МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

# «ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОРМОЦЕХУ ІЗ РОЗРОБЛЕННЯМ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДОЗУВАННЯ СИПУЧИХ РЕЧОВИН»

Виконав: студентка IV курсу
групи Ен – 42сп спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
( шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Курило І. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Дробот І. М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ Сиротюк С. В.
(прізвище та ініціали)

**ДУБЛЯНИ 2025**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____
(підпис)
*к.т.н., доцент Левонюк В. Р.*
( вч. звання, прізвище, ініціали)
“____” _____2025 року

**З А В Д А Н Н Я**
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**
*Курило Іван Олегович*
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема «*Електропостачання кормоцеху із розробленням системи автоматизованого дозування сипучих речовин*»
керівник роботи *старший викладач Дробот І. М.*
( наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)
затверджені наказом Львівського НАУ *123/к-с від 25.02.2025 року.*
2. Строк подання студентом роботи *13.06.25 р.*
3. Вихідні дані
*технічна документація, науково-технічна і довідкова література*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
*Вступ*
*РОЗДІЛ 1 Характеристика об’єкту*
*РОЗДІЛ 2 Електрозабезпечення кормоцеху*
*РОЗДІЛ 3 Система автоматизованого дозування сипучих речовин*
*РОЗДІЛ 4 Охорона праці*
*РОЗДІЛ 5 Ефективність прийнятих рішень*
*Висновки*
*Перелік джерел посилання*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)
*Графічний матеріал подається у вигляді презентації*

6. Консультанти розділів

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | | Відмітка про виконання |
|---|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв | |
| 4 | *Городецький І. М., к.т.н., доцент* | | | |

7. Дата видачі завдання_____*25.02.25 р.*_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | *Виконання аналізу вихідних даних для проектування та здійснення обґрунтування актуальності кваліфікаційної роботи* | *25.02.2025 – 15.03.2025* | |
| 2 | *Розрахунок електрозабезпечення кормоцеху* | *16.03.2025 – 16.04.2025* | |
| 3 | *Розроблення системи автоматизованого дозування сипучих речовин* | *17.04.2025 – 12.05.2025* | |
| 4 | *Виконання питань охорони праці* | *13.05.2025 – 25.05.2025* | |
| 5 | *Розрахунок ефективності прийнятих рішень* | *26.05.2025 – 2.06.2025* | |
| 6 | *Завершення роботи в цілому* | *3.06.2025 – 13.06.2025* | |

Студент _____ *Курило І. О.*
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ *Дробот І. М.*
( підпис ) (прізвище та ініціали)

УДК 631.3-52:621.31 (075.3)

Курило І. О. «Електропостачання кормоцеху із розробленням системи автоматизованого дозування сипучих речовин». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З.Гжицького. 2025 р. 53 с. текстової частини, 6 таблиць, 13 рисунків, 17 джерел.

Мета роботи: здійснити електропостачання кормоцеху та розробити систему автоматизованого дозування сипучих речовин.

Завдання роботи: дати коротку характеристику ТзОВ Самбірська птахофабрика, обґрунтування теми роботи, здійснити електропостачання кормоцеху, проаналізувати способи побудови та особливості роботи кормоподрібнювальних установок, запропонувати систему автоматизованого дозування сипучих речовин, розглянути питання охорони праці, розрахувати термін окупності.

У кваліфікаційній роботі дано коротку характеристику ТзОВ Самбірська птахофабрика та обґрунтовано тему кваліфікаційної роботи; проведено розрахунок електропостачання цеху, а саме, розрахунок та вибір електродвигуні, комутаційно-захисного обладнання та кабельно-провідникової продукції; проаналізовано особливості роботи і побудови кормоподрібнювальних механізмів, способів їх завантаження та дозування сипучих речовин; запропоновано схему автоматизації сипучих речовин із використанням ємнісних давачів рівня та мотор-редуктора для регулювання продуктивності; вибрано необхідні елементи схеми: ємнісні давачі рівня та реле часу; проаналізовано питання охорони праці; визначено термін окупності запропонованої схеми автоматизованого дозування сипучих речовин.

Ключові слова: кормоцех, електрифікація, двигун, комутаційно-захисне обладнання, кормоподрібнення, дозування, ємнісний давач, реле часу, схема керування.

# ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ 9
1.1 Загальна характеристика 9
1.2 Обґрунтування теми роботи 12
РОЗДІЛ 2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОРМОЦЕХУ 14
2.1 Вибір силового обладнання та електричних двигунів 14
2.2 Вибір пуско-захисного обладнання та розподільних пристроїв 17
2.3 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання 19
РОЗДІЛ 3 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ДОЗУВАННЯ СИПУЧИХ РЕЧОВИН 21
3.1 Способи завантаження дробарок 21
3.2 Аналіз типів дозаторів 25
3.3 Огляд технологічних схем дробарок 26
3.4 Способи регулювання завантаження дробарок 30
3.5 Електропривод і автоматизація дробарок 31
3.6 Схема автоматичного дозування сипучих матеріалів 34
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ 42
4.1 Структурно-функціональний аналіз виробничого процесу електрозабезпечення об'єкта 42
4.2 Обгрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу 43
4.2.1 Інструкція з охорони праці для працівників енергетичної служби при проведенні робіт в господарстві 43
4.2.2. Протипожежні заходи 45
4.2.3. Розрахунок штучного заземлення 45

4.3. Захист цивільного населення 47
РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ 49
ВИСНОВКИ 51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 52

# ВСТУП

З утворенням незалежної Української держави та переходом від командно-адміністративних методів управління економікою постала гостра необхідність адаптації сільського господарства до ринкових умов. Це могло бути досягнуто лише через масштабні економічні перетворення та проведення всеосяжної аграрної реформи. Основними напрямами цієї реформи, яка стартувала на початку 90-х років, стали земельна реформа, трансформація колективних сільськогосподарських підприємств, створення інфраструктури аграрного ринку, а також системи економічного регулювання сільськогосподарського виробництва, адаптованих до ринкових умов. Реалізація цих заходів відбувається в умовах тривалої економічної кризи та гострих політичних протистоянь, що значно ускладнили й затягнули процес проведення реформи. Початок третього тисячоліття характеризується швидким розвитком технологій і техніки у виробництві продукції рослинництва. Провідні компанії розвинених країн створюють і продовжують удосконалювати сільськогосподарську техніку й обладнання, використовуючи сучасні комп'ютерні технології проектування. Це дає змогу оптимізувати параметри компонентів, деталей і вузлів, досягаючи високих якісних показників продукції з дотриманням суворих агротехнічних і екологічних вимог при водночас високій надійності та екологічній безпеці.

Більшість сільськогосподарських машин створюється в конструкторських бюро заводів сільськогосподарського машинобудування із застосуванням найсучасніших наукових досягнень, розроблених у науково-дослідних установах та закладах вищої освіти. Виведення на серійне виробництво вітчизняних сільськогосподарських машин і агрегатів має забезпечити технікою аграрний сектор України на 90–92%. Однак через низку об'єктивних і суб'єктивних причин процес освоєння серійного виробництва нової техніки відстає від запланованих темпів. Як результат, на українських полях, окрім вітчизняної, використовується й зарубіжна техніка. У сучасних умовах розвитку ринкової економіки та формування нових

виробничих відносин у сільському господарстві України, де особливо гостро відчувається брак багатьох видів виробничих ресурсів і зростає екологічна напруженість, важливим є визначення пріоритетів технічної політики. Ці пріоритети мають сприяти створенню системної взаємодії між технікою, технологіями та довкіллям, мінімізації негативних наслідків використання машинних технологій і впровадженню ресурсозберігаючих, екологічно безпечних механізованих процесів. Як підтверджує досвід розвинених країн та практика України останнього десятиліття, стрімкий розвиток аграрного виробництва збігається з активізацією наукових пошуків, технічним прогресом, оптимізацією ресурсного забезпечення і запровадженням переробних процесів безпосередньо на місцях вирощування сировини. Найкращі досягнення в українському сільському господарстві стали результатом розробки та впровадження інтенсивних технологій разом із їх комплексним матеріально-технічним забезпеченням. Одним із доказів цього стало ухвалення у 1992 році Національної програми створення системи машин для сільського господарства, що передбачала розробку техніки для вирощування і переробки зернових, технічних культур і продукції тваринництва.

Промисловість України виробляє значну кількість машин і технічного обладнання для переробних підприємств, зайнятих обробкою рослинної та тваринної сировини. Серед них представлені такі широко використовувані засоби, як млини, крупорушки, дробарки, комбікормові агрегати, комплекти обладнання для переробки олійних культур тощо. Це сприяє зростанню частки продукції цих підприємств у загальному обсязі виробництва агропромислового комплексу країни.

# РОЗДІЛ 1

# ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

## 1.1 Загальна характеристика

Юридична адреса ТзОВ Самбірська птахофабрика: Львівська область, місто Самбір, вулиця Середня, 295а. Виробничі потужності підприємства розташовані за адресами: місто Самбір, вулиця Середня, 295а; село Новосілки-Гостинні, вулиця Залізнична, будинок 3; село Бережниця, вулиця Вишнева, 2.

Основним напрямом діяльності підприємства є утримання курей та постачання курячого м'яса на ринки Львівської, Закарпатської та Івано-Франківської областей. З березня 2008 року підприємство самостійно виготовляє комбікорм для годівлі птиці, здійснює забій птиці та реалізацію м'яса і субпродуктів, що дозволило суттєво збільшити кількість працівників.

Наразі підприємство налічує 172 висококваліфікованих співробітників. Серед них: юрист, бухгалтери, головний ветеринарний лікар державної ветмедицини, головний технолог, головний інженер, енергетик, а також працівники забійного цеху, кормоцеху та інші спеціалісти, які обслуговують виробничий процес зі згодовування птиці. На підприємстві впроваджено систему преміювання, збільшення заробітної плати залежно від обсягів виробництва та надано можливості професійного розвитку для працівників. Для співробітників, які працюють у шкідливих умовах, передбачені грошові компенсації, що нараховуються відповідно до чинного законодавства України.

Сфера птахівництва в Україні отримує державну підтримку через запровадження спеціальних податкових режимів, таких як оподаткування податком на додану вартість та фіксований сільськогосподарський податок. Також передбачаються доплати сільськогосподарським підприємствам за реалізацію кондиційних бройлерів на забій, часткове фінансування селекційних програм у галузі, фінансова підтримка за рахунок здешевлення коротко- та довгострокових кре-

дитів. Держава компенсує 30% вартості складної вітчизняної сільськогосподарської техніки, кліткового обладнання та сприяє їх придбанню на умовах фінансового лізингу.

Розвиток продуктивних сил та поглиблення поділу праці спричинили виокремлення низки самостійних організаційно-економічних секторів у сільському господарстві, серед яких птахівництво займає провідну роль. Головними відмінностями цієї галузі є невелика потреба у великих територіях для розміщення виробничих потужностей, висока швидкість біологічної скоростиглості птиці, а також ефективний відтворювальний цикл. Це має ключове значення для ритмічного постачання поживної, свіжої та висококалорійної продукції до великих міст, промислових центрів і курортних зон з високою щільністю населення.

У птахівництві широко використовуються технологічні підходи утримання птиці на основі сухого монокорму, що сприяє впровадженню механізованих та автоматизованих безвідходних технологій в інтегрованих аграрних структурах. Серед основних матеріальних витрат на виробництво продукції ключове місце займає закупівля якісної сировини для виготовлення комбікорму. До інших витрат відносяться придбання медикаментів для вакцинації курчат, закупівля необхідної сировини для технологічного забезпечення процесу вирощування птиці, а також паливно-мастильні матеріали, без яких не обходиться доставка комбікорму та транспортування птиці на забій.

На сьогодні птахофабрика отримує високі відгуки про свою продукцію не лише в нашому регіоні, але й далеко за межами Львівської області. Підприємство пропонує продукцію за доступними цінами, що сприяє стабільному збільшенню обсягів продажів. Основними споживачами готової продукції є приватні підприємці регіону та великі супермаркети Львівської, Закарпатської та Івано-Франківської областей, серед яких можна виділити ТзОВ «Інтермаркет», ТзОВ «Львів Холод», ТзОВ «Галм'ясоком», ТзОВ «Терен Торг», ТзОВ «Сільпо», ТзОВ «Улар».

Техніко-енергетична характеристика підприємства:

- площа складських приміщень: 3 154 м²;

- площа головного виробничого корпусу: 7 421 м²;
- загальна площа критих будівель: 22 265 м²;
- територія у межах загороджень: 111 325 м².

Характеристика вантажно-підйомних механізмів:

- мостовий кран: 10 т, 5 т;
- кран-балки: 5,0 т ;
- підвісні кран-балки: 3,2 т ;

Допоміжні приміщення та виробництва:

- заготівельні бункери;
- холодильні приміщення;
- гаражі;
- компресорна станція: 0,45 тис. м²;
- центральна заводська лабораторія;
- котельня: 0,784 тис. м²;
- ремонтно-інструментальний цех;
- котельня: 0,784 тис. м²;
- побутові приміщення: 1,3 тис. м²;
- адміністративно-лабораторний корпус: 976 м².

ТзОВ «Самбірська птахофабрика» отримує живлення від Карпатського РЕМу. Заживлення здійснюється від ПС–102 с. Самбір і ПС-103 Рудки, по трьох лініях: ПЛ-10 кВт 102-39, ПЛ-10 кВт 103-05 —робочі та ПЛ-10 кВт 108-43 — резервна.

Водопостачання локальне, на підприємстві розташовано дві свердловини: №1 – дебіт 11520 м$^3$/рік і глибина 856 м, і №2 – дебіт 14400 м$^3$/рік і глибина 42 м. Башта 15 м$^3$. Насоси відцентрові глибинні ЕцВ-6(60/120) і ЕцВ - 8(80/100).

Освітлення споживає значну частину електроенергії, оскільки кожен пташник обладнаний 140-180 світлодіодними лампами, які функціонують по 20 годин на добу. Для цього використовуються світильники з червоними світлофільтрами. Система вентиляції є витяжною. Для видалення повітря задіяно осьові вентилятори моделі ВО-7 з потужністю 0,37-0,55 кВт і продуктивністю 11 000

м³ на добу. Обігрів усіх приміщень підприємства забезпечується від централізованої котельні. У пташниках для курей використовуються газогенератори, оскільки в них необхідно підтримувати стабільну температуру 33 °С, особливо для молодняку. Кожен пташник обладнаний 22-30 вентиляторами, які працюють в автоматичному режимі. Загалом на підприємстві функціонує близько 300 вентиляторів.

## 1.2 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Забезпечення населення продуктами харчування завжди залишалося одним із найприбутковіших напрямків українського народного господарства на різних етапах його розвитку. У вирішенні проблеми забезпечення м'ясом значну роль відіграють продукти птахівництва, зокрема виробництво курячого м'яса. Завдяки вигідному співвідношенню ціни та якості й врахуванню купівельної спроможності населення України, ця галузь стабільно утримує лідерські позиції.

Сучасне вітчизняне птахівництво демонструє динамічний розвиток і нині здатне практично повністю задовольнити потреби населення у високоякісному дієтичному м'ясі птиці. Як одна з найбільш швидкорозвиваючих галузей тваринництва, птахівництво відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки країни. Воно є однією з найінтенсивніших і найбільш перспективних галузей сільського господарства.

Проте значна частина аграрних підприємств в Україні все ще використовує обладнання, що залишилося з радянських часів і суттєво застаріло. За десятиліття його експлуатації такі системи вичерпали свій ресурс, що обумовлює нагальну потребу в оновленні матеріально-технічної бази. Цього можна досягти як шляхом придбання нових комплектів обладнання, що вимагає значних фінансових вкладень, так і через модернізацію або розробку окремих вузлів чи елементів технологічного процесу.

У даній кваліфікаційній роботі пропонується розробка системи автоматичного дозування сипучих речовин. Сучасний ринок електрообладнання пропонує

широкий вибір як вітчизняної, так і імпортної техніки. При правильно організованому підборі обладнання можна забезпечити високу надійність і точність роботи автоматизованих систем.

Розроблена система автоматичного дозування буде виконана на основі ємнісних датчиків для контролю рівня сипучих речовин у дозаторі, реле часу, мотор-редуктора з активуючим вентилем та спеціально зпроєктованої схеми керування.

# РОЗДІЛ 2

# ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОРМОЦЕХУ

## 2.1 Вибір силового обладнання та електричних двигунів

Вибір силового обладнання та електричних двигунів проводимо за допомогою відповідних навантажувальних діаграм робочих машин.

Для прикладу розрахуємо двигун для бункера концентрованих кормів.

Із діаграми вибираємо такі дані:

$P_1 = 3$ кВт; $P_2 = 6$ кВт; $P_3 = 3{,}7$ кВт; $P_4 = 5{,}5$ кВт; $t_1 = 16$ с; $t_2 = 2$ с; $t_3 = 96$ с.

Визначаємо еквівалентну потужність машини за формулою:

$$P_{ем} = \sqrt{\frac{\frac{P_1^2+P_1P_2+P_2^2}{3}\cdot t_1+\frac{P_2^2+P_2P_3+P_3^2}{3}\cdot t_2+P_4^2\cdot t_3}{t_1+t_2+t_3}}, \quad (2.1)$$

$$P_{ем} = \sqrt{\frac{\frac{3{,}0^2+3{,}0\cdot 6{,}0+6{,}0^2}{3}\cdot 16+\frac{6{,}0^2+6{,}0\cdot 3{,}7+3{,}7^2}{3}\cdot 2+5{,}5^2\cdot 96}{16+2+96}} = 5{,}37 \text{ кВт}.$$

Еквівалентну потужність на валу електродвигуна визначаємо за формулою:

$$P_e = \frac{P_{ем}}{\eta_{пн}}, \quad (2.2)$$

де $\eta_{пн}$ - к.к.д. передачі. Приймаємо $\eta_{пн} = 0{,}99$

$$P_e = \frac{5{,}37}{0{,}99} = 5{,}42 \text{ кВт}.$$

За потужністю вибираємо електродвигун за умовою:

$$P_{ном} \geq P_e, \quad (2.3)$$

Визначаємо номінальну частоту обертання двигуна за формулою:

$$n_н = \frac{\pi\cdot\omega_н}{30}, \quad (2.4)$$

де $\omega_н$ - номінальна кутова частота, рад/с.

$$n_н = \frac{\pi\cdot 157}{30} = 1500 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо двигун серії АИР112М4У3 з $P_н = 5{,}5$ кВт.

Перевіряємо двигун за умовою можливості пуску:

$$M_{н.дв} \geq M_{н(пуск)} \quad , \tag{2.5}$$

Визначаємо номінальну кутову швидкість електродвигуна за формулою:

$$\omega_н = \frac{\pi n_н}{30},$$

$$\omega_н = \frac{\pi \cdot 1470}{30} = 153{,}86 \text{ рад/с}.$$

Визначаємо номінальний момент електродвигуна за формулою:

$$M_н = \frac{P_н}{\omega_н}, \tag{2.6}$$

$$M_н = \frac{5500}{153{,}86} = 35{,}75 \text{ Нм}.$$

Визначаємо момент статичного опору машини приведений до вала електродвигуна за формулою:

$$M_{оп} = \frac{M_{пік}\omega_н}{\omega_н}, \tag{2.7}$$

де $M_{пік}$ - найбільший момент за навантажувальної діаграми, Нм;

$\omega_н$ - кутова швидкість вала робочої машини.

$$M_{пік} = \frac{6000}{157} = 38{,}22 \text{ Нм};$$

$$M_{оп} = \frac{38{,}22 \cdot 157}{153{,}86} = 39 \text{ Нм}.$$

Визначаємо момент при пуску електродвигуна за формулою:

$$M_{н(пуск)} = \frac{1{,}25 \cdot M_{оп}}{K_{мін} U^2}, \tag{2.8}$$

де $К_{мін}$ - кратність мінімального моменту електродвигуна, $K_{мін} = 1{,}6$;

$U$ - напруга мережі під час пуску двигуна, виражена у відносних одиницях. $U = 0{,}8 \ldots 0{,}925$. Приймаємо $U = 0{,}9$.

$$M_{н(пуск)} = \frac{1{,}25 \cdot 39}{1{,}6 \cdot 0{,}9^2} = 37{,}61 \text{ Нм}.$$

Так як умова можливості пуску двигуна виконується то вибраний двигун залишаємо без змін.

Аналогічно вибираємо інші двигуни і заносимо їх у таблицю 2.1.

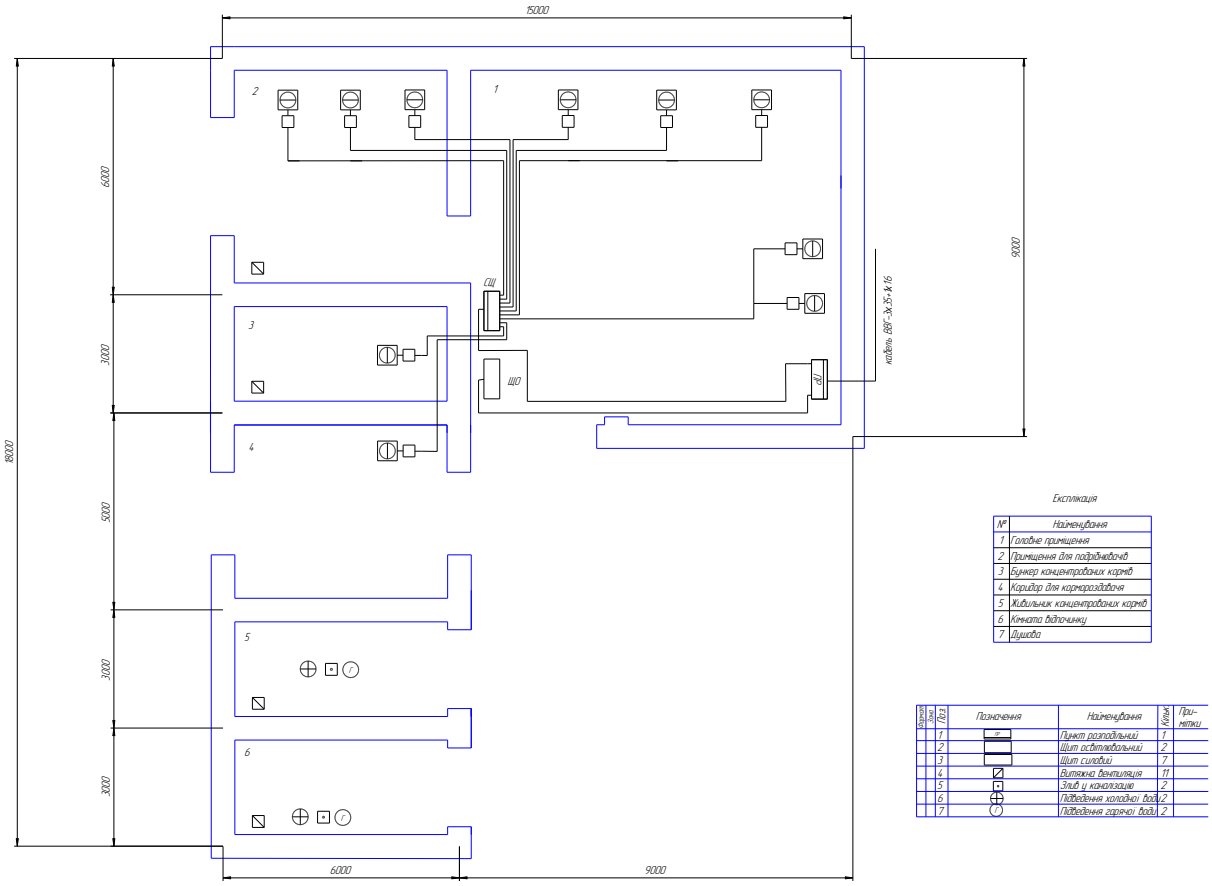



Рисунок 2.1 – Силова мережа на плані кормоцеху

Таблиця 2.1 – Перелік електродвигунів

| № п/п | Тип електродвигуна | Кі | Номінальна потужність, кВт | Номінальний струм, А | Найменування обладнання |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 4АМ100S2У3 | 7 | 4 | 10,7 | живильник концентрованих кормів |
| 2 | АИР100S4У3 | 7 | 3 | 6,7 | |
| 3 | АИР112М4У3 | 7 | 5,5 | 11,4 | бункер концентрованих кормів |
| 4 | АИР100S4У3 | 7 | 3 | 6,7 | |
| 5 | АИР100S4У3 | 7 | 3 | 6,7 | розвантажувальний транспортер |
| 6 | АИР100S4У3 | 7 | 3 | 6,7 | |
| 7 | АИР100S4У3 | 7 | 3 | 6,7 | кормороздавач |
| 8 | АИР80В4У3 | 5,5 | 1,5 | 3,52 | |
| 9 | 4АМ90L4У3 | 6,5 | 3 | 5 | пропорційний змішувач |
| 10 | 4АМ90L4У4 | 6,5 | 3 | 5 | |
| 11 | ТЕН | - | 2 | 5,3 | котел пароутворювач |
| 12 | ТЕН | - | 2 | 5,3 | |

Інформацію по вибраних електродвигунах заносимо в розрахунково-монтажну схему силової мережі, рисунок 2.1, та відзначаємо місця розташування електропри-

водів на плані приміщень кормоцеху.

## 2.2 Вибір пуско-захисного обладнання та розподільних пристроїв

Вибирають апарати за родом і значенням струму, значенням напруги, умовами захисту від впливу навколишнього середовища, кліматичним виконанням, його відповідності технологічним вимогам та іншими показниками.

Як приклад вибираємо пуско-захисне обладнання для бункера концентрованих кормів.

Дані електродвигунів наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані електродвигунів

| Номер і марка двигуна | $P_н$, кВт | $I_н$, А | $K_i$ |
|---|---|---|---|
| М1 АИР112М4У3 | 5,5 | 11,4 | 7 |
| М2. АИР100S4У3 | 3 | 6,7 | 7 |

Визначаємо пускові струми електродвигунів за формулою:

$$I_п = I_н K_i; \quad (2.9)$$

$$I_{п1} = 11{,}4 \cdot 7 = 79{,}8 \text{ А};$$

$$I_{п2} = 6{,}7 \cdot 7 = 46{,}9 \text{ А}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач QF1 за умовами:

$$U_{а.ном} \geq U_{мер}; \quad (2.10)$$

$$I_{а.ном} \geq \sum I_н; \quad (2.11)$$

$$I_{р.ном} \geq \sum I_н. \quad (2.12)$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА51-31-24:

$$380 = 380 \text{ В};$$

$$25 > 11{,}4+6{,}7=18{,}1 \text{ А};$$

$$20 > 18{,}1 \text{ А}.$$

Визначаємо кількість поділок не спрацювання теплового розчіплювача за формулою:

$$n = \frac{I_н}{I_{р.н}}, \quad (2.13)$$

$$n = \frac{15,94}{16} = 0,99.$$

Перевіряємо автоматичний вимикач на можливість спрацювання при запуску електродвигунів за умовою:

$$I_{у.е} \geq K_з K_{р.у}\left[I_{н1} + I_{н3}\left(K_{р.п}K_{і3} - 1\right)\right], \quad (2.14)$$

$$10 \cdot 18,1 > 1,1 \cdot 1,25 \cdot [6,7+11,7(1,2 \cdot 7-1)] \text{ А},$$

$$181 > 125,21 \text{ А}.$$

Вибираємо електромагнітний пускач КМ1 за умовами:

$$U_{п.ном} \geq U_{мер}; \quad (2.15)$$

$$I_{р.ном} \geq \sum I_{н.дв} \quad ; \quad (2.16)$$

$$I_{р.ном} \geq \frac{\sum I_п}{6}. \quad (2.17)$$

Вибираємо електромагнітний пускач серії ПМЛ-2501О4:

$$380 = 380 \text{ В};$$

$$16 > 11,4 \text{ А};$$

$$16 > 11,4\ 7/6 \text{ А};$$

$$16 > 13,3 \text{ А}.$$

Вибираємо електромагнітний пускач КМ2 серії ПМЛ-1101О4:

$$380 = 380 \text{ В};$$

$$8 > 6,7 \text{ А};$$

$$8 > 6,7\ 7/6 = 7,82 \text{ А}.$$

Вибираємо електротеплове реле за умовами:

$$U_{р.ном} \geq U_{мер}; \quad (2.18)$$

$$I_{р.ном} \geq I_{н.дв};$$

$$I_{н.б} \geq I_{н.дв}. \quad (2.19)$$

Вибираємо електротеплове реле РТЛ-1016 04 ($I_н$ = 9,5…14,0 А).

Аналогічно проводимо розрахунок і вибір іншого пуско-захисне обладнання та вносимо його у таблицю 2.3. У таблиці відзначено марку електродвигуна та його параметри, а також марку та параметри пуско-захисного обладнання.

Усі автоматичні вимикачі розташовані у розподільних пристроях. Їхнє маркування та пристрої захисту, що у них розташовані, зазначено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 – Перелік пуско-захисного обладнання

| Марки електро-двигунів | $P_н$, кВт | $I_н$, А | Марки електро-магнітних пуска-чів | $I_н$, А | Марки авто-матичних вимикачів | $I_{н.а.}$, А | $I_{н.р.}$, А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| АИР80В4У3 | 1,5 | 3,52 | ПМЕО | 4 | ВА51Г-25-34 | 25 | 4 |
| 4АМ90L4У3 | 3 | 5 | ПМЕО | 6,3 | ВА51Г-25-34 | 25 | 5 |
| АИР100S4У3 | 3 | 6,7 | ПМЛ-1101 02 | 10 | ВА51Г-25-34 | 25 | 8 |
| 4АМ100S2У3 | 4 | 10,7 | ПМЛ-2501 О2 | 20 | ВА51Г-25-34 | 25 | 12,5 |
| АИР112М4У3 | 5,5 | 11,4 | ПМЛ-2501 О2 | 20 | ВА51Г-25-34 | 25 | 20 |

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики розподільних щитків

| Розподільний пункт | Тип щитка | Кількість вимикачів | | | Ступінь захисту | Кліматичне виконання |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ВА51Г-29-34 | ВА51Г-25-34 | інші | | |
| СЩ1 | ПР-41-4304-43У3 | 1 | 7 | | IP43 | У3 |

Розподільчі пристрої розташовують у місцях де доступ до них найбільш зручний. Шлях до пристрою повинен бути вільний.

## 2.3 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

У сільському господарстві здебільшого використовуються проводи та кабелі з алюмінієвими жилами перерізом від 2,5 мм² і більше. Зазвичай для монтажу обирають електропроводку, яка не потребує використання сталевих труб. Проте у випадках, коли умови навколишнього середовища чи місце прокладання унеможливлюють або роблять недоцільним інші варіанти, застосовується проводка в сталевих трубах. У такій ситуації вся силова електропроводка буде прокладена саме в сталевих трубах, щоб забезпечити захист ізоляції й струмопровідних жил від механічних пошкоджень.

Переріз жил проводів або кабеля у кожному випадку вибирають так, щоб тривало допустимий за нагрівом струм навантаження $I_{доп}$ для нього був не меншим максимального тривалого робочого струму електричного кола $I_{макс.р}$, тобто

$$I_{доп} \geq I_{макс.р}.$$

Значення максимального робочого струму магістралі, від якої живиться кілька електроприймачів, визначають за формулою:

$$I_{макс.р} = K_o \sum_1^n I_{ном}. \quad (2.20)$$

Вибраний за умовою нагріву кабель або провід необхідно перевірити на відповідність його перерізу апарату захисту за умовою:

$$I_{доп} \geq K_з I_з, \quad (2.21)$$

де $I_з$ - значення номінального струму або струму спрацювання захисного апарату;

$К_з$ - значення кратності допустимого струму провідника по відношенню до номінального струму спрацювання захисного апарату, $K_з$=1;

Для прикладу вибираємо кабель, який буде живити двигуни бункера концентрованих кормів, від мережі марки ВВГ 3×2,5+1×2,5 з I = 25 А.

$$I_{макс.р} = 0{,}85 \cdot 18{,}1 = 15{,}4 \text{ А};$$

$$I_{доп} = 1 \cdot 20 = 20 \text{ А};$$

$$20 > 15{,}4.$$

Аналогічно вибираємо інші кабелі.

# РОЗДІЛ 3

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ДОЗУВАННЯ СИПУЧИХ РЕЧОВИН

## 3.1 Способи завантаження дробарок

Для здійснення навантажувально-розвантажувальних робіт у зерносховищах та на відкритих токах, а також для перелопачування і формування буртів з зерна використовуються такі механізми, як навантажувачі, тримери, зернокидальники тощо.

Норії. Для вертикального завантаження зернових продуктів у дробарки застосовують норії, зокрема типу ЗАТ "Укроргстанкінпром" або У2-УН виробництва Карлівського машинобудівного заводу. Основним робочим елементом норії є тканинна плоска стрічка та ковші. Роботу забезпечує приводний барабан, розташований у верхній частині норії, а натяг стрічки регулюється за допомогою натяжного барабана. Залежно від швидкості руху стрічки та методу вивантаження зерна з ковшів, стрічкові норії поділяються на типи з відцентрово-гравітаційним і відцентровим вивантаженням.

Конвеєри. Для завантаження дробарок у горизонтальному або похилому напрямках використовують різні типи конвеєрів: стрічкові (КГС, ТБ), скребкові (ТСЦ), ланцюгові та гвинтові (типу НО).

За конструктивним виконанням стрічкові конвеєри випускаються:

- двосторонньої дії;
- реверсивний з вивантаженням на середині;
- реверсивний з вивантаженням на кінцях;
- для завантажування і вивантажування зернових силосів.

Тяговим елементом скребкового конвеєра може бути ланцюг або стрічка, а головними робочими частинами виступають скребки, виготовлені з листової сталі прямокутної або трапецієподібної форми. Скребкові конвеєри представлені у

трьох основних конструктивних варіантах: з переміщенням продукту верхньою гілкою, нижньою гілкою, а також обома гілками одночасно.

Гвинтові конвеєри, на відміну від скребкових, не використовують тягового елемента. У таких системах продукт приводиться в поступальний рух завдяки обертанню гвинта всередині металевого циліндра.

Гравітаційні транспортери призначені для переміщення матеріалів вертикально вниз під дією сили тяжіння, що виключає необхідність витрат на механічну енергію. Для цього використовуються самотічні труби, лоткові або гвинтові спуски. Найбільш популярними є самотічні труби, які зазвичай мають круглий переріз, рідше квадратний. Для регулювання потоку матеріалу застосовуються різноманітні пристрої, такі як сектори, введення, клапани, переходи, засувки та інші розподільчі елементи.

Транспортери. Технологічні схеми певних типів транспортерів показано на рис. 3.1.

Продуктивність транспортерів збільшується пропорційно до зростання частоти обертання привідного вала, але лише до певної межі. Після досягнення цієї межі, через зниження коефіцієнта заповнення, продуктивність залишається стабільною або навіть починає зменшуватися. У деяких випадках, наприклад під час транспортування гною в тваринницьких приміщеннях, швидкість робочого органу обмежується з міркувань безпеки.

Електропривод, відповідно, має гарантувати стабільність швидкості обертання привідного вала навіть за умов значних коливань навантаження. Цій вимозі повністю відповідають асинхронні електродвигуни зі стандартною механічною характеристикою. Однак інколи виникає необхідність у регулюванні швидкості транспортуючого органу, наприклад, якщо транспортер виконує функцію дозатора. У таких випадках застосовуються регульовані електроприводи з двигунами постійного струму.

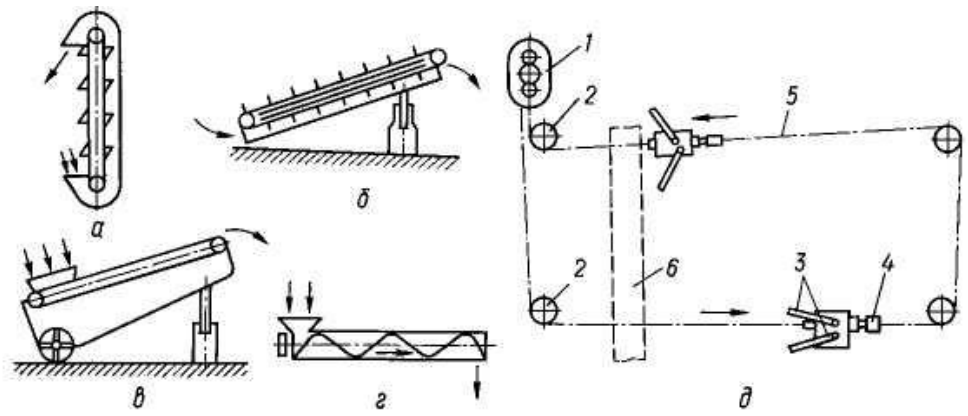



Рисунок 3.1 – Технологічні схеми стаціонарних транспортерів:

а – норія; б – скребковий; в – стрічковий; г – шнек; д – скреперна установка: 6 – поперечний транспортер; 5 – ланцюг; 4 – натягу вальний пристрій; 3 – скрепери; 2 – поворотний пристрій; 1 – привідна станція.

Швидкість руху транспортувальних елементів зазвичай невелика, тому у кінематичну схему привода інтегрують одну або кілька передач: пасову, клинопасову, редуктор, мотор-редуктор тощо. У зв'язку з цим зведений до валу електродвигуна момент інерції механічної системи переважно визначається моментом інерції ротора самого електродвигуна.

Теоретично, момент статичних опорів під час холостого ходу транспортерів залишається постійним навіть зі збільшенням швидкості обертання двигуна. Його значення становить зазвичай 0,1–0,2 від номінального моменту за повного навантаження.

Водночас у деяких машин, таких як норії чи шнекові транспортери, спостерігається незначне зростання моменту зі збільшенням швидкості обертання. Однак у виробничих умовах трапляються ситуації зупинок і подальших запусків транспортерів під навантаженням. У таких випадках момент зрушення може виявитися значно більшим — на 30–35% перевищуючи номінальний момент.

Важливо враховувати цю особливість при оцінці придатності електродвигуна для роботи в умовах пускового навантаження. Характер навантажувальних діаграм транспортерів залежить від особливостей технологічного процесу, до якого вони залучені. На основі цих вимог двигуни приводів транспортних систем можуть працювати в тривалому режимі з постійним або змінним навантаженням,

а також у короткочасному чи повторно-короткочасному режимах. У випадках, коли за умовами технологічного процесу допускається робота машини як у тривалому, так і в короткочасному режимах, електропривід розраховують на тривалий режим роботи.

Продуктивність і споживана потужність транспортерів із різними робочими елементами визначаються за окремими методиками. Завантажувальний шнек використовується для автоматичного завантаження зерна в зерновий бункер, що дає змогу подати матеріал до дробарки без залучення ручної праці.

Конструкція шнека містить основні компоненти: шнековий вал, кожух, підгрузочний механізм, ланцюгову передачу, електропривод, захисне обгородження, підставку та рукав. Шнекова конструкція виготовлена методом зварювання і складається з труби, двох цапф і витків із зовнішнім діаметром 125 мм.

Кожух є основною конструкцією, на якій розміщені всі складові частини завантажувального шнека. У верхній частині передбачено отвір для вивантаження зерна, а також встановлений корпус верхнього кулькового радіального однорядного підшипника. Нижня частина оснащена підшипниками з ущільненнями. У цій же частині закріплений підгрузочний шнек та встановлена ланцюгова передача, тоді як у верхній частині розташовані електропривод, обгороджування, підставка і рукав.

Підгрузочний шнек відповідає за самозанурення завантажувального шнека у бурт і сприяє подачі зерна до завантажувального отвору нижньої частини шнека. Це зварна конструкція, що має лопать у нижній частині. Він прикріплений до кожуха на двох підшипниках, а його привід здійснюється через ланцюгову передачу. Ланцюгова передача передає крутний момент від шнека до підгрузочного шнека. Вона закрита кожухом і ущільнена прокладками. Натяг ланцюга регулюється шляхом повороту нижнього корпусу підшипника завантажувального шнека, який має ексцентриситет.

Електропривод включає електродвигун, підмоторну плиту та клинопасову передачу. Підмоторна плита, на яку встановлений електродвигун, закріплена на кожусі так, щоб її можна було повертати. На валу електродвигуна та шнека вста-

новлені двохручкові шківи і клинові ремені, натяг яких регулюється переміщенням підмоторної плити за допомогою відкидного болта.

Обгороджування закриває доступ до клинопасової передачі, забезпечуючи безпечне обслуговування верхньої частини шнека. Його закріплюють на кожусі таким чином, щоб залишати можливість швидкого доступу до вузлів. Підставка з'єднує шнек із зерновим бункером. Її конструкція дозволяє повертати шнек навколо осі завантажувального отвору бункера в межах робочої зони, а також регулювати висоту розташування нижньої частини шнека. Рукав з'єднує вивантажувальний отвір кожуха шнека з підставкою та запобігає пошкодженням матеріалів під час вивантаження зерна у бункер.

Процес завантаження зернового бункера дробарки реалізується за допомогою завантажувального шнека, яким керують датчики верхнього і нижнього рівня. Коли нижній датчик звільняється від зерна, надходить сигнал для запуску шнека, який починає подачу зерна в бункер. Коли бункер наповнюється і сигнал надходить від верхнього датчика рівня, шнек автоматично вимикається.

## 3.2 Аналіз типів дозаторів

Одним із ключових елементів автоматизації процесу дозування є дозатор. Саме від правильного вибору такого пристрою часто залежить стабільність і безперервність роботи системи дозування продукції. Розглянемо детальніше, що являє собою дозатор і які його основні типи.

Дозатор — це пристрій, призначений для автоматичного або ручного визначення та подачі певної маси твердих матеріалів, об'єму сипучих речовин чи рідин. Усі дозуючі системи можна умовно поділити на три основні категорії:

- вагові дозатори;
- масові дозатори;
- об'ємні дозатори.

Розглянемо детальніше кожен із них.

Вагові дозатори призначені для роботи зі сипучими та твердими матеріала-

ми і зрідка використовуються для рідин. Прикладом їхнього застосування є силовимірювальні датчики, відомі як тензометричні ваги. Їх головною перевагою є оптимальна робота з сипучими речовинами та дрібними об’єктами. Однак серед недоліків слід відмітити низьку швидкість роботи — близько в чотири рази повільніше порівняно з об'ємними дозаторами. Ще одним мінусом є на 15% вища ціна у порівнянні з об'ємними моделями. Обираючи дозатор, необхідно враховувати передусім тип матеріалу, який планується дозувати, і необхідний обсяг роботи. Усі ці типи дозаторів мають широке застосування в промисловості, адже вони знижують втрати матеріалів, удосконалюють поточне виробництво, усувають трудомісткі процеси та значно покращують умови праці.

Масові дозатори застосовуються для дозування сипучих і твердих матеріалів, рідин і паст, рідше — газів. Вони знайшли широке застосування в багатьох галузях, від харчової промисловості до металургії. Основною їхньою перевагою є висока точність дозування, але недоліком виступає висока вартість виробництва.

Об'ємні дозатори використовуються для дозування рідких речовин, газів, паст, і лише зрідка — для сипучих матеріалів. Прикладами їх використання є дозатори для посудомийних машин та миючих засобів. Такі дозатори мають доволі просту конструкцію та відомі своєю надійністю. До недоліків можна віднести залежність об'єму дози від температури й тиску, а також значну похибку при роботі з пінними речовинами.

### 3.3 Огляд технологічних схем дробарок

Керування електроприводами подрібнювачів виконується за різними схемами. Алгоритмами керування передбачають автоматизацію таких процесів:

- сигналізація про стан елементів привода;
- пуск електродвигуна;
- необхідні блокування — механічні та електричні;
- регулювання завантаження двигуна дробарки;
- контроль рівня продуктів у бункерах;

• надійний захист всіх елементів привода.

**Дробарка ДБ-5**. Дробарка ДБ-5 призначена для подрібнення фуражного зерна з рівнем вологості до 17%. Її продуктивність залежить від вибраної крупності помелу і становить від 1,8 до 6 тонн на годину. Модель ДБ-5-1 включає в себе дробарку, завантажувальний та вивантажувальний шнеки, а також шафу керування. Робочі елементи цієї установки приводяться в дію за допомогою чотирьох електродвигунів (див. рис. 3.2).

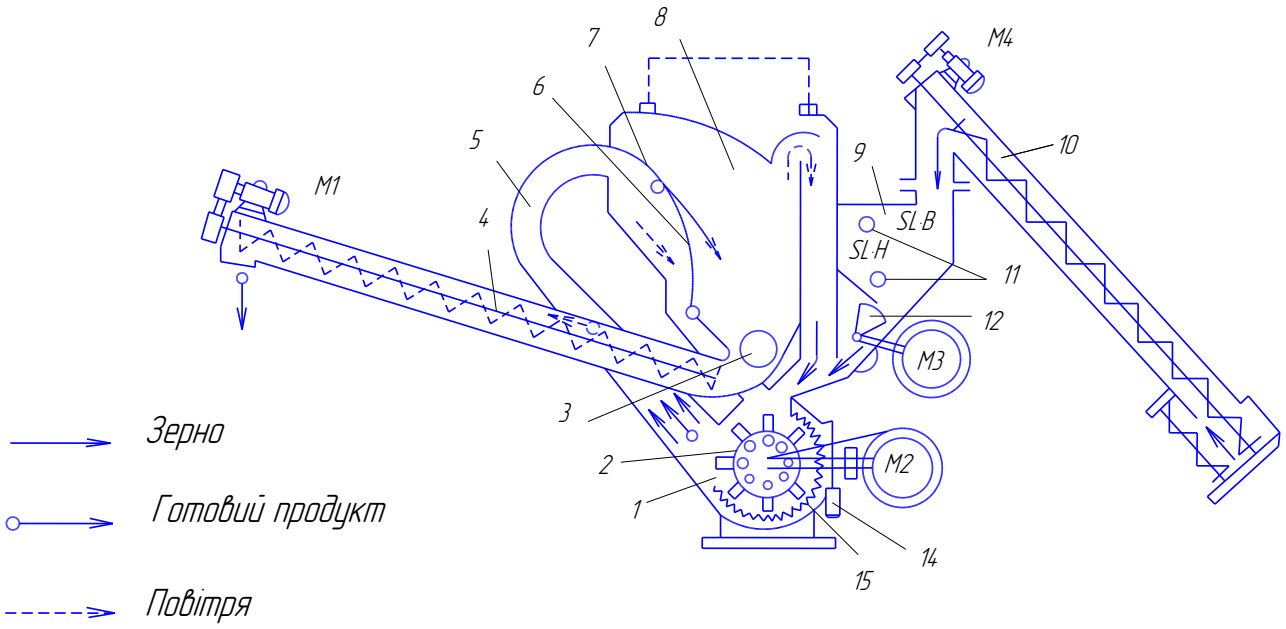



Рисунок 3.2 – Технологічна схема дробарки ДБ-5-1:

Ml, М2, М3, М4 — електродвигуни приводів вивантажувального шнека, дробарки, засувки в бункері зерна і завантажувального шнека; 15 — дека; 14 — кінцевий вимикач SQ1; 13 — магнітний сепаратор; 12 — засувки; 11 — датчики рівнів; 12 — засувки; 9 — бункер; 7 — сепаратор; 5 — кормопровід; 3, 4, 10 — шнеки; 2 — ротор; 1 — подрібнювальна камера

Зерно, яке потрібно подрібнити, подається із бурта за допомогою завантажувального шнека 10 у зерновий бункер 9. Рівень заповнення бункера контролюють два магнітокеровані датчики 11. Далі зерно з бункера проходить через щілину між заслінкою 12 і похилою нижньою стінкою, очищаючись у магнітному сепараторі 13 від сторонніх металевих предметів. Згодом воно потрапляє у подрібнювальну камеру 1, де розмелюється молотковим ротором 2 і декою 15. Подрібнена маса підхоплюється повітряним потоком, який створюється ротором, і тран-

спортується кормопроводом 5 до сепаратора 7 в роздільну камеру 8. Дрібна фракція вивантажується з дробарки через шнеки 3 і 4. Крупні частинки, що не відповідають необхідному ступеню помелу, спрямовуються на повторне подрібнення в дробильну камеру. Регулювання ступеня помелу здійснюється через обертання заслінки 6 або зміну налаштувань сепаратора 7.

Навантаження двигуна М2 дробарки регулюється вручну або за допомогою електродвигуна М3 шляхом повороту засувки 15. Привід для управління засувкою включає електродвигун РД-09, зубчасту передачу, вал і електромагнітну муфту 16, яка забезпечує з'єднання вала з електродвигуном. У разі вимкнення електромагнітної муфти вал засувки роз'єднується з валом двигуна, що призводить до швидкого перекриття доступу зерна в дробильну камеру під дією ваги самої засувки.

**Подрібнювач ИКБ-Ф-700** (БЛОК-700). Подрібнювач ИКБ-Ф-700 зазвичай є невід'ємною частиною потокової лінії, призначеної для переробки грубих і стеблових кормів, зокрема кукурудзи. До складу цієї лінії входять завантажувальний і вивантажувальний конвеєри, а також подрібнювач, який працює за рахунок окремих приводних двигунів (рисунок 3.3).

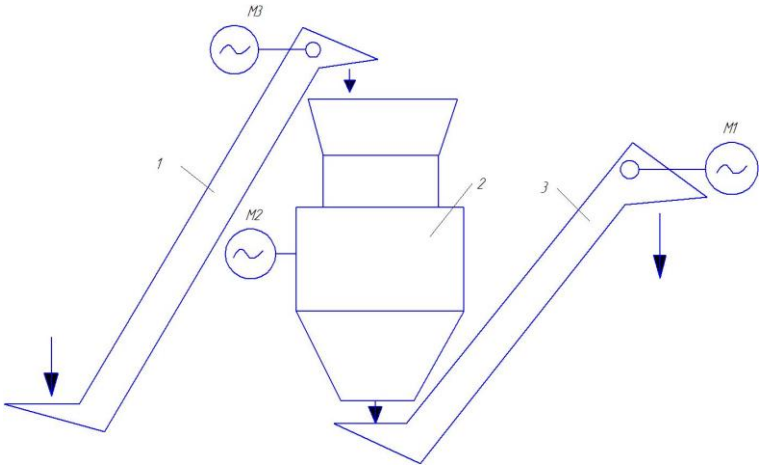



Рисунок 3.3 – Технологічна схема потокової лінії з подрібнювачем кормів ИКБ-Ф-700

3 – вивантажувальний транспортер; 2 – подрібнювач; 1 – завантажувальний транспортер

Алгоритм автоматизованого керування потоковою лінією передбачає:

• сигналізацію про заживлення кола керування та двигунів конвеєрів;

• електричне блокування, для запобігання завалу продукцією машини, що зупинилася від спрацювання захисного апарата;

• блокування, для запобігання вмикання двигуна подрібнювача при відкритих люках, кінцевими вимикачами SQ1 - SQ3;

• сигналізація по рівню завантаження двигуна дробарки за допомогою амперметра РА;

• захист від перегрівання двигунів конвеєрів пристроями вмонтованого температурного захисту SK1 і SK2;

• захист двигуна дробарки тепловим реле КК1 від перевантажень;

• захист автоматичними вимикачами QF1 — QFA від к. з. силових кіл та кіл керування;

• обмеження струму шляхом зупинки двигуна М3 завантажувального конвеєра, споживаного двигуном подрібнювача,;

• пуск двигунів у заданій послідовності: вивантажувальний конвеєр МІ, подрібнювач М2 і завантажувальний конвеєра М3;

• запуск двигуна М2 за схемою з перемиканням обмоток із "зірки" на "трикутник";

• передпускову сигналізацію.

**Дробарка-подрібнювач ИРТ-Ф-80-1**. Дробарка-подрібнювач моделі ИРТ-Ф-80-1 використовується для подрібнення грубих кормів. Матеріал для обробки за допомогою грейферного навантажувача потрапляє у завантажувальний бункер. Обертання бункера сприяє подачі корму до ротора, який також перебуває в обертальному русі. Під впливом ударів молотків ротора та дек, встановлених у корпусі дробильної камери, матеріал роздрібнюється. Після цього завдяки повітряному потоку, створеному ротором, подрібнена маса через вивантажувальний пристрій подається до транспортних засобів. Для роботи бункера та ротора передбачено окремі електродвигуни.

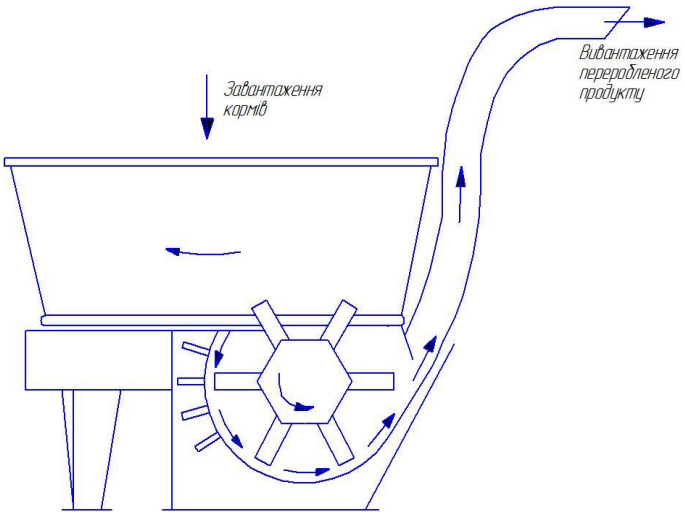



Рисунок 3.4 – Технологічна схема дробарки подрібнювача ИРТ-Ф-80-1

## 3.4 Способи регулювання завантаження дробарок

Після проведеного огляду технологічних схем дробарок подрібнювачів можна порівняти способи регулювання їх завантаження (рисунок 3.5).

За типом регулювання їх можна розділити на:

- ввімкнення-вимкнення завантажувального двигуна;
- регулювання швидкості обертання завантажувального двигуна;
- регулювання зміною положення дросельної заслінки.

Регулювання здійснюється в залежності від струму, який споживає основний двигун подрібнювача, рівня сиробини в бункері або вручну.

При регулюванні шляхом ввімкнення-вимкнення завантажувального двигуна, з позитивних сторін слід відзначити простоту схеми керування та силової схеми, а відповідно її низьку вартість. Проте негативних сторін більше, а саме: дискретне регулювання продуктивності, контактне керування електродвигуном, часті прямі пуски асинхронного двигуна.

При регулюванні швидкості обертання завантажувального двигуна ми отримуємо плавне регулювання продуктивності, відсутність прямих пусків двигуна та безконтактне керування. Серйозним недоліком даного регулювання є складність регулювального пристрою (перетворювач частоти), а відповідно його висока вартість.

*Способи регулювання завантаження*

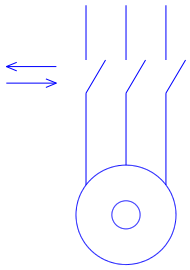
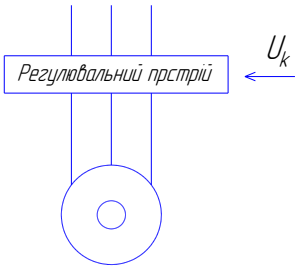
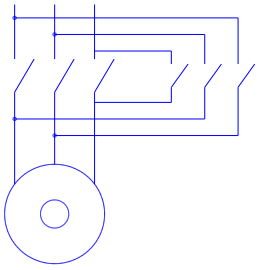
| *Тип регулювання* | *Ввімкнення–вимкнення завантажувального двигуна* | *Регулювання швидкості обертання завантажувального двигуна* | *Регулювання змінного положення дросельної заслінки* |
|---|---|---|---|
| *Регулювання в залежності* | *– струму двигуна подрібнювача*<br>*– рівня* | *– струму двигуна подрібнювача*<br>*– рівня* | *– струму двигуна подрібнювача*<br>*– рівня* |
| *Силова схема* |  |  |  |
| *Позитивні сторони* | *– проста схема керування (низька вартість)* | *– плавне регулювання*<br>*– відсутність прямих пусків АД*<br>*– безконтактне керування* | *– проста схема керування (низька вартість)*<br>*– плавне регулювання* |
| *Негативні сторони* | *– дискретне регулювання*<br>*– контактне регулювання*<br>*– часті прямі пуски АД* | *Складність регулювального пристрою (висока вартість)* | *– контактне керування*<br>*– додатковий двигун*<br>*– часті прямі пуски АД* |

Рисунок 3.5 – Аналіз способів регулювання завантаження

При регулюванні зміною положення дросельної заслінки ми отримуємо просту схему керування, а відповідно низьку вартість, плавне регулювання, проте необхідно використовувати додатковий двигун з контактним керуванням, а також часті прямі пуски асинхронного двигуна заслінки, проте він є малої потужності і розрахований на такий режим.

Найкращий методом регулювання є регулювання швидкості обертання завантажувальрного двигуна, але враховуючи його високу вартість ми пропонуємо використати регулювання за допомогою дросельної заслінки. Таке регулювання забезпечує плавне регулювання, а також низьку вартість.

## 3.5 Електропривод і автоматизація дробарок

Підготовка кормів до згодовування включає кілька етапів: очищення від бруду, металевих і механічних домішок, подрібнення, термічну й хімічну оброб-

ку, пресування та приготування кормових сумішей.

Кормоприготування є одним із найбільш енерговитратних і трудомістких процесів на тваринницьких фермах. Наприклад, питомі витрати електроенергії на обробку 1 тонни корму варіюються від 1,2-2 кВт·год/т для змішування, 5-22 кВт·год/т для подрібнення до 86-100 кВт·год/т для приготування трав'яного борошна.

Численні типи та види кормоприготувальних машин обумовлюють різноманіття їх приводних характеристик. Проте залежно від типу робочого органу машини їх можна умовно розподілити на кілька груп із певною схожістю характеристик у межах кожної групи.

До першої групи належать машини, які розподіляють оброблюваний матеріал на частини за допомогою різання (ножові подрібнювачі), різання й перетирання (ножові млини), розбивання й перетирання (дезінтегратори, дисмембратори), різання й роздавлювання (пастовиготовлювачі), а також роторні дробарки, дискові відцентрові млини та молоткові дробарки. Цю групу умовно називають подрібнювачами кормів.

Другу групу складають машини, що працюють за принципом роздавлювання й сколювання матеріалу між двома поверхнями, наприклад плющилки, вальцьові дробарки й зернові млини.

До третьої групи належать машини з пресувальними робочими органами: гранулятори й брикетувальні машини.

Четверту групу становлять змішувачі кормів.

Електропривод подрібнювачів кормів має низку специфічних особливостей, які необхідно врахувати під час проєктування та експлуатації:

1. Значні споживані потужності. Наприклад, дробарки обладнуються електродвигунами потужністю 132-160 кВт, преси-гранулятори — 37-75 кВт, а агрегат АВМ-5 — до 726 кВт.

2. Нерівномірність навантаження, пов'язана з неоднорідністю матеріалу та ручним завантаженням, призводить до випадкових коливань споживаної потужності. Це ускладнює узгоджену роботу систем захисту та підвищує ризик пере-

грівання двигунів.

3. Необхідність контролю за струмом навантаження двигуна. Такий контроль дозволяє уникати перевантажень або недовантажень електродвигунів і знижувати питомі витрати електроенергії. Для цього на електроприводах таких машин встановлюються спеціальні індикатори навантаження — перевантажувальні амперметри з нерівномірною шкалою.

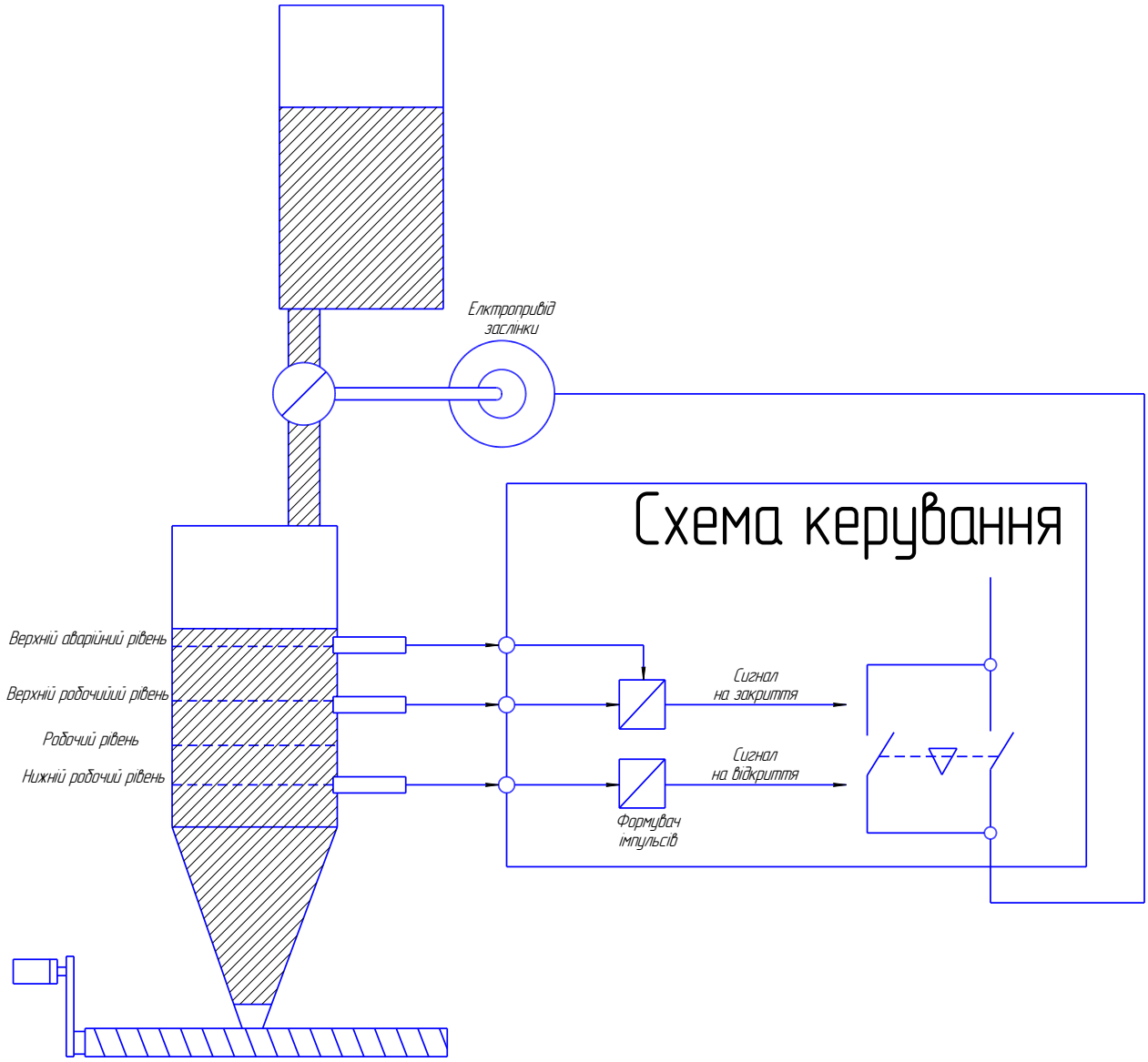



Рисунок 3.6 – Технологічна схема автоматичного дозування

4. Великі моменти інерції робочих органів машин спричиняють високі кое-

фіцієнти інерції системи. Це призводить до тривалого часу запуску електродвигуна й можливого перегрівання. З цією метою живлення цеху передбачає встановлення трансформаторної підстанції поблизу кормоцеху або кормоагрегату та використання проводів великого перерізу. Для зменшення енерговтрат під час пуску застосовується схема перемикання обмоток електродвигуна зі "зірки" на "трикутник".

5. Відносно низький момент зрушення робочих органів машин (Мс $<0{,}2M_{СНОМ}$).

6. Неможливість запуску при заповненій робочій камері. У зв’язку з цим алгоритм управління має передбачати спорожнення робочої камери перед зупинкою машини, а також встановлення заслінки на шляху перероблюваного продукту.

### 3.6 Схема автоматичного дозування сипучих матеріалів

Часто виникає доволі проста задача рівномірного заповнення певної ємності — бункера, силосу, бака чи іншого резервуара — сипучими матеріалами, такими як зерно, тирса, мінеральні добрива, гранульовані будівельні суміші або харчові інгредієнти. Для вирішення подібного завдання існує кілька підходів. Пропонується розглянути варіант надійної, простої та водночас економічної системи.

Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд ємнісного давача

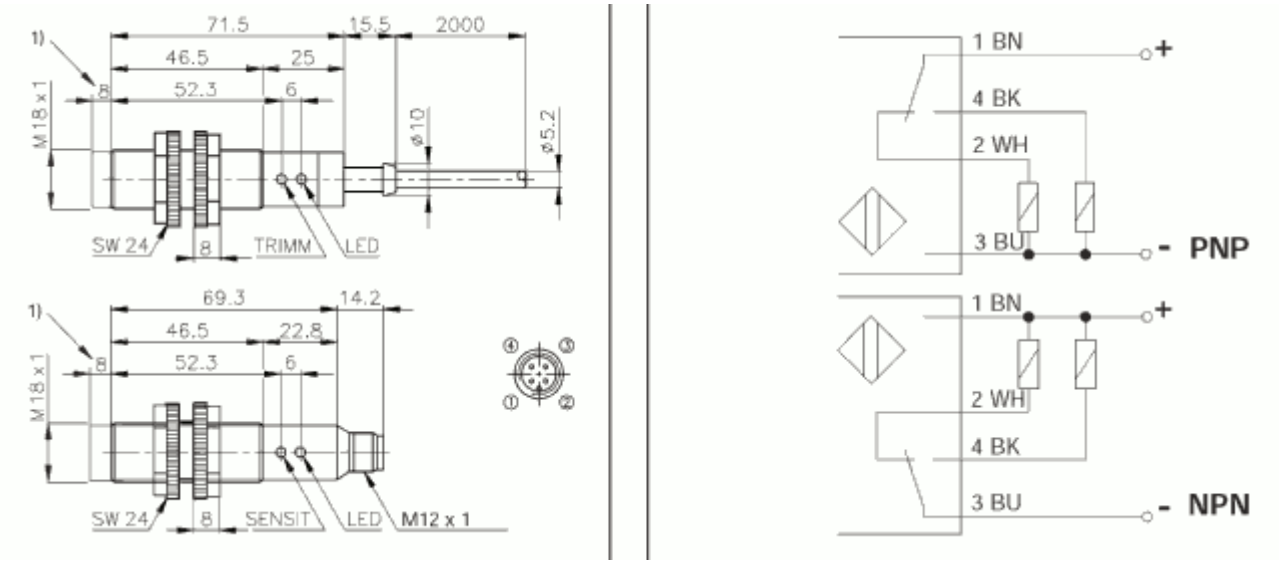



Рисунок 3.8 – Габаритні розміри та електрична схема ємнісного давача

Принцип роботи пристрою побудований наступним чином. У схемі передбачено три датчики рівня: нижній робочий, верхній робочий і верхній аварійний рівні. При спрацюванні сигналу від нижнього робочого рівня заслінка автоматично відкривається. Коли надходить сигнал від верхнього робочого рівня, заслінка закривається.

У випадку аварійного сигналу від верхнього датчика рівня, заслінка повністю закривається для уникнення можливих небажаних ситуацій. Для контролю рівня використовуються ємнісні датчики марки Carlo Gavazzi CA18CLF08NA. Вони працюють від джерела живлення 24 В постійного струму, а їхній релейний вихід NPN має навантажувальну здатність до 200 мА. Сигнал із датчика рівня передається на вхід формувача імпульсу.

У ролі формувача використовується багатофункціональне реле часу TELE D6DQ, яке працює в режимах E (фільтр перешкод) і Wu (формувач імпульсів). Ширину імпульсу можна регулювати в діапазоні від 0,05 секунди до 10 діб залежно від специфіки задачі. У системі керування передбачений перемикач режиму роботи "Ручний-Автоматичний", що дозволяє керувати процесом як вручну, так і в автоматичному режимі.

Перемикання на ручний режим також допомагає для первинного завантаження бункера. У цьому режимі оператор може безпосередньо управляти приво-

дом заслінки за допомогою кнопок "закрити" або "відкрити". Під час роботи система інформує про стан пристрою за допомогою світлової індикації на панелі. Наприклад, при повному відкритті заслінки вмикається лампа "відкриття", яка залишається активною допоки заслінка не почне зачинятися. Аналогічно працює і система індикації для закриття.

Для обмеження руху засувки, а також для захисту механічної частини та електроприводу заслінки, у схемі передбачені кінцеві вимикачі. У міру наповнення бункера світлова індикація буде сигналізувати про це. Зокрема, при заповненні матеріалом:

- до “верхнього аварійного рівня”, засвітиться лампа “верхній аварійний рівень”;
- до “верхнього робочого рівня”, засвітиться лампа “верхній робочий рівень”;
- до “нижнього робочого рівня”, засвітиться лампа “нижній робочий рівень”.

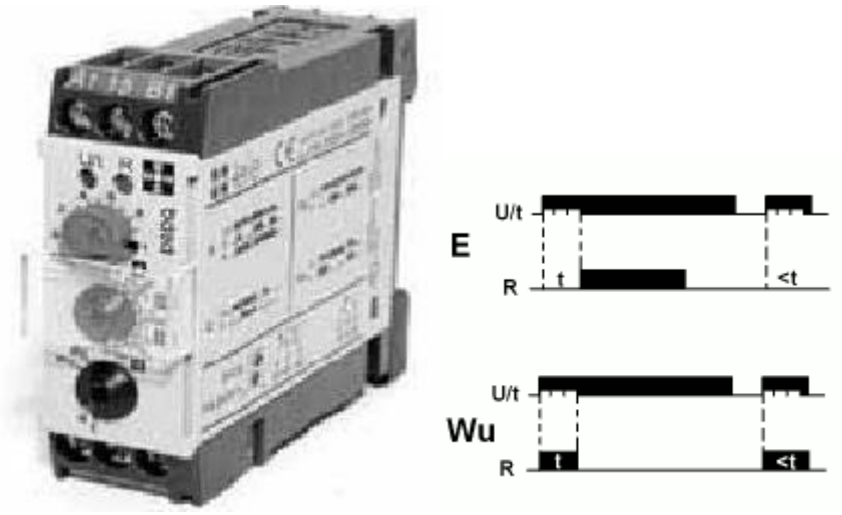



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд та діаграма роботи реле часу

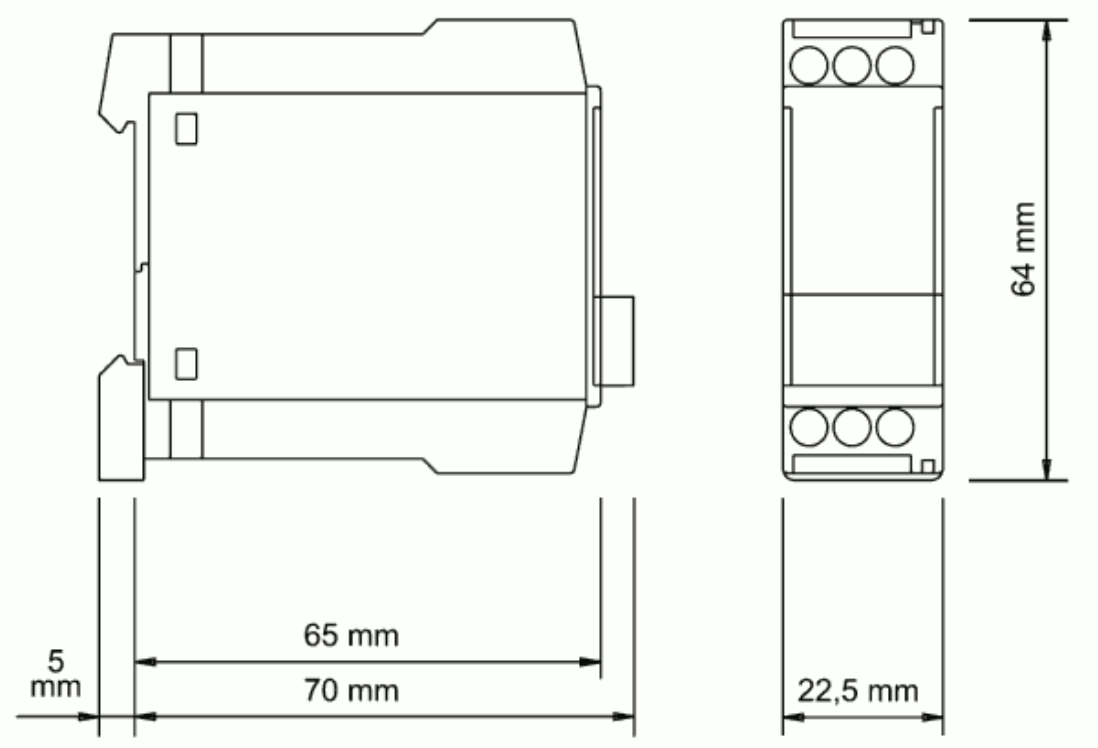



Рисунок 3.10 – Габаритні розміри реле часу

У автоматичному режимі індикація функціонує аналогічно. Система працює за наступним принципом: коли рівень сипучого матеріалу досягає "верхнього робочого рівня", ємнісний датчик формує сигнал, що надходить на пристрій D6DQ. У результаті генерується імпульс тривалістю t (регульованою від 0,05 секунди до 10 днів). Протягом цього часу спрацьовує контактор, який активує асинхронний двигун шиберної заслінки. Двигун, обертаючись у напрямку "праворуч" протягом заданого часу t, закриває заслінку до певного положення, що зменшує подачу речовини.

Коли рівень матеріалу опускається до "нижнього робочого рівня", другий ємнісний датчик передає сигнал на свій пристрій D6DQ, який формує імпульс тривалістю t для відкриття шиберної заслінки. Імпульси на закриття та відкриття заслінки можуть бути однакової або різної тривалості. У разі досягнення "верхнього аварійного рівня" рівня зерна ємнісний датчик подає сигнал для повного закриття заслінки, що припиняє подачу матеріалу.

До налагодження даної схеми керування належить:

- налагодження D6DQ, експериментальне визначення (на місці) час імпульсу

відкриття та закриття;

- встановлення кінцевих вимикачів;
- встановлення на відповідному рівні ємнісних давачів.

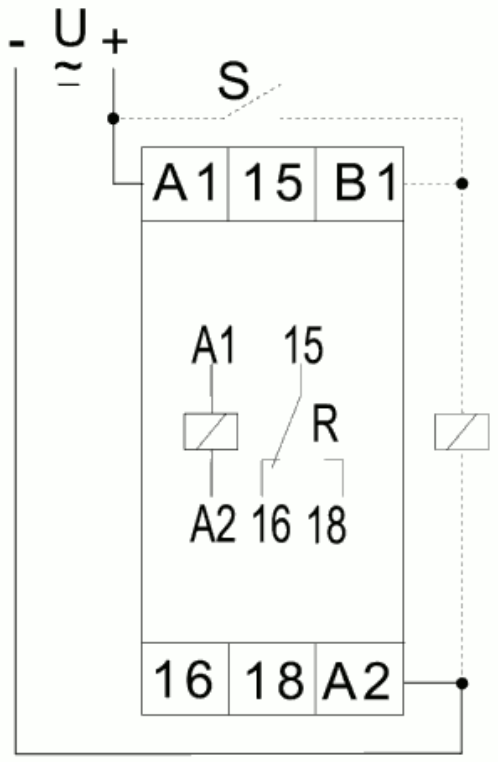



Рисунок 3.11 – Електрична схема реле часу

Приведення в рух заслінки будемо здійснювати двигун-редуктором 4МЦ2С 63 з асинхронним двигуном АИР71В4Р3

- номінальна частота обертання вихідного валу 71 об/хв;
- потужністю 0,75 кВт;
- ККД 73%.
- момент на вихідному валу 105 Н·м;

Робочий струм асинхронного двигуна визначається за формулою

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cos \phi}, \quad (3.1)$$

де $P$ – потужність двигуна, кВт;

$U$ – напруга живлення асинхронного двигуна, В;

$cos\varphi$ – коефіцієнт потужності.

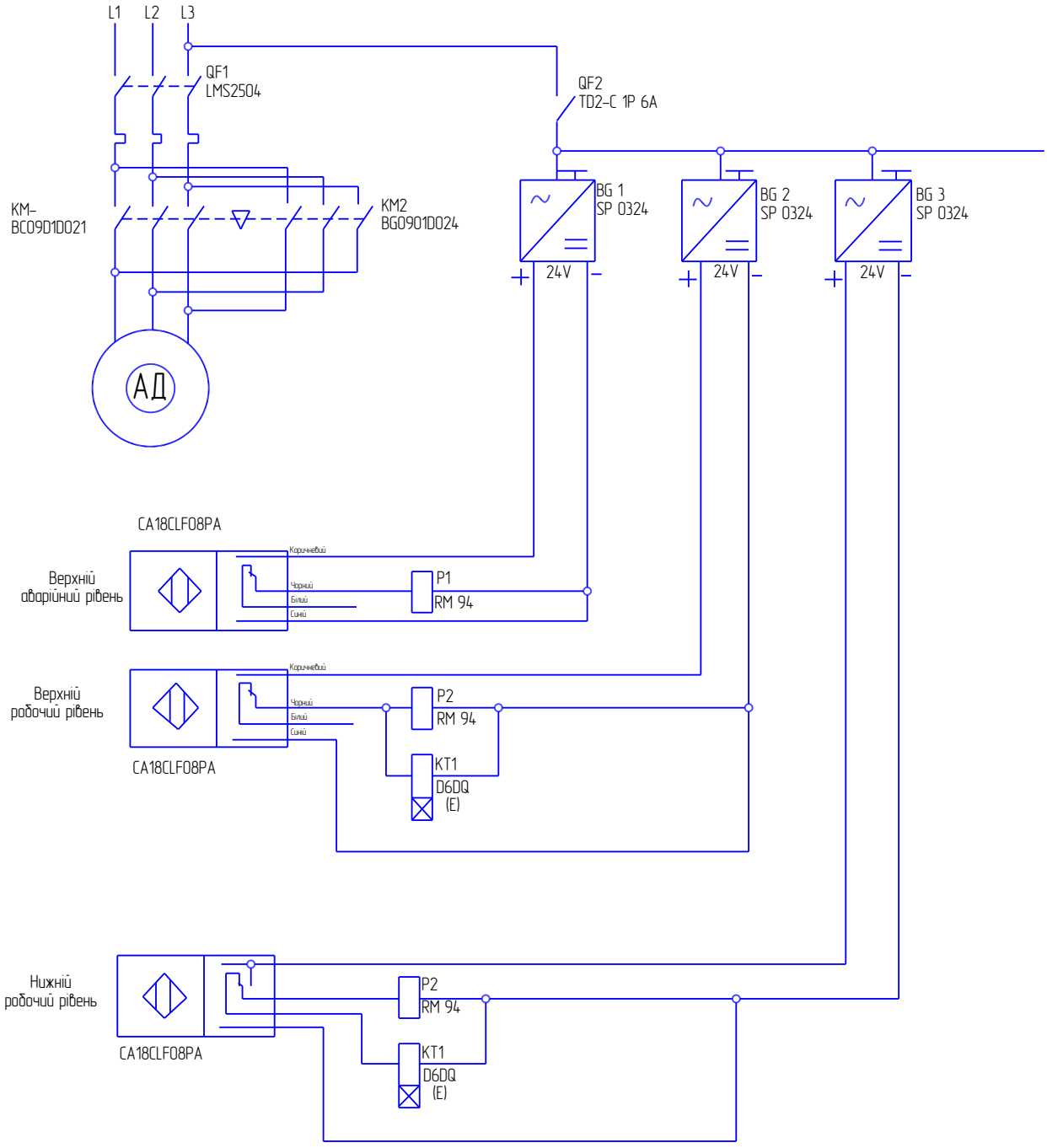
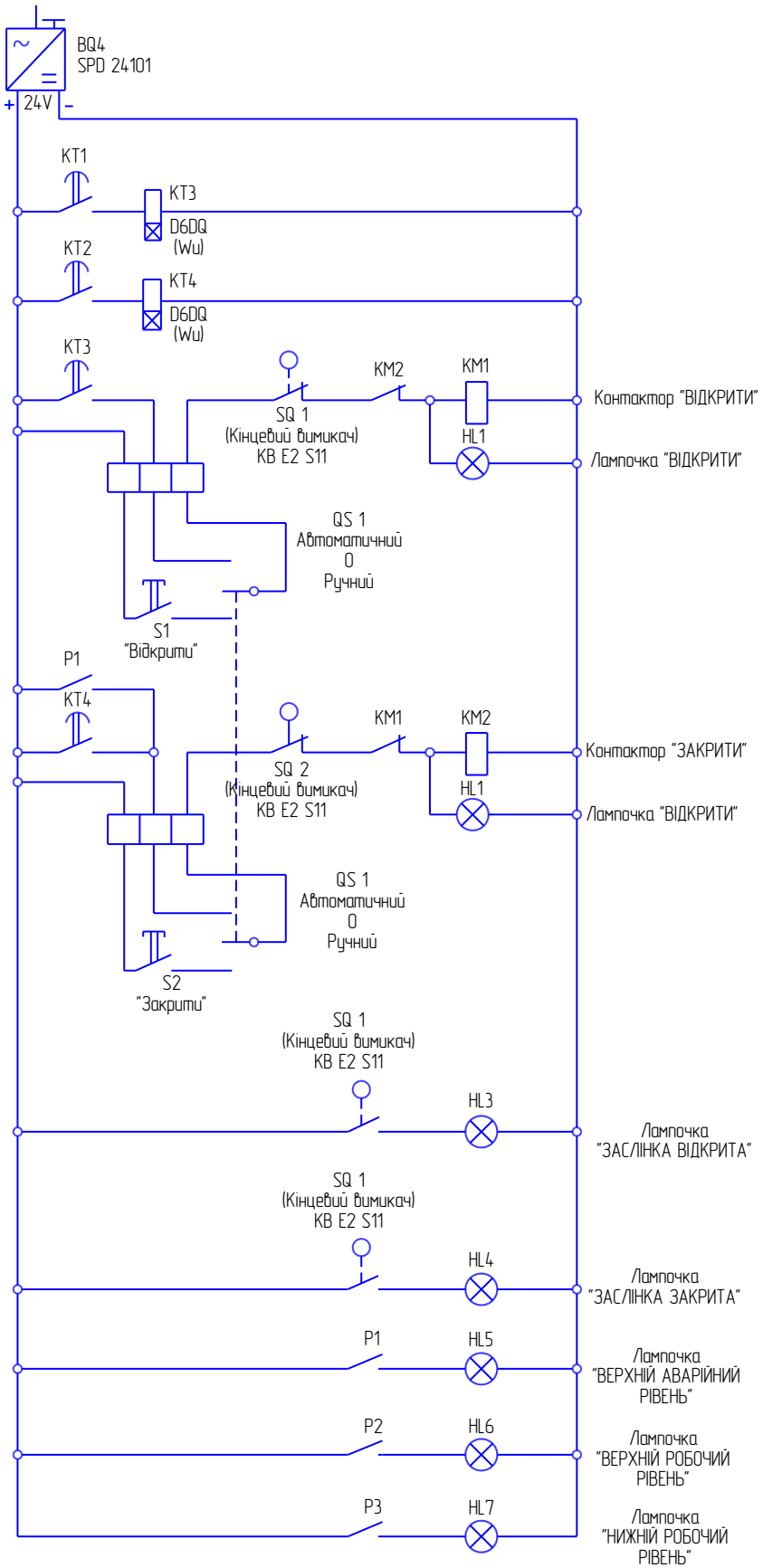



Рисунок 3.12 – Електрична схема автоматичного дозування сипучих матеріалів




Продовження рисунку 3.12.

$$I = \frac{750}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0{,}8} = 2{,}46 \text{ А}.$$

Визначаємо пусковий струм електродвигуна за формулою:

$$I_п = I_н K_i; \tag{3.2}$$

$$I_{п1} = 2{,}46 \cdot 7 = 17{,}22 \text{ А}.$$

Для заживлення асинхронного двигуна приводу засувки вибираємо провідник з алюмінієвими жилами перерізом 0,75 мм$^2$.

Для захисту двигуна вибираємо автоматичний вимикач захисту двигуна LMS 2504 з уставками теплового розщеплювача в межах 1,6 – 2,5 А, струм магнітного відімкнення 30 А.

# РОЗДІЛ 4

# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

## 4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу електрозабезпечення об'єкта

Таблиця 4.1 - Аналіз процесів формування та виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій при виконанні різних робіт

| Вид робіт | Виробнича небезпека | | | Можливі наслідки | Заходи запобіг. небезпеч. ситуацій |
|---|---|---|---|---|---|
| | Небезпечна умова (НУ) | Небезпечна дія (НД) | Небезпечна ситуація (НС) | | |
| Проведення ТО електрообладнання в цеху | Не вимкнено живлення на ел.обладнанні | Нехтування правилами ТБ | Ураження струмом | Травма | Проведення додаткових інструктажів з ТБ |
| НД ↓ НУ → НС → Т | | | | | |
| Робота на верстаті | Пасова передача від ел.двигуна до виробничого механізму немає огородження | Можливий випадковий контакт працюючого з відкритим приводом | Захват одягу (рук) працюючого | Травма | Огородити відповідним щитком ел привід |
| НУ → НС → Т; НД → НС | | | | | |

Розробка та вживання ефективних заходів запобігання аварійним і травмонебезпечних ситуаціям можливі лише при завчасному виявлення тих небезпек з яких починаються процеси їх формування. Оскільки небезпечні умови не завжди завчасно можна виявити, а для вивчення небезпечних дій іноді потрібно багато часу, щоб зібрати статичний матеріал, то і методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані.

## 4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу

### 4.2.1 Інструкція з охорони праці для працівників енергетичної служби при проведенні робіт в господарстві

**Загальні положення**

1. Дана інструкція розповсюджується на працівників, що обслуговують майстерню. Інструкція встановлює основні вимоги охорони праці і техніки безпеки при монтажі та експлуатації електрообладнання і засобів автоматики. До роботи по експлуатації допускаються особи, які пройшли інструктаж по техніці безпеки, інструктаж на робочому місці і підписались в журналі реєстрації по техніці безпеки.

2. Працівник повинен виконувати тільки ту роботу, яку доручив керівник.

3. При умові, що відомі безпечні методи її виконання. Не виконувати розпорядження, якщо вони суперечать правилам техніки безпеки і їх виконання, що може призвести до нещасних випадків.

4. Якщо виник нещасний випадок, установку необхідно відключити, подати першу медичну допомогу і доповісти про це керівника підрозділу.

5. Якщо потерпілий при свідомості, то необхідно забезпечити йому повний спокій до прибуття лікаря.

6. При відсутності у потерпілого ознак життя, негайно викликати лікаря та до приходу лікаря робити потерпілому непрямий масаж серця.

Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Перед початком роботи робіт працівник повинен уважно ознайомитися з роботою, яка йому доручається.

2. Працівник, який знаходиться поблизу електрообладнання повинен бути уважним, привести в порядок робочу одежу і оглянути засоби індивідуального захисту.

3. Одежа працівника не повинна мати вільно звисаючих кінців, а головний убір повинен виключати можливість звисання кіс.

4. Установка повинна бути обов'язково заземлена та зануленна.

5. Робочий інструмент повинен бути у справному стані та з ізоляційними ручками.

Вимоги безпеки під час роботи

1. Під час роботи забороняється виконувати перемикання в схеми під напругою.

2. Не виконувати робіт несправним інструментом, що може призвести до щасних випадків.

3. Про всі виявленні несправності та порушення вимог з техніки безпеки повідомляти головного енергетика та інженера з охоронні праці.

4. На вимкнених вимикачах напруги, на лініях яких проводиться ремонт обладнання, вивішувати плакати з попереджувальними надписами.

Вимога безпеки по закінченню роботи

1. Після закінчення роботи, працівник повинен привести в порядок робоче місце.

2. Робочі інструменти скласти у відповідні місця.

3. Про виконану роботу повідомити керівника підрозділу

4. Прибрати лишні предмети з місць проходу та не закидати прохід засобів гасіння пожежі.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. При ураженні електричним струмом, негайно відключити установку надати потерпілому першу медичну допомогу.

2. При винесенні пожежі вимкнути установки, евакуювати працівників та приступити до гасіння пожежі.

3. В приміщенні повинна бути обов’язково аптечка та вогнегасник.

### 4.2.2 Протипожежні заходи

Для запобігання пожежам на підприємстві розробляють організаційні, експлуатаційні, технічні, режимного характеру, тактико-профілактичні заходи.

До організаційних заходів відносяться правильне технічне розміщення машин, обладнання. Експлуатаційні заходи передбачають такі режими експлуатації машин і обладнання в результаті яких повністю виключається можливість виникнення іскор, полум'я при роботі машин. До технічних належать заходи, що стосується правильного монтажу та експлуатації електрообладнання. До заходів режимного характеру відносяться заборона куріння, запалювання вогню, сірників, правильне зберігання та контроль за зберіганням запасів вугілля, торфу та інших матеріалів. Тактико - профілактичні заходи передбачають швидку дію пожежних команд, своєчасне встановлення первинних засобів пожежогнегасіння, а також підтримка в справному стані водопровідної системи. Заходи запобігання пожежам від розрядів статичної та атмосферної електрики зводяться до влаштування заземлення та встановлення блискавкозахисту об'єкту.

### 4.2.3 Розрахунок штучного заземлення

Вибір штучного заземлення проводиться в залежності від характеру ґрунту і способу забивання стержнів.

Розраховуємо заземлюючий контур підстанції напругою 10/0,4 кВ з глухозаземленою нейтралю. Характер грунту – чорнозем з $\rho=2\cdot10^4$ Ом·см. Кліматична зона – IV ($К_с$ – 1,2, $К_п$ – 1,5 ). Струм замикання на землю в мережі становить 50 А.

В відповідності з діючими правилами, опір заземлюю чого пристрою повинен становити

$$R = \frac{125}{I_з} = \frac{125}{50} = 2{,}5Ом \qquad (4.1)$$

де $I_з$ – струм замикання на землю, А.

Приймаємо 3 Ом.

Контур заземлення розміщуємо в ряд з а = 5 м, l = 2,5 м. В якості стержневого заземлювача приймаємо кутникові сталь 50х50х5 мм, а протяжного – пластинчасту сталь 40х4 мм.

Опір одиночного стержня становить:

$$R_o = 0.00318\rho \cdot K_c, Ом \quad (4.2)$$

де $К_с$ – коефіцієнт сезонності для стержневого заземлювача ($К_с$ – 1,2).

$$R_o = 0.00318 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 1.2 = 76.32Ом$$

Число стержнів приймаємо 15. При цьому коефіцієнт використання стержневих заземлювачів становить $\eta_с$ = 0,7. Опір всіх стержнів розтікання струму становить:

$$R_c = \frac{R_o}{n \cdot \eta_c}, Ом \quad (4.3)$$

де п – число стержнів, шт.

$$Rc = \frac{76.32}{15 \cdot 0.7} = 7.3Ом$$

Довжина протяжного заземлювача становить l = 35 м (3500 см); приймаємо t = 50 см, b = 0,4 см. Опір протяжного заземлювача становить:

$$R_{пр} = \frac{0,366}{l} \cdot \rho \cdot 2 \cdot lg\frac{2 \cdot l^2}{t \cdot b}, Ом \quad (4.4)$$

$$R_{пр} = \frac{0,366}{3500} \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot lg\frac{2 \cdot 3500^2}{0,4 \cdot 50} = 3,2Ом$$

Коефіцієнт використання протяжного заземлювача $\eta_п$ = 0,71.

Дійсний опір протяжного заземлення становить:

$$R_п = \frac{R_{пр}}{\eta_п} = \frac{3,2}{0,71} = 4,5Ом \quad (4.5)$$

Опір всього заземлюю чого пристрою становить:

$$R_u = \frac{R_c \cdot R_п}{R_c + R_п} = \frac{4.5 \cdot 7.3}{4.5 + 7.3} = 2.78 < 3Ом \quad (4.6)$$

Отже, число стержнів вибрано вірно.

## 4.3 Захист цивільного населення

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо – техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Захист населення є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами влад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, підпорядкованими їм силами та підприємств, що забезпечують виконання організаційних, інженерно – технічних, санітарно – гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Загрози життєво важливих інтересів громадян, держави, суспільства поділяються на зовнішні та внутрішні і виникають під час надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та воєнних конфліктів.

Принципи захисту випливають з основних положень Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має право проводитися спеціальний комплекс заходів.

Оповіщення та інформування, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об’єктових систем оповіщення населення.

Спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою забезпечується створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержа-

вної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості.

Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається створеннях фонду захисних споруд.

Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об’єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно – господарських, режимно – обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

# РОЗДІЛ 5

# ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Проведемо приблизний економічний розрахунок. Наша система складається з одного мотор-редуктора, трьох ємнісних датчиків, чотирьох джерел живлення постійного струму, чотирьох реле часу, двох контакторів та семи індикаторних ламп.

Орієнтовна вартість такої системи автоматизації і керування становить С = 31000 грн. Обчислюємо обсяг капіталовкладень для впровадження цієї системи за допомогою формули:

$$K = C \cdot k_M, \tag{5.1}$$

де: $k_M$- коефіцієнт, що величину витрат на монтаж і обкатку, $k_M$=1,15;

$$K = 31000 \cdot 1{,}15 = 35\ 650 \text{ грн.}$$

Оскільки система працює в повністю автоматичному режимі, експлуатаційні витрати обмежуються лише амортизаційними відрахуваннями, технічним обслуговуванням та ремонтом.

$$\alpha = 6\ \% .$$

Величина амортизаційних відрахувань:

$$A = \alpha \cdot K, \tag{5.2}$$

$$A = 0.06 \cdot 35\ 650 = 2\ 139 \text{ грн.}$$

Розраховуємо річні приведені витрати на функціонування автоматизованої системи за допомогою формули:

$$P = A + 0{,}05 \cdot K . \tag{5.3}$$

$$P = 2\ 139 + 0.05 \cdot 35\ 650 = 3\ 922 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від впровадження системи автоматичного дозування сипучих матеріалів буде наступним:

$$E = \Delta E - P, \tag{5.4}$$

де ΔЕ означає річну економію, що виникає в результаті зменшення втрат продукції завдяки високій надійності електропостачання та стабільній подачі сипучих матеріалів.

$$E = 16\,500 - 3\,922 = 12\,578 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T = \frac{K}{E}, \tag{5.5}$$

$$T = \frac{35\,650}{12\,458} = 2{,}9 \text{ року.}$$

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

| Показник | Значення |
|---|---|
| Капітальні вкладення, грн | 35 650 |
| Амортизаційні відрахування, грн | 2 139 |
| Річні приведені витрати, грн | 3 922 |
| Річний економічний ефект, | 12 578 |
| Термін окупності, років | 2,9 |

З проведених розрахунків видно, що термін окупності складає 2,9 роки. Таким чином, дана розробка є доцільною для господарства й може бути впроваджений у подальше виробництво.

# ВИСНОВКИ

1 У кваліфікаційній роботі дано коротку характеристику ТзОВ Самбірська птахофабрика та обґрунтовано тему кваліфікаційної роботи.

2 У другому розділі проведено розрахунок електропостачання цеху, а саме, розрахунок та вибір електродвигуні, комутаційно-захисного обладнання та кабельно-провідникової продукції.

3 Проаналізовано особливості роботи і побудови кормоподрібнювальних механізмів, способів їх завантаження та дозування сипучих речовин. Запропоновано схему автоматизації сипучих речовин із використанням ємнісних давачів рівня та мотор-редуктора для регулювання продуктивності. Вибрано необхідні елементи схеми: ємнісні давачі рівня та реле часу.

4 Проаналізовано питання охорони праці.

5 Визначено термін окупності запропонованої схеми автоматизованого дозування сипучих речовин, який становить 2,9 років.

# ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Браславський І. Я., Ішматов З. Ш. Реалізація енергоощадних технологій на основі регульованих асинхронних електроприводів. Київ. Електроінформ. 2003 р. 15 с.

2. Видмиш А. А. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів. Навчальний посібник. А. А. Видмиш, С. М. Бабій, В. В. Петрусь. Вінниця. ВНТУ, 2012 р. 96 с.

3. Видмиш А. А., Трошин О. А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. Вінниця. ВДТУ, 2003 р. 135 с.

4. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ. Вікторія. 2001. 192 с.

5. Голота А. Д. Автоматика в електроенергетичних системах. Київ. Вища школа. 2006. 366 с.

6. Електромеханичні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч.посібник. М. Г. Поповіч, О. Ю. Лозинський, В.Б.Клепиков та ін. Київ: Либідь, 2005 р. 680 с.

7. Жилдецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша. 2005.

8. Жулай Є. Л., Зайцев Б. В., Лавріненко Ю. М., Марченко О. С., Войтюк Д. Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній(за ред. Жулая Є.Л.). Київ. Вища освіта, 2001 р. 288 с.

9. Колб А. А. Теорія електроприводу. Навчальний посібник. Донецьк. Національний гірничий університет, 2006 р. 511 с.

10. Лаврієнко Ю. М. Електропривод. Підручник. Київ: Ліра-К 2009 р. 504с.

11. Левонюк В. Р. Методичні рекомендації для виконання курсової роботи з дисципліни «Основи електропостачання» на тему: «Розрахунок електропостачання населеного пункту». Львів. 2023. 43 с.

12. Матвійчук В. А., Стаднік М. І., Рубаненко О. О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи. Вінниця. ВНАУ, 2016 р. 320 с.

13. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98. Офіц.вид. Київ. Держбуд України, 2001 р. 24 с.

14. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В.2.5-23-2003. Державний комітет України з будівництва та архітектури. Київ. 2004.

15. Тимочко В., Городецький І., Мазур І. та ін. Оцінка професійного ризику працівників під час обслуговування та ремонту електричного обладнання. *Вісник Львівського НУП. Серія Агроінж. дослідж*, Львів, 2024. № 28. С. 227–235. https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.127.

16. Тимочко В.О., Городецький І. М.. Березовецький А. П. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці: *навч. посібн*. Львів: Сполом, 2022. 376 с.

17. Титаренко М. В. Електротехніка: навч. посіб. для студентів інженерно-технічних (не електротехнічних) спеціальностей вузів. Київ: Кондор, 2015 р. 240 с.

18. Ярошенко Л. В. Лабораторний практикум з електропривода та електрообладнання: Навчальний посібник. Вінниця. РВВ ВНАУ, 2010 р. 192 с.