

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

**До захисту**  
**Допускається**  
**В.о. завідувача кафедри**

**Олександр ЮРЧЕНКО**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Підвищення ефективності показників надійності функціонування  
низьковольтної електронної мережі 0,4 кВ для електропостачання  
сільськогосподарських споживачів»

Виконав

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Сергій ГОВЕНЬКО**  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

**ЗЕТЕ 2401 м**

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Володимир КРАВЧЕНКО**  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Лариса ПОЛЯТИКІНА**  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2026

## АНОТАЦІЯ

**Говенько Сергій Валерійович. Підвищення ефективності показників надійності функціонування низьковольтної електричної мережі 0,4 кВ для електропостачання сільськогосподарських споживачів.**

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності показників надійності функціонування низьковольтної електричної мережі 0,4 кВ, що використовується для електропостачання сільськогосподарських споживачів. Актуальність дослідження зумовлена потребою забезпечення стабільності, енергоефективності та безперебійного живлення аграрних підприємств, які дедалі активніше впроваджують автоматизовані системи управління виробничими процесами.

У роботі виконано огляд сучасного стану електричних мереж сільськогосподарських підприємств, розглянуто показники надійності електропостачання, зокрема тривалість і частоту перерв у живленні, що безпосередньо впливають на економічні втрати споживачів. Визначено основні чинники, які знижують надійність роботи мереж 0,4 кВ, та проаналізовано комплекс організаційно-технічних і технічних заходів, спрямованих на її підвищення.

На основі фактичних даних СФГ «Гай» проведено аналіз існуючої системи електропостачання. Встановлено, що підприємство має достатню електроозброєність для забезпечення своїх виробничих процесів, проте окремі елементи системи автоматичного керування характеризуються підвищеною інтенсивністю відмов. Визначені показники надійності – інтенсивність відмов, середній час напрацювання на відмову та ймовірність

безвідмовної роботи – засвідчили необхідність модернізації окремих елементів системи.

На основі результатів дослідження розроблено комплекс технічних рішень, спрямованих на підвищення надійності електропостачання. Серед них – впровадження автомату задіяння резерву типу АВР 25А ІР 54, застосування самонесучих ізольованих проводів, використання підземних кабельних ліній, модернізація трансформаторного обладнання, заміна традиційних освітлювальних приладів на світлодіодні, а також використання сучасних засобів керування та захисту.

Економічне обґрунтування підтвердило доцільність реалізації запропонованих заходів: перехід на світлодіодне освітлення зменшує споживання електроенергії та забезпечує річну економію 29 178,8 грн при капітальних витратах 10 874 грн, що гарантує окупність протягом одного року. Впровадження АЗР зменшує час простою електроустановок з 24 год до 1 с, що дозволяє скоротити збитки від перерв у живленні на 98–99 % та підвищити рівень надійності мережі.

Проведені розрахунки підтвердили відповідність обраних проводів і кабелів умовам нагріву та механічної стійкості, що забезпечує безпечну експлуатацію системи. Економічна оцінка заходів виявила підвищення продуктивності праці на 32,6 %, скорочення трудових витрат на 12,56 люд.-год і термін окупності інвестицій 3,24 роки. Реалізація розроблених рекомендацій дозволяє підвищити коефіцієнт технічного використання мережі до 0,97, зменшити експлуатаційні витрати, забезпечити енергоефективність і стабільність функціонування системи електропостачання СФГ «Гай». Отримані результати мають практичне значення для аграрних підприємств і можуть бути використані під час модернізації низьковольтних електричних мереж сільських територій України.

**Ключові слова:** низьковольтна мережа 0,4 кВ, сільськогосподарські споживачі, автоматизація, АВР, самонесучі ізольовані проводи.

## ABSTRACT

**Hovenko Serhii Valeriiovych. Improving the efficiency of reliability indicators of a 0.4 kv low-voltage electric network for power supply to agricultural consumers.**

Master's qualification thesis for the degree of Master in the educational program "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics" in specialty 141 "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics." Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The qualification thesis is devoted to improving the efficiency of reliability indicators of a 0.4 kV low-voltage electric network used for supplying power to agricultural consumers. The relevance of the study lies in the need to ensure stability, energy efficiency, and uninterrupted power supply to agricultural enterprises that are increasingly implementing automated systems for managing production processes.

The thesis provides an overview of the current state of electrical networks in agricultural enterprises and examines power supply reliability indicators such as the duration and frequency of interruptions, which directly affect the economic losses of consumers. The main factors reducing the reliability of 0.4 kV networks have been identified, and a set of organizational-technical and technical measures aimed at improving reliability has been analyzed.

Based on actual data from the private farm Hai, the existing power supply system was analyzed. It was found that the enterprise has sufficient electrification to support its production processes; however, certain elements of the automatic control system show increased failure rates. The calculated reliability indicators – failure rate, mean time between failures, and probability of failure-free operation – confirmed the need for modernization of specific system components.

According to the results of the study, a set of technical solutions has been developed to enhance the reliability of power supply. Among them are the implementation of an automatic reserve input switch (type AVR 25A IP 54), the

use of self-supporting insulated wires, underground cable lines, modernization of transformer equipment, replacement of conventional lighting devices with LED fixtures, and the application of modern control and protection systems.

The economic justification confirmed the feasibility of the proposed measures: the transition to LED lighting reduces electricity consumption and provides an annual saving of 29 178,8 UAH with capital costs of 10 874 UAH, ensuring payback within one year. The implementation of the automatic reserve input (ARI) reduces the downtime of electrical installations from 24 hours to 1 second, which allows losses from power interruptions to be decreased by 98–99 % and increases the overall network reliability.

The performed calculations confirmed that the selected conductors and cables meet the thermal and mechanical stability requirements, ensuring safe operation of the system. The economic evaluation revealed a 32,6 % increase in labor productivity, a reduction of 12,56 man-hours in labor input, and an investment payback period of 3,24 years.

The implementation of the proposed recommendations increases the network utilization factor to 0,97, reduces operating costs, and ensures energy efficiency and stable functioning of the “Hai” farm’s power supply system. The obtained results have practical value for agricultural enterprises and can be used when modernizing low-voltage electrical networks in rural areas of Ukraine.

**Keywords:** low-voltage network 0.4 kV, agricultural consumers, automation, AVR, self-supporting insulated wires.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ СПОЖИВАЧІВ	16
1.1. Показники надійності системи електропостачання с.-г. споживачів .....	16
1.2. Способи забезпечення надійності електричної мережі .....	19
1.3. Переваги та недоліки систем .....	20
Висновки.....	25
2 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ .....	26
2.1. Аналіз існуючого стану системи електропостачання об'єкту (СФГ «Гай»).....	26
2.2. Розрахунок показників надійності існуючої електричної системи мережі .....	29
2.3. Обґрунтування заходів щодо підвищення ефективності надійності системи електропостачання.....	34
Висновки.....	34
3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	36
3.1. Обґрунтування впровадження методу підвищення ефективності надійності .....	36
3.2. Розрахунок показників надійності після впровадження заходів .....	48
3.3. Оцінка ефективності методу.....	49
Висновки.....	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	53
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	59
Висновки.....	65
ВИСНОВКИ .....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	71
ДОДАТКИ .....	76

## ВСТУП

Для підвищення продуктивності і полегшення праці в аграрному секторі необхідно акцентувати увагу на комплексному використанні електроенергії та поглибленні автоматизації сільського господарства.

Нормативно-правові акти, що реформують аграрний сектор, приносять позитивні зміни в сільськогосподарському виробництві країни.

Останнім часом парк енергообладнання в аграрній сфері значно поповнився та став більш удосконаленим за енергетичними параметрами. Господарства споживають більш як 10% всієї виробленої в країні електроенергії, і сільське господарство України має провідне місце серед інших галузей в енергопотужності, кількості та різноманітності використовуваного електрообладнання.

Науково-дослідні та проєктні установи здійснюють розроблення інноваційних автоматизованих систем управління, до складу яких входять керувальні обчислювальні пристрої (КОП). Використання таких пристроїв забезпечує функціонування технологічних процесів у раціональних режимах, що сприяє істотному зниженню трудомісткості робіт, підвищенню продуктивності та покращенню якості сільськогосподарської продукції.

Варто наголосити, що завдання автоматизації не обмежується лише економією трудових ресурсів і підвищенням ефективності експлуатації технічних засобів. Її впровадження сприяє формуванню енергозберігаючих і ресурсоефективних технологій, а також зростанню врожайності культур, продуктивності тварин і птиці. Не менш важливим аспектом є створення безпечних і комфортних умов праці для персоналу, задіяного в автоматизованих виробничих процесах.

**Мета дослідження** полягає в підвищенні ефективності показників надійності функціонування низьковольтної електронної мережі 0,4 кВ для електропостачання сільськогосподарських споживачів.

***Завдання дослідження:***

- Провести аналіз основних показників надійності, які використовуються для оцінки функціонування електропостачання в сільському господарстві;
- Дослідити існуючі методи та технології, що використовуються для підвищення надійності електричних мереж;
- Провести порівняльний аналіз переваг та недоліків різних систем забезпечення надійності електропостачання;
- Виконати огляд існуючої системи електропостачання в обраному господарстві, вивчити її структуру та функціонування;
- Виконати розрахунки ключових показників надійності для існуючої системи електропостачання;
- Розробити пропозиції щодо покращення надійності системи електропостачання на основі проведеного аналізу;
- Описати та обґрунтувати вибір конкретного методу або технології для підвищення надійності електропостачання;
- Провести розрахунки нових показників надійності після впровадження запропонованих заходів;
- Оцінити економічну та практичну ефективність впроваджених заходів;
- Проаналізувати питання охорони праці в контексті електропостачання сільськогосподарських об'єктів;
- Провести аналіз витрат та вигод, пов'язаних з впровадженням заходів щодо підвищення надійності електропостачання.

***Методи дослідження***, які будуть застосовані в роботі, включають аналіз, синтез, порівняння, а також економічний аналіз для визначення доцільності впровадження нових технологій у системах електропостачання.

***Наукова новизна роботи*** полягає в системному підході до підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів, що

дозволить забезпечити стабільність та ефективність їх функціонування в умовах сучасного аграрного виробництва.

*Практичне значення отриманих результатів* полягає в розробці рекомендацій та заходів, які можуть бути впроваджені в практику сільськогосподарських підприємств для підвищення надійності електропостачання, що, в свою чергу, сприятиме зростанню продуктивності та конкурентоспроможності аграрного сектора України.

# 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ СПОЖИВАЧІВ

## 1.1. Показники надійності системи електропостачання с.-г. споживачів

Питання забезпечення надійності технічних систем почало активно розроблятися у 50-ті роки ХХ століття, насамперед у контексті функціонування радіоелектронних пристроїв та систем автоматики. Водночас системи електропостачання мають низку специфічних особливостей конструкції та експлуатації, які відрізняють їх від інших технічних комплексів.

До таких особливостей належать:

- безперервний характер процесу енергопостачання, що охоплює нерозривний ланцюг виробництва, передавання та споживання електроенергії;
- багатофункціональне використання енергії споживачами, які мають різні вимоги до її якості, стабільності та рівня надійності;
- надзвичайно мала імовірність повного виходу системи з ладу або необхідності її повної заміни, оскільки вона складається з численних взаємопов'язаних елементів, має резервні канали та надлишкові потужності;
- складна структура елементної бази (обладнання, комутаційних апаратів, мережевих сегментів), для яких властивості надійності залежать від конструкційних рішень, типу матеріалів, технології виготовлення та умов експлуатації;
- труднощі у збиранні достовірних статистичних даних під час випробувань, адже відтворення реальних експлуатаційних умов у лабораторіях або на заводах практично неможливе. Це ускладнює об'єктивну

оцінку середнього часу безвідмовної роботи, який обчислюється роками й залежить від режимів обслуговування та профілактики.

Рівень надійності електропостачання безпосередньо впливає на стабільність роботи промисловості, аграрного сектору та побутових споживачів. Порушення безперебійного живлення може спричинити масштабні економічні втрати та навіть національні кризи, що підтверджують відомі енергетичні аварії у світі.

Надійність у технічному розумінні трактується як здатність об'єкта протягом певного часу зберігати робочі параметри в межах, які забезпечують виконання заданих функцій за конкретних умов експлуатації, технічного обслуговування, транспортування й зберігання [16].

Стосовно електроенергетичних систем під надійністю розуміють здатність мережі стабільно забезпечувати споживачів електричною енергією встановленої якості у будь-який момент часу. Це поняття охоплює два ключові аспекти – безперервність подачі енергії та стабільність її параметрів (частоти й напруги) [2].

Перебої в електропостачанні, зумовлені різними типами споживачів, можуть мати різну тяжкість наслідків – від незначних збоїв до зупинки виробництва. Саме тому підвищення рівня надійності електропостачання залишається одним із пріоритетних напрямів практичної електроенергетики.

Показники надійності – це кількісні параметри, які характеризують певні властивості системи, що визначають її здатність стабільно функціонувати. Їхні значення встановлюють на основі результатів експлуатаційних спостережень або спеціальних випробувань.

Однією з ключових споживчих характеристик системи є її здатність забезпечувати стабільне живлення користувачів. У будь-який момент часу система може перебувати в одному з таких станів: робочому, у плановому ремонті, у режимі аварійної зупинки або в резерві.

Для споживачів основними критеріями надійності виступають частота та тривалість відключень електроенергії. Для мереж із радіальною схемою

живлення будь-яке технічне обслуговування чи аварійні роботи призводять до перерви подачі енергії, тому середня тривалість таких простоїв розглядається як важливий показник надійності.

Якщо ж втрати споживача зростають зі збільшенням тривалості простою, то особливого значення набуває час відновлення живлення. У таких випадках запроваджується поняття максимально допустимого періоду перерви в енергопостачанні – граничного часу, протягом якого зупинка не спричиняє порушення технологічного процесу.

При комплексній оцінці надійності електричних мереж доцільно враховувати такі показники:

- кількість ліній, що зазнали відключення;
- середній час відновлення подачі енергії з урахуванням усіх типів відключень – аварійних, планових і позапланових;
- ймовірність того, що середня тривалість відновлення не перевищить допустиме значення.

Оскільки елементи електроенергетичних систем здатні до відновлення після відмов, під час аналізу їх надійності використовують спеціальні показники, характерні для відновлюваних об'єктів.

Найчастіше застосовують такі параметри [2]:

- інтенсивність відмов (частота відключень) – середня кількість збоїв за певний період (зазвичай рік) для одного елемента системи або на 1 км лінії електропередач;
- середній час відновлення працездатності після відмови;
- коефіцієнт готовності та коефіцієнт технічного використання, що характеризують імовірність перебування об'єкта в робочому стані;
- коефіцієнт оперативної готовності для резервних джерел живлення.

Серед наведених параметрів найбільш універсальним вважають коефіцієнт технічного використання, адже він відображає відносну тривалість функціонування системи у справному стані та дозволяє комплексно оцінити її ефективність і стабільність роботи.

## 1.2. Способи забезпечення надійності електричної мережі

Для забезпечення стабільного функціонування різних груп сільськогосподарських споживачів необхідно впроваджувати комплекс заходів, спрямованих на підвищення надійності систем електропостачання. У практиці експлуатації сільських енергетичних мереж застосовують два основні типи таких заходів – організаційно-технічні та технічні.

Організаційно-технічні заходи не потребують значних фінансових витрат, оскільки базуються переважно на удосконаленні управління, підвищенні професійної підготовки персоналу та оптимізації виробничих процесів експлуатаційних служб. До них належать [12], [14]:

- посилення вимог до дисципліни праці, дотримання виробничих регламентів та норм охорони праці;
- створення умов для постійного підвищення кваліфікації технічного персоналу;
- раціональне планування поточних і капітальних ремонтів, профілактичних перевірок і випробувань, а також виконання аварійно-відновлювальних робіт;
- упровадження практики ремонту ліній під напругою, що раніше майже не застосовувалося у сільських електромережах, але ефективно використовується в енергосистемах напругою понад 110 кВ, значно скорочуючи тривалість перерв у постачанні електроенергії;
- підготовка персоналу до роботи згідно з вимогами інструкцій і норм техніки безпеки шляхом проведення регулярних навчань та інструктажів;
- удосконалення системи виявлення і ліквідації пошкоджень шляхом застосування спеціалізованої апаратури, механізованих засобів, автотранспорту, радіозв'язку, диспетчеризації й телемеханізації, що дозволяє скоротити час на відновлення працездатності мереж;

– завчасне формування аварійних запасів матеріалів, устаткування та техніки. Важливо забезпечити оптимальний рівень цих запасів: надлишкові обсяги знижують ефективність капіталовкладень, а їх дефіцит може спричинити затримки під час ліквідації аварій.

Технічні заходи підвищення надійності енергопостачання передбачають певні капітальні інвестиції, оскільки пов'язані з модернізацією обладнання, реконструкцією схем електромереж і впровадженням сучасних технологій. До них відносяться [12], [14]:

– поетапна заміна морально й фізично застарілих елементів мереж – опор, ізоляторів, проводів, комутаційних пристроїв, трансформаторного й підстанційного обладнання – з метою підвищення їхньої надійності та довговічності;

– зменшення протяжності радіальних ліній електропередач для скорочення зони відключення у разі аварій;

– використання підземних кабельних ліній, менш вразливих до погодних і механічних факторів;

– створення систем резервування на мережевому та локальному рівнях;

– впровадження автономних або резервних електростанцій для підтримання живлення критично важливих споживачів під час аварій;

– автоматизація процесів керування сільськими електричними мережами, що дає змогу своєчасно реагувати на відхилення в роботі;

– застосування сучасних засобів і методів технічної діагностики для раннього виявлення дефектів і прогнозування відмов.

### **1.3. Переваги та недоліки систем**

В розподільних мережах напругою до 1 кВ широке застосування знаходять повітряні лінії електропередач з ізольованими проводами (ПЛЛ), а в мережах напругою 6-35 кВ – з покритими (захищеними) проводами (ПЛП).

Вартість таких ліній вища, ніж традиційних повітряних ліній з неізолюваними алюмінієвими та сталєво-алюмінієвими проводами, однак вони мають ряд переваг [10]:

- витрати на їх експлуатацію нижчі, ніж для традиційних ліній, а надійність електропостачання споживачів вища, оскільки виключені короткі замикання через схлестування проводів, обриви через падіння дерев та налипання снігу;

- зменшуються габарити ліній до землі та інженерних споруд, що дозволяє зменшувати висоту, а отже, і вартість опор;

- знижуються витрати на монтаж ПЛЛ, зумовлені вирубкою більш вузької просіки в лісовій місцевості, а для ПЛЛ напругою 0,38 кВ – можливістю вести монтаж проводів по фасадах будівель в умовах міської забудови, відсутністю ізоляторів та траверс, можливістю спільної підвіски на вже існуючих лініях низької та високої напруги, а також на лініях зв'язку;

- спрощується ремонт і монтаж ліній, скорочуються їх терміни;

- знижується можливість несанкціонованих підключень до ліній;

- знижується можливість ураження електричним струмом під час монтажу, ремонту та експлуатації, а також під час робіт поблизу лінії;

- у порівнянні з традиційними лініями ПЛЛ мають нижчий реактивний опір.

Для ліній напругою 0,38 кВ та відгалужень від них до житлових будинків і господарських будівель застосовують двопровідні, трьохпровідні та чотирипровідні самонесучі ізолювані проводи. Вони можуть містити провід для підключення вуличного освітлення і складаються з трьох ізолюваних фазних проводів, виконаних з ущільнених алюмінієвих дротів, скручених поверх несучого нульового проводу.

Всю механічну навантаження в проводах СП-1 і СП-2 несе нульовий провід, який виконується з сталєво-алюмінієвого проводу або проводу з

алюмінієвого сплаву. У проводах СП-1 і СП-2 несучий нульовий провід є неізольованим (рис. 1.1, а, б).

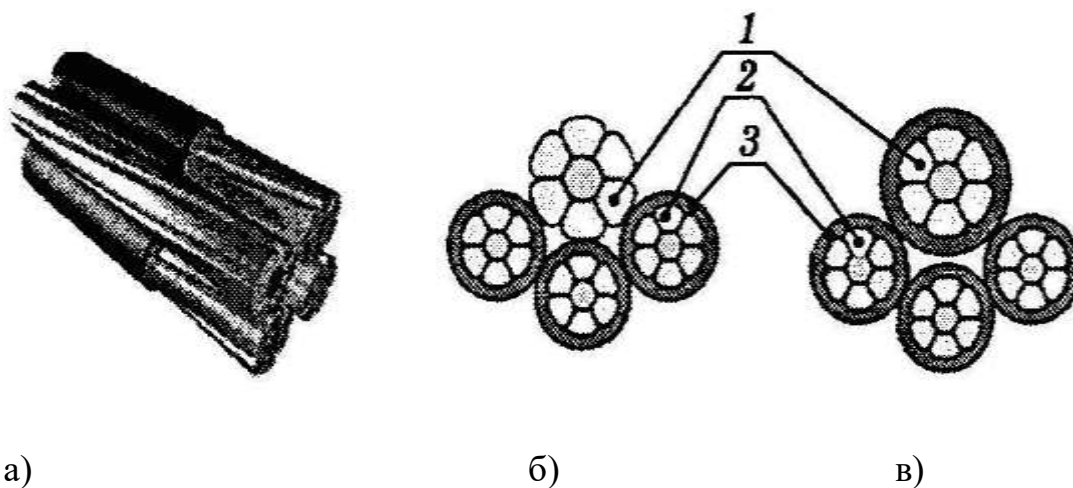


Рис. 1.1. Самонесучі ізольовані проводи:

а – зовнішній вигляд; б – СП-1, СП-2; в – СП-1А, СП-2А:

1 – несучий нульовий провід; 2 – фазні проводи; 3 – ізоляція з поліетилену.

Проводи СП-1А і СП-2А містять ізольований нульовий провід (рис. 1.1, в). У них всі чотири проводи є несучими, тобто механічне навантаження розподіляється між усіма провідниками, що робить ці проводи технологічнішими та зручнішими в монтажі.

У проводах СП-1 і СП-1А ізоляція виконується з термопластичного світлостабілізованого поліетилену, у проводах СП-2 і СП-2А – з зшитого світлостабілізованого поліетилену.

У проводі СП-4 (рис. 1.2) фазні та нульовий проводи виконані з алюмінію і мають однакову площу перерізу. Ізоляцію СП-4 виконують з термопластичного світлостабілізованого поліетилену, СПн-4 – з світлостабілізованої полімерної композиції, що не розповсюджує горіння, СПс-4 – з зшитого світлостабілізованого поліетилену.

Проводи ПЛП скручені в жгут і можуть кріпитися за допомогою гаків, кронштейнів і арматури до опор, а для ліній напругою до 1 кВ – до стін будівель і споруд.

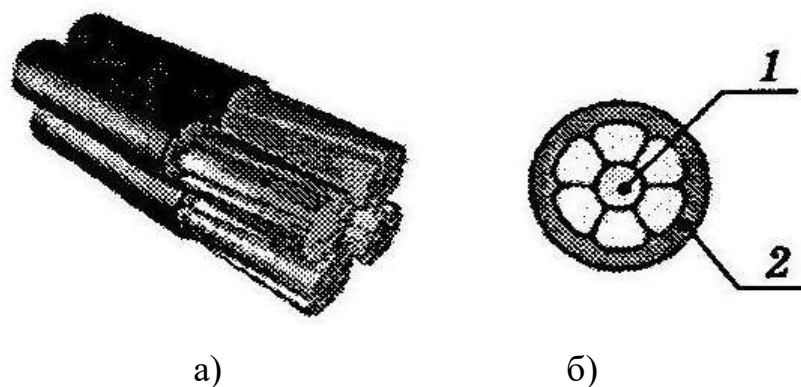


Рис. 1.2. СП-4:

а – зовнішній вигляд; б – склад проводу:

1 – токопровідна жила; 2 – ізоляція з поліетилену.

На ПЛП напругою 10-20 кВ застосовують одножильний самонесучий ізольований провід СП-3 (рис. 1.3). Він складається з токопровідної жили та ізолюючої оболонки з зшитого світлостабілізованого поліетилену. Жила площею перерізу 35-150 мм виконана з алюмінієвого сплаву високої міцності або алюмінієвого проводу, зміцненого сталевим дротом.

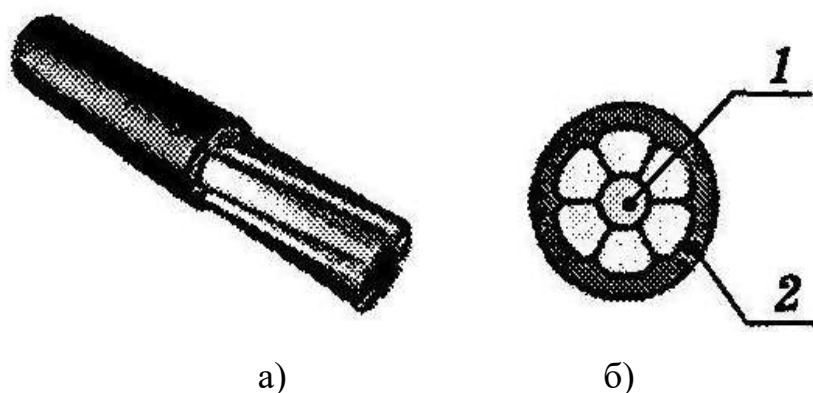


Рис. 1.3. Провід марки СП-3:

а – зовнішній вигляд; б – склад проводу:

1 – токопровідна жила; 2 – ізоляція з поліетилену.

Допустиме нагрівання ізольованих і захищених проводів обмежене властивостями ізоляції. Більш висока допустима температура нагріву СП, ніж для кабельних ліній, пояснюється тим, що проводи знаходяться на відкритому повітрі, а отже, мають кращі умови охолодження, ніж прокладені в землі кабелі з пластмасовою ізоляцією. Разом з тим, токоведучі частини проводу захищені від безпосереднього сонячного нагріву.

Ще одним з напрямків підвищення надійності елементів електричних мереж є використання щоглових (стовпчикових) трансформаторних підстанцій 6-10/0,4 кВ, які мають такі переваги:

- простота і невисока вартість їх спорудження;
- швидко встановлюються і не вимагають тривалої підготовки до пуску, швидко демонтуються;
- не становлять небезпеки для навколишнього середовища;
- роздільне розміщення високовольтного та низьковольтного обладнання підстанції. Високовольтна частина відкрито розміщена на конструкціях або на опорі ПЛ на значній висоті, низьковольтна – внизу в розподільній шафі. Таке розміщення дозволяє зменшити займану площу, відмовитися від фундаменту, знизити металомісткість, а отже, і вартість;
- щоглові трансформаторні підстанції (ЩТП) можна розташувати поруч зі споживачами електроенергії (жилі будинки, господарські споруди) і відмовитися від необхідності спорудження протяжних низьковольтних ліній, тим самим знизивши втрати електроенергії і вартість електричної мережі;
- високовольтне обладнання стає недоступним з землі, запобігаються спроби крадіжки електрообладнання, злив трансформаторного масла;
- через хорошу вентиляцію різко знижується підверженість корозії трансформатора та високовольтних запобіжників;

- роздільне розміщення високовольтної та низьковольтної частин обладнання дозволяє безпечно проводити обслуговування і ремонт низьковольтного обладнання навіть у погану погоду;

- наочність схеми, відкрита установка високовольтного обладнання забезпечує високу надійність роботи ЩТП;

- естетичний зовнішній вигляд.

До недоліків щоглових підстанцій необхідно віднести:

- в першу чергу незручність експлуатації і ремонту обладнання;

- незадовільні умови роботи обладнання внаслідок постійних впливів на нього сонячного тепла, атмосферних опадів (дощ, сніг, град), пилу і хімічних речовин, що містяться в повітрі.

## **Висновки**

У даному розділі було проведено аналіз методів підвищення надійності системи електропостачання сільськогосподарських споживачів, зокрема розглянуті ключові показники надійності, способи забезпечення стабільності електропостачання, а також переваги та недоліки різних систем. Надійність електропостачання визначається як здатність електричної системи забезпечувати споживачів електричною енергією заданої якості в будь-який момент часу, що включає в себе як безперервність постачання, так і якість електроенергії. Важливими показниками надійності є тривалість і частота перерв у електропостачанні, що безпосередньо впливають на економічні втрати споживачів.

Для підвищення надійності електричних мереж були визначені організаційно-технічні та технічні заходи. Перші не потребують значних капіталовкладень і базуються на кваліфікованому управлінні та раціональній організації робіт, тоді як технічні заходи вимагають інвестицій у модернізацію обладнання та розвиток електричних схем. Серед технічних рішень, що підвищують надійність, слід відзначити впровадження

самонесучих ізольованих проводів, використання підземних кабельних мереж, автоматизацію, а також створення резервних джерел електропостачання.

Загалом, для досягнення високої надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів необхідно комплексно підходити до вирішення цієї проблеми, впроваджуючи сучасні технології, підвищуючи кваліфікацію персоналу та оптимізуючи організаційні процеси.

## **2 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **2.1. Аналіз існуючого стану системи електропостачання об'єкту (СФГ «Гай»)**

СФГ «Гай» знаходиться в Сумській області Роменського району в с. Гаї на відстані 12 км до районного центру м.Ромни та 116 км до обласного центру м. Суми і 15 км до залізничної станції «Ромни».

У селі Гаї розташована Сільська рада, є пошта, Гаївська загальноосвітня школа, дитячий садок. На території села діє амбулаторія.

Підприємство СФГ «Гай» знаходиться за адресою Сумська обл., Роменський р-н, с. Гаї, вул. Конотопська буд. 102.

Населення становить 572 людини станом на 2001 рік. На відстані 1 км розташоване село Борозенка. Через село проходить автомобільний шлях.

Сільськогосподарське фермерське господарство «Гай» займається господарською діяльністю, пов'язану із вирощуванням сільськогосподарських продуктів та їх реалізацією. Підприємство функціонує як самостійна юридична особа, має власний баланс, розрахунковий та інші банківські рахунки, володіє майновими і немайновими правами та зобов'язаннями. Для офіційного оформлення документів використовуються кругла печатка з повним найменуванням підприємства, а також необхідні штампи й інші реквізити.

Основним призначенням діяльності господарства є вирощування сільськогосподарських культур, їх первинна і технологічна переробка, участь у ринкових відносинах та отримання прибутку шляхом задоволення потреб населення, підприємств, організацій та установ у продукції, товарах і послугах, що належать до напрямів діяльності господарства. У своїй роботі підприємство діє відповідно до чинного законодавства України, положень власного Статуту та внутрішніх нормативних документів, що регламентують порядок його господарської, фінансової та організаційної діяльності.

Відповідно до чинного законодавства України селянське (фермерське) господарство «Гай» має право без обмежень здійснювати будь-яку підприємницьку діяльність, за умови дотримання вимог нормативно-правових актів. Предмет діяльності господарства охоплює широкий спектр напрямів, зокрема:

- організацію виробництва товарної сільськогосподарської продукції та сировини, а також їх подальшу реалізацію на внутрішньому й зовнішньому ринках;

- організацію оптової й роздрібною торгівлі матеріальними, сировинними ресурсами, товарами виробничо-технічного призначення, споживчими товарами, сільськогосподарською та іншою продукцією;

- здійснення транспортно-логістичних перевезень;

- операції з купівлі, продажу, оренди та надання в користування будівель, приміщень, обладнання й іншого нерухомого майна.

Усі господарські взаємовідносини СФГ «Гай» з підприємствами, установами, організаціями та фізичними особами реалізуються на договірній основі, що забезпечує правову визначеність, відповідальність сторін і стабільність економічної діяльності.

Село Гаї Роменського району знаходиться у третьому агрокліматичному районі Сумської області. Клімат даної місцевості характеризується як помірно-континентальний. Середня температура повітря найтеплішого місяця липня + 19,7 °С, а самого холодного – січня -7,1 °С. За

багаторічними спостереженнями Сумської та Роменської метеостанції середньорічна температура повітря становить + 6,4°.

До несприятливих метеоявищ в с. Гаї Роменського району можна віднести:

1) Для зими характерні тумани, хуртовини, які впливають на незручності в роботі транспорту. А ожеледиця є небезпечним явищем не лише для роботи транспорту, а й розвитку сільського господарства;

2) на весні спостерігаються приморозки які можливі до кінця травня, що є небезпечним для квітучих садів. Навесні починаються грози, часто бувають зливи, пилові бурі;

3) У теплий період часто проходять грози. Грози йдуть 19-26 днів на рік, іноді випадає град. Влітку виникають посухи, що завдають чималих збитків сільському господарству.

СФГ «Гай» має задовільну електроозброєність. На сьогоднішній день в господарстві споживається в середньому за рік (Додаток А):

- 11003,4 кВт/год, 2022 р.
- 10963,8 кВт/год, 2023 р.
- 7365, 7 кВт/год, 2024 р.

Підприємство є споживачем III категорії надійності. Електропостачання здійснюється від КТП 10/0,4кВ потужністю 250 кВА № 315 «Гаї», яка знаходиться за 1,5 км від господарства

В майбутньому планується будівництво резервної лінії електропостачання.

Облік використаної електричної енергії на підприємстві здійснюється за допомогою лічильника типу СА4У-І5. Електропостачання господарства надходить від трансформаторної підстанції через повітряну лінію електропередачі, змонтовану на залізобетонних опорах. Переріз фазних проводів становить 50 мм<sup>2</sup>, а нульового – 25 мм<sup>2</sup>. Живлення здійснюється від трифазної мережі напругою 380/220 В із глухо заземленою нейтраллю на стороні живильної підстанції. Розподіл електроенергії всередині об'єкта

виконано проводом марки АПВ, прокладеним у сталевих трубах під підлогою та вздовж стін приміщення. Загальний технічний стан електричної лінії оцінюється як задовільний і придатний до подальшої експлуатації.

З метою підвищення продуктивності, покращення умов праці, на підприємстві електрифіковано і автоматизовано майже всі технологічні процеси.

## **2.2. Розрахунок показників надійності існуючої електричної системи мережі**

СФГ «Гай» для забезпечення функціонування всіх господарських процесів має на своїй території основну технологічно-господарську будівлю, заправну станцію, та територію господарства, на якій в робочий період знаходиться необхідне устаткування.

Господарсько-виробничі приміщення селянсько-фермерського господарства використовуються як приміщення для технологічної переробки та зберігання сільськогосподарської продукції.

Конструкція технологічно-господарської будівлі одноповерхова. Розміри становлять: довжина –  $A=53$  м, ширина  $B=30,5$  м, висота  $H=4$  м. Стіни виготовлені з глиняної цегли.

Дах покритий азбоцементними листами по дерев'яній обрешітці. Підлога у всіх приміщеннях залізобетонна. В кімнаті для відпочинку підлога покрита лінолеумом. Стіни і стеля побілені вапном, що сприяє більш ефективному використанню природного та штучного світлових потоків.

У приміщенні передбачено природне та штучне освітлення. Штучне освітлення виконане лампами розжарювання.

Навколишнє середовище у приміщеннях сухе та відносно-сухе.

Для правильного вибору освітлювальних і опромінюваних приладів, розподільних пунктів, освітлювальних щитків, проводів, кабелів та

забезпечення безпечної експлуатації освітлювальних установок визначимо категорії приміщень за умовами мікроклімату в них (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

## Характеристика технологічних приміщень СФГ «Гай»

№ п/п	Назва приміщень	Категорія	
		За умовами навколишнього середовища	За ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом
1	Зерносховище та приміщення для зберігання та переробки зерна	сухе	без підвищеної небезпеки
2	Приміщення для технологічної переробки олійних культур	відносно сухе	без підвищеної небезпеки
3	Щитова	сухе	без підвищеної небезпеки
4	Інвентарна	сухе	без підвищеної небезпеки
5	Гаражне відділення	відносно сухе	без підвищеної небезпеки
6	Кімната для персоналу	сухе	без підвищеної небезпеки
7	Тамбур-експедиція	вологе	без підвищеної небезпеки

Далі наведемо технічні характеристики стандартного технологічного обладнання господарства (табл. 2.2-2.4).

Таблиця 2.2

## Технічні характеристики дробарки ДКУ 1,2

Продуктивність:	1000 кг / год.
Потужність двигуна:	7,5 кВт.

Таблиця 2.3

## Технічні характеристики маслопреса ММШ – 220

Продуктивність:	200-220 кг/год;
Встановлена потужність:	11 кВт;
Підігрів сировини:	5 кВт;
Вихід олії:	36-43%;
Маса:	625 кг;
Габаритні розміри:	1750x800x2070 мм.

Таблиця 2.4

## Технічні характеристики зернотранспортеру цепного скребкового ТСЦ-50

Позначення конвеєра:	ТСЦ-50
Продуктивність, т / год (по зерну):	50
Потужність приводу, кВт:	4
Максимальна довжина транспортера, м:	50
Поперечний перетин ВxН, мм:	320x480

Ключовими характеристиками надійності елементів та систем автоматики є середній напрацювання на відмову і ймовірність безвідмовного функціонування.

Базовим кількісним показником, що використовується для оцінювання надійності автоматизованих процесів, виступає інтенсивність відмов окремих елементів. Її визначають за спеціальними довідковими таблицями, складеними на основі статистичних спостережень за роботою аналогічного обладнання в експлуатаційних умовах. Такі дані дають змогу прогнозувати тривалість роботи систем без збоїв і планувати технічне обслуговування з урахуванням реальних показників надійності.

Інтенсивність відмов ( $\lambda_{\Sigma}$ ) системи автоматичного керування визначається наступним чином:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda \cdot K \quad (2.1)$$

де  $\lambda$  – значення інтенсивності відмов 1-го елементу;

- у лабораторних умовах  $K = 1$ ;
- для стаціонарного обладнання  $K = 10-15$ ;
- для пересувних установок  $K = 25-30$ .

Середній час безвідмовної роботи ( $T_{\text{нар}}$ ) є величиною, оберненою до показника інтенсивності відмов у системах автоматичного керування, і визначає період стабільного функціонування елемента до появи несправності.

$$T_{\text{нап}} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} \quad (2.2)$$

Ймовірність безвідмовної роботи підпорядковується експоненціальному закону і визначається для окремого елемента:

$$P(t) = e^{-\lambda_{\Sigma} t_x} \quad (2.3)$$

для всієї системи 
$$P_{\Sigma}(t) = e^{-\lambda_{\Sigma} t_1}$$

де  $t_1$  – час роботи, для якого визначаються параметри надійності.

Розглянемо приклад визначення показників надійності системи автоматичного керування електричною мережею у СФГ «Гай», яка складається із генератора змінного струму виконавчого механізму селенового випрямляча, п'ять регульованих реостатів і двох трансформаторів зворотного зв'язку.

Розрахунок цієї задачі необхідно почати з вибору по табл. 2.1 значення інтенсивності відмов елементів, які входять в систему автоматичного керування.

Таблиця 2.1

Інтенсивності відмов елементів, які входять в систему автоматичного керування електричною мережею у СФГ «Гай»

№	Елементи	Інтенсивність відмов $\lambda \cdot 10^{-3\frac{1}{2}}$	Кількість елементів, п. Шт	Інтенсивність відмов $\lambda \cdot 10^{-6\frac{1}{2}}$
1	Автоматичний вимикач АЕ-2026	0,22	8	1,76
2	Електромагнітний пускач ПМЛ-221002	10	11	110
3	Датчики рівня зерна ДУМ-100К/1	2,5	4	10
4	Універсальний перемикач УП5315 П-144	14	1	14
5	Універсальний перемикач УП5315 Л-355	14	1	14
6	Кнопки керування ПКЕ-222-1У3	0,25	20	500
7	Сигнальний дзвінок	0,29	1	0,29

	ЗВП-220			
8	Сигнальні лампи МН-8	1	14	14
9	Двигуни	15	11	165
10	Виконавчий механізм	0,29	2	0,58

Інтенсивність відказів системи автоматичного керування для нормальних умов експлуатації ( $K=10$ ) визначається:

$$\lambda = K \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i ; \quad (2.4)$$

$$\lambda_{\Sigma} = 0,2 \cdot (829,6) \cdot 10^{-6} = 166 \cdot 10^{-6}.$$

Час напрацювання на відмову визначається:

$$T_{вд} = \frac{1}{K\lambda_{\Sigma}} ; \quad (2.5)$$

$$T_{вд} = \frac{1}{10 \cdot 166} \cdot 10^{-6} = 602,4 \text{ год.}$$

Імовірність безвідмовної роботи системи автоматичного керування за цей період визначається:

$$P(t) = e^{-\lambda_{\Sigma} \cdot t} ; \quad (2.6)$$

$$P(t) = e^{-10 \cdot 166 \cdot 10^{-6} \cdot 602,4} = 0,999$$

Для справних і стабільно працюючих автоматизованих пристроїв орієнтовні показники надійності можуть перебувати у таких діапазонах:

- інтенсивність відмов ( $\lambda_{\Sigma}$ ) – від  $0,8 \cdot 10^{-6}$  до  $50 \cdot 10^{-6}$  1/год;
- середній час безвідмовної роботи ( $T_{вд}$ ) – від 320 до 20 000 годин;
- ймовірність безвідмовного функціонування ( $P(t)$ ) – у межах 0,75–0,999.

### **2.3. Обґрунтування заходів щодо підвищення ефективності надійності системи електропостачання**

З огляду на технологічний процес СФГ «Гай», номенклатуру застосованого устаткування та характеристики виробничих приміщень, вимоги до проєкту підвищення надійності та ефективності електропостачання формулюються так:

1. Добір технологічного обладнання має відповідати обраним виробничим операціям і гарантувати заплановану продуктивність та раціональне використання трудових ресурсів.

2. Передбачити оновлення системи освітлення: замінити світильники з люмінесцентними лампами на світлодіодні як більш енергоефективні та довговічні.

3. Інтегрувати сучасні засоби керування й релейного захисту для оперативного керування електроустаткуванням і надійного захисту електромереж та агрегатів.

4. Забезпечити безпеку праці персоналу й мінімальний вплив на довкілля шляхом дотримання норм охорони праці та екологічних стандартів.

5. Підтвердити доцільність прийнятих інженерних рішень розрахунками техніко-економічної ефективності.

6. Розглянути впровадження альтернативних джерел та технологій енергозабезпечення (зокрема відновлюваних), щоб підвищити стійкість і зменшити енергозатрати.

### **Висновки**

Аналіз існуючого стану системи електропостачання СФГ «Гай» показав, що підприємство має достатню електрооборонність для забезпечення своїх виробничих процесів. Система електропостачання, що функціонує на

базі трансформаторної підстанції, забезпечує надійність електропостачання, проте існують певні ризики, пов'язані з інтенсивністю відмов окремих елементів системи автоматичного керування. Визначені показники надійності, такі як інтенсивність відмов, час напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи, свідчать про необхідність впровадження заходів щодо підвищення ефективності системи електропостачання.

Для оптимізації роботи електричних мереж та підвищення надійності електропостачання рекомендується модернізувати технологічне обладнання, впровадити сучасні системи освітлення, зокрема замінити традиційні лампи на енергоощадні світлодіодні, а також використовувати новітні рішення для керування та захисту електрообладнання. Важливим аспектом є забезпечення безпеки праці та охорони навколишнього середовища, що стане запорукою стабільного функціонування підприємства.

З огляду на технологічні вимоги та специфіку виробничих процесів, реалізація запропонованих заходів дозволить підвищити продуктивність, зменшити витрати на електроенергію та забезпечити безперебійне електропостачання. Таким чином, комплексний підхід до модернізації системи електропостачання СФГ «Гай» сприятиме не лише підвищенню надійності, а й загальному розвитку аграрного підприємства в умовах сучасних викликів.

## 3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 3.1. Обґрунтування впровадження методу підвищення ефективності надійності

Живлення господарства по ступеню надійності відноситься до споживачів 3 категорії [1]. Ввід живлення проводиться від комплектної трансформаторної підстанції в електрощитову, де встановлено силовий та освітлювальний щити. Силова мережа прокладена окремо від освітлювальної.

Під час вибору схеми підключення силових струмоприймачів слід виходити з таких вимог: внутрішні силові мережі мають бути надійними й зручними в експлуатації, мати мінімальну протяжність трас, відповідати умовам довкілля, гарантувати безпеку праці та відповідати нормам пожежної й вибухової безпеки.

Складену принципову схему внутрішньої силових електричної мережі зобразимо у Додатку Б.

Приведемо розрахунок і вибір апаратури керування та захисту для групової лінії №1, яка включає два електродвигуни. Електродвигун дробарки ДКУ-1,2 має наступні технічні характеристики:

$P_{\text{дв}} = 7,5$  кВт;  $n = 2890$  об/хв;  $I_n = 14,4$  А;  $U_n = 380$  В;  $\eta = 87\%$ ;  $\cos\varphi = 0,90$ ;  $K_i = 7,5$ .

Визначаємо пусковий струм електродвигуна:

$$I_n = I_n \cdot K_i, \quad (3.1)$$

$$I_{n1} = 14,4 \cdot 7,5 = 108 \text{ А.}$$

Аналогічно для інших двигунів:

$$I_{n2} = 23,35 \cdot 7,5 = 163,45 \text{ А.}$$

$$I_{нз} = 8,62 \cdot 6 = 51,72 \text{ A.}$$

Розраховуємо вибір магнітного пускача для електродвигуна серії АІР112М2 [7]. Номінальний струм головних контактів електромагнітного пускача  $I_{НОМ.ПУСК}$  повинен бути більше максимального струму навантаження  $I_P$  (робочого струму електродвигуна або іншого електроприймача, для включення якого вибирається пускач).

Розрахунковий робочий струм трифазного асинхронного електродвигуна змінного струму розраховується за формулою:

$$I_H = 1000 P_H / \sqrt{3} \cdot (\eta_H \cdot U_H \cdot \cos \phi_H), \quad (3.2)$$

де  $P_H$  – розрахункова (паспортна) потужність електродвигуна, кВт;

$U_H$  – робоча (номінальна) напруга живлення, В;

$\eta_H$  – ефективність перетворення енергії в номінальному режимі;

$\cos \phi_H$  – показник потужності двигуна при стандартних умовах експлуатації.

$$I_H = 8,62 \text{ A}, \quad (3.3)$$

$$I_{НОМ.ПУСК} \geq I_P. \quad (1).$$

Прийmemo до розгляду пускач типу ПМ12-010270. Тоді за умовою (1):

$$10 \text{ A} \geq 8,62 \text{ A}.$$

Робоча напруга котушки відповідає напрузі ланцюгів управління: 380 В.

Ступінь захисту ІР40 електромагнітного пускача відповідає умовам навколишнього середовища. Аналогічним способом розраховуємо вибір електромагнітних пускачів для наступних електродвигунів: АІР132М4, АІР112МВ6. Розрахункові данні заносимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

## Результати вибору магнітних пускатів

Електро - приймачі	Розрахунко- вий струм, А	Найменування пускатя	Номинальна напруга, В	Номинальний струм пускатя, А	Наявність теплого реле	Кі-ть дод.их закриваючих контактів	Кі-сть дод-их розкриваючих контактів	Кнопки	ІР
Електр одвигу н АІР112 М2	14,4	ПМ12- 025220	380	25	+	1	0	Пуск; Стоп	ІР54
Електр одвигу н АІР132 М4	22,3 5	ПМ12- 025220	380	25	+	1	0	Пуск; Стоп	ІР54
Електр одвигу н АІР112 МВ6	8,62	ПМ12- 010270	380	10	+	2	1	Пуск; Стоп	ІР40

Для підвищення надійності електромережі обираємо автомат за діяння резерву типу АВР 25А ІР 54 (рис. 3.1) [7].



Рис. 3.1. Автомат введення резерву типу АВР 25А ІР 54 моделі УСQ2СВ-63, 25А

Пристрій автоматичного задіяння резерву (АЗР) призначений для забезпечення безперервного електропостачання споживачів електричної енергії шляхом автоматичного переходу до резервного джерела живлення в разі випадіння основного джерела, з подальшим відновленням початкової конфігурації після нормалізації ситуації. Даний пристрій гарантує автоматичне повертання до основного живлення в момент його відновлення.

Щити автоматичного введення резерву (АЗР) виконують такі функції:

- Здійснюють безперервний контроль наявності напруги в ланцюгах основного та резервного джерел живлення;
- постійно порівнюють фактичні значення напруги обох джерел із встановленими допустимими межами відхилення від номінальних параметрів, забезпечуючи стабільність та надійність електроживлення.
- Здійснення постійного контролю за правильністю послідовності фаз в основних та резервних мережах живлення.
- Автоматичне забезпечення електропостачання споживачів електричної енергії через підключення резервного джерела протягом інтервалу, меншого за 1 секунду, у випадках утрати напруги в основному джерелі, виходу її за встановлені ліміти чи зміни фазової послідовності.
- Після поновлення основного джерела живлення щит АЗР з певною затримкою часу здійснює перехід назад до аварійної конфігурації електропостачання обладнання споживача.
- За вказівкою оператора щит АЗР дозволяє відмовитися від використання основного або резервного джерела.
- Щити АЗР надають візуальну індикацію наявності напруг основного та резервного введення, стану контакторів, що перемикають навантаження до

основного чи резервного джерела, а також можливих порушень фазування мережних напруг.

Спосіб прокладання і марки проводів та кабелів вибираємо, враховуючи вимоги навколишнього середовища та класу приміщення щодо небезпеки ураження електричним струмом. Для силової проводки використовуємо провід марки АПВ з площею поперечного перерізу  $2,5 \text{ мм}^2$ , прокладеним в металорукаві та кабель марки АВРГ, прокладений в лотках.

Площа перерізу струмопровідних жил проводу або кабелю підбирається таким чином, щоб допустимий за умов нагрівання тривалий струм навантаження  $I_{\text{доп}}$  [14] був не меншим за найбільший тривалий робочий струм електричного кола  $I_{\text{макс.р}}$ , тобто виконується умова:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс.р}}, \quad (3.9)$$

Максимальний робочий струм магістралі  $I_{\text{макс.р}}$  А, від якої живиться кілька електроприймачів, визначають формулою:

$$I_{\text{макс.р}} = K_o \sum_1^n I_{\text{ном}}, \quad (3.10)$$

де  $K_o$  – коефіцієнт одночасності роботи приймачів, [14];  $\sum_1^n I_{\text{ном}}$  – сума номінальних струмів усіх приймачів, А.

Вибраний переріз проводу (кабелю) перевіряємо на відповідність апарату захисту:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_3 \quad (3.11)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт, який враховує вид захисту; для автоматичного вимикача з комбінованим розчіплювачем,  $K_3 = 1$ ;  $I_3$  – номінальний струм розчіплювача захисного апарату [14].

Як приклад, проведемо вибір перерізу проводів та кабелю для живлення групової лінії №1 (рис. 3.2). Підключення електродвигунів АІР112МВ, АІР112М2 до магнітного пускача виконуємо проводом марки АПВ4 (1х6), прокладеним в металорукаві. Допустимий струм провода вибраної марки  $I_{\text{доп}} = 30 \text{ А}$ .

$$30 \text{ А} > 23 \text{ А}$$

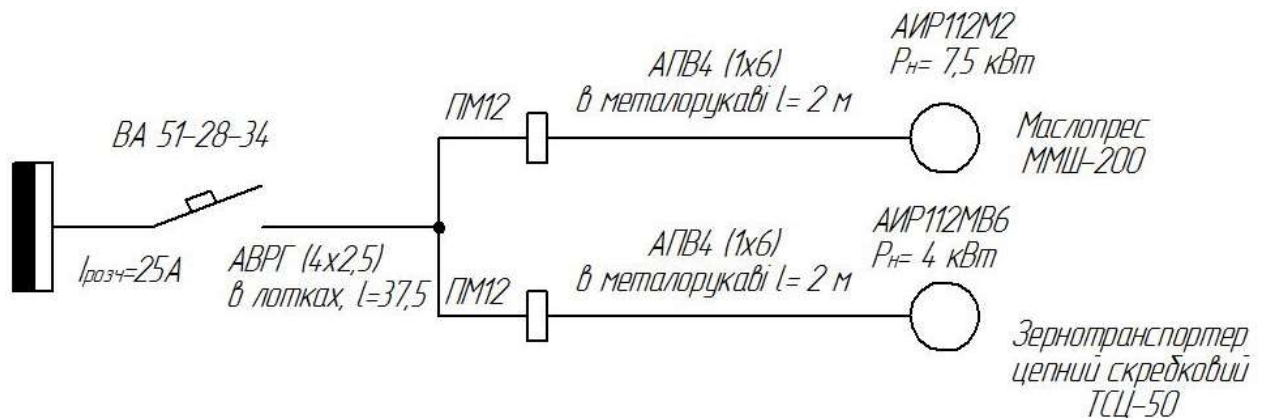


Рис. 3.2. Розрахункова схема групової лінії №1.

Для підключення магнітного пускача використовуємо кабель марки АВРГ (4х2,5),  $I_{\text{доп}} = 25 \text{ А}$  (враховуючи коефіцієнт 0,92 для 4-жильних кабелів).

Максимальний робочий струм для групової лінії №1:

$$I_{\text{макс.р}} = 0,85 \cdot (14,4 + 8,62) = 19,6 \text{ А};$$

$$25 \text{ А} > 23 \text{ А}.$$

Умова виконується.

Перевіряємо вибраний переріз провода на відповідність апарату захисту за умовою (3.5):

$$25 \text{ А} \leq 25 \text{ А}.$$

Умова виконується.

Приймаємо аналогічну апаратури керування і захисту для електроприводу групи, так як номінальна потужність та робочий струм електродвигуна, дозволяють вибрати таке саме обладнання.

Отже, під час розрахунку було визначено пусковий струм електродвигунів групи 1, який складає 159,70 А. Для дистанційного керування електродвигунами було використано магнітні пускачі серії ПМ12, які широко застосовуються, а для підвищення надійності системи – автомат задіяння резерву типу АВР 25А ІР 54.

Далі проведемо розрахунок та вибір освітлювальної мережі для господарських приміщень СФГ «Гай».

На плані будівлі позначаються точки розміщення освітлювальних приладів, вимикачів і всіх інших струмоприймачів із подальшим підключенням їх до мережі освітлення. Одночасно визначаються місця встановлення головного ввідного щита та групових розподільчих щитків, причому основний щит монтують у спеціально відведеному приміщенні – електрощитовій.

Під час розмітки місць розташування щитів та іншого електротехнічного обладнання, яке закріплюється штирями, на стінах зазначають центри отворів для кріплення. Для зручності експлуатаційного доступу щити й розподільчі коробки встановлюють на висоті 1,6–1,7 м [7].

Далі наносять схему трасування проводів, кабелів і трубопроводів. Відкриті електропроводки проектують паралельно основним архітектурним осям приміщення, дотримуючись принципів технологічної доцільності та енергоощадності системи освітлення [4].

Групування освітлювальних навантажень подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Розділення освітлювального навантаження на групи

Номер групи	Система групи	Номер приміщення на плані	Потужність, Вт	Примітка
1	A+N	1,2,3,4	479	-
2	B+N	5	728	-

3	C+N	6,7	540	-
4		Чергове	148	

Розрахункові струми груп визначаємо за формулою:

$$I_{gp} = \frac{P_{лл}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} + \frac{P_{лр}}{U_{\phi}}, \quad (3.12)$$

де  $P_{лл}$  – потужність люмінесцентних ламп групи, Вт ;  $P_{лр}$  – потужність ламп розжарювання групи, Вт.

$$I_{gp1} = \frac{479}{220} = 2,17 A; \quad (3.13)$$

$$I_{gp2} = \frac{728}{220} = 3,30 A; \quad (3.14)$$

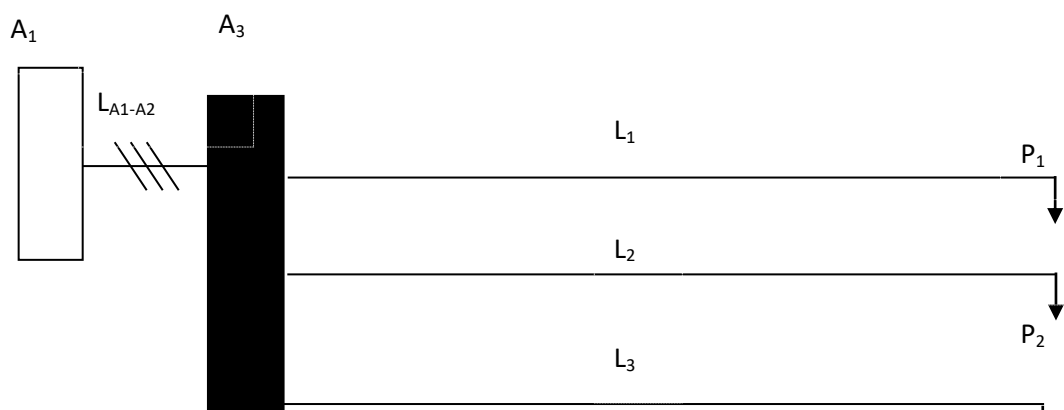
$$I_{gp3} = \frac{540}{220} = 2,45 A; \quad (3.15)$$

$$I_{gp4} = \frac{56}{220} = 0,67 A. \quad (3.16)$$

Тип електропроводки, марку кабелів і спосіб їх прокладання підбирають з урахуванням призначення електромережі, умов навколишнього середовища, характеристик струмоприймачів, а також вимог техніки безпеки, протипожежних норм та експлуатаційних стандартів.

У даному приміщенні для виконання електропроводки застосовуються проводи та кабелі з алюмінієвими струмопровідними жилами. Живлення освітлювального групового щита здійснюється від розподільчого щита за допомогою кабелю марки АВРГ, який прокладено в металорукаві [5].

Розрахункову схему освітлювальної мережі наведемо на рис. 3.3.



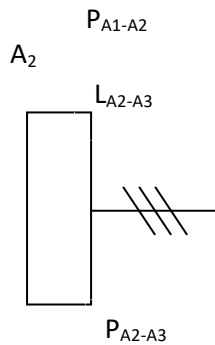


Рис. 3.3. Розрахункова схема освітлювальної мережі

$$\ell_{A1-A2} = 1,9 \text{ м} \quad P_{\text{вст } A1-A2} = 1,895 \text{ кВт}$$

$$\ell_1 = 64 \text{ м} \quad P_1 = 479 \text{ Вт}; \quad \ell_2 = 34 \text{ м} \quad P_2 = 728 \text{ Вт};$$

$$\ell_3 = 19 \text{ м} \quad P_3 = 540 \text{ Вт}; \quad \ell_4 = 67 \text{ м} \quad P_4 = 148 \text{ Вт};$$

Визначаємо площу перерізу проводу на живильній ділянці:

$$S_{A1-A2} = \frac{M_{A1-A2} + \alpha_{2-4} \cdot (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)}{C_4 \cdot \Delta U_{\text{дон}}} \quad (3.17)$$

де  $M_{A1-A2}$  – момент навантаження на живлючій ділянці, кВт · м;  
 $m_1, m_2, m_3$  – моменти навантаження відгалужень від розрахункової ділянки з іншим числом проводів, кВт · м;  $\alpha$  – коефіцієнт преведення моментів навантаження,  $\alpha = 1,85$ ;  $C$  – коефіцієнт визначається в залежності від матеріалу проводу, кількістю проводів мережі та від системи напруги,  $C_4 = 44$ ;  $C_2 = 7,4$ ;  $\Delta U_{\text{дон}}$  – допустимі втрати напруги в мережі,  $\Delta U_{\text{дон}} = 2,5\%$ . [2]

Розрахунок момента навантаження на всіх ділянках:

$$M_{A1-A2} = P_{\text{вст } A1-A2} \cdot \ell_{A1-A2}, \quad (3.18)$$

де  $P_{\text{вст } A1-A2}$  – сумарна встановлена потужність, Вт;  $\ell_{A1-A2}$  – довжина живлючої мережі, м.

$$M_{A1-A2} = 1,895 \cdot 1,9 = 3,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Момент навантаження відгалужень від розрахункової ділянки з іншим числом проводів:

$$m_i = \Sigma P_i \cdot \ell_i \quad (3.19)$$

де  $P_i$  – навантаження, кВт;  $\ell_i$  – довжина мережі по якій тече струм цього навантаження, м.

$$m_1 = 64 \cdot 0,479 = 30,6 \text{ кВт} \cdot \text{м} ;$$

$$m_2 = 34 \cdot 0,820 = 24,7 \text{ кВт} \cdot \text{м} ;$$

$$m_3 = 19 \cdot 0,54 = 10,26 \text{ кВт} \cdot \text{м} ;$$

$$m_4 = 67 \cdot 0,148 = 9,916 \text{ кВт} \cdot \text{м} ;$$

$$S_{A1-A2} = \frac{3,6 + 1,85 \cdot (30,6 + 24,7 + 10,26 + 9,916)}{44 \cdot 2,5} = 1,78 \text{ мм}^2$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу  $S_{A1-A2\text{ст}} = 2,5 \text{ мм}^2$ .

Визначасмо втрату напруги на живлючій ділянці  $A_1 - A_2$ :

$$\Delta U_{A1-A2} = \frac{M_{A1-A2}}{C_4 \cdot S_{A1-A2\text{ст}}} \quad (3.20)$$

$$\Delta U_{A1-A2} = \frac{3,6}{44 \cdot 6} = 0,013\%$$

Розраховуємо групову мережу.

Визначасмо площу перерізу проводу на 1 ділянці:

$$S_1 = \frac{m_1}{C_2 \cdot (\Delta U_{\text{дон}} - \Delta U_{A1-A2})} \quad (3.21)$$

$$S_1 = \frac{30,6}{7,4 \cdot (2,5 - 0,013)} = 1,66 \text{ мм}^2$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу  $S_{1\text{ст}} = 2,5 \text{ мм}^2$

Визначаємо втрату напруги на живлючій ділянці 1:

$$\Delta U_1 = \frac{m_1}{C_2 \cdot S_{1\text{ст}}} \quad (3.22)$$

$$\Delta U_1 = \frac{30,6}{7,4 \cdot 2,5} = 1,65\%$$

Площу перерізу проводу на інших ділянках визначаємо аналогічно. Результати зводимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Результати вибору площі перерізу проводів

Момент навантаження відгалуджень, кВт·м		Розрахункова площа перерізу проводу, мм <sup>2</sup>		Стандартна площа перерізу проводу, мм <sup>2</sup>	Втрата напруги, %	Марка проводу
МА1-А2	3,6	SA1-А2	1,78	2,5	0,013	АВРГ
m1	30,6	S1	1,66	2,5	1,65	АВРГ
m2	24,7	S2	1,34	2,5	1,34	АВРГ
m3	10,26	S3	0,58	2,5	0,58	АВРГ
m4	9,916	S4	0,53	2,5	0,53	АВРГ

Тип освітлювального щита визначається з урахуванням кількості освітлювальних груп, розрахункових струмів окремих ліній, а також ступеня захисту обладнання від впливу навколишнього середовища.

Виходячи з проведених розрахунків та експлуатаційних умов, обрано освітлювальний щит ЯРУ8501-3723, який укомплектовано шістьма однополюсними автоматичними вимикачами типу ВА16-26-14 на номінальний струм 31,5 А [12].

Для прикладу, для групи 1 А2, що відповідає за керування освітленням, виконується розрахунок і підбір автоматичного вимикача відповідно до

заданих технічних параметрів та умов експлуатації. По номінальній напрузі автомата, В:

$$U_{н.а} \geq U_{н.м} , \quad (3.23)$$

де  $U_{н.а}$  – номінальна напруга автомата, В;  $U_{н.м}$  – номінальна напруга мережі, В,  $U_{н.м}$  380 В [14].;

1) По номінальному струму автомата, А:

$$I_{н.а} \geq I_{розр.1} , \quad (3.24)$$

де  $I_{н.а}$  – номінальний струм автомата, А;  $I_{розр.А1-А2}$  – номінальний розрахунковий струм групи,  $I_{розр.1} = 2,17$  А

2) За струмом теплового розчіплювача,  $I_{н.розч.}$ , А :

$$I_{н.розч.} \geq I_{розр.А1-А2} \cdot K_{н.т} . \quad (3.25)$$

де  $K_{н.т}$  – коефіцієнт надійності, який враховує розкидання за струмами спрацювання теплового розчіплювача,  $K_{н.т} = 1$  [7];

$$I_{н.розч.} \geq 2,17 \cdot 1 = 2,17 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ВА16-26-14 з номінальними даними :  $I_{н.а} = 31,5 \text{ А} > 13,6 \text{ А}$ ;  $I_{н.розч.} = 6,3 \text{ А}$ ;  $U_{н.а} = 220 \text{ В}$  [2].

Аналогічним чином, з урахуванням величини струмових навантажень кожної лінії, проводиться підбір автоматичних вимикачів для решти освітлювальних груп. Отримані результати розрахунків узагальнюються та відображаються у розрахунково-монтажній схемі освітлювальної мережі, що представлена в графічній частині проєкту.

Складання специфікації на матеріали та обладнання виконаємо у табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Складання специфікації на матеріали та обладнання

Позн.	Найменування	Кількість, шт.	Примітка
-------	--------------	-------------------	----------

A2	Щит освітлювальний ЯРУ 8501-4712	1	
A1	Ввідний щит ПР11-3047-54У3	1	
	Світильники:		
	ЛСП18	16	
	ПВЛМ	1	
	ЛСП02	17	
	ЛПО	21	
	НСП-01	8	
	Лампи світлодіодні:		
	1LED-T8-060M-0930-01	21	
	1LED-T8-120M-1830-01	16	
	1LED-T8-150M-2860-1	2	
	1LED-T8-150M-2840-1	46	
	Вимикач однополюсний	4	

### 3.2. Розрахунок показників надійності після впровадження заходів

Виконаємо перевірку надійності вибраної цехової силової мережі за двома критеріями: тепловою стійкістю та механічною міцністю.

Оцінку за тепловим режимом проводять за таким критерієм:

$$I_{\text{розр}} \leq I_{\text{тр.доп.}} \quad (3.26)$$

де  $I_{\text{тр.доп.}}$  – тривало допустимий струм, [14].

Тривало допустимий струм має наступні значення для площ перерізу [2]:

$$S = 2,5 \text{ мм}^2 - I_{\text{тр.доп.}} = 29 \text{ А (4-ох жильний)}$$

$$29 \text{ А} > 8,59 \text{ А}$$

Результати перевірки площі перерізу по умовам нагріву обраних дротів наведемо у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Результати перевірки площі перерізу по умовам нагріву

Ділянка	Розрахунковий струм, А	Відповідність	Тривало допустимий струм, А

A1-A2	8,59	<	21
1	2,17	<	21
2	3,23	<	21
3	2,45	<	21
4	0,67	<	21

Таким чином, проводи з обраним перерізом відповідають умовам нагріву та механічної прочності і можуть бути використані для підключення струмоприймачів електроосвітлювальної мережі.

### 3.3. Оцінка ефективності методу

Впровадження АЗР знижує збитки від простою. Для господарства з електродвигунами (7,5-22,35 А) та освітлювальним навантаженням час простою зменшується до 1 с замість 24 год. категорії III. Плановий річний збиток від простою (наприклад, 1000-5000 грн/год для сільгосптехніки) може бути зменшений на 98-99%, з урахуванням вартості АЗР (2-5 тис. грн залежно від моделі) та терміну окупності 1-2 роки при частоті аварій 2-5 разів на рік.

Для освітлення господарських приміщень СФГ «Гай» пропонується використати світлодіодні лампи типу:

1-LED-T8-120M1830-01 18W – 16 шт; ціна – 168 грн;

1LED-T8-060M-0930-01 9W – 21шт; ціна – 100 грн;

1LED-T8-150M-2860-1 28W – 2 шт; ціна – 179 грн;

1LED-T8-150M-2840-1 28W – 32 шт; ціна – 179 грн.

Загальна сума капіталовкладень: 10874 грн.

При енергоспоживанні 18 Вт світлодіодний світильник замінює світильник з лампою ЛДЦ 30-4, світильник з лампою розжарювання БК235-240-150 загальне енергоспоживання, яких складає 30Вт та 150Вт відповідно, забезпечуючи при цьому в 1,5 рази та 8,3 разів економію споживання електроенергії. Тип обраних лам представлений в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Тип ламп використовуваних на даний момент в господарстві

Тип лампи	Кількість	Потужність
ЛДЦ 30-4	14	0,03
ЛДЦ 65-4	2	0,065
ЛДЦ 20-4	1	0,02
ЛХБЦ-40-1	32	0,04
ЛД-30-4	2	0,03
ЛДЦ 20	20	0,02

1) Розрахуємо загальну потужність світлодіодних ламп в господарстві:

$$P_n = 0,189 \text{ кВт} \cdot 0,288 \text{ кВт} \cdot 0,056 \text{ кВт} \cdot 0,896 \text{ кВт} = 1,429 \text{ кВт} \quad (3.27)$$

2) Визначаємо загальну споживану потужність електроенергії при умові, що лампи будуть використовуватись 10 год. на день:

$$P_d = P_n \cdot t, \quad (3.28)$$

де  $P_n$  – загальна потужність ламп в господарстві;  $t$  – час роботи ламп.

$$P_d = 1,429 \text{ кВт} \cdot 10 = 14,29 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{За місяць: } P_m = 14,29 \cdot 30 = 428,7 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{За рік: } P_p = 428,7 \cdot 12 = 5144,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

3) Проведемо розрахунок, щодо затрат на електроенергію:

$$I_n = P_n \cdot A; \quad (3.29)$$

$A$  – прийнята вартість за 1 кВт електроенергії;  $P_n$  – споживання електроенергії за періодами.

$$\text{За день: } I_d = 14,29 \cdot 9,2 = 131,47 \text{ грн};$$

$$\text{За місяць: } I_m = 428,7 \cdot 9,2 = 3944,04 \text{ грн};$$

$$\text{За рік: } I_p = 5144,4 \cdot 9,2 = 47328,45 \text{ грн}.$$

4) Визначаємо вартість ламп для світильників:

$$C_n = 34 \cdot 179 + 21 \cdot 100 + 16 \cdot 168 = 10874 \text{ грн}; \quad (3.30)$$

Розрахуємо загальну потужність люмінесцентних ламп в господарстві:

$$P_n = 0,42 \text{ кВт} \cdot 0,13 \text{ кВт} \cdot 0,02 \text{ кВт} \cdot 1,28 \text{ кВт} \cdot 0,06 \text{ кВт} \cdot 0,4 \text{ кВт} = 2,31 \text{ кВт} \quad (3.31)$$

1) Визначаємо загальну споживану потужність електроенергії при умові, що лампи будуть використовуватись 10 год на день:

$$P_d = 2,31 \text{ кВт} \cdot 10 = 23,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}; \quad (3.32)$$

$$\text{За місяць: } P_m = 23,1 \cdot 30 = 693 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{За рік: } P_p = 693 \cdot 12 = 8316 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

2) Проведемо розрахунок, щодо затрат на електроенергію:

$$I_n = P_d \cdot A; \quad (3.33)$$

$$\text{За день: } I_d = 23,1 \cdot 9,2 = 212,52 \text{ грн};$$

$$\text{За місяць: } I_m = 693 \cdot 9,2 = 6381,6 \text{ грн};$$

$$\text{За рік: } I_p = 8316 \cdot 9,2 = 76507,2 \text{ грн}.$$

3) Визначаємо економію електричної енергії за 1 рік:

$$N = I_{рл} - I_{рд}; \quad (3.34)$$

Де  $I_{рл}$  – річна вартість споживання електроенергії для люмінесцентних ламп;  $I_{рд}$  – річна вартість споживання електроенергії для світлодіодних ламп.

$$N = 76507,2 - 47328,45 = 29178,8 \text{ грн}.$$

Проведемо аналіз проведених нами розрахунків. Капітальні затрати на впровадження світлодіодних ламп складають 10874 грн. Економія електроенергії в грошовому еквіваленті від застосування вибраного нами типів ламп складає 29178,8 грн на рік.

Як бачимо, запропонований нами метод застосування світлодіодних ламп являється ефективним.

## Висновки

У розробці заходів щодо підвищення надійності електропостачання СФГ «Гай» було проведено комплексний аналіз існуючої системи, що дозволило виявити ключові аспекти, які потребують модернізації. Впровадження нових технологій, зокрема застосування автомату задіяння резерву типу АВР 25А ІР 54 та заміна традиційних освітлювальних приладів на світлодіодні лампи, забезпечить не лише зменшення витрат на електроенергію, але й підвищить загальний рівень надійності електричних мереж.

Розрахунки показали, що перехід на світлодіодні лампи зменшить споживання електроенергії, що, в свою чергу, призведе до значної економії фінансових ресурсів. Капітальні витрати на впровадження нових освітлювальних систем становлять 10 874 грн, тоді як річна економія від зменшення витрат на електроенергію складе 29 178,8 грн. Таким чином, повернення інвестицій відбудеться протягом одного року, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованих заходів.

Додатково, проведені розрахунки підтвердили відповідність обраних проводів та кабелів умовам нагріву та механічної стійкості, що забезпечить безпечну експлуатацію електричної системи.

Впровадження АЗР знижує збитки від простою. Для господарства з електродвигунами (7,5-22,35 А) та освітлювальним навантаженням час простою зменшується до 1 с замість 24 год. категорії III. Плановий річний збиток від простою (наприклад, 1000-5000 грн/год для сільгосптехніки) може бути зменшений на 98-99%, з урахуванням вартості АЗР (2-5 тис. грн залежно від моделі) та терміну окупності 1-2 роки при частоті аварій 2-5 разів на рік.

Загалом, реалізація заходів щодо модернізації електропостачання не лише підвищить надійність системи, але й сприятиме зниженню витрат на енергоспоживання, що є важливим фактором у сучасних умовах ведення

сільського господарства. Таким чином, впроваджені рішення можуть слугувати прикладом для інших аграрних підприємств, які прагнуть до оптимізації своїх витрат та підвищення ефективності виробництва.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 1. Організація роботи з охорони праці на підприємстві.

Організація роботи з охорони праці працівника, зайнятого обслуговуванням електроустановок на сільськогосподарському підприємстві включає дотримання нормативних вимог, виконання організаційно-технічних заходів та контроль за дотриманням правил.

Мета – забезпечити безпечні умови праці, виключити або знизити вплив шкідливих та небезпечних виробничих факторів, пов'язаних з роботою в електроустановках.

Організаційно-технічні заходи з охорони праці працівника, зайнятого обслуговуванням електроустановок:

- Облаштування робочих зон для вільного та безпечного виконання операцій під час монтажу, обслуговування та ремонту обладнання.

- Використання засобів індивідуального та колективного захисту – вони повинні відповідати характеру прояву можливих шкідливих та небезпечних факторів.

- Проведення інструктажів щодо безпечного ведення робіт, прийомів звільнення постраждалих від електричного струму та надання першої допомоги.

– Розробка маршрутів пересування високогабаритної техніки, що унеможливають проїзд у прольотах повітряних ліній електропередачі.

– Заземлення машин та механізмів на пневматичному ході, що знаходяться в охоронних зонах повітряних ліній.

## 2. Потенційні небезпеки технологічного процесу.

При роботі з електромережами потенційні небезпеки пов'язані з впливом електричних струмів, впливом електромагнітних полів, контактом із хімічними речовинами та організаційними помилками. Ці ризики можуть виникати через неправильну експлуатацію обладнання, недотримання правил безпеки або відмови в системі.

Ураження електричним струмом може статися не тільки при контакті з дротом, але і при наближенні до нього на неприпустиму відстань. Наприклад:

– Неприпустима відстань до лінії електропередач залежить від напруги лінії: для ліній до 1 кВ – 0,6 метра, для ліній 110 кВ – 4 метри.

– Крокова напруга виникає при обриві дроту та його падінні на землю: струм розтікається по землі, створюючи різницю потенціалів між точками, на яких стоїть людина. Чим ширший крок, тим більша різниця потенціалів і вищий ризик ураження.

Електричний струм може мати термічний, електрохімічний, біологічний і механічний вплив.

## Рекомендації щодо створення безпечних і здорових умов праці

Атмосферні перенапруги належать до ключових чинників, що спричиняють несправності та аварійні ситуації в електроустановках. Для систем низьковольтного живлення особливої важливості набуває питання блискавкозахисту, який забезпечує надійне функціонування обладнання та захист людей і тварин. Під дією грозових розрядів у споживчих мережах виникають короткочасні імпульси підвищеної напруги, які поширюються по електричних ланцюгах і можуть викликати ураження струмом, пошкодження ізоляції та займання проводки. Тому першочерговими завданнями є нейтралізація впливу атмосферної електрики, захист персоналу та тварин від

небезпечних потенціалів, а також попередження пожеж, пов'язаних із пробоем ізоляції або виходом з ладу електромережі.

Найбільш поширений і надійний захист людини і тварин від ураження електричним струмом є захисне заземлення – електричне з'єднання з землею металічних не токоведучих частин, які можуть опинитись під напругою.

Заземлюючий пристрій складається із заземлювача 1 і з'єднувальної полоси 2, зображених на рис. 4.1.

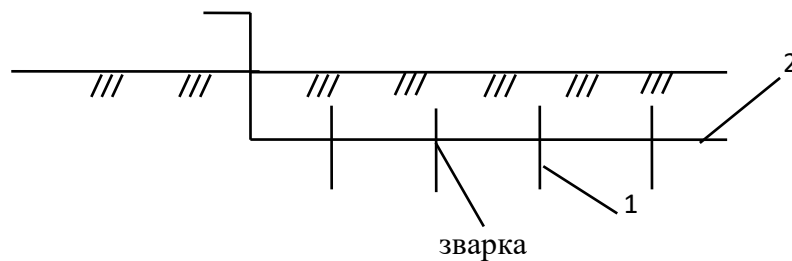


Рис. 4.1. Схема заземлюючого пристрою

Розрахунковий опір розтікання струму (Ом) одиночного стержневого заземлювача визначається за формулою:

$$R_c = 0,366 \frac{\rho}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + 0,5 \lg \frac{4h+l}{4h-l} \right), \quad (4.1)$$

де  $\rho$  – питомий опір ґрунту, Ом·м,  $\rho = 200$  Ом·м; [14];  $l$ ,  $d$  – довжина і діаметр заземлювача,  $l=2,0$  м,  $d=0,006$ м;  $h$  – глибина закладання труби, м;  $h=0,7$ .

$$R_c = 0,366 \frac{200}{2} \left( \lg \frac{2 \cdot 2}{0,006} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 0,7 + 2}{4 \cdot 0,7 - 2} \right) = 108 \text{ Ом.}$$

Необхідна кількість заземлювачів:

$$n = \frac{R_c \cdot k_c}{R_n \cdot \eta_z}, \quad (4.2)$$

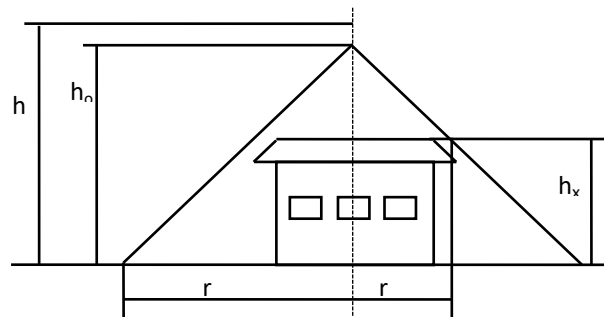
де  $k_c$  – коефіцієнт сезонності,  $k_c = 1,5$ ;  $R_H$  – нормативний опір заземлення,  $R_H = 40\text{ Ом}$ ;  $\eta_3$  – коефіцієнт використання заземлювачів,  $\eta_3 = 0,9$ ;

$$n = \frac{108 \cdot 1,5}{4 \cdot 0,9} = 45 \text{ шт.}$$

Приймаємо 45 заземлюючих пристроїв.

Для захисту від прямих ударів блискавки застосовують різні блискавковідводи. Призначення його полягає в тому, щоб прийняти на себе заряд блискавки, відхилити його від об'єкту і відвести в землю. Він складається з трьох частин: блискавкоприймач, струмовідвід, заземлювач (рис. 4.2).

а)



б)

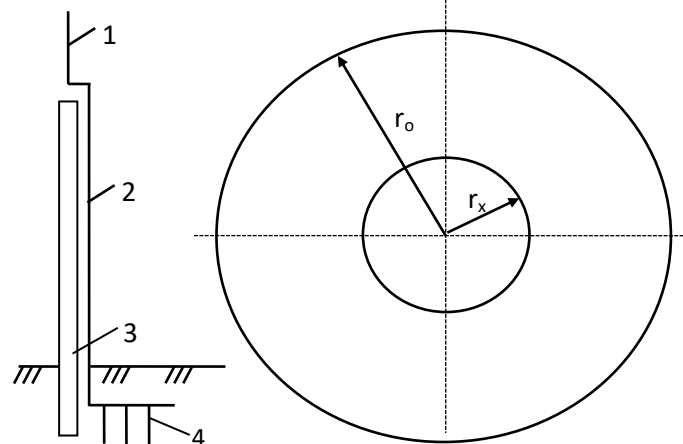


Рис. 4.2. Схема грозозахисту

а) елементи конструкції:

1) блискавкоприймач; 2) блискавкопровідник; 3) опора; 4) заземлювач;

б) схема визначення зони захисту ( $r_0$ ).

Знаходимо кількість ударів блискавки в споруду, не обладнану грозозахистом:

$$N=(B+ 6h) \cdot (L+6h) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (4.3)$$

$B$  – ширина приміщення,  $B=30,5$  м;  $L$  – довжина приміщення,  $L=53$  м;  $h$  – висота приміщення,  $h = 6$  м;  $n$  – середнє число уражень блискавкою 1 км<sup>2</sup> земельної поверхні в місці розташування споруд,  $n=6$  [5].

$$N=(30,5 + 6 \cdot 6) \cdot (53 + 6 \cdot 6) \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 0,035. \quad (4.4)$$

Оскільки  $N < 1$ , то для споруди передбачена зона захисту типу Б [14].

Беремо одиночний стержневий блискавкоприймач. Виходячи з розмірів приміщення горизонтальний розріз захисного рівня будівля буде рівним:

$$r_x = 0,5B = 0,5 \cdot 30,5 = 15,25 \text{ м}. \quad (4.5)$$

Знаходимо  $h_m$  за формулою:

$$h_m = \frac{r_x + 1,85h_x}{1,7}, \quad (4.6)$$

де  $h_m$  – висота блискавкопроводу, м;

$h_x$  – висота будівлі, м;

$$h_m = \frac{15,25 + 1,85 \cdot 6}{1,7} = 15,5 \text{ м}.$$

Застосовуємо одиночний стержневий блискавкоприймач висотою  $h_m = 15,5$  м. Усі з'єднання в процесі монтажу системи блискавкозахисту (блискавкоприймач – струмовідвід, струмовідвід-заземлювач) виконуємо за допомогою зварювання.

## Висновки

Організація роботи з охорони праці працівників, зайнятих обслуговуванням електроустановок на сільськогосподарському підприємстві, є фундаментальною складовою забезпечення безпечних умов праці та мінімізації ризиків професійних захворювань.

Комплексний підхід, що включає розробку організаційно-технічних заходів, таких як облаштування робочих зон, використання засобів індивідуального та колективного захисту, проведення інструктажів з надання першої допомоги та планування маршрутів високогабаритної техніки, дозволяє ефективно усунути вплив шкідливих факторів як електричної, так і організаційної природи.

Аналіз потенційних небезпек технологічного процесу підкреслює критичність уникнення уражень електричним струмом, зокрема через неприпустимі відстані до електроліній (від 0,6 м до 4 м залежно від напруги) та явища крокової напруги при обриві дротів, де різниця потенціалів створює високий ризик біологічного та механічного впливу.

Для зниження ризиків атмосферних перенапруг запропоновано інтеграцію систем блискавкозахисту, включаючи одиночний стержневий блискавкоприймач висотою 15,5 м, що охоплює зону захисту типу Б з радіусом 15,25 м, зменшуючи ймовірність ударів блискавки до розрахункового показника 0,035 на період експлуатації.

## 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Доцільність застосування на практиці передбаченої технології електрифікації та механізації виробничих процесів є визначення їх економічної ефективності. Основними показниками ефективності є капітальні вкладання, потрібні для здійснення електромеханізації скорочення затрат праці та підвищення продуктивності праці, скорочення потреби в робочій силі, зниження собівартості продукції та термін окупності капіталовкладень в електромеханізацію об'єкту.

Розрахунок вартості оновлення електрообладнання в господарстві проведемо нижче.

Визначення собівартості робіт, що виконуються персоналом енерготехнічної служби, проводиться з метою встановлення реальних експлуатаційних витрат на обслуговування та ремонт обладнання.

Базою для обчислень є показник вартості однієї людино-години, який включає оплату праці, витрати на матеріали й запчастини, амортизаційні нарахування, а також частку накладних і господарських витрат.

Такий метод дозволяє об'єктивно оцінити економічну доцільність робіт, порівняти витрати за різними видами обслуговування та підвищити ефективність використання трудових і матеріальних ресурсів підприємства.

Для оновлення електрообладнання приймаємо три електромонтери. Оди старший електромонтер – 5 розряду, два електромонтери – 4 розряду.

Середня тарифна ставка електрика, що виконує поточні ремонти  
 Спр = 0,83 грн. Середня тарифна ставка електриків, що здійснюють  
 технічне обслуговування електрообладнання Сто = 0,69 грн.

Таблиця 5.1

## Результати розрахунків оплати праці електриків

Елементи витрат	Вид обслуговування	
	ТО	ПР
Розряди електриків	IV	V
Тарифні ставки електриків	0,69	0,83
Нарахування на зарплату, грн. (37,5%)	0,259	0,311
Всього	0,949	1,141

Вартість матеріалів і запасних частин визначають у процентах від основної зарплати (тарифної ставки) залежно від типу обладнання і виду обслуговування.

У середньому витрати на матеріали не перевищують 25% для ТО і 75 % для ПР від основної зарплати.

Розрахунок ведуть за середньою тарифною ставкою.

Визначаємо вартість матеріалів, що відносяться на 1 люд. год.  
 (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

## Вартість матеріалів на 1 люд.год.

Вид обслуговування	Основна заробітна плата, грн	Відрахування . %	Вартість матеріалів
ТО	0,69	25	0,173
ПР	0,83	75	0,623

Амортизаційні відрахування на приміщення визначають у розмірі 2,8% від вартості будівлі та 14,2 % від вартості обладнання на ТО відраховуючи 1,4% від вартості будівлі від вартості обладнання. Визначаємо амортизаційні відрахування та відрахування на ПР (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

## Капіталовкладення на 1 люд. год.

Вид обслуговування	Матеріальна база					Затрати праці, люд.год
	Вартість, грн			Капіталовкладення		
	Загальна	Будівлі	Обладнання	Будівлі	Обладнання	
ТО	269,46	108	161,46	0,099	0,148	1082,2
ПР	10937,1	7213,6	3723,5	4,233	2,185	1804,2

Розрахунок амортизаційних відрахувань виконаємо у табл. 5.4.

Таблиця 5.4

## Розрахунок амортизаційних відрахувань

Нарахування і основні засоби	Норма відрахувань	Сума відрахувань, грн	
		ТО	ПР
Амортизаційні відрахування :			
будівлі	2,8	0,0028	0,113
обладнання	14,2	0,021	0,31
Разом :		0,238	0,429
Амортизаційні відрахування :			
будівлі	1,4	0,0014	0,0593
обладнання	7,1	0,0105	0,115
Разом:		0,0119	0,2143

Розміри загально-виробничих витрат, служби головного енергетика становить 20%, якщо всі роботи виконує служба господарства, якщо

стороння організація ТО 40% від основної заробітної плати електромонтерів, планові нагромадження 8-10% включаються у вартість обладнання загальногосподарські витрати. Розраховуємо вартість обслуговування 1 люд. Год. ПР які виконуються (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

## Вартість обслуговування ТО і ПР електрообладнання

Види витрат	Витрати на 1 люд. Год	
	ТО	ПР
Заробітна плата електромонтера основна	0,69	0,83
Матеріали і запчастини	0,173	0,623
Амортизація відрахувань	0,0238	0,429
Відрахування на ПР	0,0119	0,2143
Загально-виробничі витрати (40%)	0,276	0,332
Загальногосподарські витрати (13%)	0,0897	0,1079
Разом	1,264	2,811

Планові нагромадження 8% на ТО = 0,1011 грн

ПР = 0,229 грн

Визначаємо вартість затрат праці на ТО і ПР електрообладнання:

$$C_{\text{ТО}} = Z_{\text{ТО}} \times C_{\text{ТО}} = 1,264 \times 1082,2 = 1501,3 \text{ грн} \quad (5.1)$$

Вартість затрат праці на ПР:

$$C_{\text{ПР}} = Z_{\text{ПР}} \times C_{\text{ПР}} = 2,811 \times 1804,2 = 5071,61 \text{ грн} \quad (5.2)$$

Загальні затрати :

$$C = C_{\text{ТО}} + C_{\text{ПР}} = 1501,3 + 5071,61 = 6572,9 \text{ грн} \quad (5.3)$$

Вартість однієї умовної одиниці обслуговування електрообладнання:

$$C_{y.o} = C/Q = 6572,9 / 306,9 = 21,4 \text{ грн} \quad (5.4)$$

Основні техніко-економічні показники.

Визначаємо експлуатаційні витрати господарства.

$$U_{\text{екс}} = 3 + U_a + U_T + U_{\text{ел}} + U_{\text{н.м.м.}} + U_{\text{др}}, \quad (5.5)$$

де 3 – заробітна плата з нарахуваннями, грн

$$3 = n \times Z \times 3_{\text{см}} \times T_r + M, \text{ грн}, \quad (5.6)$$

де  $n$  – число працюючих в зміні,

$Z$  – число змін,

$3_{\text{см}}$  – середня зарплата одного працюючого за зміню,

$T_r$  – число робочих днів в рік,

$M$  – нарахування на зарплату (9,6% від основної).

$$3 = 3 \times 1 \times 0,76 \times 260 \times 7 = 4040,4 \text{ грн}$$

$$M = \frac{9,6}{100} \times 4040,4 = 387,8 \text{ грн}$$

$$3 = 4040,4 + 387,8 = 4428,3 \text{ грн}$$

$U_a$  – відрахувати на амортизацію.

$$U_a = \frac{U_a}{100} \times K_6, \quad (5.7)$$

де  $K_6$  – балансова вартість машин і обладнання.

$$U_a = \frac{14.2}{100} \times 5241,3 = 744,26 \text{ грн}$$

$U_T$  – відрахування на поточний ремонт.

$$U_T = \frac{U_r}{100} \times K\delta = \frac{7}{100} \times 5241,36 \approx 366,89 \text{ грн} \quad (5.8)$$

$U_{\text{ел}}$  – витрати на електроенергію

$$U_{\text{ел}} = \sum \frac{G_{\text{ч}}}{Q_{\text{г}}} \times P_{\text{н}} \times K_{\text{з}} \times C_{\text{е}}, \text{ грн} \quad (5.9)$$

де  $G_{\text{ч}}$  – річний об'єм роботи зерно комплексу,

$Q_{\text{г}}$  – годинна продуктивність комплексу,

$P_{\text{н}}$  – номінальна потужність споживача, кВт,

$K_{\text{з}}$  – коефіцієнт завантаження роб. машини,

$C_{\text{е}}$  – ціна 1кВт/год електроенергії.

$$U_{\text{ел.}} = \frac{144000}{5} \times 11 \times 0,7 \times 0,165 = 36590,4 \text{ грн}$$

$U_{\text{п.м.м.}}$  – витрати на паливно-мастильні матеріали.

$$U_{\text{п.м.м.}} = P_{\text{н}} \times K_{\text{з}} \times D \times \frac{G_{\text{ч}}}{Q_{\text{г}}} \left( C_{\text{п}} + C_{\text{мм}} \times \frac{C}{100} \right); \quad (5.10)$$

де  $P_{\text{н}}$  – номінальна потужність двигуна,

$K_{\text{з}}$  – коефіцієнт завантаження двигуна,

$D$  – питомий розхід палива,

$C_{\text{п}}, C_{\text{мм}}$  – ціна 1 кг палива і мастильних матеріалів.

$$C_{\text{п. м.м.}} = 3,2 \times 0,7 \times 9,2 \times \frac{110}{5} \left( 1,9 + 1,8 \times \frac{40}{100} \right) = 824,4 \text{ грн.}$$

$$U_{\text{екс}} = 4428,3 + 744,26 + 366,89 + 36590,4 + 824,4 + 1020 = 11042,89 \text{ грн}$$

Основні показники економічної ефективності електромеханізації і автоматизації виробничих процесів – затрати і продуктивність праці, річні експлуатаційні витрати і термін окупності.

Річні затрати праці по виробничому процесі визначають по формулі:

$$Z_{\text{т}} = n \times Z \times t \times T_{\text{р}}, \quad (5.11)$$

де  $T_{\text{р}}$  – число робочих днів в році

$n$  – число робочих в зміну

$Z$  – число змін

$t$  – число годин роботи в добу

$$Z_{\text{т}} = 3 \times 1 \times 7 \times 260 = 2886,4 \text{ люд. Год}$$

Питомі затрати на одиницю продукції:

$$Z_{т.у} = \frac{Zm}{Gt}, \quad (5.12)$$

де  $G_t$  – річний об'єм продукції.

$$Z_{т.у} = \frac{2886,4}{144} = 20,04 \text{ люд. год}$$

Економія в затратах праці при порівнянні варіантів:

$$Z = Z_{т1} - Z_{т2} = 32,6 - 20,4 = 12,56 \text{ люд. год} \quad (5.13)$$

$Z_{т1}$  – затрати по варіанту з більшими експлуатаційними витратами.

Підвищення продуктивності праці (%):

$$\Pi = \left(1 - \frac{Zm2}{Zm1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{20,4}{32,6}\right) \times 100\% = 38,53\% \quad (5.14)$$

Термін окупності капіталовкладень:

$$T = \frac{\Delta K}{E_p}, \quad (5.15)$$

де  $\Delta K$  – різниця в капіталовкладення по порівняльних варіантах.

$E_p$  – річна економія експлуатаційних витрат.

$$E_p = U_1 - U_2 = 11042,89 - 8265,21 = 2777,68 \text{ грн} \quad (5.16)$$

$$T = \frac{14241 - 5241,3}{2777,68} = 3,24 \text{ р.}$$

## Висновки

В економічному обґрунтуванні доцільності впровадження технології електрифікації та механізації виробничих процесів у господарстві було проведено детальний аналіз витрат, які супроводжують оновлення електрообладнання. Основними показниками економічної ефективності стали капітальні вкладення, скорочення витрат праці, підвищення

продуктивності, зменшення потреби в робочій силі, зниження собівартості продукції та термін окупності інвестицій.

Розрахунки показали, що витрати на обслуговування електрообладнання, включаючи заробітну плату, матеріали, амортизаційні відрахування та загально-виробничі витрати, становлять 6 572,9 грн на рік. Вартість однієї умовної одиниці обслуговування електрообладнання склала 21,4 грн. Експлуатаційні витрати господарства, включаючи заробітну плату, амортизацію, витрати на електроенергію та паливно-мастильні матеріали, досягли 11 042,89 грн.

Річні затрати праці по виробничому процесу склали 2 886,4 люд. год, що дозволило визначити питомі затрати на одиницю продукції у 20,04 люд. год. Економія в затратах праці при переході на нову технологію становить 12,56 люд. год, а підвищення продуктивності праці оцінюється в 32,6%. Термін окупності капіталовкладень дорівнює 3,24 роки, що свідчить про доцільність інвестицій в електромеханізацію.

Отже, результати проведених розрахунків підтверджують економічну вигоду від впровадження нових технологій у виробничі процеси, що дозволить не лише знизити витрати, а й підвищити загальну ефективність господарства. Запропоновані рішення можуть слугувати основою для подальшої оптимізації виробництва у аграрному секторі, сприяючи зростанню їх конкурентоспроможності.

## ВИСНОВКИ

Надійність електропостачання визначається як здатність електричної системи забезпечувати споживачів електричною енергією заданої якості в будь-який момент часу, що включає в себе як безперервність постачання, так і якість електроенергії. Важливими показниками надійності є тривалість і частота перерв у електропостачанні, що безпосередньо впливають на економічні втрати споживачів.

Для підвищення надійності електричних мереж були визначені організаційно-технічні та технічні заходи. Перші не потребують значних капіталовкладень і базуються на кваліфікованому управлінні та раціональній організації робіт, тоді як технічні заходи вимагають інвестицій у модернізацію обладнання та розвиток електричних схем. Серед технічних рішень, що підвищують надійність, слід відзначити впровадження самонесучих ізольованих проводів, використання підземних кабельних мереж, автоматизацію, а також створення резервних джерел електропостачання.

Загалом, для досягнення високої надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів необхідно комплексно підходити до вирішення цієї проблеми, впроваджуючи сучасні технології, підвищуючи кваліфікацію персоналу та оптимізуючи організаційні процеси.

Аналіз існуючого стану системи електропостачання СФГ «Гай» показав, що підприємство має достатню електроозброєність для забезпечення своїх виробничих процесів. Система електропостачання, що функціонує на базі трансформаторної підстанції, забезпечує надійність електропостачання, проте існують певні ризики, пов'язані з інтенсивністю відмов окремих елементів системи автоматичного керування. Визначені показники надійності, такі як інтенсивність відмов, час напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи, свідчать про необхідність впровадження заходів щодо підвищення ефективності системи електропостачання.

Для оптимізації роботи електричних мереж та підвищення надійності електропостачання рекомендується модернізувати технологічне обладнання, впровадити сучасні системи освітлення, зокрема замінити традиційні лампи на енергоощадні світлодіодні, а також використовувати новітні рішення для керування та захисту електрообладнання. Важливим аспектом є забезпечення безпеки праці та охорони навколишнього середовища, що стане запорукою стабільного функціонування підприємства.

З огляду на технологічні вимоги та специфіку виробничих процесів, реалізація запропонованих заходів дозволить підвищити продуктивність, зменшити витрати на електроенергію та забезпечити безперебійне електропостачання. Таким чином, комплексний підхід до модернізації системи електропостачання СФГ «Гай» сприятиме не лише підвищенню надійності, а й загальному розвитку аграрного підприємства в умовах сучасних викликів.

У розробці заходів щодо підвищення надійності електропостачання СФГ «Гай» було проведено комплексний аналіз існуючої системи, що дозволило виявити ключові аспекти, які потребують модернізації. Впровадження нових технологій, зокрема застосування автомату задіяння резерву типу АВР 25А ІР 54 та заміна традиційних освітлювальних приладів на світлодіодні лампи, забезпечить не лише зменшення витрат на

електроенергію, але й підвищить загальний рівень надійності електричних мереж.

Розрахунки показали, що перехід на світлодіодні лампи зменшить споживання електроенергії, що, в свою чергу, призведе до значної економії фінансових ресурсів. Капітальні витрати на впровадження нових освітлювальних систем становлять 10 874 грн, тоді як річна економія від зменшення витрат на електроенергію складе 29 178,8 грн. Таким чином, повернення інвестицій відбудеться протягом одного року, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованих заходів.

Додатково, проведені розрахунки підтвердили відповідність обраних проводів та кабелів умовам нагріву та механічної стійкості, що забезпечить безпечну експлуатацію електричної системи.

Впровадження АЗР знижує збитки від простою. Для господарства з електродвигунами (7,5-22,35 А) та освітлювальним навантаженням час простою зменшується до 1 с замість 24 год. категорії III. Плановий річний збиток від простою (наприклад, 1000-5000 грн/год для сільгосптехніки) може бути зменшений на 98-99%, з урахуванням вартості АЗР (2-5 тис. грн залежно від моделі) та терміну окупності 1-2 роки при частоті аварій 2-5 разів на рік.

В економічному обґрунтуванні доцільності впровадження технології електрифікації та механізації виробничих процесів у господарстві було проведено детальний аналіз витрат, які супроводжують оновлення електрообладнання. Основними показниками економічної ефективності стали капітальні вкладення, скорочення витрат праці, підвищення продуктивності, зменшення потреби в робочій силі, зниження собівартості продукції та термін окупності інвестицій.

Розрахунки показали, що витрати на обслуговування електрообладнання, включаючи заробітну плату, матеріали, амортизаційні відрахування та загально-виробничі витрати, становлять 6 572,9 грн на рік. Вартість однієї умовної одиниці обслуговування електрообладнання склала

21,4 грн. Експлуатаційні витрати господарства, включаючи заробітну плату, амортизацію, витрати на електроенергію та паливно-мастильні матеріали, досягли 11 042,89 грн.

Річні затрати праці по виробничому процесу склали 2 886,4 люд. год, що дозволило визначити питомі затрати на одиницю продукції у 20,04 люд. год. Економія в затратах праці при переході на нову технологію становить 12,56 люд. год, а підвищення продуктивності праці оцінюється в 32,6%. Термін окупності капіталовкладень дорівнює 3,24 роки, що свідчить про доцільність інвестицій в електромеханізацію.

Отже, результати проведених розрахунків підтверджують економічну вигоду від впровадження нових технологій у виробничі процеси, що дозволить не лише знизити витрати, а й підвищити загальну ефективність господарства. Запропоновані рішення можуть слугувати основою для подальшої оптимізації виробництва у аграрному секторі, сприяючи зростанню їх конкурентоспроможності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ахромкін А.О. Сучасні характеристики електричних мереж України: регіональний аспект. / А.О. Ахромкін // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – № 6 (223). – С. 7-10.
2. Бацала Я.В. Удосконалення засобів контролю параметрів електроенергії відновлювальних джерел енергії. / Я.В. Бацала // Нафтогазова енергетика. – 2015. – № 1(23). – С. 52-60.
3. Бойко С.М., Жуков О.А., Коваль А.М., Печенюк Д.В. Аспекти впровадження джерел розосередженої генерації в системи електропостачання підприємств агропромислового комплексу / С.М. Бойко, О.А. Жуков, А.М. Коваль, Д.В. Печенюк // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2023. – № 2. – С. 131-139.
4. Вовк Ю.Я., Вовк І.П. Охорона праці в галузі. Навчальний посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А. – 2015. – 172 с.
5. Добровольська Л.Н. Проблеми надійності електропостачання сільськогосподарських об'єктів. / Л.Н. Добровольська, М.В. Романюк, Д.С. Собчук // Вісник ХНТУСГ. Вип. 164 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – 2015. – С. 56-57.

6. Єгорова О.Ю. Комплексне забезпечення надійності і якості електропостачання у сільських розподільних мережах. / О.Ю. Єгорова // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2016. – № 2. – С.41-43.

7. Жаркін А.Ф., Палачов С.О., Новський В.О. Нормативно-правове регулювання якості напруги в електричних мережах з джерелами розосередженої генерації. – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2018. – 161 с.

8. Забезпечення надійності системи електропостачання промислових об'єктів / Є.В. Бацюра, Р.І. Шинькар, А.Р. Ухін, П.Б. Костецький, С.В. Осадчук, Іван Михайлович Сисак // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 24-25 листопада 2021 року. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. – Том II. – С. 9-10.

9. Забезпечення надійності системи електропостачання промислових об'єктів / Є.В. Бацюра, Р.І. Шинькар, А.Р. Ухін, П.Б. Костецький, С.В. Осадчук // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 24-25 листопада 2021 року. – Т.: ФОП Паляниця В. А., 2021. – Том II. – С. 9–10.

10. Ковальчук І.В. Вибір головної схеми електричних з'єднань розподільчих пристроїв / І.В. Ковальчук, Н.А. Куземко, І.М. Сисак // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 7-8 грудня 2022 року. – Т.: ТНТУ, 2022. – С. 78–79.

11. Кузнецов М.П. Особливості комбінованих енергосистем з відновлюваними джерелами енергії: монографія. – К.: ІВЕ, 2022. – 142 с.

12. Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є., Гунько І.О. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії. Монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 174 с.

13. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А.В. Журахівський, С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, О.Р. Пастух. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.

14. Підвищення надійності та пропускну здатності трансформаторних підстанцій / В.О. Купчик, Т.Т. Сердюк, Г.І. Головачук, Р.Б. Волосинецький, Л.Т. Мовчан, І.М. Сисак // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 7-8 грудня 2022 року. – Т.: ТНТУ, 2022. – С. 80–81.

15. Підвищення технічної надійності підстанції / А.Л. Стефанюк, А.А. Гуменюк, А.З. Стасів, І.М. Сисак // Тези XIII МНПК «Актуальні задачі сучасних технологій», 11-12 грудня 2024 року. – Т.: ФОП Паляниця В. А., 2024. – С. 267–268.

16. Полетаєв В.П. Охорона праці в галузі (для спеціальності «Металургія чорних металів»): навчальний посібник. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. – 363 с.

17. Попадченко С.А. Гібридні електричні мережі – необхідність та перспективи розвитку в Україні. / С.А. Попадченко // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 186: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – С. 39–44.

18. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. : затв. . Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258 // М-во палива та енергетики України. – Х.: Індустрія: Енергетичні рішення, 2012. – 318 с.

19. Пристрої автоматичного введення резерву типу АВР 25А ІР 54. URL: <https://ukrelektro.com.ua/ua/p1127959207-ustrojstva-avtomaticheskogo-vvoda.html>

20. Проектування розвитку електричних мереж та систем / С.С. Чміль, Ю.В. Головачук, В.М. Зозуля, І.М. Сисак // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів

«Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2020 року. – Т.: ТНТУ, 2020. – Том 2. – С. 135.

21. Сисак І.М. Забезпечення надійності системи електропостачання деревообробного цеху / І.М. Сисак, С.В. Корюков // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 6-7 грудня 2023 року. – Т.: ФОП Паляниця В. А., 2023. – С. 237–238.

22. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с.

23. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 01-24 квітня 2020 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В.М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О.Г. Скляр [та ін.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – 485 с.

24. Федорів М.Й. Підвищення надійності електроприводів насосних агрегатів / М.Й. Федорів, І.Д. Галушак, П.О. Курляк // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Ровідка та розробка нафтових і газових родовищ», 2018. – №2(67). – С.47-52.

25. Федорів М.Й., Михайлів М.І. Надійність електропостачання. Навчальний посібник. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. – 183 с.

26. IEC. Electromagnetic compatibility (EMC) – IEC 61000 series. International Electrotechnical Commission, 1995–2023. [Online]. Available: <https://www.iec.ch/iec-61000>

27. Lezhnyuk, P. Impact of renewable sources of energy on the level of active power losses in distribution networks / P. Lezhnyuk, V. Komar, Buslavets, O. // 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems, IEPS. Conference Proceedings. – 2020. doi: 10.1109/IEPS.2016.7521856 (Scopus).

28. Monteiro Pereira R. M. FACTS performance in the dynamic voltage stability of an electric power system / R. M. Monteiro Pereira, Adelino J. C. Pereira, C. M. Machado Ferreira, F. P. Maciel Barbosa // 52nd International Universities Power Engineering Conference. – 2019. – Pp. 1-5.

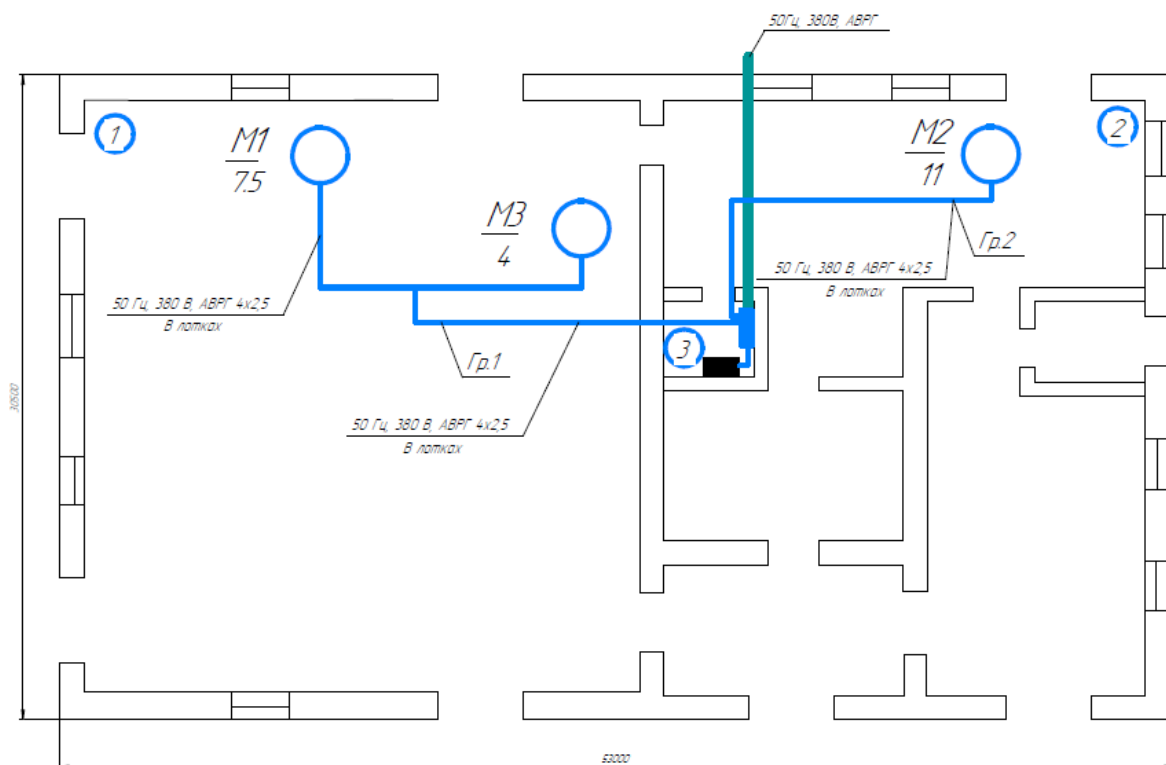
29. Stamatia G. F. Modeling and simulation of an autonomous hybrid power system / G. F. Stamatia, G. S. Sara, R. C. Harold // Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2017 52nd International 28-31 Aug. – 2017. – doi:10.1109/UPEC.2017.8231915.

30. Swalec C. and Shearer C. Pedal to the Metal 2021. No time to delay decarbonizing the global steel sector, Global Energy Monitor. San Francisco, CA, United States of America: Global Energy Monitor. 2021. doi:10.7551/mitpress/11314.003.0023

## ДОДАТКИ

## Додаток А

## Технологічне та електросилове обладнання СФГ «Гай»



### Експлікація приміщень

<i>№</i>	<i>Назва приміщення</i>	<i>Порядковий № об'єкту</i>	<i>Тип об'єкту</i>
<i>1</i>	<i>Зерносклад та приміщення для зберігання та переробки зерна</i>	<i>M1, M3</i>	<i>A1P112M2 A1P112M6</i>
<i>2</i>	<i>Приміщення для технологічної переробки олійних культур</i>	<i>M2</i>	<i>A1P132M4</i>
<i>3</i>	<i>Щита</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

Додаток Б

**Мережа освітлювальна**



/ Поэлементный таблиц	Входной щит			Хиби́нская мерка			Гауптабей щиток			Гауптабей мерка			Струмопайоны			Обитывае						
	Апаратура			Провод / кабель			Апаратура			Апаратура			Тип	Ранг	Колычество Впрыты катушки	Вид осветления	Система осветления					
	Позначение тип номер злучы	LA	LA	LA	Марка, колычество перекрест	Слобод пражысканкы	Впрыты катушки	Позначение тип номер злучы	LA	LA	LA	Марка, колычество перекрест						Слобод пражысканкы	Впрыты катушки	Позначение на плане		
	 A1	 A2	32	217	217	ABRГ2X15	по аснабдзі	0,02	1	32	6	217	ABRГ2X15	по аснабдзі	188	1016 1x18	8	20	Рабаче	Загалгь рэканструкцыйна		
			50	29	8,59	ABRГ4X2,5	по аснабдзі	0,08	2	32	6	3,3	ABRГ2X15	по аснабдзі	188	1016 1x18	18	74			100,3	
										3	32	6	2,45	ABRГ2X15	по аснабдзі	188	1016 1x18	8			1	1,943
										4	32	6	0,67	ABRГ2X15	по аснабдзі	188	1016 1x18	8			0,863	
															1016 1x18	18	1	0,543	Меркабей			
															1016 1x18	18	2					
															1016 1x18	8	2					
															Резерв							