

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Монтаж і технічне обслуговування електрообладнання
електрифікованої ферми молодняка ВРХ»

КРБ.14ЕЕбд_31[3].04.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
*«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»*
спеціальності 141
*«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи *141ЕЕбд_41*
Демченко В.С.
Керівник: Семенов А.О.
Рецензент: Сусліч О.Г.

ВСТУП

Сучасне тваринництво є однією з важливих галузей аграрного виробництва, ефективність якої значною мірою залежить від рівня механізації та електрифікації основних технологічних процесів. Утримання молодняка великої рогатої худоби потребує стабільного забезпечення кормами, водою, нормативного мікроклімату, належного освітлення, своєчасного видалення гною та безпечних умов роботи обслуговуючого персоналу. Виконання цих процесів неможливе без використання електроприводів, освітлювальних установок, насосного, вентиляційного та допоміжного електрообладнання [1, 2].

Електрообладнання тваринницьких приміщень працює у складних умовах експлуатації. Для ферм молодняка ВРХ характерні підвищена вологість, запиленість, наявність агресивних газів, органічних забруднень, коливання температури, а також можливість механічного пошкодження проводів, кабелів і апаратури керування. У таких умовах особливого значення набувають правильний вибір електродвигунів, апаратів керування і захисту, розподільчих пристроїв, способів прокладання електричних мереж, а також якісний монтаж і своєчасне технічне обслуговування електрообладнання [1-4].

Актуальність роботи полягає в необхідності забезпечення безпечної, економічної та безперебійної роботи електрообладнання електрифікованої ферми молодняка ВРХ [1, 3-5] шляхом правильного вибору електроприймачів, проводів і кабелів, апаратів керування та захисту, освітлювальних установок, а також раціональної організації технічного обслуговування.

Мета роботи – обґрунтування технічних рішень щодо монтажу та технічного обслуговування електрообладнання електрифікованої ферми молодняка ВРХ з урахуванням умов експлуатації, вимог електробезпеки, пожежної безпеки та надійності роботи електроустановок.

Об'єкт дослідження – електрифікована ферма молодняка великої рогатої худоби.

Предмет дослідження – силове та освітлювальне електрообладнання ферми, апарати керування і захисту, електричні мережі, система заземлення та організація технічного обслуговування.

Методи дослідження – аналіз технічної та нормативної літератури, узагальнення вимог до електрообладнання тваринницьких приміщень, порівняння варіантів електротехнічних рішень, аналітичні методи розрахунку електродвигунів, силових і освітлювальних мереж, світлотехнічний розрахунок, а також методи оцінювання надійності, безпеки та економічної ефективності монтажу й технічного обслуговування електрообладнання ферми молодняка ВРХ.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати виробничо-технічну характеристику ферми молодняка ВРХ; охарактеризувати основні технологічні процеси, що потребують електрифікації; виконати вибір електродвигунів для основних технологічних машин; обґрунтувати вибір електрообладнання з урахуванням вологого та запиленого середовища; розробити розрахунково-монтажну схему силової мережі; виконати вибір розподільчих пристроїв, апаратів керування і захисту; визначити електричні навантаження на ввіді у ферму; розробити заходи з технічного обслуговування, охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки; оцінити економічну доцільність прийнятих технічних рішень.

Практична значимість роботи полягає у розробленні технічних рішень, які можуть бути використані під час монтажу, експлуатації та обслуговування електрообладнання тваринницьких приміщень. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення надійності електропостачання, зменшення аварійних відмов, покращення умов праці персоналу та забезпечення безпечної експлуатації електроустановок ферми молодняка ВРХ.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ФЕРМ МОЛОДНЯКА ВРХ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика електрифікованих ферм молодняка ВРХ

Електрифіковані ферми молодняка великої рогатої худоби є важливими виробничими об'єктами агропромислового комплексу, призначеними для утримання, вирощування та догляду за тваринами у період їх росту і розвитку. Ефективність функціонування таких ферм значною мірою залежить від рівня механізації та електрифікації основних технологічних процесів [19, 20], оскільки більшість операцій з обслуговування тварин пов'язана з використанням електричних машин, механізмів, освітлювальних установок, вентиляційного та насосного обладнання.

На фермах молодняка ВРХ електрична енергія використовується для живлення електроприводів кормороздавального обладнання, транспортерів гноєвидалення, вентиляційних установок, насосів системи водопостачання, освітлювальних мереж, а також допоміжного обладнання. Саме тому електропостачання таких об'єктів повинно бути надійним, безпечним і пристосованим до умов тривалої експлуатації у тваринницьких приміщеннях.

Типова система електропостачання ферми молодняка ВРХ виконується від трифазної мережі змінного струму напругою $3 \times 380/220$ В частотою 50 Гц [1, 2, 23]. Живлення силових електроприймачів здійснюється від напруги 380 В, а освітлювальні установки, кола керування та окремі допоміжні споживачі можуть живитися від напруги 220 В. Така система є найбільш поширеною для сільськогосподарських виробничих об'єктів, оскільки дозволяє одночасно забезпечити роботу трифазних електродвигунів і однофазних споживачів.

Основними електроприймачами ферми молодняка ВРХ є асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором [15, 16, 21]. Вони застосовуються у приводах кормороздавачів, транспортерів гноєвидалення, вентиляторів, насосів та інших технологічних машин. Перевагами таких електродвигунів є проста конструкція, достатня надійність, відносно невисока вартість, зручність

обслуговування та можливість роботи в умовах тривалого або повторно-короткочасного навантаження.

Особливе значення для ферми має система освітлення. Вона повинна забезпечувати необхідний рівень освітленості у зонах утримання тварин, проходах, біля технологічного обладнання, в електрощитовій та допоміжних приміщеннях. Раціонально спроектоване освітлення створює безпечні умови для роботи персоналу [9, 13], полегшує контроль за станом тварин і обладнання, а також позитивно впливає на загальні умови утримання молодняка.

Ферма молодняка ВРХ як об'єкт електрифікації має низку особливостей. До них належать підвищена вологість, запиленість, наявність агресивних газів, органічних забруднень, можливість потрапляння вологи на електрообладнання, а також наявність металевих конструкцій, трубопроводів і технологічних машин. Усе це підвищує вимоги до вибору електрообладнання, способів монтажу електричних мереж, захисту від ураження електричним струмом, організації заземлення та технічного обслуговування [2-4, 11, 12, 19].

1.2 Аналіз основних технологічних процесів ферми молодняка ВРХ

Основні технологічні процеси ферми молодняка ВРХ спрямовані на створення належних умов утримання тварин, забезпечення їх кормами, водою, свіжим повітрям, достатнім освітленням і підтриманням санітарного стану приміщень. До таких процесів належать кормороздавання, напування, гноєвидалення, вентиляція, освітлення, водопостачання та робота допоміжного обладнання.

Одним із найважливіших технологічних процесів є кормороздавання. Від своєчасної та рівномірної подачі кормів залежить нормальний розвиток молодняка, ефективність використання кормів і загальна продуктивність ферми. Для механізації цього процесу застосовуються стаціонарні або мобільні кормороздавачі, які приводяться в дію електродвигунами. Електропривод кормороздавачного обладнання повинен забезпечувати достатній пусковий момент, надійну роботу під навантаженням і можливість багаторазового вмикання протягом робочої зміни. [15, 16, 19]

Важливим процесом є видалення гною. Несвоєчасне прибирання гною погіршує санітарний стан приміщення, сприяє підвищенню вологості, накопиченню шкідливих газів, розвитку мікроорганізмів і створює несприятливі умови для тварин та обслуговуючого персоналу. Для механізованого гноєвидалення застосовуються скребкові, ланцюгові або транспортерні установки. Їх електроприводи працюють у важких умовах, оскільки механізми можуть зазнавати нерівномірного навантаження, забруднення, підвищеного тертя та періодичних перевантажень [3, 4, 16, 19].

Для забезпечення тварин водою використовуються системи напування, які можуть включати насосні установки, трубопроводи, автонапувалки та регулювальну арматуру. Електропривод насосного обладнання повинен забезпечувати необхідний тиск і продуктивність системи водопостачання. Відмова насосного обладнання може призвести до порушення режиму напування тварин, тому такі установки повинні мати надійний електричний захист і регулярно обслуговуватися [1, 4, 22].

Система вентиляції призначена для підтримання нормативного мікроклімату у приміщенні. У процесі утримання тварин у повітрі накопичуються волога, тепло, пил, аміак, вуглекислий газ та інші шкідливі домішки. Вентиляційні установки забезпечують видалення забрудненого повітря та подачу свіжого. Електродвигуни вентиляторів часто працюють у тривалому режимі, тому до них ставляться підвищені вимоги щодо енергоефективності, надійності, теплового захисту та стійкості до впливу навколишнього середовища.

Освітлення є необхідним для виконання технологічних операцій, догляду за тваринами, огляду обладнання та забезпечення безпечного переміщення персоналу. У фермі молодняка ВРХ повинно передбачатися робоче освітлення основного приміщення, освітлення допоміжних зон, чергове освітлення, а за потреби – аварійне освітлення. Освітлювальні установки повинні бути розміщені так, щоб забезпечити рівномірний розподіл світлового потоку, відсутність різких тіней і зручність технічного обслуговування світильників.

До допоміжних технологічних процесів належать робота електроінструменту, обігрів або локальний підігрів окремих зон, робота систем автоматики, сигналізації, керування та контролю. Хоча ці споживачі можуть мати меншу потужність порівняно з основними електроприводами, вони також потребують правильного підключення, захисту та періодичного контролю.

1.3 Аналіз умов експлуатації електрообладнання у тваринницьких приміщеннях

Електрообладнання тваринницьких приміщень працює у складних експлуатаційних умовах, що істотно відрізняються від умов звичайних виробничих або побутових приміщень. Для ферми молодняка ВРХ характерні підвищена вологість, запиленість, наявність органічних забруднень, агресивних газів, температурні коливання, механічні впливи, а також підвищена небезпека ураження електричним струмом [2-4, 11].

Підвищена вологість є одним із головних факторів, що впливає на стан електрообладнання. Волога може осідати на поверхні корпусів електродвигунів, розподільчих щитів, апаратів керування, кабельних вводів і світильників. Це призводить до зниження опору ізоляції, корозії металевих частин, погіршення контактних з'єднань і збільшення ймовірності аварійних режимів. Особливо небезпечним є поєднання вологості з пилом і агресивними газами, оскільки на поверхні ізоляції можуть утворюватися струмопровідні забруднення.

Запиленість також негативно впливає на роботу електроустановок. Пил накопичується на поверхні електродвигунів, вентиляційних решіток, світильників, щитового обладнання та апаратів керування. Це ускладнює тепловідведення, сприяє перегріванню електродвигунів, знижує світловий потік світильників і підвищує ризик несправностей. Тому електрообладнання ферми повинно регулярно очищуватися від пилу та забруднень.

У приміщеннях для утримання тварин можливе утворення агресивного середовища через наявність аміаку, сірководню, вуглекислого газу та інших речовин, що виділяються в процесі життєдіяльності тварин і розкладання органічних залишків. Таке середовище прискорює корозію металевих частин

електрообладнання, погіршує стан контактів, корпусів, кріпильних елементів і заземлювальних провідників.

Механічні впливи також є важливим фактором. Кабелі, проводи, пускова апаратура та світильники можуть зазнавати випадкових ударів, вібрації, дії технологічного обладнання або пошкодження під час обслуговування тварин і прибирання приміщення. Тому електричні мережі необхідно прокладати так, щоб вони були захищені від механічного пошкодження. Доцільним є використання труб, коробів, лотків, захисних кожухів і правильне розміщення кабельних трас.

Особливістю тваринницьких приміщень є підвищена небезпека ураження електричним струмом. Це пов'язано з наявністю вологи, металевих конструкцій, трубопроводів, бетонної підлоги, технологічного обладнання і можливістю одночасного дотику людини або тварини до заземлених частин та корпусів електрообладнання. У зв'язку з цим особливого значення набувають захисне заземлення, вирівнювання потенціалів, використання пристроїв захисного вимкнення та справність ізоляції.

Для таких приміщень електрообладнання повинно мати відповідний ступінь захисту оболонки. У вологому та запиленому середовищі доцільно застосовувати електродвигуни, розподільчі пристрої, пускову апаратуру та світильники у захищеному виконанні, наприклад не нижче IP54, а в окремих зонах – IP65 [11, 15, 17, 18]. Це дозволяє зменшити потрапляння пилу і вологи всередину обладнання та підвищити його довговічність.

Важливим чинником є також режим роботи електроприймачів. Частина обладнання, наприклад вентиляційні установки, може працювати тривалий час безперервно. Інші механізми, зокрема кормороздавачі або транспортери гноєвидалення, працюють періодично, але з підвищеними пусковими струмами. Тому апарати керування і захисту повинні вибиратися з урахуванням характеру навантаження, пускових режимів, можливих перевантажень і умов навколишнього середовища.

1.4 Обґрунтування напрямку дослідження

Проведений аналіз показує, що електрообладнання ферми молодняка ВРХ відіграє ключову роль у забезпеченні основних технологічних процесів. Від його справності залежить робота кормороздавального обладнання, системи гноєвидалення, вентиляції, водопостачання, освітлення та допоміжних електроустановок. Тому питання правильного монтажу, вибору електрообладнання, організації технічного обслуговування та забезпечення безпеки є актуальними для ефективної експлуатації ферми.

Основною проблемою є те, що електрообладнання тваринницьких приміщень працює у складних умовах, які сприяють прискореному зношуванню ізоляції, корозії контактів, перегріванню електродвигунів, забрудненню світильників і зниженню надійності роботи апаратів керування та захисту. Водночас відмова навіть одного технологічного механізму може порушити нормальний режим роботи ферми. Наприклад, несправність вентиляції погіршує мікроклімат, відмова кормороздавача ускладнює процес годівлі, а несправність гноєвидалення призводить до погіршення санітарного стану приміщення.

У зв'язку з цим завдання роботи полягає у розробленні технічних рішень щодо монтажу та технічного обслуговування електрообладнання електрифікованої ферми молодняка ВРХ [1-4, 14, 19-22]. Особлива увага буде приділена вибору електродвигунів, апаратів керування і захисту, силових та освітлювальних мереж, а також заходам з електробезпеки, пожежної безпеки та підвищення надійності роботи електроустановок.

Обраний напрямок роботи є актуальним, оскільки він поєднує питання електропостачання, монтажу, експлуатації, технічного обслуговування, електробезпеки та економічної ефективності електрообладнання ферми молодняка ВРХ.

Висновки до розділу 1

У першому розділі проведено аналіз електрообладнання електрифікованих ферм молодняка великої рогатої худоби та визначено його роль у забезпеченні основних технологічних процесів. Встановлено, що електрична енергія використовується для роботи кормороздавального обладнання, систем гноєвидалення, вентиляції, водопостачання, освітлення та допоміжних установок.

Розглянуто основні технологічні процеси ферми молодняка ВРХ, зокрема кормороздавання, напування, видалення гною, вентиляцію та освітлення. Показано, що безперебійна робота цих процесів залежить від правильного вибору, монтажу та обслуговування електрообладнання.

Проаналізовано умови експлуатації електрообладнання у тваринницьких приміщеннях. Встановлено, що підвищена вологість, запиленість, агресивне середовище, механічні впливи та наявність металевих конструкцій створюють складні умови для роботи електроустановок і підвищують вимоги до їх захисту, заземлення, ізоляції та технічного обслуговування.

Обґрунтовано напрямки роботи, який полягає у розробленні технічних рішень щодо монтажу та технічного обслуговування електрообладнання електрифікованої ферми молодняка ВРХ. Визначено основні задачі роботи, пов'язані з вибором електродвигунів, апаратів керування і захисту, силових та освітлювальних мереж, а також із забезпеченням електробезпеки, пожежної безпеки та економічної доцільності прийнятих рішень.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ ТА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ФЕРМИ МОЛОДНЯКА ВРХ

2.1 Об'єкт дослідження та структура електропостачання ферми

Об'єктом розробки є електрифікована ферма молодняка великої рогатої худоби, призначена для утримання, догляду та вирощування тварин у виробничих умовах. Ферма є комплексним сільськогосподарським об'єктом, у якому поєднуються технологічні, санітарно-гігієнічні, енергетичні та експлуатаційні вимоги. Надійна робота електрообладнання на такому об'єкті безпосередньо впливає на безперервність технологічних процесів, умови утримання тварин, безпеку персоналу та ефективність виробництва.

До складу основних електрифікованих процесів ферми молодняка ВРХ належать кормороздавання, напування, видалення гною, вентиляція, освітлення виробничих і допоміжних приміщень, робота насосного та допоміжного обладнання. Кожен із цих процесів потребує застосування відповідного електрообладнання: електродвигунів, пуско-захисної апаратури, розподільчих пристроїв, освітлювальних установок, кабельних ліній, пристроїв керування, захисту та заземлення.

Електропостачання ферми передбачається від трифазної мережі змінного струму напругою $3 \times 380/220$ В частотою 50 Гц [1, 2, 23]. Така система є найбільш поширеною для сільськогосподарських виробничих об'єктів, оскільки дозволяє жити як трифазні силові електроприймачі, так і однофазні освітлювальні та допоміжні споживачі. Силові електроприймачі, зокрема електродвигуни кормороздавачів, транспортерів гноєвидалення, вентиляторів і насосів, підключаються до напруги 380 В. Освітлювальні установки, кола сигналізації, частина апаратури керування та допоміжні споживачі можуть живитися від напруги 220 В.

Структура електропостачання ферми повинна забезпечувати приймання електричної енергії від зовнішньої мережі, її розподіл між групами споживачів, захист електричних ліній і електрообладнання від аварійних режимів [1, 2, 17, 18], а також можливість оперативного керування технологічними механізмами.

У загальному вигляді система електропостачання ферми включає: ввідний пристрій, головний розподільчий щит, силові розподільчі щити, освітлювальний щит, групові лінії живлення електродвигунів, групові лінії освітлення, апарати керування і захисту, систему захисного заземлення та вирівнювання потенціалів.

На рис. 2.1 представлена структура електропостачання ферми молодняка ВРХ.



Рисунок 2.1 – Структура електропостачання ферми молодняка ВРХ

Ввідний пристрій призначений для приймання електроенергії та захисту всієї внутрішньої електричної мережі ферми. У ньому доцільно передбачити ввідний автоматичний вимикач, апарати обліку електроенергії, захист від коротких замикань і перевантажень, а також можливість повного вимкнення електроустановки під час ремонтних або аварійних робіт.

Головний розподільчий щит виконує функцію розподілу електроенергії між окремими групами споживачів. Від нього живляться силові лінії технологічного обладнання, освітлювальна мережа, вентиляційні установки, насосне обладнання та допоміжні електроприймачі. Для підвищення надійності роботи доцільно розділяти споживачів за функціональним призначенням: окремо

виділяти лінії кормороздавання, гноєвидалення, вентиляції, водопостачання, робочого освітлення та чергового освітлення.

Силові розподільчі щити розміщуються з урахуванням зручності обслуговування, доступності для персоналу та безпеки експлуатації. Вони повинні бути встановлені у місцях, захищених від прямого потрапляння вологи, механічних пошкоджень і надмірного забруднення. За можливості щити доцільно розміщувати в електрощитовій або в окремій технічній зоні, а місцеві пости керування – поблизу відповідних технологічних механізмів.

Окреме значення має освітлювальна мережа. Вона повинна бути поділена на групи таким чином, щоб у разі відключення однієї групи зберігалася можливість часткового освітлення приміщення. Доцільно передбачати робоче освітлення, чергове освітлення, а за потреби – аварійне освітлення. Освітлювальні щити повинні мати апарати захисту групових ліній, а вимикачі та органи керування мають бути розміщені у зручних для персоналу місцях.

Система електропостачання ферми молодняка ВРХ повинна бути простою, надійною, зручною в експлуатації та ремонтпридатною. Її побудова має забезпечувати можливість швидкого відключення пошкодженої ділянки без повного припинення роботи всього об'єкта [1, 2, 20]. Це особливо важливо для вентиляції, водопостачання та освітлення, оскільки їх тривале вимкнення може негативно вплинути на умови утримання тварин.

Таким чином, об'єкт розробки являє собою електрифіковану ферму молодняка ВРХ із системою електропостачання $3 \times 380/220$ В, у якій електрична енергія використовується для живлення основних технологічних і допоміжних процесів. Структура електропостачання повинна забезпечувати безпечне, надійне та економічно доцільне функціонування всіх електроприймачів.

2.2 Технічні вимоги до силового електрообладнання ферми

Силове електрообладнання ферми молодняка ВРХ призначене для забезпечення роботи технологічних машин і механізмів, які виконують основні виробничі процеси. До нього належать електродвигуни кормороздавачів, транспортерів гноєвидалення, вентиляційних установок, насосів, допоміжних

механізмів, а також розподільчі пристрої, пуско-захисна апаратура, кабелі, проводи, з'єднувальні коробки та пристрої керування.

Основною вимогою до силового електрообладнання є відповідність його параметрів умовам роботи технологічних механізмів. Електродвигуни повинні забезпечувати необхідну потужність, пусковий момент, частоту обертання і режим роботи. Для більшості механізмів ферми доцільно застосовувати трифазні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором [15, 16, 21]. Вони мають просту конструкцію, достатню механічну міцність, високу надійність і добре пристосовані до експлуатації у сільськогосподарському виробництві.

Потужність електродвигунів повинна відповідати потужності робочих машин. Недостатня потужність призводить до перевантаження двигуна, його перегрівання, прискореного старіння ізоляції та можливого виходу з ладу. Надмірне завищення потужності також небажане, оскільки воно знижує коефіцієнт завантаження, погіршує енергетичні показники та збільшує вартість обладнання. Тому вибір електродвигунів необхідно виконувати з урахуванням технологічного навантаження, режиму роботи, пускових умов і коефіцієнта запасу.

Для електродвигунів кормороздавального обладнання важливими є достатній пусковий момент і здатність працювати в умовах змінного навантаження. У процесі подавання корму можливе нерівномірне завантаження робочого органу, тому електропривод повинен мати запас за моментом і надійний захист від перевантаження.

Електродвигуни транспортерів гноєвидалення працюють у складніших умовах, оскільки механізми контактують із вологим і забрудненим середовищем. Для таких приводів важливими є захист від перевантаження, надійність пускової апаратури, справність редукторів і механічних передач, а також захист електродвигуна від тривалої роботи у важкому режимі.

Вентиляційні установки, як правило, працюють у тривалому режимі. Для них важливими є енергоефективність, низький рівень шуму, стабільність частоти обертання та надійний тепловий захист. У разі використання автоматичного

регулювання мікроклімату електродвигуни вентиляторів можуть працювати у змінних режимах, що потребує правильного вибору апаратури керування.

Насосне обладнання системи водопостачання повинно забезпечувати необхідну продуктивність і тиск. Електродвигуни насосів необхідно захищати від короткого замикання, перевантаження, зникнення фази, сухого ходу та повторного самозапуску після аварійного вимкнення. Це дозволяє підвищити надійність водопостачання і запобігти пошкодженню насоса.

Оскільки електрообладнання ферми працює у вологому та запиленому середовищі, воно повинно мати відповідний ступінь захисту оболонки. Для електродвигунів, пускової апаратури, розподільчих коробок і щитів доцільно застосовувати виконання не нижче IP54. У місцях можливого прямого потрапляння вологи або значного забруднення бажано використовувати обладнання зі ступенем захисту IP65.

Розподільчі пристрої повинні забезпечувати надійний розподіл електроенергії, захист ліній і електроприймачів, а також зручність технічного обслуговування. Вони мають бути обладнані автоматичними вимикачами, апаратами комутації, захистом від короткого замикання і перевантаження, а також засобами відключення окремих груп споживачів.

Пуско-захисна апаратура повинна відповідати номінальним струмам електродвигунів і характеру їх пуску. Для керування електродвигунами доцільно використовувати магнітні пускачі або контактори з тепловими реле. Автоматичні вимикачі повинні забезпечувати захист від коротких замикань і перевантажень, а теплові реле – від тривалого перевантаження електродвигуна.

На рис. 2.2 представлена структура силової мережі та захисту електрообладнання.



Рисунок 2.2 – Структура силової мережі та захисту електродвигунів

Кабелі та проводи силової мережі повинні вибиратися за трьома основними умовами: тривало допустимим струмом, допустимою втратою напруги та відповідністю апаратам захисту. Крім того, необхідно враховувати спосіб прокладання, температуру навколишнього середовища, можливість механічного пошкодження та вплив вологості. У тваринницьких приміщеннях доцільно передбачати прокладання кабелів у трубах, коробах або лотках, що забезпечують механічний захист і зручність обслуговування.

Усі металеві корпуси електрообладнання, розподільчих щитів, електродвигунів, пускової апаратури, металеві конструкції та трубопроводи, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути приєднані до системи захисного заземлення [2-4, 12]. Для тваринницьких приміщень також важливим є вирівнювання потенціалів, що знижує небезпеку ураження електричним струмом для персоналу та тварин.

2.3 Технічні вимоги до освітлювальної мережі ферми

Освітлювальна мережа ферми молодняка ВРХ є важливою частиною електрообладнання об'єкта, оскільки забезпечує нормальні умови для роботи персоналу, обслуговування тварин, контролю технологічних процесів, огляду обладнання та безпечного пересування у виробничих і допоміжних приміщеннях. Якісне освітлення має не лише виробниче, але й санітарно-гігієнічне значення, оскільки впливає на умови утримання тварин і загальний стан приміщення.

Основною вимогою до освітлювальної мережі є забезпечення нормативного рівня освітленості в усіх функціональних зонах ферми [9]. У зоні утримання молодняка необхідно передбачити рівномірне робоче освітлення, яке дозволяє обслуговуючому персоналу виконувати годування, огляд тварин, очищення приміщення та контроль роботи обладнання. У проходах, біля кормових столів, гнойових каналів, технологічних механізмів і щитового обладнання освітлення повинно забезпечувати безпечні умови праці.

Освітлювальна система ферми повинна включати робоче, чергове та, за потреби, аварійне освітлення. Робоче освітлення використовується під час виконання основних технологічних операцій. Чергове освітлення забезпечує мінімально необхідний рівень освітленості у нічний час або в періоди, коли основне освітлення вимкнене. Аварійне освітлення може передбачатися в зонах евакуації, біля виходів, електрощитової та місць розміщення відповідального обладнання.

Для освітлення тваринницьких приміщень доцільно застосовувати світлодіодні світильники у пиловологозахищеному виконанні [9, 11, 14]. Порівняно з лампами розжарювання та застарілими люмінесцентними світильниками світлодіодні світильники мають вищу світлову віддачу, менше споживання електроенергії, більший строк служби, кращу стійкість до частих вмикань і менші витрати на обслуговування. У вологих і запилених приміщеннях бажано застосовувати світильники зі ступенем захисту не нижче IP54, а в особливо складних зонах – IP65 [11].

Світильники повинні бути розміщені рівномірно по площі приміщення. При цьому необхідно враховувати висоту підвісу, ширину приміщення, розташування проходів, технологічного обладнання, кормових зон і місць перебування тварин. Нерівномірне розміщення світильників може призвести до появи затемнених зон, погіршення умов роботи персоналу та складності контролю за станом обладнання і тварин.

На рис. 2.3 наведена структура освітлювальної мережі ферми.



Рисунок 2.3 – Структура освітлювальної мережі ферми

Під час проектування освітлювальної мережі необхідно виконати світлотехнічний розрахунок. Його метою є визначення кількості світильників, їх потужності, світлового потоку та схеми розміщення. Розрахунок повинен враховувати площу приміщення, нормовану освітленість, коефіцієнт запасу, коефіцієнт використання світлового потоку, висоту підвісу світильників і відбивні властивості поверхонь.

Електротехнічний розрахунок освітлювальної мережі передбачає визначення встановленої потужності освітлення, струмів групових ліній, вибір перерізу проводів, апаратів захисту та освітлювального щита. Групові лінії освітлення повинні бути розділені таким чином, щоб у разі відключення однієї групи приміщення не залишалося повністю без світла. Доцільно передбачити

окремі групи для основного виробничого приміщення, допоміжних приміщень, чергового освітлення та зовнішнього освітлення, якщо воно передбачене.

Проводи освітлювальної мережі повинні мати ізоляцію, придатну для роботи у відповідних умовах середовища. Спосіб прокладання має забезпечувати захист від механічних пошкоджень, вологи та агресивних речовин. У виробничих зонах доцільно прокладати проводи у трубах, коробах або по конструкціях із надійним кріпленням. З'єднання проводів необхідно виконувати у розподільчих коробках відповідного ступеня захисту.

Апаратами захисту освітлювальних ліній є автоматичні вимикачі, які встановлюються в освітлювальному щиті. Їх номінальні струми повинні відповідати розрахунковим струмам групових ліній і забезпечувати захист проводів від перевантаження та короткого замикання. Органи керування освітленням повинні бути розміщені у зручних місцях, захищених від вологи та механічного пошкодження.

Важливою вимогою є зручність технічного обслуговування світильників. Вони повинні бути розташовані так, щоб персонал міг безпечно виконувати очищення, огляд, ремонт або заміну світильників. У тваринницьких приміщеннях світильники швидко забруднюються пилом і органічними частинками, тому їх необхідно періодично очищувати для підтримання необхідного рівня освітленості.

Отже, освітлювальна мережа ферми молодняка ВРХ повинна забезпечувати нормативну освітленість, енергоефективність, безпеку, надійність і зручність обслуговування. Її проєктування має виконуватися з урахуванням умов середовища, технологічного планування приміщення, вимог електробезпеки та економічної доцільності.

2.4 Структура системи монтажу та технічного обслуговування електрообладнання

Монтаж і технічне обслуговування електрообладнання ферми молодняка ВРХ є взаємопов'язаними етапами забезпечення його надійної та безпечної експлуатації [1, 4, 19, 20]. Якісний монтаж створює основу для довговічної

роботи електроустановок, а правильно організоване технічне обслуговування дозволяє своєчасно виявляти несправності, запобігати аваріям і зменшувати простої технологічного обладнання.

Структура системи монтажу електрообладнання включає кілька послідовних етапів: підготовку до монтажу, перевірку проєктної документації, підготовку матеріалів і обладнання, розмітку трас, прокладання кабелів і проводів, встановлення розподільчих щитів, монтаж пуско-захисної апаратури, підключення електродвигунів, монтаж освітлювальних установок, виконання заземлення, перевірку правильності з'єднань, випробування та введення електрообладнання в експлуатацію [1, 3, 4, 19].

На рис. 2.4 представлена схема послідовності монтажу та технічного обслуговування електрообладнання.

На підготовчому етапі необхідно вивчити проєктні рішення, перевірити відповідність електрообладнання умовам експлуатації, визначити місця встановлення щитів, електродвигунів, світильників, пускових апаратів і прокладання кабельних трас. Також необхідно перевірити наявність необхідних матеріалів, кабелів, проводів, кріпильних елементів, труб, коробів, захисних апаратів і засобів індивідуального захисту.

Монтаж силових мереж повинен виконуватися відповідно до розрахунково-монтажної схеми. Кабельні лінії мають бути прокладені так, щоб забезпечити мінімальну довжину трас, зручність обслуговування, захист від механічних пошкоджень і безпечну відстань від технологічного обладнання. У вологих і запилених зонах необхідно використовувати герметичні вводи, захищені коробки та надійне кріплення кабелів.

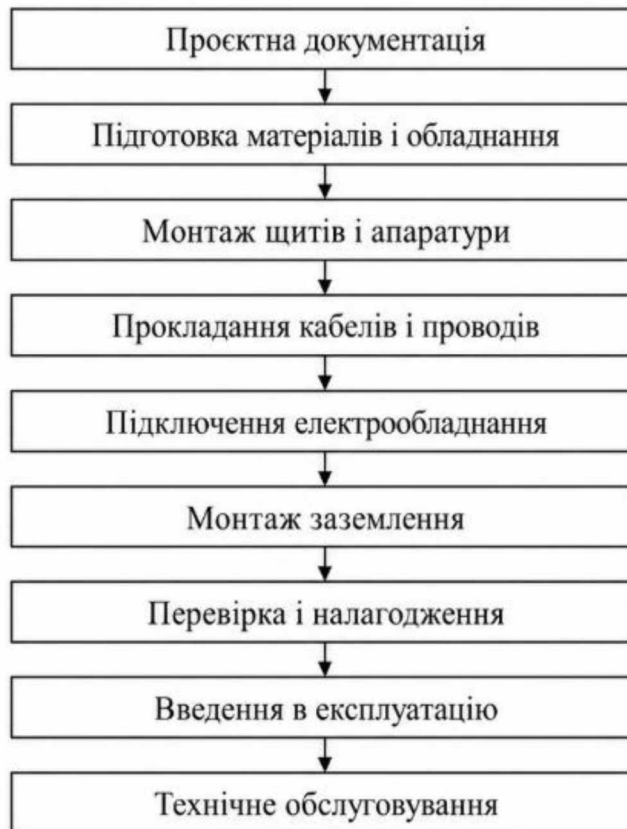


Рисунок 2.4 – Послідовність монтажу та технічного обслуговування електрообладнання

Монтаж розподільчих пристроїв і пуско-захисної апаратури має забезпечувати зручність керування, огляду та ремонту. Щити повинні бути встановлені вертикально, надійно закріплені, промарковані та заземлені. Усі апарати керування і захисту повинні мати позначення, які дозволяють швидко визначити, яку лінію або електроприймач вони обслуговують.

Підключення електродвигунів виконується з урахуванням їх номінальної напруги, схеми з'єднання обмоток, напрямку обертання, способу пуску та вимог захисту. Після підключення необхідно перевірити правильність фазування, надійність контактних з'єднань, справність заземлення корпусу двигуна та відповідність налаштування теплового реле номінальному струму двигуна.

Монтаж освітлювальної мережі включає прокладання групових ліній, встановлення світильників, розподільчих коробок, вимикачів і освітлювального щита. Світильники повинні бути встановлені відповідно до прийнятої схеми розміщення, забезпечувати рівномірне освітлення та бути доступними для

технічного обслуговування. Особливу увагу необхідно приділяти герметичності з'єднань і захисту проводів від пошкоджень.

Окремим етапом є монтаж системи заземлення та вирівнювання потенціалів. До заземлювальної системи підключаються корпуси електродвигунів, розподільчі щити, металеві оболонки обладнання, металеві конструкції та інші частини, які можуть опинитися під напругою. У приміщеннях для утримання тварин вирівнювання потенціалів має особливе значення, оскільки знижує ризик виникнення небезпечної напруги дотику.

Технічне обслуговування електрообладнання ферми повинно виконуватися за планово-попереджувальною системою [1, 4, 19, 20]. Його метою є підтримання електрообладнання у працездатному стані, попередження аварійних відмов, зниження витрат на ремонт і забезпечення безпеки персоналу та тварин.

Усі результати технічного обслуговування повинні фіксуватися у відповідних журналах. Необхідно вести облік оглядів, ремонтів, вимірювань опору ізоляції, перевірок заземлення, спрацювання апаратів захисту та виявлених несправностей. Наявність такої документації дозволяє контролювати технічний стан електрообладнання та планувати ремонтні роботи.

Система монтажу та технічного обслуговування електрообладнання ферми молодняка ВРХ повинна бути організована як єдиний комплекс заходів. Вона включає правильне встановлення обладнання, якісне підключення електричних мереж, перевірку та налагодження після монтажу, а також регулярне профілактичне обслуговування у процесі експлуатації.

Висновки до розділу 2

У другому розділі проаналізовано об'єкт розробки та визначено структуру її електропостачання. Встановлено, що електропостачання ферми доцільно виконувати від трифазної мережі змінного струму напругою $3 \times 380/220$ В частотою 50 Гц, що забезпечує живлення як силових електроприймачів, так і освітлювальних та допоміжних споживачів.

Розглянуто структуру внутрішньої системи електропостачання ферми, яка включає ввідний пристрій, головний розподільчий щит, силові та освітлювальні групові лінії, апарати керування і захисту, а також систему заземлення та вирівнювання потенціалів. Показано, що розділення електроприймачів за функціональним призначенням підвищує надійність і зручність експлуатації електрообладнання.

Визначено технічні вимоги до силового електрообладнання ферми. Обґрунтовано необхідність застосування електродвигунів, розподільчих пристроїв, пуско-захисної апаратури, кабелів і проводів, які відповідають умовам вологого, запиленого та хімічно активного середовища. Особливу увагу приділено захисту електродвигунів від коротких замикань, перевантажень, втрати фази та інших аварійних режимів.

Проаналізовано технічні вимоги до освітлювальної мережі ферми. Показано, що освітлення повинно забезпечувати нормативний рівень освітленості, рівномірність світлового потоку, енергоефективність, безпечність і зручність технічного обслуговування. Доцільним є застосування пилостійких захищених світлодіодних світильників із поділом освітлювальної мережі на окремі групи.

Розглянуто структуру системи монтажу та технічного обслуговування електрообладнання. Отримані результати є основою для подальшого вибору електрообладнання, розрахунку електричних навантажень, розроблення силової та освітлювальної мережі у наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА МОНТАЖНИХ РІШЕНЬ

3.1 Вибір основних електроприймачів ферми молодняка ВРХ

Електрифікована ферма молодняка великої рогатої худоби є виробничим об'єктом, у якому електрична енергія використовується для забезпечення основних технологічних процесів: кормороздавання, видалення гною, вентиляції, водопостачання, освітлення та роботи допоміжного обладнання. Тому вибір електроприймачів повинен виконуватися з урахуванням технологічного призначення обладнання, режиму його роботи, умов експлуатації та вимог до надійності [1, 15, 16].

У наданому зразку для телятника основними електроприймачами визначено електроприводи кормороздавального обладнання, гноєвидалення, вентиляційних установок, насосного та освітлювального обладнання, що є близьким до структури електрифікованої ферми молодняка ВРХ. Для даної роботи приймаємо аналогічний підхід, але адаптуємо його до сучасних вимог монтажу, технічного обслуговування та безпечної експлуатації електрообладнання.

Основними групами електроприймачів ферми є: електродвигуни технологічних машин; електродвигуни вентиляційних установок; насосне обладнання системи водопостачання; освітлювальні установки; допоміжні споживачі, зокрема автоматика, сигналізація, розеткова мережа та електроінструмент [1, 2, 19].

Для ферми молодняка ВРХ доцільно виділити такі основні електроприймачі: кормороздавач, транспортер гноєвидалення, вентилятори припливно-витяжної вентиляції, насосну установку, допоміжні механізми та освітлювальні установки. Такий поділ дозволяє раціонально побудувати силову та освітлювальну мережі, виконати правильний вибір апаратів захисту і спростити подальше технічне обслуговування [1, 4, 19, 20].

В табл. 3.1 наведені основні електроприймачі ферми молодняка ВРХ.

Таблиця 3.1 – Основні електроприймачі ферми молодняка ВРХ

Група електроприймачів	Призначення	Характер роботи	Особливо сті експлуатації
Кормороздавач	Подача корму тваринам	Повторно-короткочасний	Змінне навантаження, підвищений пусковий момент
Транспортер гноєвидалення	Видалення гною з приміщення	Періодичний / тривалий	Вологе та забруднене середовище
Вентиляційні установки	Підтримання мікроклімату	Тривалий	Тривала робота, потреба у надійному захисті
Насосне обладнання	Водопостачання та напування	Періодичний	Потреба в захисті від перевантаження і сухого ходу
Освітлювальні установки	Освітлення приміщень	Тривалий / черговий	Вологе і запилене середовище
Допоміжні споживачі	Автоматика, сигналізація, розетки	Періодичний	Потреба в окремому захисті

На рис. 3.1 наведено узагальнену структуру основних електроприймачів ферми молодняка ВРХ.

Електроприймачі силової групи мають найбільший вплив на величину розрахункового навантаження ферми. Саме тому для них необхідно виконати вибір електродвигунів, апаратів керування, захисту, проводів і кабелів.

Освітлювальні установки розраховуються окремо, оскільки вони мають інший характер навантаження та живляться переважно від однофазної мережі 220 В.

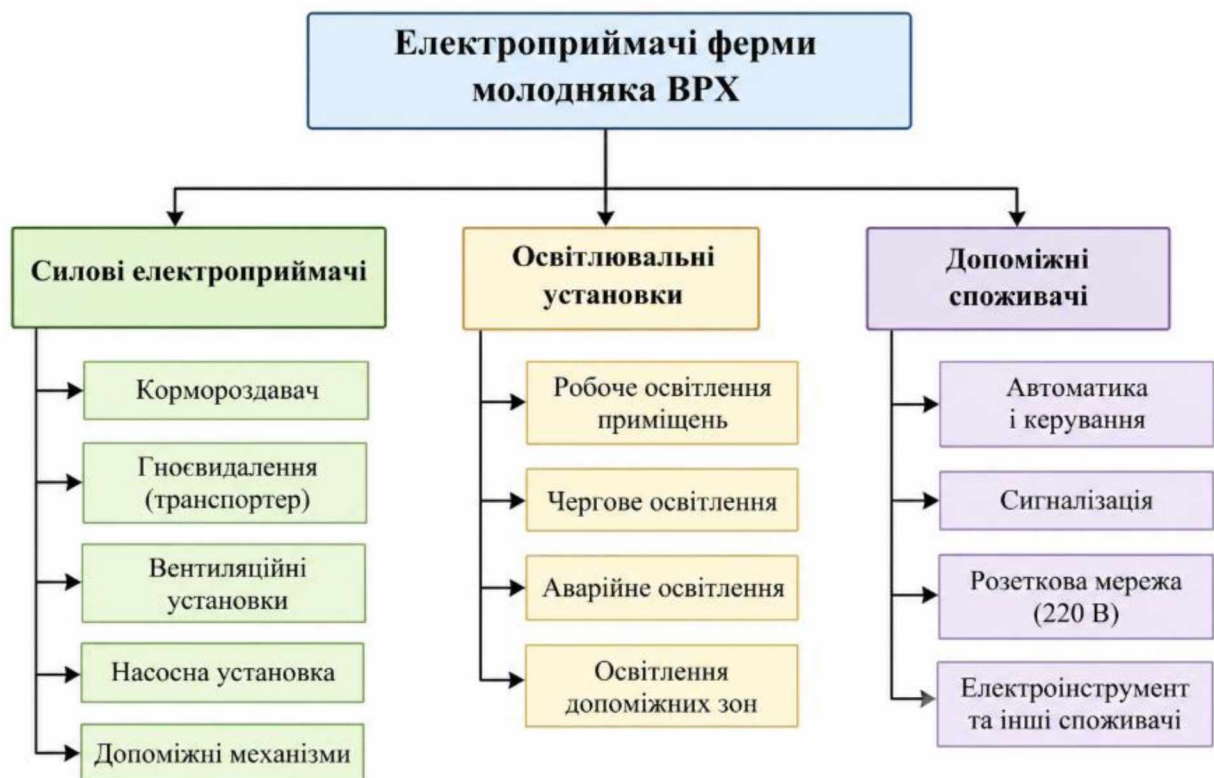


Рисунок 3.1 – Структура основних електроприймачів ферми молодняка ВРХ

3.2 Вибір електродвигунів технологічних машин і механізмів

Для приводу технологічних машин ферми молодняка ВРХ доцільно застосовувати трифазні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором. Такі двигуни широко використовуються у сільськогосподарському виробництві завдяки простій конструкції, надійності, зручності обслуговування та можливості роботи в умовах тривалого або періодичного навантаження.

Вибір електродвигунів виконується за такими основними критеріями: відповідність потужності двигуна потужності робочої машини; відповідність частоти обертання вимогам технологічного механізму; достатній пусковий момент; допустимий режим роботи; захищене виконання для роботи у вологому і запиленому середовищі; можливість підключення до трифазної мережі 380 В; зручність монтажу, ремонту і технічного обслуговування.

У тваринницьких приміщеннях електродвигуни працюють у складних умовах. На них впливають волога, пил, агресивні гази, перепади температури та

механічні забруднення. Тому доцільно застосовувати двигуни у закритому обдувному виконанні зі ступенем захисту не нижче IP54 [11, 15]. Для особливо відповідальних або забруднених зон може бути рекомендовано виконання IP55 або IP65.

Для попереднього вибору електродвигунів приймаємо орієнтовний склад технологічного обладнання ферми, наведений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Попередній вибір електродвигунів технологічних машин ферми

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Прийнята потужність одного двигуна, кВт	Загальна потужність, кВт	Режим роботи
Кормороздавач	1	5,5	5,5	Повторно - короткочасний
Транспортер гноєвидалення	1	4,0	4,0	Періодичний
Вентиляційна установка	4	1,1	4,4	Тривалий
Насосна установка	1	2,2	2,2	Періодичний
Допоміжний механізм	1	1,5	1,5	Періодичний
Разом			17,6	

Потужність електродвигуна повинна бути достатньою для приводу робочої машини у нормальному режимі та під час пуску. Недостатня потужність призводить до перевантаження, перегрівання обмоток і скорочення строку служби двигуна. Надмірне завищення потужності також небажане, оскільки

двигун працюватиме з низьким коефіцієнтом завантаження, що погіршує енергетичні показники.

Для перевірки вибору електродвигунів визначають їх номінальні струми. Номінальний струм трифазного асинхронного електродвигуна визначається за формулою [15, 19]:

$$I_H = \frac{1000 \cdot P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi} \quad (3.1)$$

де P_H – номінальна потужність електродвигуна, кВт; U_H – номінальна напруга, В; η_H – коефіцієнт корисної дії електродвигуна; $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності.

Для електродвигуна кормороздавача потужністю 5,5 кВт за умови $U_H=380$ В, $\eta_H=0,85$, $\cos \varphi_H=0,85$: $I_H=1000 \cdot 5,5 / (1,73 \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,85)=11,6$ А.

Орієнтовні значення номінальних струмів електродвигунів наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Орієнтовні номінальні струми електродвигунів ферми

№	Обладнання	Потужність двигуна, кВт	Напруга, В	КД	$\cos \varphi$	Номінальний струм, А
1	Кормороздавач	5,5	380	0,85	0,85	11,6
2	Транспортер гноєвидалення	4,0	380	0,84	0,84	8,6
3	Вентиляційна установка	1,1	380	0,74	0,74	3,0
4	Насосна установка	2,2	380	0,80	0,83	5,0

5	Допоміж ний механізм	1,5	380	0 ,78	0 ,80	3,7
---	-------------------------	-----	-----	----------	----------	-----

Отже, для електродвигуна кормороздавача необхідно вибирати апарати керування та захисту з урахуванням номінального струму приблизно 11,6 А, а також пускового струму, який для асинхронних двигунів може у 5–7 разів перевищувати номінальний.

3.3 Обґрунтування вибору розподільчих пристроїв, апаратів керування і захисту

Розподільчі пристрої ферми молодняка ВРХ призначені для приймання, розподілу та захисту електричної енергії між окремими групами споживачів. До складу розподільчої системи входять головний розподільчий щит, силові щити технологічного обладнання, освітлювальний щит і щит допоміжних споживачів.

Головний розподільчий щит ферми повинен забезпечувати підключення об'єкта до зовнішньої мережі, захист вводу, розподіл навантаження між груповими лініями [1, 17, 18] та можливість повного відключення електроустановки під час аварійних або ремонтних робіт. У ньому доцільно передбачити ввідний автоматичний вимикач, апарати захисту групових ліній, прилади обліку електроенергії та шини РЕ і N.

Силові щити технологічного обладнання повинні розміщуватися з урахуванням зручності експлуатації та доступності для обслуговуючого персоналу. Вони мають бути захищені від прямого потрапляння вологи, механічних пошкоджень і значного забруднення. У тваринницьких приміщеннях доцільно застосовувати щити у захищеному виконанні, не нижче IP54.

Для керування електродвигунами застосовуються магнітні пускачі або контактори. Вони забезпечують дистанційне вмикання і вимикання двигуна, а також можуть використовуватися у схемах автоматичного керування. Для захисту електродвигуна від тривалого перевантаження застосовується теплове реле, яке підбирається за номінальним струмом двигуна.

Автоматичний вимикач захищає електричну лінію і двигун від короткого замикання та перевантаження [17, 18]. Його номінальний струм повинен бути не

меншим за розрахунковий струм лінії, але не перевищувати допустимий струм кабелю. Уставка теплового захисту повинна відповідати номінальному струму електродвигуна.

На рис. 3.2 наведено узагальнену схему керування і захисту електродвигуна технологічного механізму.

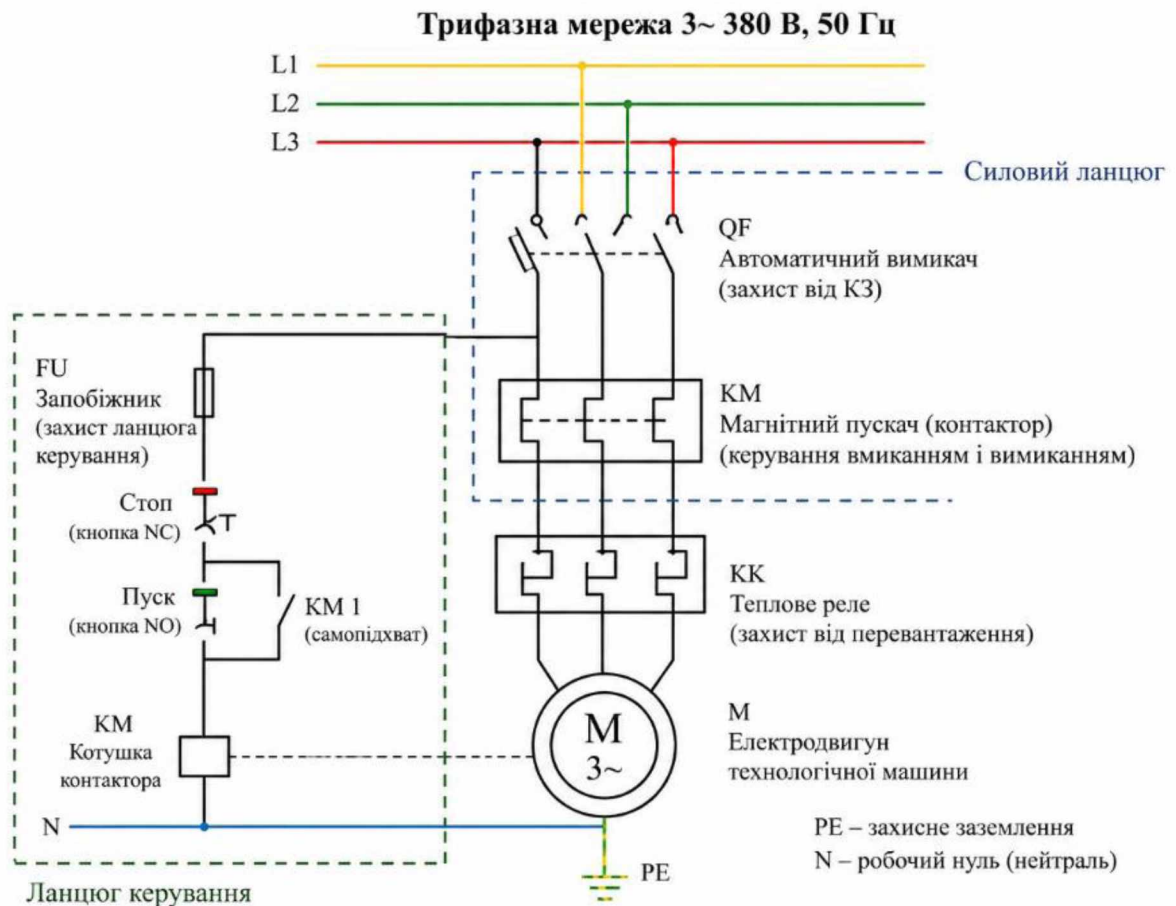


Рисунок 3.2 – Узагальнена схема керування і захисту електродвигуна технологічного механізму

Вибір апаратів керування і захисту виконується за номінальним струмом електродвигуна. Для попереднього техніко-аналітичного обґрунтування можна прийняти такі рішення.

В табл. 3.4 подано попередній вибір апаратів керування і захисту електродвигунів.

Крім основного захисту, для відповідальних електроприводів доцільно передбачити додатковий захист від втрати фази, асиметрії напруги та повторного

самозапуску [3, 4, 17, 18]. Особливо це важливо для вентиляційних установок і насосного обладнання, оскільки їх відмова може призвести до погіршення мікроклімату або порушення водопостачання.

Таблиця 3.4 – Попередній вибір апаратів керування і захисту електродвигунів

Обладнання	I_n двигуна, А	Автоматич ний вимикач	Магнітн ий пускач / контактор	Тепло ве реле, діапазон
Корморозда вач	11 ,6	16 А	не менше 16 А	10–13 А
Гноєвидале ння	8, 6	10–16 А	не менше 10 А	7–10 А
Вентиляцій на установка	3, 0	6 А	не менше 6 А	2,5–4 А
Насосна установка	5, 0	10 А	не менше 10 А	4–6 А
Допоміжни й механізм	3, 7	6 А	не менше 6 А	3–5 А

3.4 Вибір способу прокладання, марки та перерізу проводів і кабелів

Силові та освітлювальні мережі ферми молодняка ВРХ повинні виконуватися з урахуванням складних умов середовища [1, 11, 19]. У приміщенні можливі підвищена вологість, запиленість, механічні пошкодження, наявність агресивних газів і органічних забруднень. Тому вибір кабелів, проводів і способу їх прокладання має важливе значення для надійності та безпеки експлуатації електрообладнання.

Кабельні лінії силової мережі повинні відповідати таким вимогам: мати достатній переріз за тривалим допустимим струмом; відповідати умовам захисту автоматичними вимикачами; забезпечувати допустиму втрату напруги; мати

ізоляцію, стійку до умов експлуатації; бути захищеними від механічних пошкоджень; мати надійні з'єднання і герметичні вводи в обладнання.

Переріз проводів і кабелів вибирають за умовою [2, 19]:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p, \quad (3.2)$$

де $I_{\text{доп}}$ – тривало допустимий струм проводу або кабелю, А; I_p – розрахунковий струм лінії, А.

Також повинна виконуватися умова відповідності апарату захисту:

$$I_{\text{доп}} \geq K_z \cdot I_z, \quad (3.3)$$

де K_z – коефіцієнт захисту; I_z – номінальний струм захисного апарата.

На рис. 3.3 наведено загальну схему прокладання силової лінії до електродвигуна.

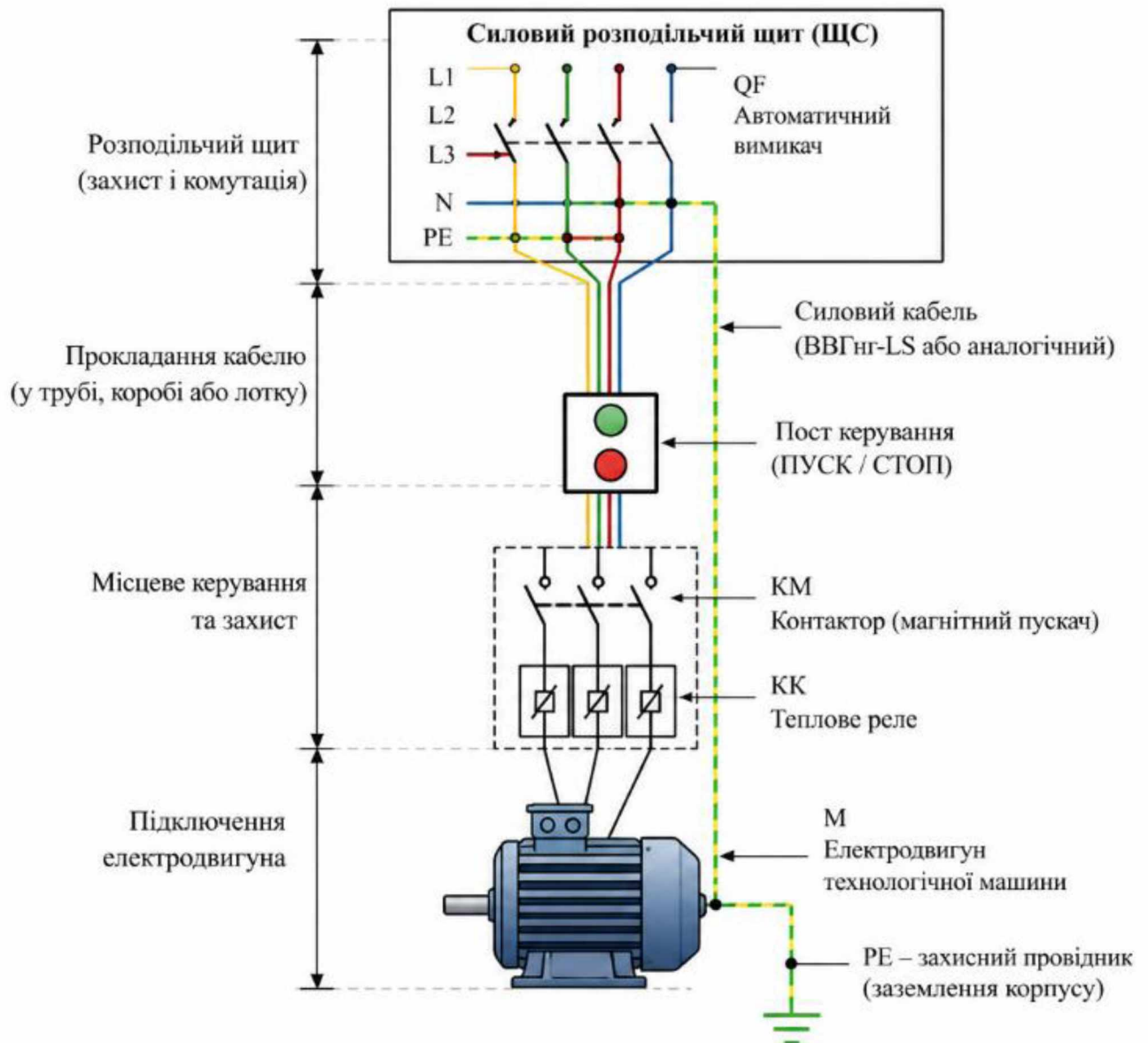


Рисунок 3.3 – Загальна схема прокладання силової лінії до електродвигуна.

Для силових ліній до електродвигунів доцільно застосовувати кабелі з мідними жилами у негорючій ізоляції, наприклад ВВГнг-LS, або інші кабелі, придатні для прокладання у виробничих приміщеннях. У вологих і запилених зонах кабелі бажано прокладати в захисних трубах, металевих або пластикових коробах, лотках чи гофрованих трубах з відповідним ступенем захисту.

Для електродвигунів бажано використовувати п'ятипровідну мережу: три фазні провідники, нульовий робочий провідник за потреби та захисний РЕ-провідник. Усі корпуси електрообладнання повинні бути приєднані до захисного провідника.

Попередній вибір кабельних ліній для основних електроприймачів наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Попередній вибір кабелів силової мережі

Електроприймач	Розрахунковий струм, А	Рекомендований кабель	Переріз жил, мм ²	Спосіб прокладання
Кормороздавач	11,6	ВВГнг-LS 5×2,5	2,5	У трубі або коробі
Гноєвидалення	8,6	ВВГнг-LS 5×2,5	2,5	У трубі або коробі
Вентиляційна установка	3,0	ВВГнг-LS 5×1,5	1,5	У коробі або лотку
Насосна установка	5,0	ВВГнг-LS 5×1,5 або 5×2,5	1,5–2,5	У трубі
Допоміжний механізм	3,7	ВВГнг-LS 5×1,5	1,5	У коробі
Освітлювальна мережа	3–6	ВВГнг-LS 3×1,5	1,5	У коробі або трубі

Особливу увагу слід приділяти з'єднанням проводів і кабелів. Вони повинні виконуватися у розподільчих коробках відповідного ступеня захисту. Скручування без затискачів або клемних з'єднань не допускається. Кабельні вводи у щити, коробки та електродвигуни повинні бути ущільнені для запобігання потраплянню вологи і пилу [11, 19].

3.5 Аналіз експлуатаційної надійності прийнятих технічних рішень

Надійність електрообладнання ферми молодняка ВРХ залежить від правильного вибору електродвигунів, апаратів керування і захисту, кабельних ліній, способів монтажу та якості технічного обслуговування [4, 19, 20]. Оскільки електрообладнання працює у складному середовищі, необхідно передбачити заходи, які знижують ризик аварійних режимів і передчасного виходу обладнання з ладу.

Основними чинниками, що впливають на надійність електрообладнання ферми, є: відповідність потужності електродвигунів технологічному навантаженню; правильний вибір апаратів захисту; надійність контактних з'єднань; якість ізоляції проводів і кабелів; захист обладнання від вологи, пилу та механічних пошкоджень; справність системи заземлення; своєчасне технічне обслуговування; контроль режимів роботи електродвигунів.

Для підвищення надійності роботи електродвигунів необхідно забезпечити їх захист від коротких замикань, перевантажень, втрати фази та перегрівання [3, 4, 15, 17, 18]. Особливо важливим є правильне налаштування теплових реле відповідно до номінального струму двигуна. Надійність кабельних ліній забезпечується правильним вибором перерізу, якісним монтажем, захистом від механічних пошкоджень і періодичним вимірюванням опору ізоляції. У вологих приміщеннях особливу увагу потрібно приділяти герметичності з'єднувальних коробок, кабельних вводів і стану ізоляції.

На рис. 3.4 наведено основні чинники, що забезпечують надійну роботу електрообладнання ферми.



Рисунок 3.4 – Основні чинники надійної роботи електрообладнання ферми

Планово-попереджувальна система технічного обслуговування є одним із головних чинників підвищення надійності електрообладнання [1, 4, 19, 20]. Вона повинна передбачати щоденні огляди, періодичне очищення, підтягування контактних з'єднань, перевірку апаратів захисту, вимірювання опору ізоляції та контроль стану заземлення.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі виконано техніко-аналітичне обґрунтування вибору електрообладнання та монтажних рішень для електрифікованої ферми молодняка ВРХ. Визначено основні групи електроприймачів, до яких належать силові електроприймачі, освітлювальні установки та допоміжні споживачі.

Обґрунтовано вибір трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором для приводу кормороздавача, транспортера гноєвидалення, вентиляційних установок, насосного та допоміжного обладнання. Наведено попередній перелік двигунів, визначено їх орієнтовні номінальні струми та показано необхідність урахування пускових режимів.

Розглянуто вибір розподільчих пристроїв, автоматичних вимикачів, магнітних пускачів, контакторів і теплових реле. Показано, що апарати керування і захисту повинні відповідати номінальним струмам електродвигунів, умовам пуску та характеру технологічного навантаження.

Обґрунтовано вибір способу прокладання кабельних ліній у тваринницькому приміщенні. Встановлено, що у вологому та запиленому середовищі доцільно прокладати кабелі у трубах, коробах або лотках із забезпеченням механічного захисту, герметичності вводів і надійного приєднання захисного РЕ-провідника.

Проаналізовано чинники, що впливають на експлуатаційну надійність електрообладнання ферми. Запропоновано заходи для підвищення надійності, зокрема правильний вибір електродвигунів, застосування захисної апаратури, контроль стану ізоляції, перевірку заземлення, очищення обладнання та планово-попереджувальне технічне обслуговування.

РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ФЕРМИ МОЛОДНЯКА ВРХ

4.1 Вихідні дані для розрахунку електрообладнання ферми

Розрахункова частина бакалаврської роботи виконується з метою визначення основних електротехнічних параметрів електрообладнання ферми молодняка великої рогатої худоби, вибору апаратів керування і захисту, перерізів кабельних ліній, освітлювальних установок та загального навантаження на вводі в об'єкт.

Електропостачання ферми передбачається від трифазної мережі змінного струму напругою $3 \times 380/220$ В частотою 50 Гц [1, 2, 23]. Силкові електроприймачі живляться від напруги 380 В, а освітлювальна мережа та допоміжні однофазні споживачі – від напруги 220 В.

Основні вихідні дані для розрахунку наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку електрообладнання ферми

Показник	Прийняте значення
Об'єкт розробки	ферма молодняка ВРХ
Система електропостачання	$3 \times 380/220$ В
Частота мережі	50 Гц
Категорія середовища	вологе, запилене
Основні електроприймачі	електродвигуни, освітлення, автоматика
Кількість основних силових електроприймачів	8 шт.
Орієнтовна площа основного приміщення	1100 м ²
Висота приміщення	3,1 м
Розрахункова висота підвісу світильників	2,6 м
Нормована освітленість	75 лк

Рекомендований ступінь захисту обладнання	IP54–IP65
--	-----------

Умови експлуатації електрообладнання характеризуються підвищеною вологістю, запиленістю, наявністю органічних забруднень і можливістю механічного впливу на кабельні лінії, пускову апаратуру та світильники. Тому для розрахунку приймаємо електрообладнання у захищеному виконанні зі ступенем захисту не нижче IP54, а для окремих зон – IP65.

Для подальших розрахунків приймаємо склад основних електроприймачів згідно з табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Прийнятий склад основних електроприймачів ферми

Електроприймач	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт попиту	Загальна потужність, кВт	Розрахункова потужність, кВт
Кормороздавач	5,5	0,70	5,5	3,85
Транспортер гноєвидалення	4,0	0,60	4,0	2,40
Вентиляційна установка	4,4	0,90	4,4	3,96
Насосна установка	2,2	0,50	2,2	1,10
Допоміжний механізм	1,5	0,40	1,5	0,60
Освітлювальна мережа	2,5	0,90	2,5	2,25
Разом	20,1		20,1	14,16

Отже, розрахункова активна потужність ферми становить: $P_p=14,16$ кВт.

Для визначення повної потужності приймаємо середній коефіцієнт потужності: $\cos\varphi=0,85$.

Тоді повна розрахункова потужність:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos\varphi} \quad (4.1)$$

Підставляємо значення та отримуємо: 16,66 кВА.

Розрахунковий струм на вводі у ферму визначаємо за формулою [15, 18]:

$$I_{BB} = \frac{1000 \cdot P_p}{\cos\varphi} \quad (4.2)$$

Підставляючи, отримуємо: 25,3 А.

З урахуванням можливого короткочасного збільшення навантаження під час пуску електродвигунів та необхідного експлуатаційного резерву доцільно прийняти ввідний автоматичний вимикач номіналом 40 А або 50 А.

В табл. 4.3 наведені основні параметри навантаження на вводі ферми.

Таблиця 4.3 – Основні параметри навантаження на вводі ферми

Показник	Позначення	Значення
Встановлена потужність	$P_{вст}$	20,1 кВт
Розрахункова активна потужність	P_p	14,16 кВт
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi$	0,85
Повна потужність	S_p	16,66 кВА
Розрахунковий струм вводу	I_{BB}	25,3 А
Рекомендований ввідний автомат	QF_{BB}	40–50 А

4.2 Розрахунок струмів електродвигунів та перевірка апаратів захисту

Для перевірки правильності вибору апаратів керування і захисту необхідно визначити номінальні струми електродвигунів основних технологічних машин. Номінальний струм трифазного асинхронного електродвигуна визначаємо за формулою 3.1.

Для електродвигуна кормороздавача потужністю 5,5 кВт приймаємо:

$$P_H=5,5 \text{ кВт}; U_H=380 \text{ В}; \eta_H=0,85; \cos\phi_H=0,85.$$

Тоді:

$$I_H=1000 \cdot 5,51,73 \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,85=11,6 \text{ А}.$$

Для транспортера гноєвидалення потужністю 4,0 кВт:

$$I_H=1000 \cdot 4,01,73 \cdot 380 \cdot 0,84 \cdot 0,84=8,6 \text{ А}.$$

Для вентиляційної установки потужністю 1,1 кВт:

$$I_H=1000 \cdot 1,11,73 \cdot 380 \cdot 0,74 \cdot 0,74=3,0 \text{ А}.$$

Для насосної установки потужністю 2,2 кВт:

$$I_H=1000 \cdot 2,21,73 \cdot 380 \cdot 0,80 \cdot 0,83=5,0 \text{ А}.$$

Для допоміжного механізму потужністю 1,5 кВт:

$$I_H=1000 \cdot 1,51,73 \cdot 380 \cdot 0,78 \cdot 0,80=3,7 \text{ А}.$$

Результати розрахунку зведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок номінальних струмів електродвигунів

Обладнання	Потужність, кВт	КК Д	cos φ	Номінальний струм, А
Кормороздавач	5,5	0,8 5	0,8 5	11,6
Транспортер гноєвидалення	4,0	0,8 4	0,8 4	8,6
Вентиляційна установка	1,1	0,7 4	0,7 4	3,0
Насосна установка	2,2	0,8 0	0,8 3	5,0

Допоміжний механізм	1,5	0,7 8	0,8 0	3,7
------------------------	-----	----------	----------	-----

Після визначення номінальних струмів виконуємо перевірку апаратів захисту. Автоматичний вимикач вибирається за умовою [17, 18]:

$$I_{\text{авт}} \geq I_{\text{н}}. \quad (4.3)$$

Для кормороздавача:

$$I_{\text{авт}}=16 \text{ А}; I_{\text{н}}=11,6$$

Таким чином, $16 \geq 11,6$.

Умова виконується, отже автоматичний вимикач номіналом 16 А забезпечує роботу лінії кормороздавача. Теплове реле для цього двигуна доцільно прийняти з діапазоном регулювання 10–13 А, оскільки цей діапазон охоплює номінальний струм двигуна.

Зведені результати перевірки апаратів захисту наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Перевірка апаратів керування і захисту

Обладнання	$I_{\text{н}},$ А	Автоматичний вимикач	Умова вибору	Теплове реле
Кормороздавач	11,6	16 А	виконується	10–13 А
Транспортер гноєвидалення	8,6	10–16 А	виконується	7–10 А
Вентиляційна установка	3,0	6 А	виконується	2,5–4 А
Насосна установка	5,0	10 А	виконується	4–6 А
Допоміжний механізм	3,7	6 А	виконується	3–5 А

Отримані результати показують, що прийняті апарати захисту відповідають розрахунковим струмам електродвигунів. Для відповідальних приводів, зокрема вентиляційних установок і насосного обладнання, доцільно додатково передбачити реле контролю фаз, яке вимикає двигун у разі зникнення однієї з фаз або значної асиметрії напруги.

4.3 Розрахунок кабельних ліній і освітлювальної мережі

Вибір кабельних ліній виконується за тривалим допустимим струмом, відповідністю апаратам захисту та допустимою втратою напруги. Для приміщень ферми молодняка ВРХ кабелі повинні прокладатися у захищений спосіб: у трубах, коробах або лотках. Це дозволяє зменшити ризик механічного пошкодження, впливу вологи, пилу та органічних забруднень.

Переріз кабелю за допустимим струмом вибирається за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p,$$

де $I_{\text{доп}}$ – тривало допустимий струм кабелю, А; I_p – розрахунковий струм лінії, А.

Для перевірки втрати напруги використовуємо формулу:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S \cdot U} \cdot 100\% \quad (4.4)$$

де I – струм лінії, А; L – довжина лінії, м; $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності; γ – питома провідність матеріалу провідника, для міді $\gamma=56$; S – переріз жили кабелю, мм²;

U – напруга мережі, В.

Для лінії кормороздавача приймаємо: $I=11,6$ А; $L=30$ м; $\cos \varphi=0,85$; $S=2,5$ мм².

Тоді: $\Delta U=0,96\%$.

Допустима втрата напруги для силової мережі не повинна перевищувати 5 %. Отже: $0,96\% < 5\%$.

Вибраний кабель відповідає умові допустимої втрати напруги.

Зведені результати вибору кабельних ліній наведено в табл. 4.6.

З таблиці видно, що втрати напруги в кабельних лініях не перевищують допустимих значень, тому прийняті кабелі можуть бути використані для живлення основних електроприймачів ферми.

Далі виконуємо розрахунок освітлювальної мережі. Для основного виробничого приміщення приймаємо:

$A=54$ м; $B=20,4$ м; $H=3,1$ м.

Площа приміщення: $S=A \cdot B=54 \cdot 20,4=1101,6$ м²

Нормована освітленість: $E_n=75$ лк.

Таблиця 4.6 – Вибір кабельних ліній силової мережі

Електроприймач	I_p , А	Довжина лінії, м	Кабель	Переріз, мм ²	Втрата напруги, %
Кормороздавач	1,6	30	ВВГнг-LS 5×2,5	2,5	0,96
Транспортергноєвидалення	8,6	35	ВВГнг-LS 5×2,5	2,5	0,82
Вентиляційна установка	3,0	45	ВВГнг-LS 5×1,5	1,5	0,54
Насосна установка	5,0	40	ВВГнг-LS 5×1,5	1,5	0,90
Допоміжний механізм	3,7	25	ВВГнг-LS 5×1,5	1,5	0,40

Для освітлення приймаємо світлодіодні світильники у пиловологозахищеному виконанні IP65 зі світловим потоком одного світильника:

$F=5000$ лм. Коефіцієнт запасу: $K_3=1,5$. Коефіцієнт нерівномірності: $Z=1,1$. Коефіцієнт використання світлового потоку: $\eta=0,6$.

Кількість світильників визначаємо за формулою:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{F \cdot \eta}$$

Підставимо значення та отримаємо: $N=45,4$. Приймаємо до встановлення: $N=48$ світильників.

Якщо потужність одного світильника становить 40 Вт, тоді встановлена потужність робочого освітлення основного приміщення:

$$P_{\text{осв}}=48 \cdot 40=1920 \text{ Вт}=1,92 \text{ кВт}$$

З урахуванням освітлення допоміжних приміщень і чергового освітлення приймаємо загальну потужність освітлювальної мережі: $P_{\text{осв. заг}}=2,5$ кВт.

Результати розрахунку наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Результати розрахунку освітлювальної мережі

Показник	Позначення	Значення
Довжина приміщення	A	54 м
Ширина приміщення	B	20,4 м
Площа приміщення	S	1101,6 м ²
Нормована освітленість	E_n	75 лк
Світловий потік світильника	F	5000 лм
Коефіцієнт запасу	K_3	1,5
Коефіцієнт використання	η	0,6
Розрахункова кількість світильників	N	45,4 шт.
Прийнята кількість світильників	$N_{\text{пр}}$	48 шт.
Потужність одного світильника	P1	40 Вт

Потужність робочого освітлення	$P_{\text{осв}}$	1,92 кВт
Загальна потужність освітлення	$P_{\text{осв.заг}}$	2,5 кВт

Освітлювальну мережу доцільно поділити на окремі групи. Це дозволяє підвищити надійність освітлення і забезпечити можливість часткового освітлення приміщення у разі вимкнення однієї з груп.

В табл. 4.8 наведено розподіл освітлювального навантаження за групами

Таблиця 4.8 – Розподіл освітлювального навантаження за групами

№	Призначення групи	Потужність, кВт	Струм, А	Кабель	Автоматичний вимикач
1	Робоче освітлення основного приміщення	1,2	5,7	ВВ Гнг-LS 3×1,5	6–10 А
2	Освітлення проходів і допоміжних зон	0,8	3,8	ВВ Гнг-LS 3×1,5	6 А
3	Чергове освітлення	0,5	2,4	ВВ Гнг-LS 3×1,5	6 А

Таким чином, для освітлювальної мережі приймаємо кабель ВВГнг-LS 3×1,5 мм², а для захисту групових ліній – автоматичні вимикачі номіналом 6–10 А залежно від потужності групи.

4.4 Формування розрахунково-монтажних параметрів електричної мережі

На основі виконаних розрахунків формуються основні параметри розрахунково-монтажної схеми електричної мережі ферми. Така схема повинна відображати структуру живлення електроприймачів, номінали апаратів захисту, марки та перерізи кабелів, а також спосіб прокладання ліній.

Від головного розподільчого щита живляться окремі групи електроприймачів. Для кожного електродвигуна передбачається індивідуальна лінія з автоматичним вимикачем, магнітним пускачем або контактором, тепловим реле та захисним РЕ-провідником. Це дозволяє локалізувати пошкодження на окремій ділянці й не вимикати всю електроустановку ферми.

Для зручності експлуатації всі лінії, апарати керування, автоматичні вимикачі та електроприймачі повинні бути промарковані. У розподільчому щиті доцільно розмістити схему підключення із зазначенням призначення кожного автомата. Це полегшує технічне обслуговування, пошук несправностей і виконання ремонтних робіт.

Усі корпуси електродвигунів, металеві частини щитів, світильників і допоміжного обладнання повинні бути приєднані до захисного РЕ-провідника [2-4, 12]. Це забезпечує безпечне вимкнення пошкодженої ділянки у разі пробоя ізоляції на корпус і зменшує ризик ураження персоналу та тварин електричним струмом.

Отже, на основі виконаних розрахунків сформовано основні параметри силової та освітлювальної мережі ферми молодняка ВРХ, які можуть бути використані для складання розрахунково-монтажної схеми об'єкта.

Основні параметри для розрахунково-монтажної схеми мережі ферми наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Зведені параметри електричної мережі ферми

Л інія	Електропр иймач	Р , кВт	I н, А	Авт омат	Каб ель	Сп осіб проклада ння
М 1	Кормороз давач	5 ,5	1 1,6	16 А	ВВ Гнг-LS 5×2,5	у трубі / коробі

М 2	Гноєвидал ення	4 ,0	8 ,6	10– 16 А	ВВ Гнг-LS 5×2,5	у трубі / коробі
М 3	Вентиляці я	1 ,1	3 ,0	6 А	ВВ Гнг-LS 5×1,5	у коробі
М 4	Вентиляці я	1 ,1	3 ,0	6 А	ВВ Гнг-LS 5×1,5	у коробі
М 5	Вентиляці я	1 ,1	3 ,0	6 А	ВВ Гнг-LS 5×1,5	у коробі
М 6	Вентиляці я	1 ,1	3 ,0	6 А	ВВ Гнг-LS 5×1,5	у коробі
М 7	Насосна установка	2 ,2	5 ,0	10 А	ВВ Гнг-LS 5×1,5	у трубі
М 8	Допоміжн ий механізм	1 ,5	3 ,7	6 А	ВВ Гнг-LS 5×1,5	у коробі
О 1	Освітленн я, група 1	1 ,2	5 ,7	6– 10 А	ВВ Гнг-LS 3×1,5	у коробі
О 2	Освітленн я, група 2	0 ,8	3 ,8	6 А	ВВ Гнг-LS 3×1,5	у коробі
О 3	Чергове освітлення	0 ,5	2 ,4	6 А	ВВ Гнг-LS 3×1,5	у коробі

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі виконано розрахункову перевірку основних параметрів електрообладнання ферми молодняка ВРХ. Визначено встановлену та розрахункову потужність електроприймачів, повну потужність і розрахунковий струм на вводі у ферму.

Розраховано номінальні струми електродвигунів основних технологічних машин. Найбільший струм має електродвигун кормороздавача потужністю 5,5 кВт, для якого розрахункове значення становить 11,6 А. На основі отриманих струмів виконано перевірку автоматичних вимикачів і теплових реле.

Проведено розрахунок кабельних ліній силової мережі. Встановлено, що прийняті кабелі ВВГнг-LS відповідних перерізів забезпечують допустимі значення тривалого струму та втрати напруги. Для лінії кормороздавача втрата напруги становить 0,96 %, що не перевищує допустимого значення.

Виконано світлотехнічний розрахунок освітлення основного приміщення ферми. За результатами розрахунку прийнято 48 світлодіодних світильників у пиловологозахищеному виконанні. Загальна потужність освітлювальної мережі прийнята 2,5 кВт.

На основі отриманих результатів сформовано зведені параметри електричної мережі ферми, зокрема номінали автоматичних вимикачів, марки та перерізи кабелів, способи прокладання ліній і розподіл освітлювального навантаження. Отримані дані можуть бути використані для складання розрахунково-монтажної схеми силової та освітлювальної мережі ферми молодняка ВРХ.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА, ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТА ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ

5.1 Охорона праці та електробезпека під час монтажу й експлуатації електрообладнання ферми

Монтаж і технічне обслуговування електрообладнання ферми молодняка великої рогатої худоби повинні виконуватися з дотриманням вимог охорони праці, електробезпеки та виробничої санітарії [3, 4, 7, 8, 13]. Особливість такого об'єкта полягає в тому, що електрообладнання експлуатується у вологому, запиленому та хімічно активному середовищі, де одночасно перебувають персонал, тварини, технологічні машини, металеві конструкції та інженерні комунікації.

До основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на фермі молодняка ВРХ належать: небезпека ураження електричним струмом, підвищена вологість, наявність органічного пилу, рухомі частини технологічних машин, можливість механічного пошкодження кабелів, слизькі поверхні підлоги, шкідливі гази, шум вентиляційного і насосного обладнання, а також небезпека виникнення пожежі внаслідок короткого замикання або перевантаження електромережі.

Під час виконання електромонтажних робіт персонал повинен використовувати справний електроінструмент, засоби індивідуального захисту, діелектричні рукавиці, ізольований інструмент, переносні світильники безпечної напруги та дотримуватися правил організації робочого місця. Роботи в електроустановках необхідно виконувати після зняття напруги, перевірки її відсутності та вивішування попереджувальних плакатів [3, 4].

Перед початком монтажу необхідно перевірити справність кабелів, апаратів керування, захисних пристроїв, корпусів електрообладнання, кріпильних елементів і засобів заземлення. Забороняється використовувати обладнання з пошкодженою ізоляцією, несправними вводами, відкритими струмопровідними частинами або ненадійними контактними з'єднаннями.

Ферма молодняка ВРХ належить до об'єктів з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом. Це пов'язано з наявністю вологи, металевих конструкцій, трубопроводів, бетонної підлоги та можливістю одночасного дотику людини або тварини до корпусів електрообладнання і заземлених елементів.

Основними заходами електробезпеки є захисне заземлення, вирівнювання потенціалів, застосування автоматичних вимикачів, пристроїв захисного вимкнення [2-4, 12], використання електрообладнання у пиловологозахищеному виконанні, прокладання кабелів у трубах або коробах, періодична перевірка опору ізоляції та контроль цілісності захисного РЕ-провідника.

Усі металеві корпуси електродвигунів, розподільчих щитів, світильників, пускової апаратури, технологічних металоконструкцій і трубопроводів повинні бути приєднані до системи захисного заземлення [2-4, 12]. Це необхідно для автоматичного вимкнення пошкодженої ділянки у разі появи напруги на корпусі електрообладнання.

Система вирівнювання потенціалів має особливе значення у тваринницьких приміщеннях, оскільки вона зменшує небезпечну різницю потенціалів між металевими конструкціями, корпусами електрообладнання, трубопроводами та підлогою. Це підвищує рівень безпеки як для персоналу, так і для тварин.

5.2 Пожежна безпека та організація технічного обслуговування електрообладнання

Пожежна безпека електрифікованої ферми молодняка ВРХ має важливе значення [5, 6, 10], оскільки у приміщенні можуть бути горючі матеріали, корми, підстилка, органічний пил, дерев'яні елементи конструкцій та електрообладнання, яке працює в складних умовах. Основними причинами пожеж є короткі замикання, перевантаження кабельних ліній, перегрів електродвигунів та інші [2, 5, 6, 10].

Для запобігання пожежам необхідно передбачити правильний вибір перерізу кабелів і проводів, застосування автоматичних вимикачів відповідних

номіналів, захист електродвигунів від перевантаження, використання кабелів із негорючою або зниженою димовидільною ізоляцією, прокладання кабелів у захищених трубах, коробах або лотках, а також періодичне очищення електрообладнання від пилу.

Розподільчі щити, пускова апаратура та місця підключення електродвигунів повинні бути доступними для огляду і не повинні захищатися сторонніми предметами. Біля електрощитів забороняється зберігати корми, підстилку, інвентар, тару та інші горючі матеріали. Світильники повинні мати захищене виконання, що запобігає потраплянню пилу і вологи всередину корпусу.

Для гасіння пожеж, пов'язаних з електрообладнанням, необхідно використовувати вогнегасники, придатні для електроустановок під напругою. Персонал ферми повинен знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння, порядок їх застосування та алгоритм дій у разі виникнення пожежі.

Технічне обслуговування електрообладнання ферми молодняка ВРХ має планово-попереджувальний характер.

В табл. 5.1 представлено орієнтовний графік технічного обслуговування електрообладнання ферми.

Таблиця 5.1 – Орієнтовний графік технічного обслуговування електрообладнання

Вид робіт	Періодичність	Зміст робіт
Зовнішній огляд електрообладнання	щоденно	Перевірка стану двигунів, щитів, світильників, кабелів
Очищення обладнання від пилу	1 раз на місяць	Очищення електродвигунів, щитів, світильників
Перевірка контактних з'єднань	1 раз на 3 місяці	Підтягування клем, огляд контактів

Перевірка теплових реле та автоматів	1 раз на 6 місяців	Контроль уставок і працездатності
Вимірювання опору ізоляції	1 раз на рік	Перевірка кабелів, двигунів, освітлювальної мережі
Перевірка заземлення	1 раз на рік	Контроль цілісності РЕ-проводників і опору заземлення

Орієнтовний графік технічного обслуговування сформовано з урахуванням вимог безпечної експлуатації електроустановок і необхідності періодичного контролю стану ізоляції, контактних з'єднань та заземлення [1; 3; 4; 19; 20].

Усі результати оглядів, ремонтів, вимірювань і перевірок необхідно фіксувати у журналі технічного обслуговування.

5.3 Екологічна та економічна доцільність прийнятих технічних рішень

Прийняті технічні рішення щодо монтажу та технічного обслуговування електрообладнання ферми молодняка ВРХ мають не лише технічне, а й економічне значення. Економічний ефект формується за рахунок зменшення аварійних простоїв технологічного обладнання, зниження витрат на ремонт електродвигунів, підвищення строку служби кабельних ліній і апаратів захисту, а також зменшення споживання електроенергії завдяки застосуванню енергоефективного освітлення.

Для оцінки економічної ефективності приймаємо вихідні дані, які наведено в табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту

Показник	Позначення	Значення
----------	------------	----------

Встановлена потужність освітлення до модернізації	$P_{ст}$	4,8 кВт
Потужність світлодіодного освітлення після модернізації	$P_{нов}$	2,5 кВт
Середня тривалість роботи освітлення за добу	$t_{доб}$	10 год
Кількість днів роботи за рік	D	365 днів
Вартість 1 кВт·год електроенергії	C_e	8,0 грн/кВт·год
Орієнтовні витрати на технічне обслуговування	$B_{ТО}$	12000 грн/рік
Зменшення витрат на аварійний ремонт	$E_{рем}$	18000 грн/рік
Зменшення втрат від простоїв обладнання	$E_{пр}$	25000 грн/рік
Орієнтовні капітальні витрати на реалізацію рішень	K	65000 грн

Основними напрямками отримання економічного ефекту є [14, 20-22]: зменшення простоїв кормороздавального, вентиляційного, насосного та гноєвидалювального обладнання; скорочення витрат на аварійний ремонт електродвигунів; зниження витрат електроенергії на освітлення; підвищення надійності електрообладнання за рахунок планово-попереджувального технічного обслуговування; зменшення ризику пошкодження кабельних ліній і пуско-захисної апаратури.

Економію електроенергії від застосування світлодіодного освітлення визначаємо за формулою:

$$\Delta W = (P_{ст} - P_{нов}) \cdot t_{доб} \cdot D,$$

де ΔW – річна економія електроенергії, кВт·год; $P_{ст}$ – встановлена потужність освітлення до модернізації, кВт; $P_{нов}$ – встановлена потужність

освітлення після модернізації, кВт; $t_{\text{доб}}$ – середня тривалість роботи освітлення за добу, год;

D – кількість днів роботи за рік.

Підставимо числові значення отримаємо, що за рахунок застосування світлодіодного освітлення річна економія електроенергії становить:

$$\Delta W = (4,8 - 2,5) \cdot 10 \cdot 365 = 8395 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Грошову економію від зменшення споживання електроенергії визначаємо за формулою:

$$E_{\text{ел}} = \Delta W \cdot C_e,$$

де $E_{\text{ел}}$ – економія коштів на електроенергії, грн/рік;
 C_e – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн/кВт·год.

Таким чином економія коштів на електроенергії становить [9, 14, 25]:
 $E_{\text{ел}} = 8395 \cdot 8,0 = 67160 \text{ грн/рік}.$

Крім економії електроенергії, планово-попереджувальне технічне обслуговування дозволяє зменшити витрати на аварійний ремонт електродвигунів, апаратів керування, кабельних ліній та освітлювального обладнання. Орієнтовно приймаємо зменшення витрат на аварійний ремонт:
 $E_{\text{рем}} = 18000 \text{ грн/рік}$

Також підвищення надійності електрообладнання зменшує простой технологічного обладнання. Простой кормороздавача, вентиляції, насосного обладнання або системи гноєвидалення можуть призводити до порушення технологічного режиму, додаткових витрат праці та погіршення умов утримання тварин. Орієнтовно приймаємо економічний ефект від зменшення простоїв:
 $E_{\text{пр}} = 25000 \text{ грн/рік}.$

Загальний річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{ел}} + E_{\text{рем}} + E_{\text{пр}} - B_{\text{ТО}},$$

де $E_{\text{заг}}$ – загальний річний економічний ефект, грн/рік; $E_{\text{ел}}$ – економія електроенергії, грн/рік; $E_{\text{рем}}$ – економія на аварійному ремонті, грн/рік; $E_{\text{пр}}$ – економія від зменшення простоїв, грн/рік;

$V_{\text{ТО}}$ – витрати на планове технічне обслуговування, грн/рік.

Підставимо числові значення та отримаємо, що загальний річний економічний ефект від прийнятих технічних рішень становить:

$$E_{\text{заг}} = 67160 + 18000 + 25000 = 98160 \text{ грн/рік}$$

Термін окупності капітальних витрат визначаємо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = K / E_{\text{заг}}$$

де $T_{\text{ок}}$ – термін окупності, років; K - капітальні витрати на реалізацію технічних рішень, грн; $E_{\text{заг}}$ – річний економічний ефект, грн/рік.

Таким чином, $T_{\text{ок}} = 65000 / 98160 = 0,66$ року. У місяцях це становить: $0,66 \cdot 12 = 7,9$ місяця.

Отже, орієнтовний термін окупності прийнятих технічних рішень становить близько 8 місяців.

Результати розрахунку економічного ефекту представлені в табл. 5.3.

Таким чином, виконані розрахунки показують, що впровадження прийнятих технічних рішень є економічно доцільним. Найбільшу частку економічного ефекту забезпечує зменшення споживання електроенергії за рахунок застосування світлодіодного освітлення. Додатковий ефект формується завдяки зменшенню аварійних ремонтів і простоїв технологічного обладнання.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку економічного ефекту

Показник	Позначення	Значення
Річна економія електроенергії	ΔW	8395 кВт·год
Економія коштів на електроенергії	$E_{\text{ел}}$	67160 грн/рік
Економія на аварійному ремонті	$E_{\text{рем}}$	18000 грн/рік

Економія від зменшення простоїв	$E_{\text{пр}}$	25000 грн/рік
Витрати на технічне обслуговування	$B_{\text{ТО}}$	12000 грн/рік
Загальний річний економічний ефект	$E_{\text{заг}}$	98160 грн/рік
Капітальні витрати	K	65000 грн
Термін окупності	$T_{\text{ок}}$	0,66 року / 8 місяців

Прийняті рішення також мають екологічне значення. Зменшення споживання електроенергії сприяє раціональному використанню енергоресурсів, а надійна робота вентиляції, гноєвидалення та насосного обладнання покращує санітарний стан приміщення, мікроклімат і умови утримання молодняка ВРХ.

Отже, монтаж електрообладнання із застосуванням захищених кабельних ліній, надійної пуско-захисної апаратури, системи заземлення, енергоефективного освітлення та планово-попереджувального технічного обслуговування забезпечує технічну, екологічну та економічну ефективність проєктного рішення [9, 11, 14, 19-22, 25].

Висновки до розділу 5

У п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки, технічного обслуговування, екологічної та економічної доцільності прийнятих технічних рішень для ферми молодняка ВРХ.

Встановлено, що електрообладнання ферми працює в умовах підвищеної вологості, запиленості та наявності агресивного середовища, тому потребує застосування захищеного виконання, надійного заземлення, вирівнювання потенціалів, автоматичного захисту і регулярного технічного обслуговування.

Обґрунтовано необхідність застосування заходів електробезпеки, зокрема захисного заземлення, РЕ-провідників, перевірки опору ізоляції, контролю стану контактних з'єднань і маркування електрообладнання. Це дозволяє зменшити ризик ураження електричним струмом персоналу та тварин.

Розглянуто протипожежні заходи, спрямовані на запобігання коротким замиканням, перевантаженням, перегріванню електродвигунів і пошкодженню ізоляції. Запропоновано планово-попереджувальну систему технічного обслуговування, яка включає огляди, очищення, перевірку контактів, випробування ізоляції та контроль заземлення.

Визначено, що прийняті технічні рішення мають екологічну та економічну доцільність. Вони сприяють підвищенню надійності електрообладнання, покращенню санітарного стану приміщення, економії електроенергії, зменшенню аварійності та скороченню витрат на ремонт і обслуговування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У бакалаврській роботі розглянуто питання монтажу та технічного обслуговування електрообладнання електрифікованої ферми молодняка ВРХ. Встановлено, що надійна робота електрообладнання є необхідною умовою безперервного виконання основних технологічних процесів: кормороздавання, напування, гноєвидалення, вентиляції, освітлення та роботи допоміжних установок.

2. Проаналізовано умови експлуатації електрообладнання у тваринницьких приміщеннях. Показано, що підвищена вологість, запиленість, агресивне середовище та можливість механічного пошкодження кабельних ліній зумовлюють необхідність застосування електрообладнання у захищеному виконанні, а також використання заземлення і вирівнювання потенціалів.

3. Обґрунтовано структуру електропостачання ферми від трифазної мережі змінного струму напругою $3 \times 380/220$ В частотою 50 Гц. Запропоновано поділ електроприймачів на силові, освітлювальні та допоміжні групи, що підвищує надійність роботи електроустановок і спрощує їх технічне обслуговування.

4. Виконано вибір основних електроприймачів ферми. Для приводу технологічних машин прийнято трифазні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором: для кормороздавача — 5,5 кВт, транспортера гноєвидалення — 4,0 кВт, вентиляційних установок — по 1,1 кВт, насосної установки — 2,2 кВт, допоміжного механізму — 1,5 кВт.

5. У розрахунковій частині визначено основні електричні параметри об'єкта. Встановлена потужність електроприймачів становить 20,1 кВт, розрахункова активна потужність — 14,16 кВт, повна потужність — 16,66 кВА, а розрахунковий струм на вводі — 25,3 А. З урахуванням резерву рекомендовано ввідний автоматичний вимикач номіналом 40–50 А.

6. Обґрунтовано вибір кабельних ліній, апаратів керування і захисту та освітлювальної мережі. Для живлення електродвигунів прийнято кабелі ВВГнг-LS відповідних перерізів, а для освітлення — 48 світлодіодних світильників у

пиловологозахищеному виконанні. Перевірка показала, що вибрані технічні рішення забезпечують допустимі струмові навантаження і втрати напруги.

7. Розроблено заходи з охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки та технічного обслуговування електрообладнання. Виконаний економічний розрахунок показав, що річний економічний ефект від прийнятих рішень становить 98160 грн/рік, а орієнтовний термін окупності — близько 8 місяців. Отже, запропоновані технічні рішення є безпечними, надійними та економічно доцільними.