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив, вибрано елементну базу та розроблено відповідну принципову електричну схему. Виконано монтаж розробленої системи та перевірено її роботу в реальних умовах використання.

4. Продуктивність лінії для сушіння добрив після модернізації становить близько 70 тон/добу. В базовому варіанті реалізації – продуктивність становила близько 6 тон/добу. Таким чином, завдяки використанні барабанної сушарки в сукупності з розробленою системою керування було забезпечено збільшення продуктивності лінії в більше як в десять раз.

5. Розраховано капітальні вкладення для побудови автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив, основну заробітну плату, витрати на електроенергію, витрати на планові ремонти та інші витрати. Оскільки, прибуток даної системи не розраховувався, то термін окупності неможливо розрахувати, тому зупиняємося на експлуатаційних витратах, які становлять 214251,86 грн/рік.

6. Визначено основні положення щодо безпечної експлуатації досліджуваного електротехнічного комплексу в умовах дії шкідливих чинників оточуючого середовища.

7. Запропоновано структуру пристрою контролю технічного стану мікроперемикачів сервопривода пальника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Agrovit Group. [Електронний ресурс]. [Електронний ресурс]. URL: <https://latifundist.com/kompanii/1117-agrovit-group>
2. Agrovit Group. Продукция [Електронний ресурс]. URL: <http://www.nanovitagro.eu/ru/products.html>
3. Сульфоаммофос. Застосування, властивості та норми внесення. [Електронний ресурс]. URL: <https://him-element.com.ua/uk/news/90>
4. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М. : Энергоиздат, 1981. – 576 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. АИР 112 М4 трехфазный электродвигатель 5,5 кВт 1500 об/мин. [Електронний ресурс]. URL: <https://systemax.ua/elektrodvigateli/trehfaznye-obshepromyshlennye-elektrodvigateli/air/air112m4--5-5-kvt-1500-ob-min-.html>
7. Преобразователь частоты ТАУ-С, Р=7.5 кВт. [Електронний ресурс]. URL: <https://prom.ua/p1366857352-tay-3c75-preobrazovatel.html>
8. ТОВ «ЕНЕРА ВІННИЦЯ». Тарифи для бізнесу. [Електронний ресурс]. URL: <https://vin.enera.ua/el/tariff>
9. Піцан Р.М. Збірник задач до курсу “Електропривод”. / Р.М. Піцан, В.Т. Бардачевський, Б.Г. Бойчук. – Львів : Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 1999. – 426 с.
10. 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.
11. Вибір перетворювача частоти. [Електронний ресурс]. URL: <https://visrozdil.lviv.ua/2021/02/18/vybir-chastotnogo-peretvoryuvacha-po-strumu-potuzhnosti-i-inshym-parametram/>

12. Medel TAY-C Series. User's Manual. [Електронний ресурс]. URL: <https://privodok.com.ua/medel-tay-3c7.5>
13. Радимов С. Н. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод / С. Н. Радимов. – Одесса : Изд-во ОНПУ, 2007. – 38 с.
14. Системы управления электроприводами / [Голубь А. П., Кузнецов Б. И., Опрышко И. А., Соляник В. П.]; под ред. В. П. Соляника. – К. : УМК ВО, 1992. – 376 с.
15. Моделювання електромеханічних систем : підручник / [Чорний О. П., Луговий А. В., Родькін Д. Й., Сисюк Г. Ю., Садовой О. В]. – Кременчук, 2001. – 410 с.
16. Riello RS100. Produkt manual. [Електронний ресурс]. URL: [https://www.rielloburners.co.uk/images/content/downloads/20144609-3%20\(5\).pdf](https://www.rielloburners.co.uk/images/content/downloads/20144609-3%20(5).pdf)
17. Температурний ПІД контролер TENSE. [Електронний ресурс]. URL: <https://principal.ua/ua/p20818081-temperaturnyj-pid-kontroller.html>
18. Датчик температуры на термосопротивлении Pt100 . [Електронний ресурс]. URL: <https://rezist.com.ua/relejnoe-oborudovanie/termo-rele--termoreguljator/pt100-datchik-temperaturi-0-400-%C2%B0c>
19. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Менеджмент та маркетинг в системах електроспоживання» / Уклад. Демов О. Д., Мельничук Л. М. – Вінниця : ВНТУ, 2002. – 58 с.
20. 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.
21. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.
22. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних

матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

23. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

24. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

25. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

26. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

27. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

28. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

29. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

30. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

31. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

Додаток А
(обов'язковий)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ

«20» вересня 2022р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ ДОБРИВ В
УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«АГРОВІТ»**

08-16.МКР.002.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц.

 Сергій БАБІЙ

«20» вересня 2022р.

Виконав: ст. гр. ЕПА-21м

 Олег ГЕРАСИМ'ЮК

«20» вересня 2022р.

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».

Скорочене найменування розробки – «Система керування технологічним процесом сушіння добрив».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

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

3 Призначення розробки і галузь використання

Система керування технологічним процесом сушіння добрив забезпечує керування барабанною сушаркою та її пальником, а також керування допоміжними механізмами, які забезпечують завантаження та розвантаження сушарки.

4 Вимоги до розробки

Система керування технологічним процесом сушіння добрив повинна забезпечувати підтримання температури в барабані сушарки на необхідному рівні, а також узгоджене керування механізмами сушильного відділення в автоматичному та ручному режимах роботи.

5 Комплектація розробки

Виріб складається з приводних двигунів механізмів сушильного відділення (сушильного барабана, витяжного вентилятора, норії завантаження, транспортера вивантаження), газового пальника та системи керування ними.

6 Джерела розробки

1. Сульфоамофос. Застосування, властивості та норми внесення. [Електронний ресурс]. URL: <https://him-element.com.ua/uk/news/90>
2. Riello RS100. Produkt manual. [Електронний ресурс]. URL: [https://www.rielloburners.co.uk/images/content/downloads/20144609-3%20\(5\).pdf](https://www.rielloburners.co.uk/images/content/downloads/20144609-3%20(5).pdf)

7 Технічні характеристики

Характеристики	Значення
Довжина барабана	6 м
Діаметр барабана	1,6 м
Діаметр бандаж барабана	2 м
Діаметр опорного ролика	0,3 м
Маса барабана з обладнанням	5,5 т
Корисний об'єм барабана	10 м ³
Номінальна швидкість обертання	8 об/хв
Кількість зубців зубчастого вінця барабана	132
Кількість зубців приводної шестерні	24
Передавальне число редуктора	31,5

8 Умови експлуатації

Система керування технологічним процесом сушіння добрив повинна забезпечувати надійну роботу в тривалому режимі роботи в умовах впливу факторів навколишнього середовища, підвищеної вологості та запиленості.

9 Елементна база

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

10 Конструктивне виконання

Система керування технологічним процесом сушіння добрив виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пило-вологозахищеному виконанні.

11 Показники технологічності

Система керування технологічним процесом сушіння добрив виконується на сучасній елементній базі, а її монтаж, заземлення, струмопровід повинен відповідати правилам влаштування електроустановок.

12 Технічне обслуговування і ремонт

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

13 Живлення електропривода

Живлення повинно бути виконано напругою 380 В від силової мережі підприємства.

14 Порядок контролю та прийняття

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

Додаток Б
(довідниковий)

РАХУНОК НА ОБЛАДНАННЯ



Даний Рахунок-фактура є письмовим Договором поставки, укладеним у спрощений спосіб відповідно до п.1 ст.181 ГКУ. Ціна товару узгоджена сторонами, відповідає рівню справедливих ринкових цін та вважається звичайною. Оплата цього рахунку означає погодження з умовами поставки товарів. Повідомлення про оплату є обов'язковим, в іншому випадку не гарантується наявність товарів на складі. Товар відпускається самовивозом, за наявності довіреності. Всі оплати за товар в першу чергу будуть зараховуватися в рахунок погашення існуючої поточної заборгованості Покупця, незважаючи на призначення платежу. Решта коштів буде зараховуватись як передплата за товар згідно даного рахунку.

Зразок заповнення платіжного доручення

Отримувач	Товариство з обмеженою відповідальністю "Вінницька кабельна компанія"		
Код	37424050		
Банк отримувача	КРЕДИТ рах. №		
ВІННИЦЬКА Ф.ПАТ КБПРИВАТБАНК,М.ВІННИЦЯ	UA933026890000026005055319829		

Рахунок на оплату № 963 від 03 червня 2022 р.

Постачальник: **Товариство з обмеженою відповідальністю "Вінницька кабельна компанія"**
п/р UA933026890000026005055319829 у банку ВІННИЦЬКА Ф.ПАТ КБПРИВАТБАНК,М.ВІННИЦЯ,
УКРАЇНА, Вінницька, Вінниця, Сергія Зулінського, дом № 30,
тел.: 0432507768, факс: 0432507768,
код за ЄДРПОУ 37424050, ІПН 374240502289, № свід. 100317075,
Є платником податку на загальних підставах

Покупець: **ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "АГРОВІТ ГРУП"**

Договір: ЗБУТУ

№	Артикул	Товари (роботи, послуги)	Кіл-сть	Од.	Ціна з ПДВ	Сума з ПДВ
1	69420	Реле напруги 3ф. Зубр	1	шт	1 018,22	1 018,22
2	570003	Рейка-Dip TH-35-7,5 100см	3	шт	56,60	169,79
3	10805вкк	Металоконструкція несуча 800x700x300 з МП IP 21	1	шт	3 982,40	3 982,40
4	СТ-В3100	Хомут нейлоновий 3*100 чорний (паков-100шт) APRO	2	паков	21,54	43,07
5	TNSy55000 94	Наконечник гільза E1508 1,5мм2 червоний	1	пак	24,09	24,09
6	TNSy55000 90	Наконечник гільза E1008 1мм2	1	пак	18,69	18,69
7	4999вкк	Наконечник луджений 16-8-6 под. зах. каб.	1	шт	36,38	36,38
8	4650вкк	Провід ПВЗ 0,75	0,07	км	4 574,29	320,20
9	4652вкк	Провід ПВ-3 0,75	0,015	км	4 574,67	68,62
10	704915	Провід ПВ-3 1,5	0,015	км	9 131,33	136,97
11	9106	Провід ПВЗ- 4,0	0,01	км	22 372,00	223,72
12	63066вкк	Провід ПВЗ 6,0 чорний	0,001	км	38 240,00	38,24
13	6903	Провід ПВЗ нгд 16,0	0,005	км	82 850,00	414,25
14	32627вкк	Провід ПВС 7x1,5 чорний	0,01	км	75 750,00	757,50
15	3976	Провід ПВС 3x0,75	0,05	км	17 484,80	874,24
16	1416ED(F5 0D)	Гофротруба (ЧОРНА) Ч320N F 1416E D (F50D) Конос	50	м	9,21	460,56
17	814176	Авт. вимикач NXB-63 3P C63 6kA	1	шт	239,13	239,13
18	814169	Авт.вимикач NXB-63 3P C10 6kA	1	шт	186,21	186,21
19	814013	Авт.вимикач NXB-63 1P C10 6kA	1	шт	62,30	62,30
20	814012	Авт. вимикач NXB-63 1P C6 6kA	1	шт	64,31	64,31
21	520468	Тримач запобіжника з індикацією NRT28-32X 1P 10x38 base (EU)	1	шт	78,04	78,04
22	520254	Запобіжник RT25-32 10A 10x 38 gG/gL	3	шт	9,04	27,13
23	495084	Автомат захисту двигуна NS2-25X 17-23A	1	шт	870,70	870,70
24	495184	Автомат захисту двигуна NS2-25X 4-6,3A	1	шт	870,70	870,70
25	495079	Автомат захисту двигуна NS2-25X 2,5-4A	2	шт	870,70	1 741,40
26	495968	Допоміжний контакт NS2-AE11	4	шт	77,04	308,16
27	836851	Контактор NXC-25 25A 220V/AC3 1NO+1N3 50Гц	1	шт	477,93	477,93
28	836712	Контактор NXC-18 220V 50Hz 1NO+1NC	3	шт	355,68	1 067,04
29	495968	Блок доп. контактів AX-3X/20 2NO фронтальний для NXC	2	шт	66,65	133,30
30	593012	Індикатор ND 16-22DS/4 AC230V Червоний	5	шт	44,55	222,76
31	593071	Індикатор ND16-22DS/4 зелений AC230V	1	шт	45,54	45,54
32	573894	Кнопка керування "Грибок" Ф40мм(2) із фіксацією NP2-BS542 без підсвітки червона1Н3 IP40	1	шт	84,40	84,40
33	667565	Кнопка подвійна NP8-11SD 1NO+1NC з індикацією Зелена-Червона	5	шт	275,63	1 378,15

34	573977	Перемикач NP2-BD21, 2 положення із фіксацією, 1НВ IP40	1	шт	72,34	72,34
35	A0140010085	Кнопка металева опукла, ТУ 16-231А Scr (гвинтове з'єднання) 1NO	1	шт	81,91	81,91
36	CWD2580G	Кабель канал перфорований 25x80	2	м	169,21	338,41
37	7186	Кабель канал перфорований 40x80	2	м	204,26	408,52
38	7183	Кабель канал перфорований 40x40	2	м	114,49	228,97
39	A0060120004	Наконечники трубчаті ТЕ 1,0-08 (100 шт.)	1	пак	91,14	91,14
40	A0150050007	Сальник PG 21	5	шт	20,86	104,30
41	A0150050005	Сальник PG 16	5	шт	13,77	68,85
42	YSA20-12-13-54-K41	Сальник PG 13.5 діаметр провідника 7-11 мм IP 54 IEK	5	шт	9,52	47,60
43	A0150170018	Розподільча коробка TY-RA 100*100*70 IP65	5	шт	113,97	569,86
44	4648058	Клема-перехідник FTBBSE	2	шт	268,64	537,28
45	229490	Потенціометр M22-R4K7 4.7кОм	1	шт	1 301,91	1 301,91
46	4770804	Лампа сигнальна LS LED 5 G 230 (5мм, 230V AC, зелена)	1	шт	59,25	59,25
47	2473005	Реле електромеханічне ERM2-230ACL 2р ETI	1	шт	186,73	186,73
48	2473013	Цоколь ERB2-M тип M (для ERM2)	1	шт	86,18	86,18
49	2473011	Реле електромеханічне ERM4-230ACL 4р ETI	5	шт	158,00	790,02
50	2473015	Цоколь ERB4-M тип M (для ERM4)	5	шт	114,91	574,56
51	3903233	Клема пружинна ESP-HMM.2/1+2 (2.5 мм2. сіра)	20	шт	23,34	466,83
52	3903189	Замикаюча кришка ESP-HMT.2/1+2/PT (для ESP-HMS.2)	2	шт	8,30	16,59
53	3903075	Фіксуючий кронштейн ES-BTO (8мм. чорний)	30	шт	12,23	366,79
54	3903151	Перемикач втична ESP-PTP/3/02/B (2P. для ESP-HMM.2. ESP2-HMD.2. синя ізоляція)	2	шт	17,96	35,91
55	3903152	Перемикач втична ESP-PTP/3/03/B (3P. для ESP-HMM.2. ESP2-HMD.2. синя ізоляція)	2	шт	23,34	46,68
56	3903207	Клемник ESC-QBLOK7202 (зелений. 10/16 мм2. 12 підключ.)	1	шт	107,73	107,73
57	1102405	Блок розподільчий EDBS-50B (150A, 16-70 мм2)	3	шт	105,93	317,80
58	1102420	Блок розподільчий EDBS-50B/N (150A, 16-70 мм2)	1	шт	105,93	105,93
59	1102421	Блок розподільчий EDBS-50B/PE (150A, 16-70 мм2)	1	шт	105,93	105,93
60	3903234	Клема пружинна ESP-HMM.4/1+2 (4 мм2. сіра. 1вх.+2вых.)	5	шт	32,32	161,59
61	3903236	Замикаюча кришка ESP-HMT.4/1+2/PT (для ESP-HMM.4/1+2)	1	шт	9,32	9,32
62	3903158	Перемикач втична ESP-PTP/5/03/B (3P. для ESP-HMM.4. синя ізоляція)	2	шт	28,73	57,46
63	109951	ВВUM 445 З'єднувальна шина для 4 автоматів захисту двигуна , крок 45мм	1	шт	402,13	402,13
64	DT-72Y	Реле контролю з індикацією (температура)	4	шт	2 087,53	8 350,12
65	VL-SN02	Датчик освітлення VIDEX VL-SN02 10A 220V фотометричний	4	шт	175,00	700,00

Всього: 33 242,78
У тому числі ПДВ: 5 540,46

Всього найменувань 65, на суму 33 242,78 грн.

Тридцять три тисячі двісті сорок дві гривні 78 копійок
У т.ч. ПДВ: П'ять тисяч п'ятсот сорок гривень 46 копійок

Виписав(ла): _____

Додаток В
(обов'язковий)

ІЛЮСТРИВНА ЧАСТИНА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ ДОБРІВ В
УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«АГРОВІТ»**

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ» за рахунок використання сучасної елементної бази з високими енергетичними показниками.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

1. Здійснити загальну характеристику об'єкта проектування та режимів його роботи.
2. Розрахувати привод сушильного барабана, вибрати елементи силового привода з врахуванням результатів техніко-економічного обґрунтування.
3. Розробити систему керування технологічним процесом сушіння добрив.
4. Перевірити правильність прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання та в реальних умовах експлуатації.
5. Провести економічні розрахунки.
6. Розробити ряд заходів з охорони праці та описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

Об'єкт дослідження – процес сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».

Предметом дослідження є автоматизована система керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».

Характеристики сушильного барабана



Зовнішній вигляд сушильного барабана



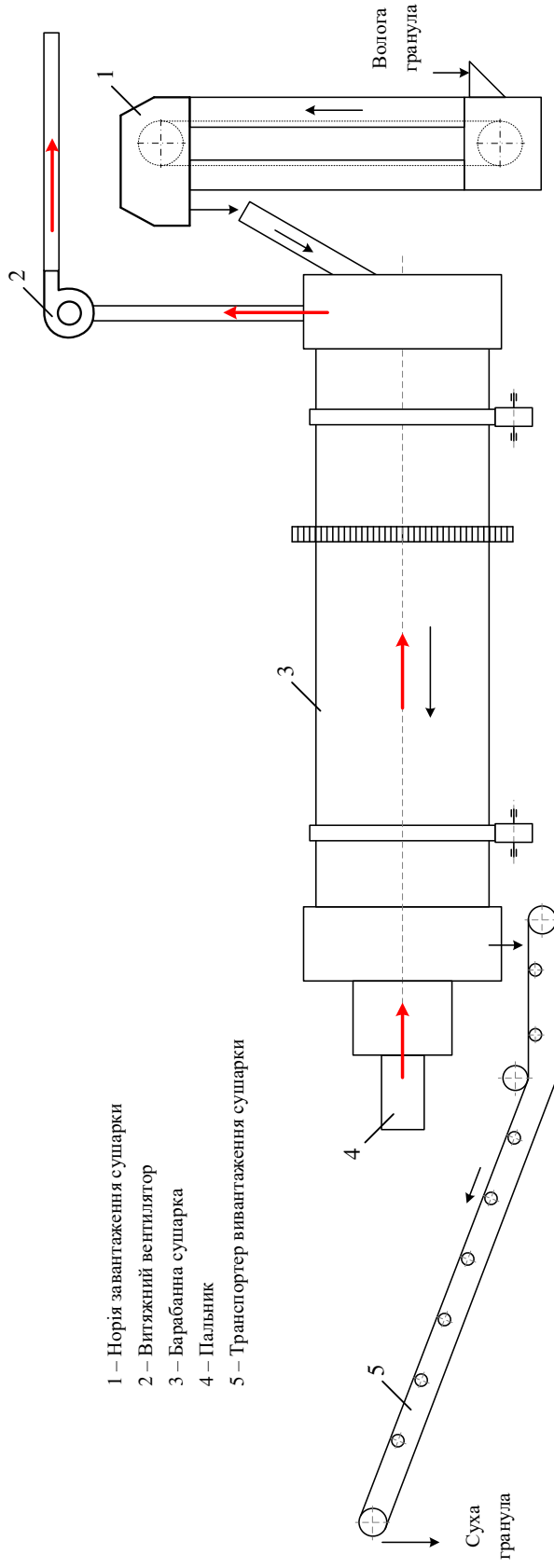
Вигляд з середини

Технічні характеристики сушильного барабана

Параметри	Значення
Довжина барабана	6 м
Діаметр барабана	1,6 м
Діаметр бандажа барабана	2 м
Діаметр опорного ролика	0,3 м
Маса барабана з обладнанням	5,5 т

Параметри	Значення
Корисний об'єм барабана	10 м ³
Номинальна швидкість обертання	8 об/хв
Кількість зубців зубчастого вінця барабана	132
Кількість зубців приводної шестерні	24
Передавальне число редуктора	31,5

08-16.МКР.002.00.000 Е1

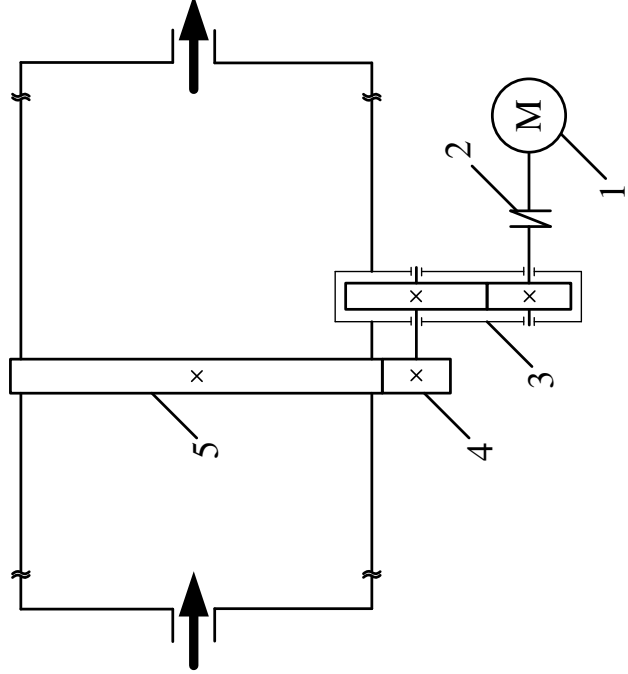


- 1 – Норія завантаження сушарки
- 2 – Витяжний вентилятор
- 3 – Барабанна сушарка
- 4 – Пальник
- 5 – Транспортёр вивантаження сушарки

Інв. № рпр.	Підпис і дата
Інв. № дубл.	Підпис і дата
Зак. інв. №	

08-16.МКР.002.00.000 Е1		Літ.	Маса	Масштаб
Ек.	№ докумен.	Підпис	Дата	
Розробив:	Гервельюк О.Р.			
Перевірив:	Бабій С.М.			
Т. копир.				
Норм.кон.	Павлюк О.А.			
Завірив:	Мошорез М.М.			
Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовних товариства з обмеженою відповідальністю «АГ РОБІТ».				Аркушів 1
Схема структури сушильного відділення				гр. ЕПА-2Ім

08-16.МКР.002.00.000 К1



- 1 – приводний двигун;
- 2 – муфта;
- 3 – механічна передача;
- 4 – приводна шестерня;
- 5 – зубчастий вінець

08-16.МКР.002.00.000 К1

Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».
Схема кінематична привода сушільного барабана

гр. ЕПА-21м

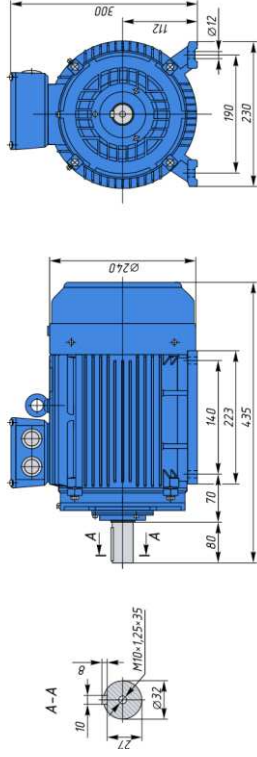
Інв. № оргт.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

Зм. Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Гераім'юк О.Р.					
Перевірив	Бабій С.М.					
Т. контр.						
Норм.кон.	Паянок О.А.			Аркулш	1	Аркулшів
Загверд.	Мошнорізі М.М.					1

Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода

Показники	Системи електричного привода		
	ШШ-ДПС	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	29515	29515	11806
Вартість системи керування СК, грн	15374,4	17296,2	19218
Капітальні вкладення К, грн	44889,4	46811,2	31024
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	7631,20	7957,90	5274,08
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	4488,94	4681,12	3102,40
Відрахування на ремонт C_R , грн/рік	897,79	936,22	620,48
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	43797,39	48050,75	39717,63
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	2459,21	2683,40	2172,03
Загальні відрахування С, грн/рік	51643,32	56351,50	45612,54
Приведені витрати З, грн/рік	59274,52	64309,40	50886,62

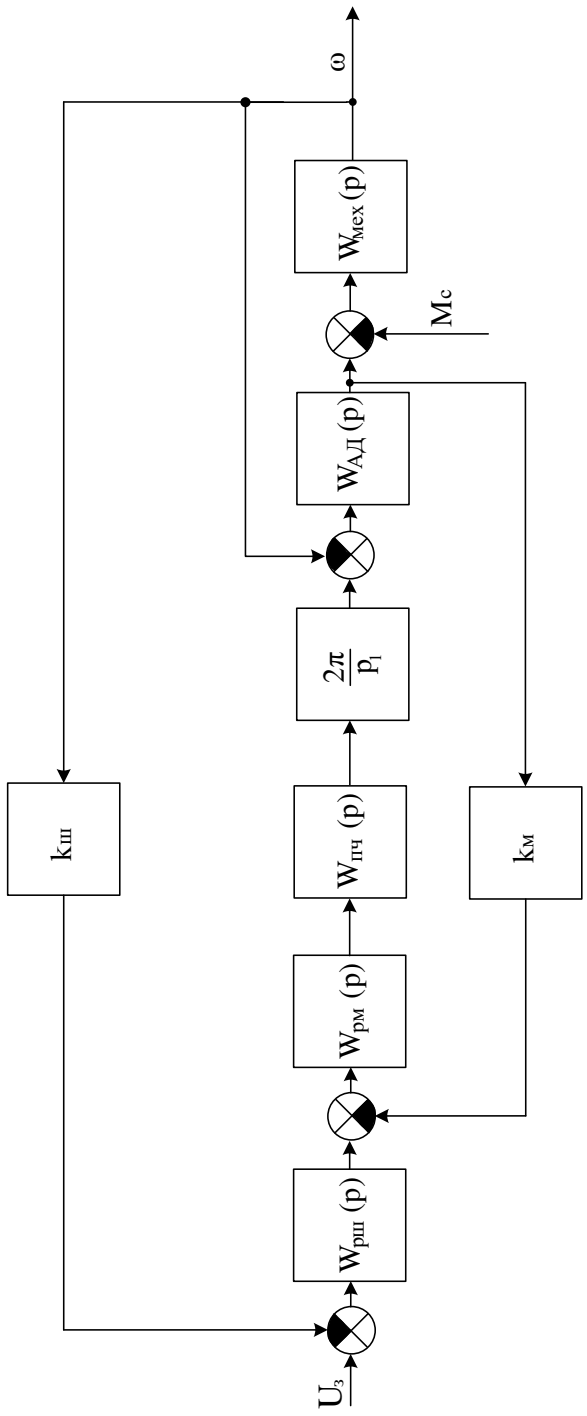
Вибір елементної бази електропривода сушильного барабана



Тип двигуна	АИР112М4
Номинальна потужність $P_{дв.н}$, кВт	5,5
Номинальна напруга $U_{дв.н}$, В	380
Номинальна швидкість обертання $n_{дв.н}$, об/хв	1446
Коефіцієнт потужності $\cos\phi_{ном}$	0,85
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н}$, %	85,5
Кратність пускового моменту $\lambda_{пуск}$	2,0
Кратність критичного моменту λ_k	2,2
Номинальний струм статора $I_{дв.н}$, А	11,47
Кратність пускового струму $\lambda_{д.пуск}$	7,0
Активний опір обмотки статора R_1 , Ом	1,23
Приведений активний опір обмотки ротора R'_2 , Ом	0,787
Індуктивний опір розсіювання обмотки статора $X_{1, Ом}$	1,5
Приведений індуктивний опір розсіювання обмотки ротора X'_2 , Ом	2,49
Момент інерції ротора $J_{ротг}$, кг·м ²	0,017
Монтажне виконання	IM1081

Характеристики	Значення
Бренд	Medel
Серія	TAY-C
sku	TAY-3C7.5BS
INPUT	3P / 380 VAC (-15%...+30%), 50/60 Гц (±5%), 20A
OUTPUT	3P / 380 VAC 0.1...320 Hz, 17A
Motor POWER	7,5 kW
Перевантажувальна здатність	150% протягом 60 с
Ступінь захисту	IP 20
Температура експлуатації	-10...+40°C
Скалярний режим керування	€
Векторний режим керування	€
Лінійний закон керування U / f	€
Число / тип аналогових входів	1 (0-10V або 0-20mA)
Число дискретних входів	6
Число / тип аналогових виходів	1 (0-10V або 0-20mA)
Число релейних виходів	1
Число дискретних виходів	1

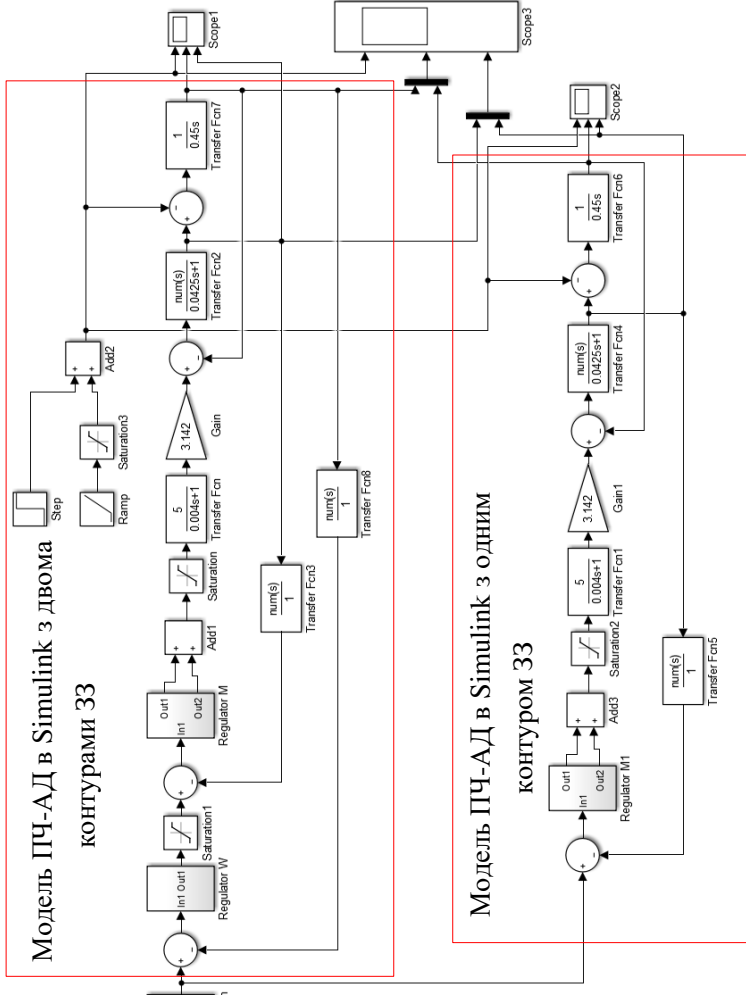
08-16.МКР.002.00.000 Е1



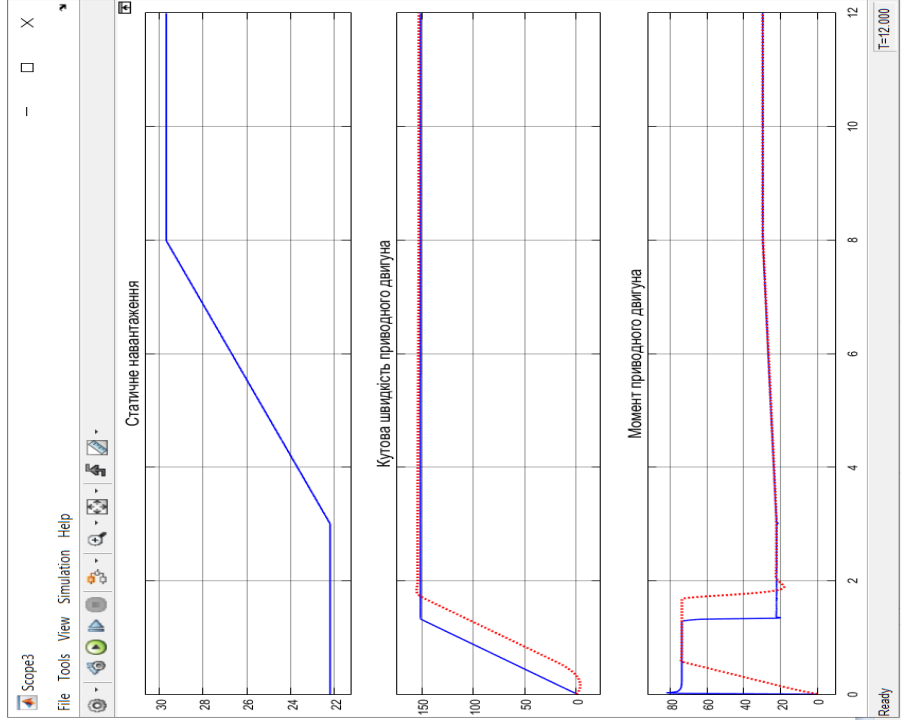
Інв. № ориг.	
Піппіс і дата	
Зам. інів. №	
Інів. № дубл.	
Піппіс і дата	

08-16.МКР.002.00.000 Е1		Літ.	Маса	Маштаб
Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».				
Схема структурна САЕП сушильного барабана		Аркулі 1	Аркулів 1	
		гр. ЕПА-21М		
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата
		Герасим'юк О.Р.		
		Бабій С.М.		
Норм.коп.	Паянок О.А.			
Затверд.	Мошноріє М.М.			

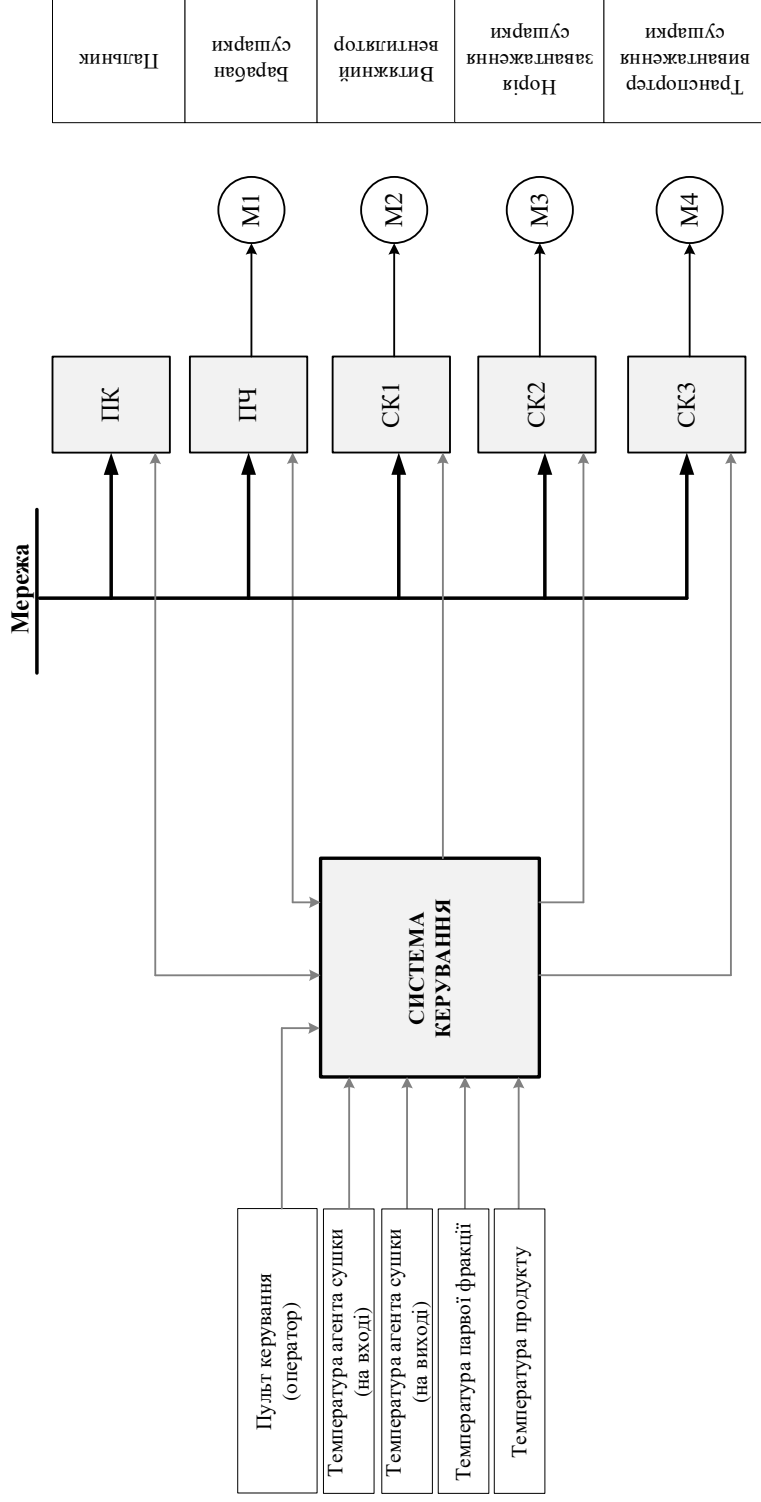
Моделювання САЕП сушильного барабана



Графіки перехідних процесів



08-16.МКР.002.00.000 Е2



08-16.МКР.002.00.000 Е2

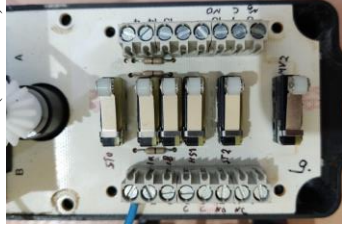
Зм.	Арк.	№ докумен.	Пішче	Дата	Маса	Масштаб
Розробив:	Гербейчук О.Р.					
Перевірив:	Бабій С.М.					
Т. копир.						
Норм.кон.	Павлюк О.А.					
Заверд.	Мошнергіз М.М.					
Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товарівства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».					Аркушів 1	
Схема функціональна системи керування технологічним процесом сушіння добрив.					Аркушів 1	
гр. ЕПА-21м						

Інв. № опр.	Пішче і дата
Інв. № дубл.	Пішче і дата
Зак. інв. №	

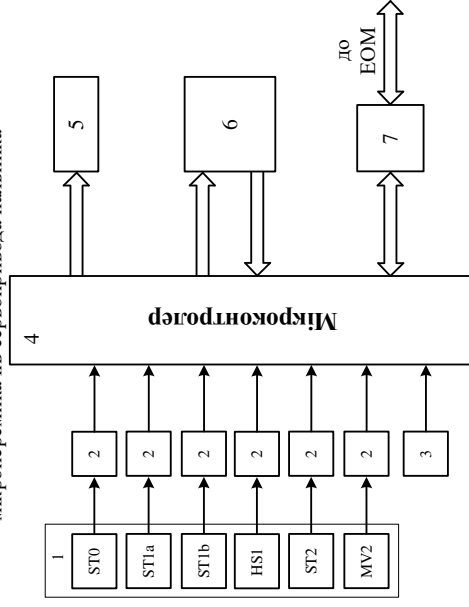
Характеристики пального сушарки



Сервопривод пального LKS 210-21 (B1-15 S2)



Структура пристрою контролю технічного стану мікроперемикачів сервопривода пального



База знань

№	Напрямок	Мікроперемикачі						Код (HEX)
		ST0	ST1a	ST1b	HS1	ST2	MV2	
1	1	1	0	0	1	0	1	65
2	1	1	1	0	1	1	0	76
3	1	1	1	1	0	0	1	79
4	1	1	1	1	1	0	1	7D
5	1	1	1	1	0	1	1	7B
6	0	1	1	1	0	1	1	3B
7	0	1	1	1	1	0	1	3D
8	0	1	1	1	0	0	1	39
9	0	1	1	0	1	1	0	36
10	0	1	0	0	1	0	1	25

Параметри	Значення
Модель	RS100
Тип	822 T1
Артикул	3785300
Потужність	1-ша ступінь
	2-га ступінь
Температура навколишнього середовища	232 кВт (698-1163) кВт (0...40)°C
Приводний двигун вентилятора пального:	
- потужність	1,5 кВт
- оберти	2830 об/хв
- напруга живлення	230 / 400 В
- номінальний струм	6,4 / 3,7 А
- ступінь захисту	IP44
Сервопривод:	
- тип	LKS 210-21 (B1-15 S2)
- напруга живлення	200...240 В, 50/60 Гц
- час відкриття	15 с / 90 градусів
- момент	3 Н*м
Автомат горіння	RMG88.62A2 GAS

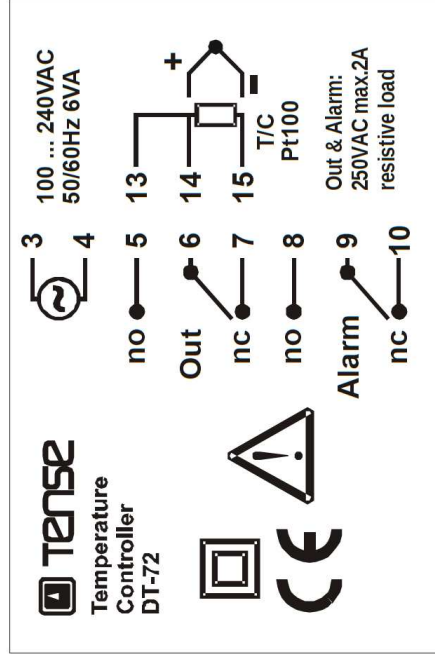
Вибір температурних контролерів



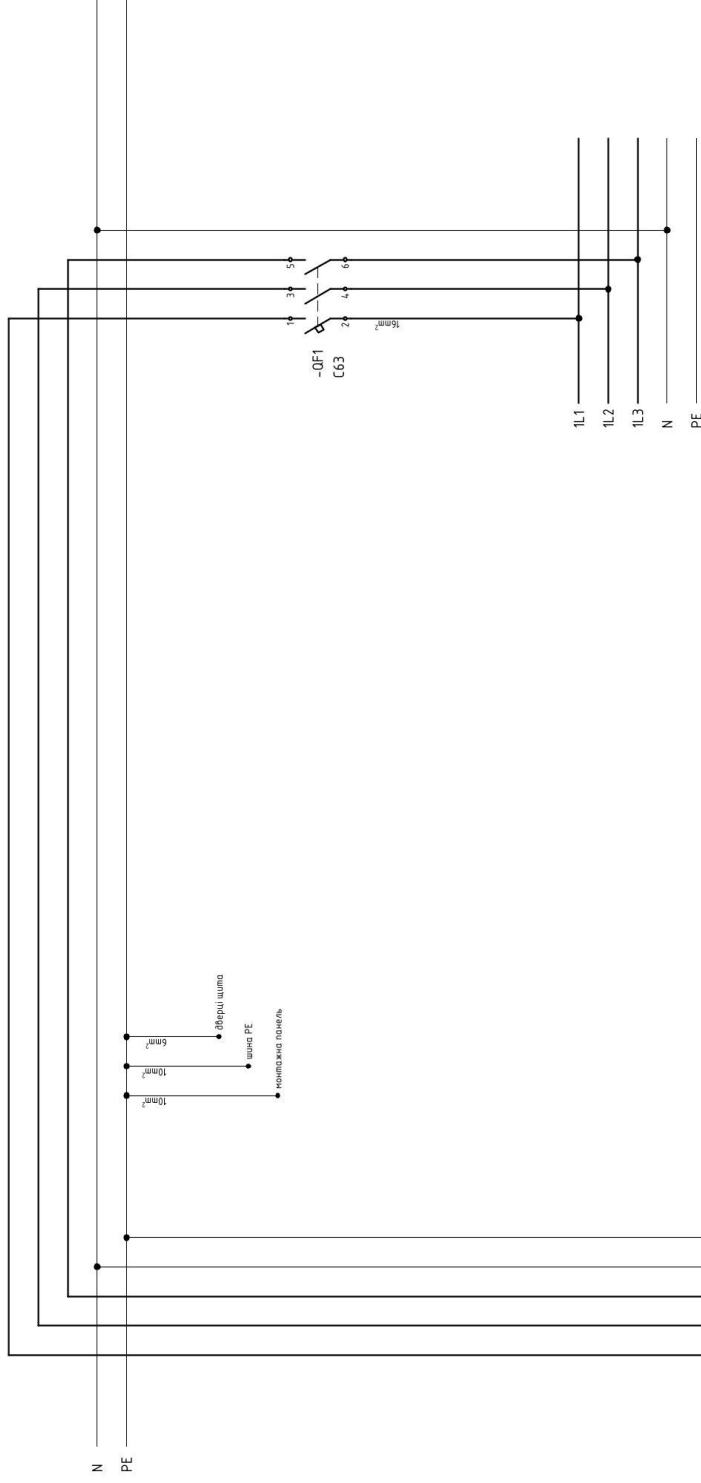
Технічні характеристики TENSE DT-72

Параметри	Значення
Тип термодатчика	J, K, T, S, R type T/C, Pt100
Шкала вимірювань	-100 .. 600°C, J тип T/C, (Inprt=J) -100 .. 1300°C, K тип T/C, (Inprt=k) -100 .. 400°C, T тип T/C, (Inprt=t) 0 .. 1750°C, S тип T/C, (Inprt=S) 0 .. 1750°C, R тип T/C, (Inprt=r) -100 .. 600°C, Pt100, (Inprt=Pt) -99.9 .. 600.0°C, Pt100, (Inprt=Pt.0)
Крок вимірювання	± 1°C or ± 0.1°C
Точність	± 0.3 %
Форма контролю	П, ПД, ПД, ПД, ON-OFF
Вихід OUT, ALARM	Релейний (NO + NC), 250VAC, 2A, резистивне навантаження
Heat гістерезис	0 .. 50 / 0.0 .. 5.0°C (H.Hys)
Alarm гістерезис	1 .. 50 / 0.1 .. 5.0°C (A.Hys)
Зміщення	-100..+100°C / -10.0 .. +10.0 (oFFS)
Температура середовища	навоколишнього 0...+50°C
Живлення	230VAC +10%, -20% 50 – 60Гц
Споживана потужність	< 8Вт

Зовнішній вигляд температурного контролера TENSE DT-72



08-16.МКР.002.00.000.ЕЗ



08-16.МКР.002.00.000.ЕЗ

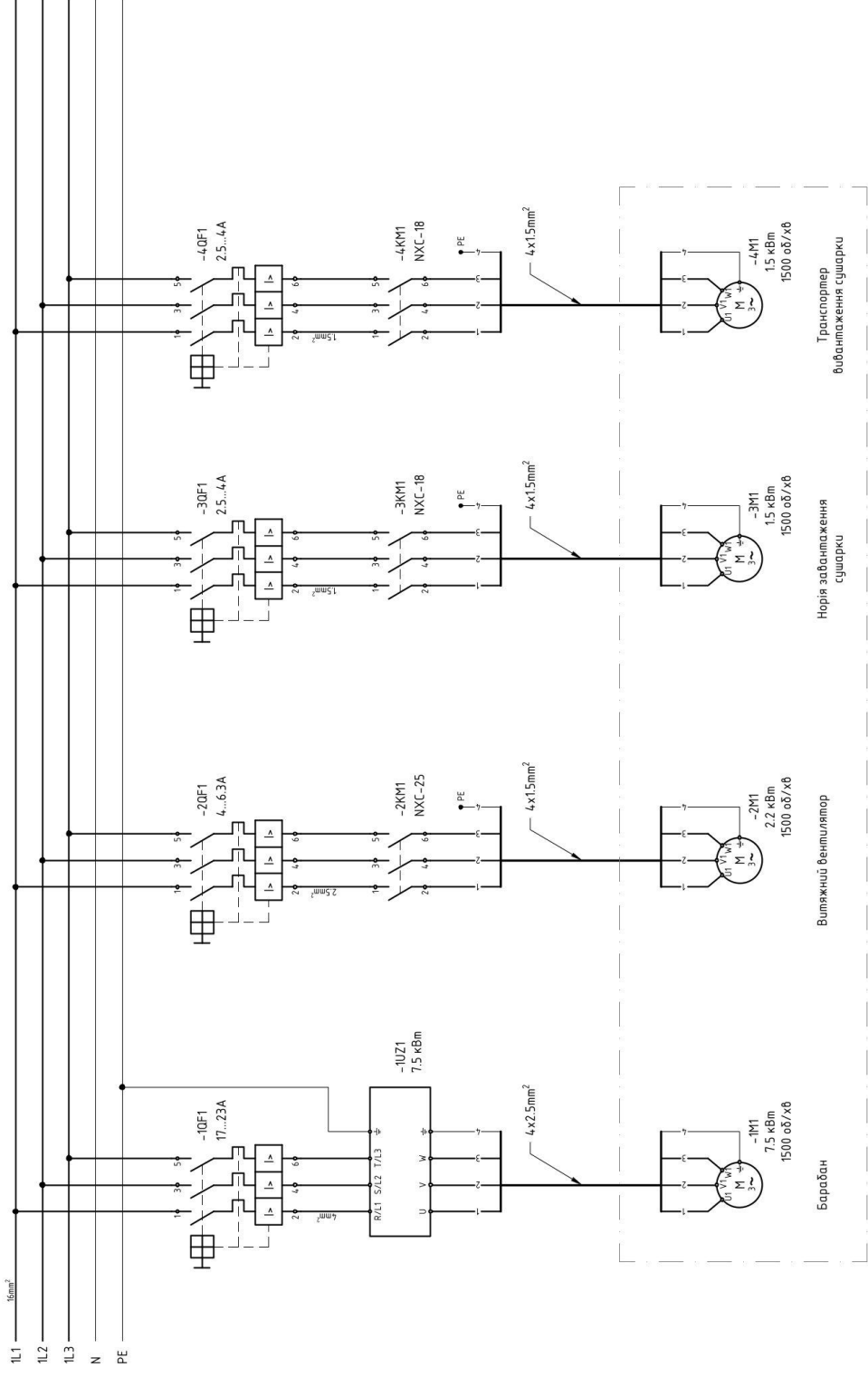
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Герасим'юк О.					
Перевірив		Бабій С.М.					
Т. контр.					Арк.циф. 1		Арк.циф. 9
Н. контр.		Павлюк О.А.			зр. ЕПА-21и		
Затвердив		Мошнорз М.М.					

Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння вощів в умовах підприємства з обмеженою відбудовальністю АГРОВОТ

Схема електричної принципи системи керування технологічним процесом сушіння вощів

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

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ

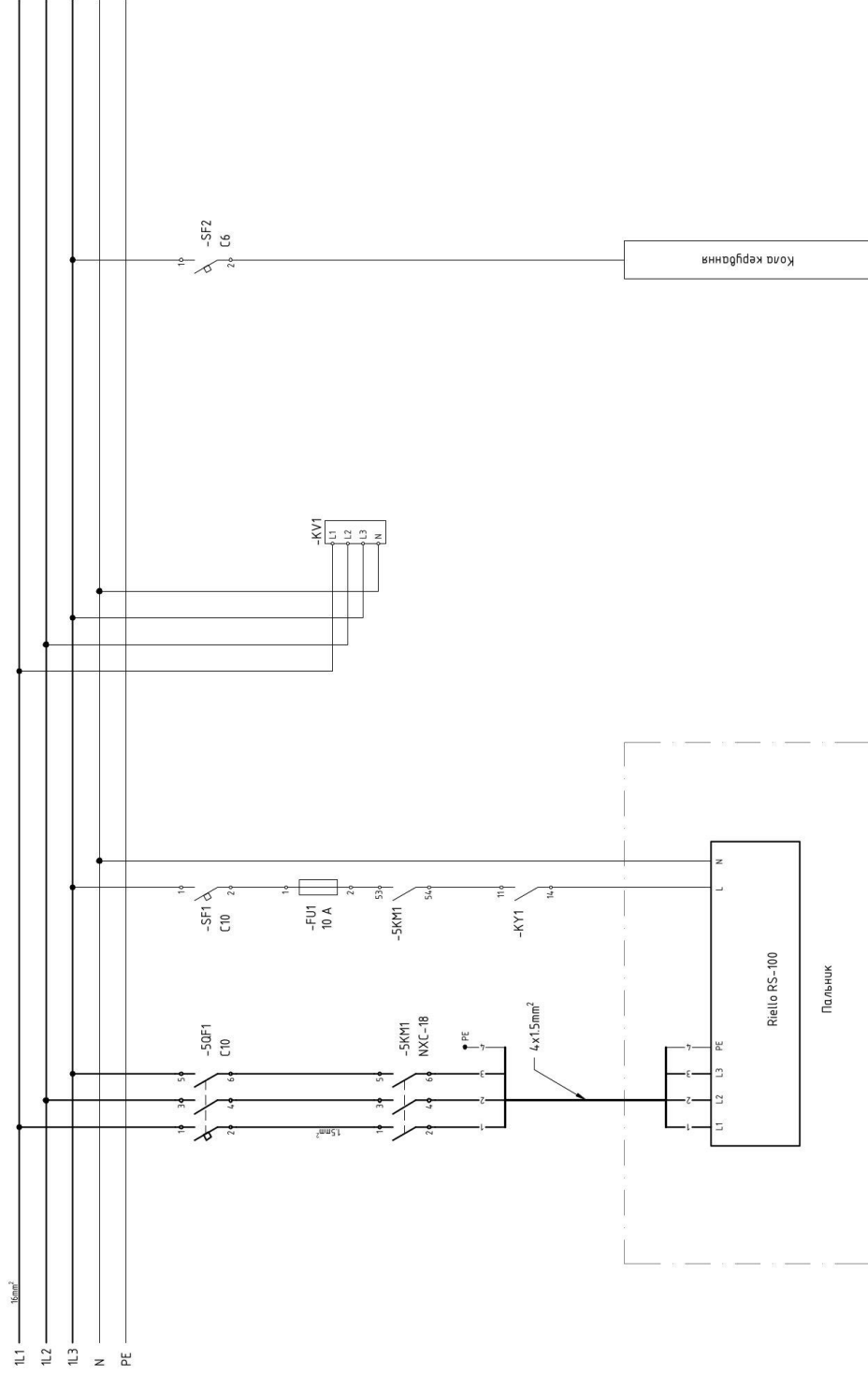


Інв. № опус.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № ауд.	Підпис і дата
--------------	---------------	-------------	-------------	---------------

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ

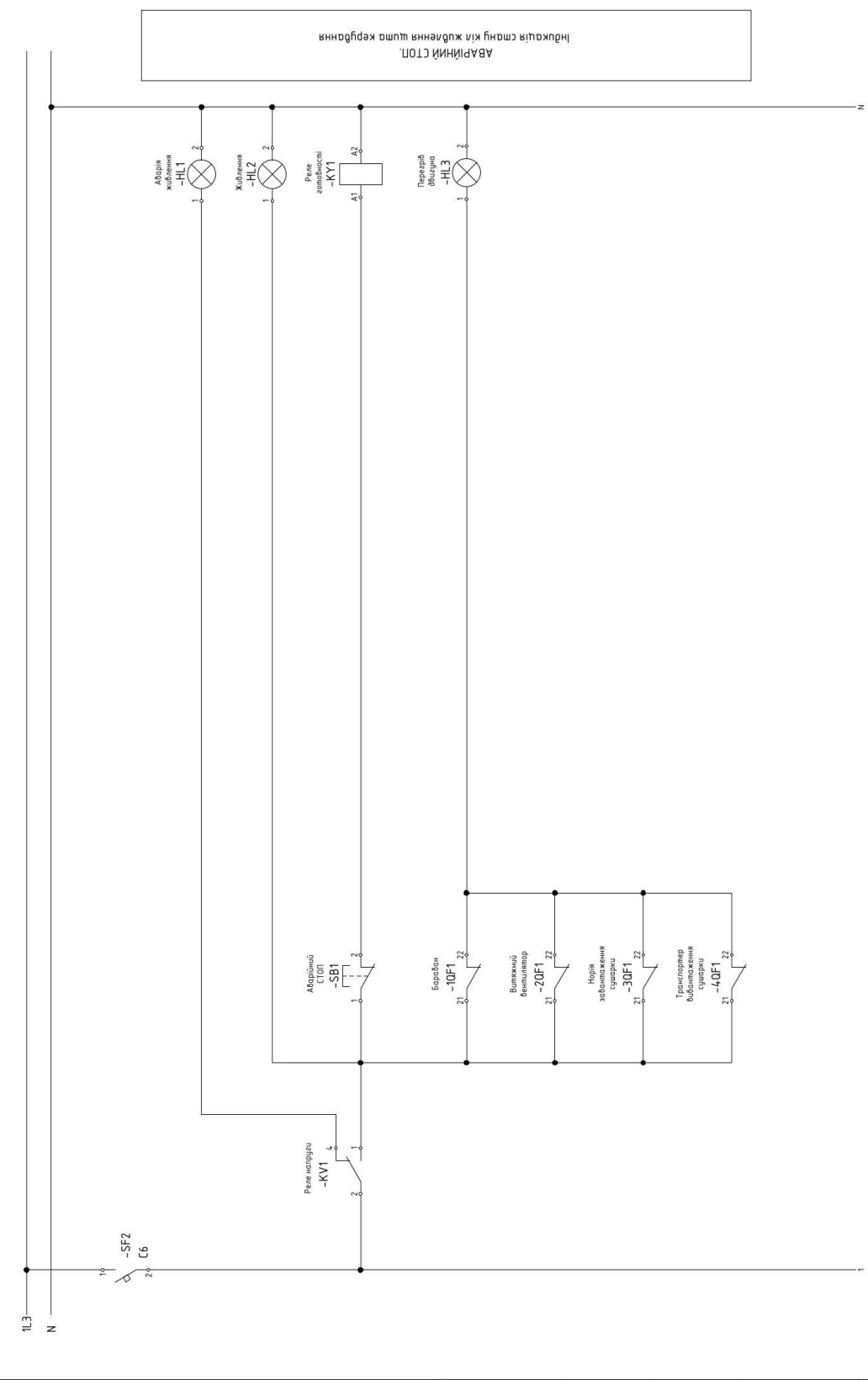


Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ

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

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ



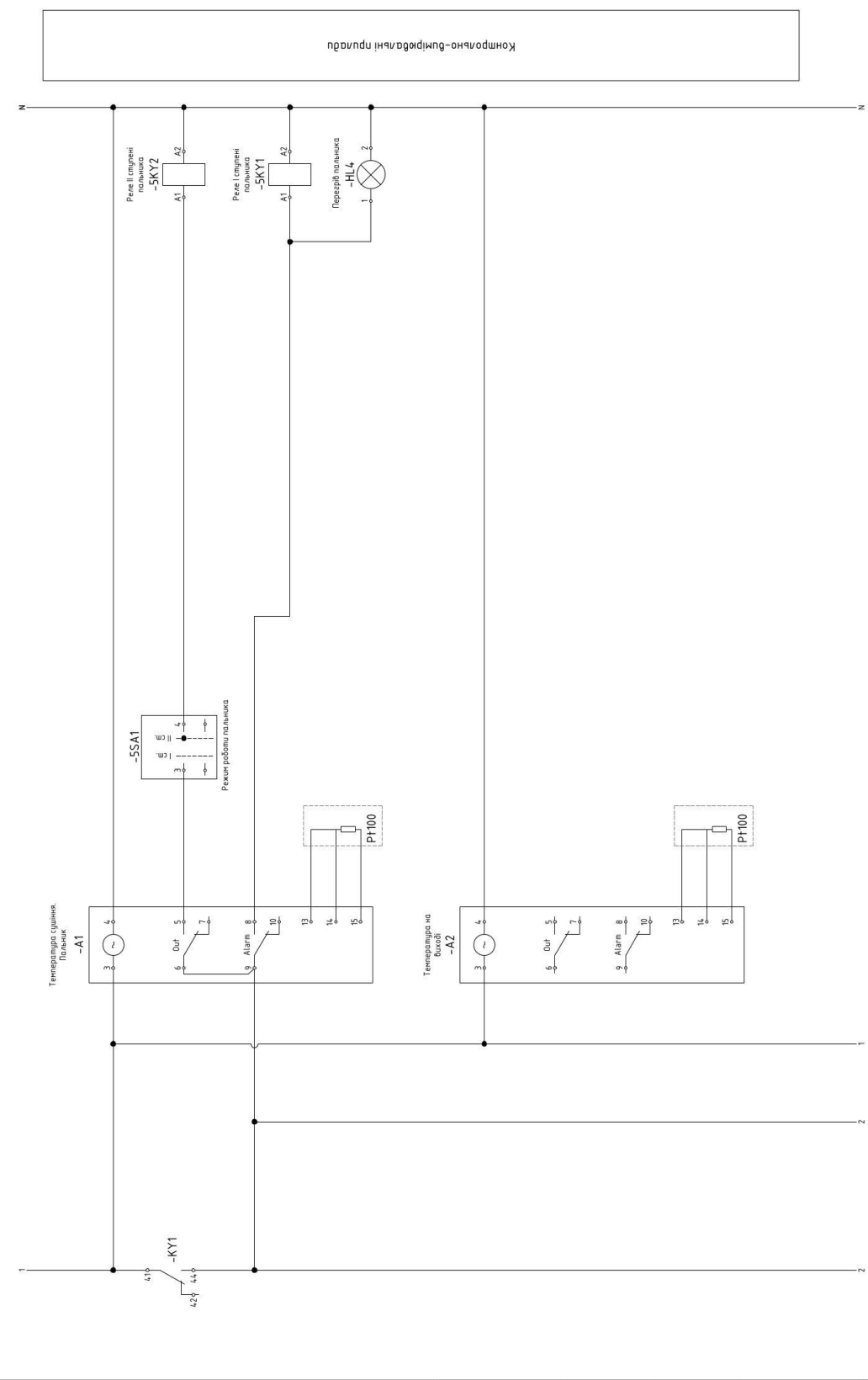
АВАРИЙНИЙ СТОП.
Індикація стану кінця живлення шта керування

Інв. № опуз.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № д/вд.	Підпис і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ

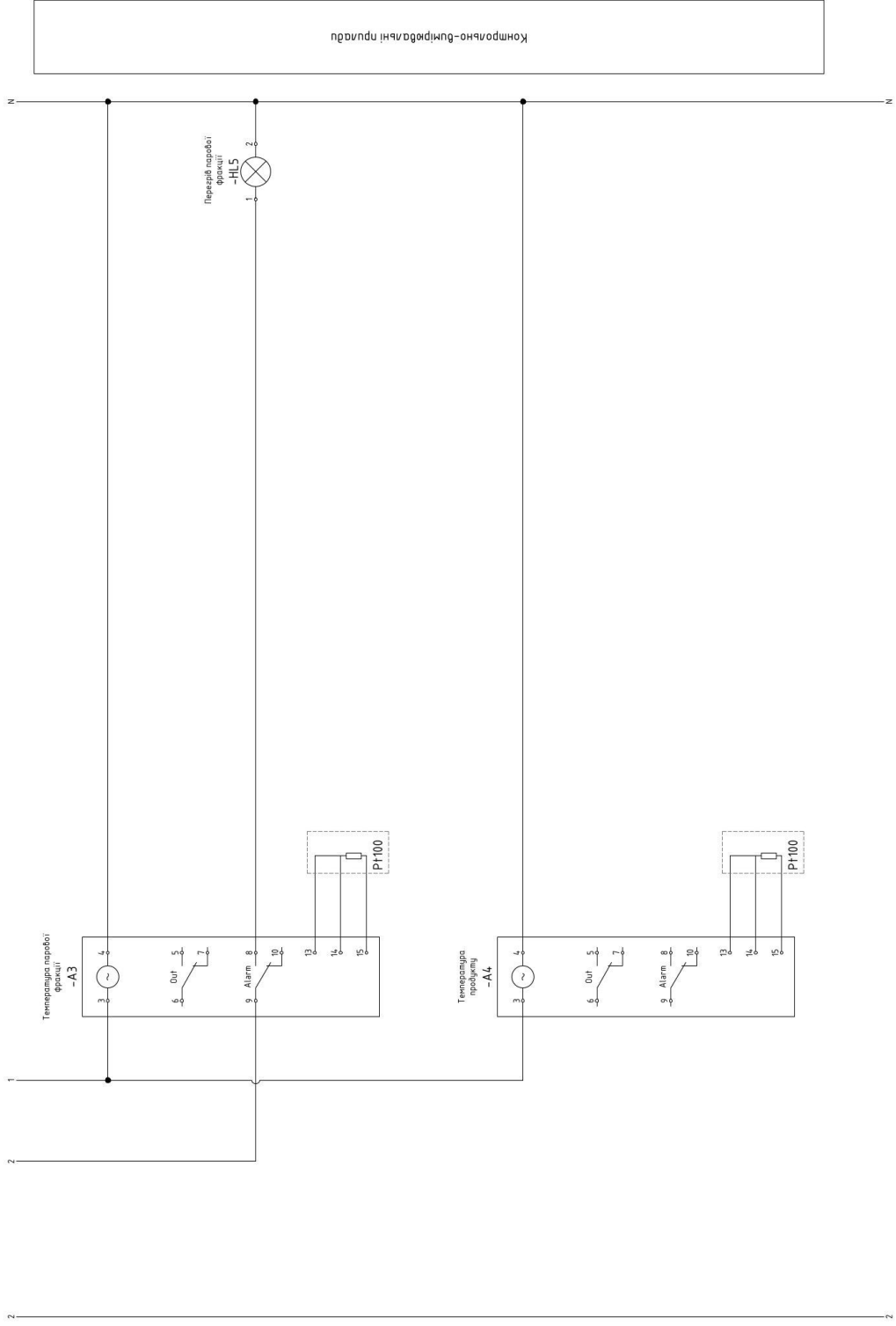
08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ



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

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ				Лист
				5

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ



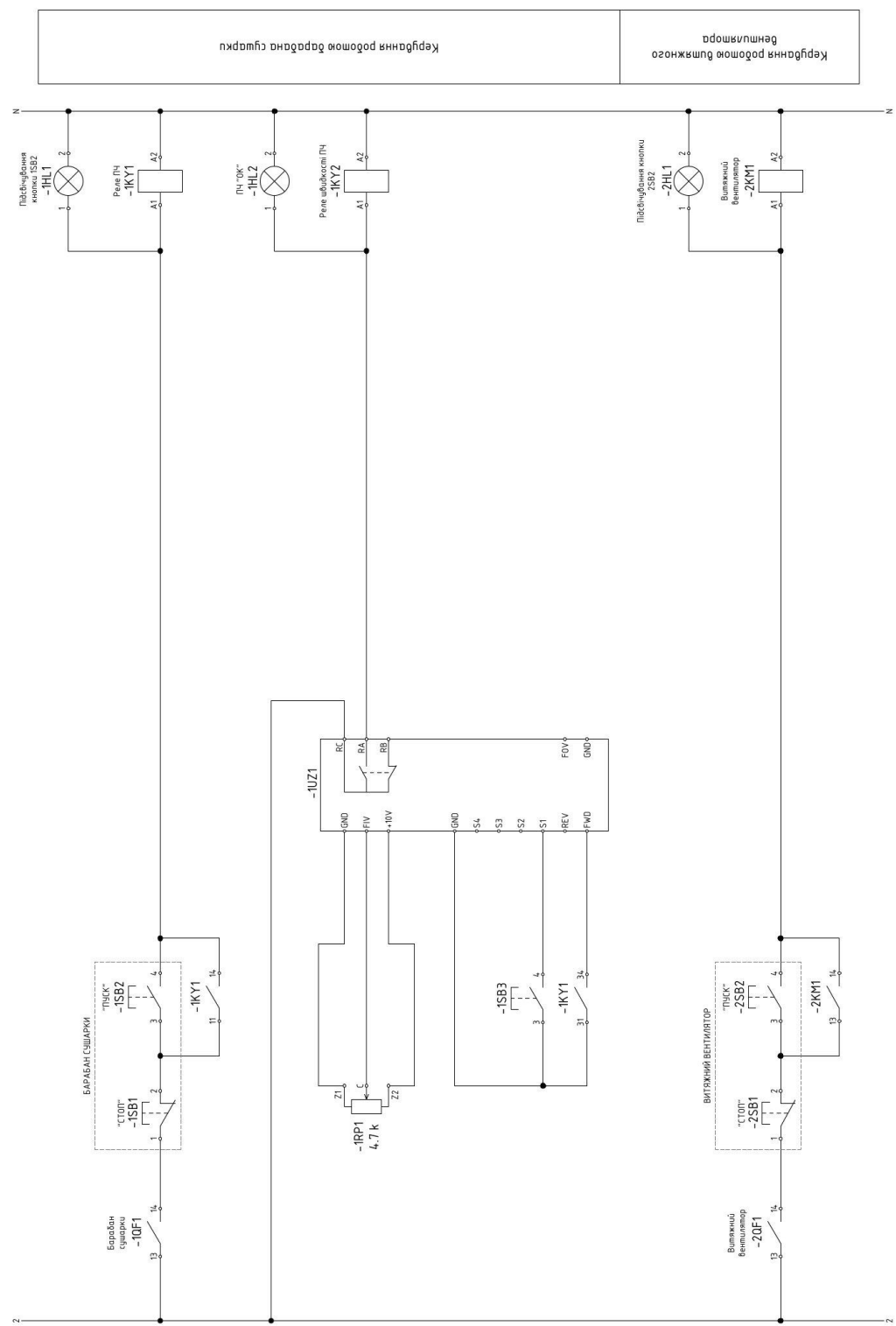
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ

Лист 6

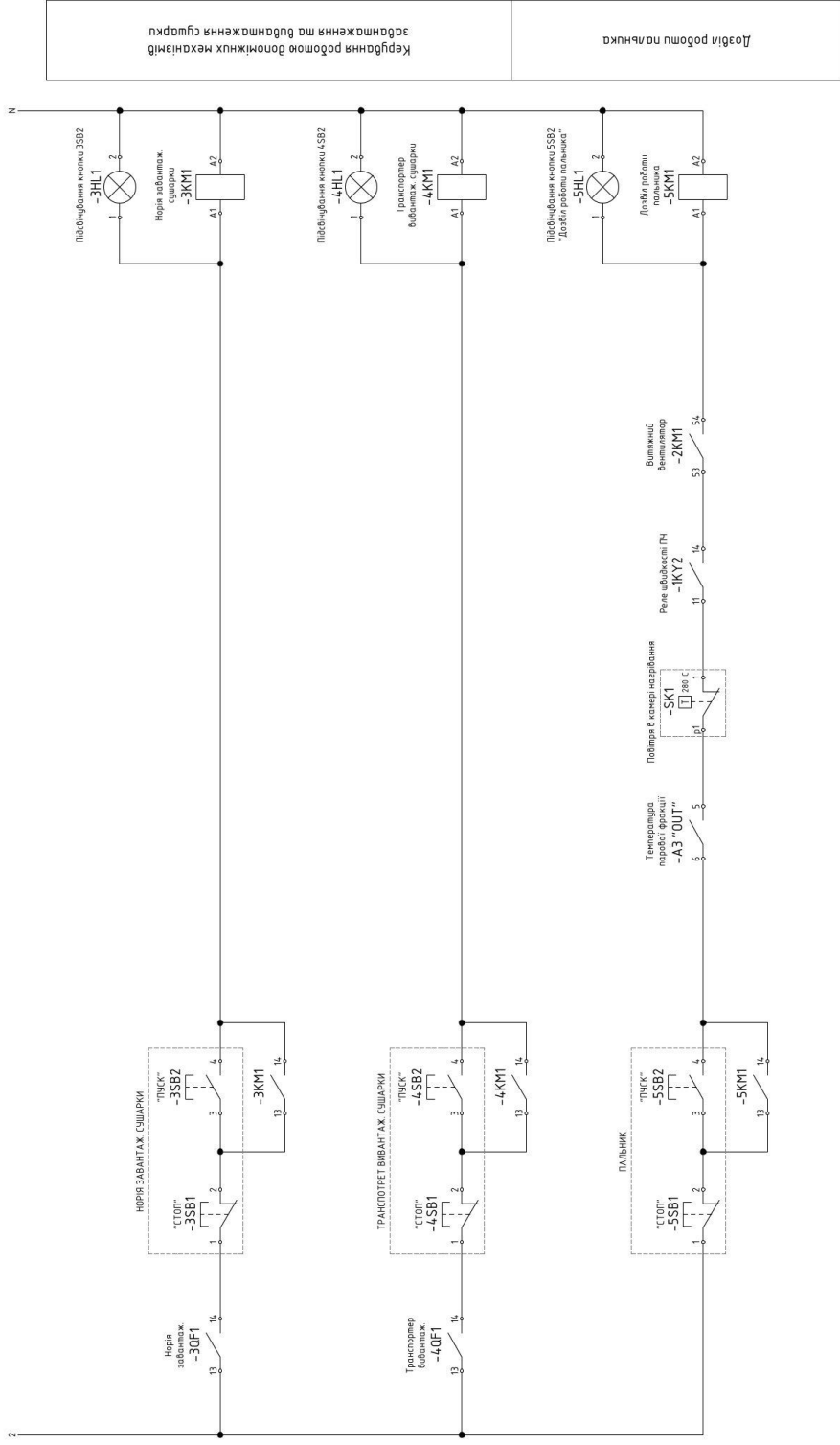
Інв. № опус.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

08-16.МКР.002.00.000.ЕЗ



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

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
08-16.МКР.002.00.000.ЕЗ				
				Лист
				7



Інв. № опус.

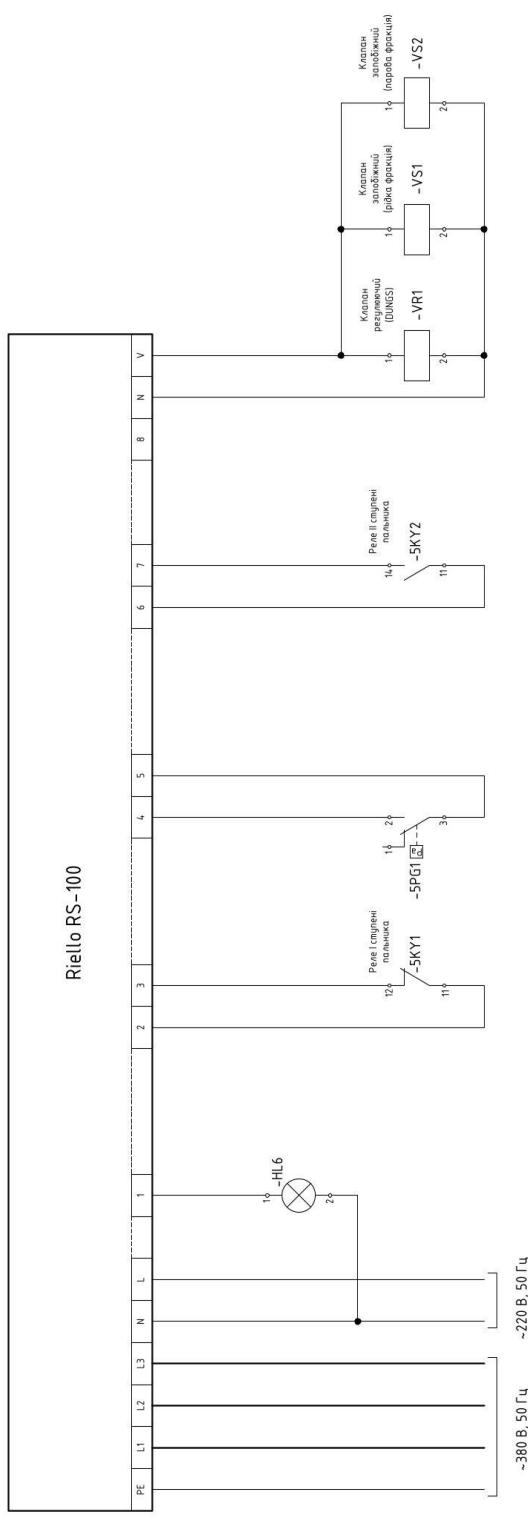
Зам. Інв. №

Інв. № дубл.

Підпис і дата

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.MKP.002.00.000.E3



Кола живлення пальника	Блок живлення пальника	Граничний керуючий пристрій TL (вимикає пальник, коли температура досягає встановленого максимального значення)	Пресостат для контролю мінімального тиску газу	Регулюючий керуючий пристрій TR (перемикає ступінь роботи пальника)	Газові клапани
------------------------	------------------------	---	--	---	----------------

№В. №opus. Підпис і дата.

Зам. №В. № Підпис і дата.

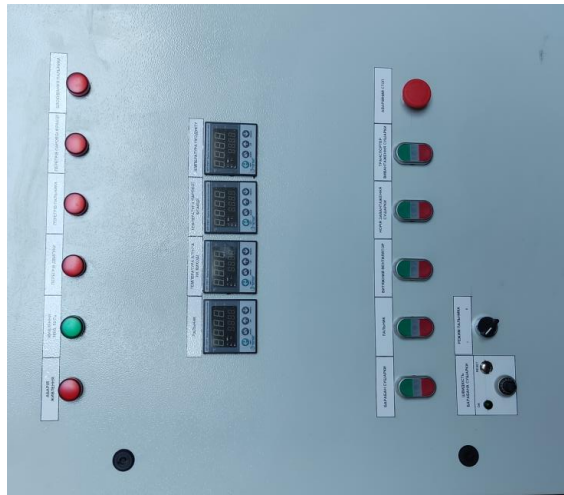
№В. № d/d. Підпис і дата.

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

08-16.MKP.002.00.000.E3

Лист 9

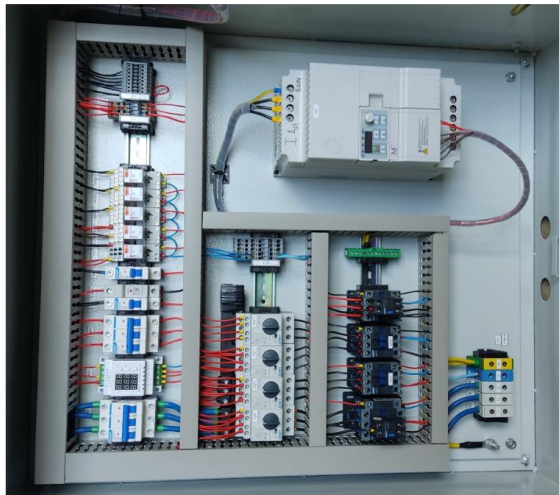
Практична реалізація



Літійова панель пилта керування



Щит керування та Барабанна сушарка в реальних умовах експлуатації



Компоновка щита керування

ВИСНОВКИ

1. Здійснено загальну характеристику об'єкта проектування та режимів його роботи. Враховуючи особливості добрих сульфамофосу для його сушіння вибрано сушарку барабанного типу, оскільки при її застосуванні унеможлиблюється контакт обслуговуючого персоналу з агресивними та шкідливими випарами, які утворюються в процесі сушіння добрив.
2. Розраховано електропривод сушильного барабана. Зокрема, на основі результатів техніко-економічного обґрунтування визначено, найбільш економічно вигідним для привода сушильного барабана є використання системи ПЧ-АД. Вибрано силові елементи привода: приводний двигун типу АИР112М4 потужністю 5,5 кВт; перетворювач частоти типу ТАУ-С фірми Medel потужністю 7,5 кВт.
Розраховано параметри регуляторів САЕП сушильного барабана та перевірено коректність розрахунків шляхом моделювання в Matlab. Аналіз отриманих графіків перехідних процесів швидкості та моменту дозволяє стверджувати, що розрахунки є коректними.
3. Розроблено функціональну схему автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив, вибрано елементну базу та розроблено відповідну принципову електричну схему. Виконано монтаж розробленої системи та перевірено її роботу в реальних умовах використання.
4. Продуктивність лінії для сушіння добрив після модернізації становить близько 70 тон/добу. В базовому варіанті реалізації – продуктивність становила близько 6 тон/добу. Таким чином, завдяки використанні барабанної сушарки в сукупності з розробленою системою керування було забезпечено збільшення продуктивності лінії в більше як в десять раз.
5. Розраховано капітальні вкладення для побудови автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив, основну заробітну плату, витрати на електроенергію, витрати на планові ремонти та інші витрати. Оскільки, прибуток даної системи не розраховувався, то термін окупності неможливо розрахувати, тому зупиняємося на експлуатаційних витратах, які становлять 214251,86 грн/рік.
6. Визначено основні положення щодо безпечної експлуатації досліджуваного електротехнічного комплексу в умовах дії шкідливих чинників оточуючого середовища.
7. Запропоновано структуру пристрою контролю технічного стану мікроперемикачів сервопривода пальника.

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Мета та задачі дослідження	Літ.			Маса	Масштаб	
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22							
Перевірив		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22							
Т. контр.		<i>Скоженя</i>	<i>[Signature]</i>	19.12.22							
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22							
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	30.11.22							
						Аркуш	1	Аркушів	1		
						гр. ЕПА-21м					

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Характеристики сушильного барабана	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Перевірів		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Т. контр.		<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	19.11.22		Аркуш 1		Аркушів 1
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22		гр. ЕПА-21м		
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	30.11.22				

08-16.МКР.002.00.000 Е1

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Схема структурна сушильного відділення	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.		15.11.22				
Перевірив		Бабій С.М.		15.11.22				
Т. контр.								
<i>Опублікував</i>		<i>Радченко О.І.</i>		19.12.22		Аркуш 1		Аркушів 1
Норм.кон.		Паянок О.А.		30.11.22	гр. ЕПА-21м			
Затверд.		Мошноріз М.М.		30.11.22				

08-16.МКР.002.00.000 К1

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Схема кінематична привода сушильного барабана	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Перевірив		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Т. контр.		<i>Слюсар</i>	<i>[Signature]</i>	19.12.22				
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22				
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	30.11.22				

Аркуш 1	Аркушів 1
---------	-----------

гр. ЕПА-21м

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.		15.11.22				
Перевірив:		Бабій С.М.		15.11.22				
Т. контр.		<i>Дивосвіт</i> Бабенко О.В.		19.12.22		Аркуш 1		Аркушів 1
Норм.кон.		Паянок О.А.		30.11.22		гр. ЕПА-21м		
Загверд.		Мошноріз М.М.		30.11.22				

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Вибір елементної бази електропривода сушильного барабана	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Перевірів:		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Т. контр.		<i>Дюкелет</i> <i>Набенко О.В.</i>	<i>[Signature]</i>	19.12.22		Аркуш 1		Аркушів 1
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22		гр. ЕПА-21м		
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	30.11.22				

08-16.МКР.002.00.000 Е1

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22		Схема структурна САЕП сушильного барабана	Аркуш 1	
Перевірив		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Т. контр.								
<i>Опонець</i>		<i>Бабенко Д.В.</i>	<i>[Signature]</i>	19.12.22				
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22				
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	30.11.22				

гр. ЕПА-21м

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ», Моделювання САЕП сушильного барабана	Літ.		Маса	Масштаб	
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22						
Перевірив		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22						
Т. контр.		<i>Шокеєв</i>	<i>[Signature]</i>	19.12.22		Аркуш	1	Аркушів	1	
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22		гр. ЕПА-21м				
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	30.11.22						

08-16.МКР.002.00.000 Е2

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22		Схема функціональна системи керування технологічним процесом сушіння добрив		
Перевірив:		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22	Аркуш 1			Аркушів 1
Т. контр.								
<i>Схемист</i>		<i>Бабенков Д.В.</i>	<i>[Signature]</i>	19.12.22				
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22				
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	30.11.22				гр. ЕПА-21м

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Характеристики пальника сушарки	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Перевірив		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Т. контр.								
<i>Опекунт</i>		<i>Бабенко О.В.</i>	<i>[Signature]</i>	19.12.22		Аркуш 1		Аркушів 1
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22	гр. ЕПА-21м			
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	31.11.22				

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ», Вибір температурних контролерів	Літ.	Маса	М	
Розробив:		Герасим'юк О.Р.		15.11.22					
Перевірив		Бабій С.М.		15.11.22					
Т. контр.		<i>Смокало</i> <i>Вадим О.В.</i>		19.12.22					
Норм.кон.		Паянок О.А.		30.11.22					
Затверд.		Мошноріз М.М.		30.11.22					

Аркуш 1 | Аркушів

гр. ЕПА-21м

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ».	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасимчук О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22		Схема електрична принципова системи керування технологічним процесом сушіння добрив		
Перевірив:		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22	Аркуш 1			Аркушів 9
Т. контр.		<i>Олександр Боденко С.В.</i>	<i>[Signature]</i>	19.12.22				
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	20.11.22				гр. ЕПА-21м
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	20.11.22				

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Практична реалізація	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Перевірив		Бабій С.М.	<i>[Signature]</i>	15.11.22				
Т. контр.								
Опонець		Бабченко О.В.	<i>[Signature]</i>	19.12.22		Аркуш 1		Аркушів 1
Норм.кон.		Паянок О.А.	<i>[Signature]</i>	30.11.22	гр. ЕПА-21м			
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	10.11.22				

08-16.МКР.002.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «АГРОВІТ». Висновки	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Герасим'юк О.Р.		15.11.22				
Перевірів		Бабій С.М.		15.11.22				
Т. контр.								
Опозект		Бабенко О.В.		19.12.22		Аркуш 1		Аркушів 1
Норм.кон.		Паянок О.А.		30.11.22	гр. ЕПА-21м			
Затверд.		Мошноріз М.М.		30.11.22				

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння добрив в умовах ТОВ "АГРОВІТ"

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕПА-21м

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

Показники звіту подібності Unischek

Оригінальність	93,9%
Схожість	6,1%


Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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

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

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

Особа, відповідальна за перевірку



(підпис)

Паянок О.А.
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи



(підпис)

Герасим'юк О.Р.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Бабій С.М.
(прізвище, ініціали)