

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

Система електропостачання відгодівельного
комплексу сільськогосподарського підприємства

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТз-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Огороднік В. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Бабюк С. М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль, 2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«10» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Огородніку Володимирі Станіславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Система електропостачання відгодівельного комплексу сільськогосподарського підприємства

Керівник роботи: Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «08» квітня 2025 року № 4/7-275

2. Термін подання студентом завершеної роботи: червень 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Існуюча схема електропостачання відгодівельного комплексу, параметри споживачів електричної енергії, технічні характеристики наявного обладнання

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

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

1. Генеральний план тваринницької ферми

2. План корівника з нанесенням силового обладнання

3. План корівника з нанесенням освітлювального обладнання

4. Технологічна схема роздачі кормів

5. Функціональна схема роздачі кормів

6. Принципова електрична схема автоматизації водопостачання

7. Електрична схема системи керування корм роздачі

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи хорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 10 квітня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2025	
2	Аналітичний розділ	28.02.2025	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2025	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2025	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2025	
6	Висновки	10.06.2025	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2025	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2025	

Студент

_____ (підпис)

Огороднік В. С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабюк С. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Огороднік Володимир Станіславович. Система електропостачання відгодівельного комплексу сільськогосподарського підприємства.

Стор.– 81; рис. - 6; табл. - 12; слайдів - 15; джерел - 40; додатків - 0.

Метою представленої кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання відгодівельного комплексу сільськогосподарського підприємства "ГАДЗ", яке знаходиться в Чортківському районі Тернопільської області (с. Трибухівці).

В першому розділі кваліфікаційної роботи здійснено аналітичний огляд літератури за тематикою кваліфікаційної роботи.

В другому розділі кваліфікаційної виконано розрахунок і вибір електроустаткування для освітлення основного і допоміжних приміщень комплексу. Сконцентровано увагу на розробці питання автоматизованого процесу роздачі кормів, виконано розробку технологічної і функціональної схем, на підставі яких складено принципову електричну схему автоматизованої роздачі кормів в ручному та в автоматичному режимах роботи.

В третьому розділі кваліфікаційної виконано опис призначення розробленої установки та її основні характеристики, розробленого пристрою керування обладнанням для переробки соєвих бобів з розрахунком оцінки надійності.

В останньому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності при роботі з технологічним та електротехнічним устаткуванням на підприємствах сільськогосподарської галузі.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ, ВОЛОДОПОСТАЧАЛЬНА УСТАНОВКА, СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ, ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, СИЛОВА МЕРЕЖА.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	11
1.1 Аналіз систем автоматизації на тваринницьких фермах	11
1.2 Аналіз сільськогосподарських систем електропостачання	13
1.3 Роль енергетики в агропромисловому виробництві	18
1.4 Висновки до розділу 1	20
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Аналіз діяльності сільськогосподарського підприємства	21
2.2 Аналіз рівня електрифікації об'єкту	23
2.3 Вибір технологічних схем, устаткування і робочих машин	27
2.4 Принцип роботи електричної схеми кормороздавача	32
2.5 Розрахунок та вибір водопостачальної установки і електродвигунів	33
2.6 Розрахунок системи автоматизації водопостачання	34
2.7 Висновки до розділу 2	37
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Розрахунок електроустаткування для вентиляції і теплового балансу	38
3.2 Розрахунок і вибір електрокалорифера	43
3.3 Вибір електроустаткування для освітлення і опромінювання	44
3.4 Вибір та розрахунок апаратури захисту і управління	49
3.5 Проектування внутрішніх силових мереж	52
3.6 Вибір захисного обладнання	54
3.7 Вибір елементів схеми автоматизації кормороздавача	56
3.8 Проектування зовнішніх мереж ПЛ 0,4 кВ	59
3.9 Проектування трансформаторної підстанції	62
3.10 Визначення компенсації втрати напруги в повітряній лінії	64
3.11 Визначення струмів короткого замикання	65
3.12 Висновки до розділу 3	68

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	69
4.1 Розрахунок пристрою заземлення ТП 10/0,4 кВ	69
4.2 Розрахунок блискавкозахисту виробничих об'єктів	72
4.3 Оцінка захищених споруд за захисними властивостями	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	76
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	77

ВСТУП

Головною відмітною особливістю сучасного етапу розвитку сільського господарства в умовах ринкової економіки є послідовне просування курсу на індустріалізацію всіх галузей в утворених сільськогосподарських підприємствах, різних акціонерних товариствах і фермерських господарствах, впровадження сучасних технологій, машин і механізмів, технічних засобів електрифікації і автоматизації всіх виробничих комплексів і процесів землеробства та тваринництва [1].

В умовах сьогодення уже не згадують про актуальність і значну роль електрифікації технологічних процесів в тваринництві, яка є доволі трудомісткою галуззю сільськогосподарського виробництва. Ще багато тваринницьких галузей в країні не є повністю електрифіковані, а більшість виробничих процесів не є автоматизованими [2].

Промисловістю випускається типові установки і машини, що повністю працюють в автоматичному режимі, зокрема, інкубатори, насосні станції, опалювальні та вентиляційні установки і так далі. Найбільший ефект дає електрифікація, що повністю охоплює як основні, так і допоміжні виробничі процеси з широким впровадженням автоматизації в управлінні електроустановками. При такій електрифікації ручна праця необхідна тільки на роботах, що не вимагають великих зусиль і пов'язаних з управлінням машинами і установками. Тому значно зростає продуктивність умов роботи і підвищується технологія виробництва [3].

Окупність витрат на електрику є набагато швидшою, а ефективність їх тим більшою, коли більше електричної енергії використовується на виробничі потреби і повніше завантажені електричні станції протягом всієї доби, тобто при високому коефіцієнті заповнення графіка навантаження. Мета впровадження сучасного технологічного устаткування для автоматизації і механізації виробничих режимів промислових технологій полягає у забезпеченні значного підвищення рівня праці і зниження собівартості продукції. Все це доводить актуальність теми, вибраної для кваліфікаційної роботи.

Варто відмітити, що сільські електромережі характеризуються великою кількістю параметрів і оцінка варіантів кожного параметра може відрізнятися. Наприклад, сільські електромережі мають велику протяжність при відносно невеликій потужності споживачів, а при електрифікації нових сільськогосподарських та тваринницьких угідь в більшості випадків використовують вже діючу систему електропостачання [4]. Відповідно, потрібно впроваджувати варіант зниження технологічної складової при проведенні аналізу втрат електроенергії при забезпеченні якості електричної енергії та високої надійності і не допускати при цьому виникнення аварійних режимів роботи в мережах 0,4 кВ і 10 кВ. Також з метою зниження втрат електроенергії варто здійснювати автоматизацію технологічних процесів.

Однією із особливостей сільських електромереж є велике число одно-фазних споживачів, а це викликає нерівномірне навантаження по фазах. Відповідно, в системі електропостачання сільськогосподарських споживачів потрібно використовувати пристрої для симетричного режиму однофазного навантаження, що дозволить знизити понаднормові втрати електроенергії та забезпечити збільшення терміну використання електрообладнання [5].

Аналіз роботи сучасних тваринницьких комплексів показав, що автоматизовані системи управління технологічним процесом виконують більше 80 відсотків поставлених задач керування оперативного планування [6]. Значна кількість автоматизованих систем управління технологічним процесом тваринницьких комплексів має 2-ступеневу структуру. На 1-й ступені присутній автоматичний захист технологічних і електричних пристроїв, регулятори деяких технологічних величин, обладнання для централізованого керування та оптимізації технологічних операцій. На 2-й ступені розташовані автоматизовані інформаційні системи та служби диспетчерського керування комплексом, які мають безпосередній зв'язок з районними центрами обчислень. Ця ступінь також володіє інформацією для загальної оптимізації технологічних процесів на виробничому

комплексі, а отримані статистичні та поточні дані при використовуються для оптимізації структури технологічного процесу та режимів їх функціонування [7].

Кваліфікаційна робота направлена на вирішення питань комплексного підходу до електрифікації виробничих приміщень корівників тваринницько-відгодівельного комплексу з розробкою автоматизованих виробничих режимів роздачі кормів.

Підсумовуючи вище приведений матеріал, можна впевнено сказати, що питання впровадження електрифікації і автоматизації технологічних процесів в сільськогосподарському секторі є надзвичайно важливою на даний час, а тема кваліфікаційної роботи *«Системи електропостачання відгодівельного комплексу сільськогосподарського підприємства»* - актуальною.

Об'єктом дослідження є система електропостачання відгодівельного комплексу сільськогосподарського підприємства.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка ефективної та надійної системи електропостачання споживачів відгодівельного комплексу сільськогосподарського підприємства електроенергією необхідної якості.

Для досягнення поставленої мети під час виконання кваліфікаційної роботи були вирішені наступні завдання:

- розроблено генеральний план тваринницької ферми;
- розроблено план корівника з нанесенням силового обладнання;
- розроблено план корівника з нанесенням освітлювального обладнання;
- розроблено технологічну схему роздачі кормів;
- розроблено функціональну схему роздачі кормів;
- розроблено принципову електричну схему автоматизації водопостачання;
- розроблено електричну схему системи керування корм роздачі.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи полягає в отриманому подальшому розвитку впровадження технологічних методів зниження втрат електричної енергії фермерських господарств на базі проведення модернізації системи електричного постачання та автоматизації виробництва.

Практична новизна кваліфікаційної роботи полягає в запропонованих заходах щодо зниження технологічної та комерційної частки втрат в системі електричного постачання сільськогосподарського підприємства, що дозволить суттєво знизити основні втрати підприємства та собівартість виробленої продукції.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз систем автоматизації на тваринницьких фермах

Продуктивність в тваринницькому приміщенні багато в чому залежить від створеного мікроклімату, від догляду за тваринами та від годування. Для того, щоб здійснити дозування кормів, коли кожна тварина отримує необхідну дозу кормів, в тваринницьких приміщеннях встановлюють спеціальні кормороздавачі [9]. Праця на фермах є трудомістким процесом і людина завжди старається полегшити його за допомогою різного додаткового обладнання. Тривалий час в Україні всі операції на фермах проводилися вручну, згодом з'явилися підвісні рейкові дороги (вагонетки), що дозволило полегшити роздачу кормів тваринам, але це займало багато часу. З використанням мобільних кормороздавачів корм для тварин роздавався і в даний час на деяких фермах ще роздається набагато швидше та з меншими витратами праці. Але згаданий спосіб має багато недоліків, зокрема багато шуму, чадні гази і ін. Стационарні електрифіковані кормороздавачі є засобом, що допомагає значно полегшити працю тваринників та зекономити час роботи. До таких кормороздавачів пред'являються наступні вимоги:

- всі системи роздачі повинні забезпечувати індивідуальне (або кругове) дозування розподілу кормів згідно встановленого раціону;
- відхилення від встановлених норм дозування кормів не має перевищувати $\pm 15\%$;
- втрати кормів під час роздачі повинні становити не більше 1% загальної кількості розданих кормів [9].

Для ферм, що займаються вирощуванням та відгодівлею молоді великої молочної худоби, промисловість випускає роздавачі кормів канатно-дискового типу. Таке обладнання працює з центральним дисковим транспортером, що складається з приводної станції, натяжників, каната з пластмасовими дисками, поворотного пристрою і інших деталей. На даний час ще експлуатуються транспортери – роздавальники кормів ТВК–80Б [10]. Цей

кормороздавач є модифікацією ланцюгово-планчатого транспортера, який складається з прогумованої стрічки шириною 500 мм і складальних залізо-бетонних годівниць, які довговічніші в порівнянні з годівницями ТВК–80А, виконаними з дерева. На базі розглянути кормороздавачів було розроблено уніфікований стаціонарний роздавальник кормів тваринам всередині годівниць РКК–Ф–74, який забезпечує роздачу всіх видів кормів, за винятком рідких. Кормороздавач РКК–Ф–74 складається з робочого органу, приводної станції, натяжної станції, кормового жолоба і електричного обладнання [11].

Роздавальник кормів ТРЛ–100 з пересувним стрічковим транспортером використовується для транспортування і подачі в годівниці силосу, сінажу, зеленої маси, подрібнених грубих кормів і їх сумішей. Його встановлюють над годівницею [11].

У деяких випадках дуже зручно використовувати кормороздавачі з одностороннім (КЛО–75) та двостороннім (КЛК–75) підходом тварин, які призначені для роздачі подрібнених зелених кормів, силосу, сіна, соломи і їх сумішей, а так само видалення залишків кормів з кормушок [12].

Універсальний кормороздавач РКУ–200 використовується для приймання з транспортних засобів, дозування і роздачі подрібнених сухих, соковитих та вологих (70% вологості) кормів, при безприв'язному утриманні ВРХ. Для тих же цілей призначений кормороздавач РК–50. Він проводить роздачу всіх видів подрібнених кормів. Застосовується, головним чином, при реконструкції корівників на 200 голів [11].

Для індивідуального і групового дозування кормів використовують пневматичні роздавачі кормів. Роздавачі групового дозування проектує з використанням принципу забивання транспортного трубопроводу кормом.

Роздавальники кормів з трубопроводом–годівницею складаються з повітропровідної машини, бункера–живильника, транспортного трубопроводу–годівниці, закритого зверху пересувний кришкою–стрічкою, замкового клапана. Так само на фермах великої рогатої худоби використовується пневматичний стрічковий роздавальник кормів з вивантажним отвором в стрічці,

який встановлюється над годівницею. Складається з таких основних вузлів: вентилятора, живильника, транспортного трубопроводу у вигляді ємності прямокутного перетину, приводного і натяжного барабанів, стрічки з отворами, перфорованої стрічки, годівниці для тварин, очищаючого скребка [13].

Фірма «Вестфален сепаратор» (Німеччина) випускає комп'ютерну систему для управління технологічними процесами на молочній фермі. Вона забезпечує автоматичне дозування кормів в індивідуальних годівницях. Так само фірма випускає комп'ютерну систему «Подітрон Ф-6» з програмою дозованого годування [14].

Для виконання поставленої в кваліфікаційній роботі роздачі кормів в тваринницькому відгодівельному комплексі на 200 корів найбільш відповідним і економічно вигідним є кормороздавач типу ТВК–80Б.

1.2 Аналіз сільськогосподарських систем електропостачання

Важливе місце в процесі вдосконалення сільських систем електропостачання з метою підвищення економічної ефективності їх створення та функціонування займає аналіз існуючих об'єктів енергопостачання в сільському господарстві, класифікація їх за ступенем значимості з позиції обсягів споживання електричної енергії та вимог до надійності систем електропостачання.

В кінці минулого століття переробка сільськогосподарської продукції загальної структури споживання електроенергії займала незначну питому вагу (біля 15% від загального споживання електричної енергії), але вже на початку нового століття спостерігається тенденція збільшення частки переробки сільськогосподарської продукції в структурі електричного споживання сільськогосподарських товаровиробників. Через порушення внутрішніх та зовнішніх господарських зв'язків та монополізму великих переробних підприємств намітилася тенденція скорочення переробки ними сільськогосподарської продукції.

Багато сільськогосподарських підприємств у цьому випадку змушені будувати свої невеликі за потужністю переробні цехи, що виробляють м'ясопродукти, хлібобулочні вироби, олію та ін. Переробка сільськогосподарської продукції ґрунтується на використанні стаціонарного типу машин та обладнання з електроприводом, що зумовлює значне споживання електричної енергії [15].

Кормовиробництво є також електроємним процесом і до найбільш енергоємного технологічного процесу тут можна віднести заготівлю сіна методом активного вентилявання, приготування трав'яного борошна, виробництво комбікормів та ін. (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Приблизна питома витрата електричної енергії в кормовиробництві (кВт·год/т на рік)

Технологічний процес	Виробництво сінажу, трав'яної муки, гранул, брикетів і комбікормів
Заготовка сіна методом активного вентилявання, приготування і вивантаження сінажу	62
Приготування трав'яної муки (електропривід агрегатів)	75
Гранулювання трав'яної муки	35
Брикетування кормів	25
Виробництво комбікормів	38
Гранулювання комбікормів	18

Однією із характеристик тваринництва є значна розосередженість виробничих об'єктів, їхня віддаленість, як правило, від сільських населених пунктів, стаціонарний тип застосовуваних у технологічних процесах машин та обладнання, що працюють від електроприводу. Тому галузь тваринництва також є одним із найважливіших споживачів електроенергії.

У тваринницькій галузі західного регіону України виділяють такі основні підгалузі, що набули найбільшого поширення: скотарство, свинарство, вівчарство, конярство. При цьому тваринницькі ферми незалежно від відношення до тієї чи іншої підгалузі поділяють на ферми з відгодівлі та репро-

дуктивні ферми. У скотарстві через специфічні та біологічні особливості також виділяють молочно-товарні ферми (рис. 1.1).

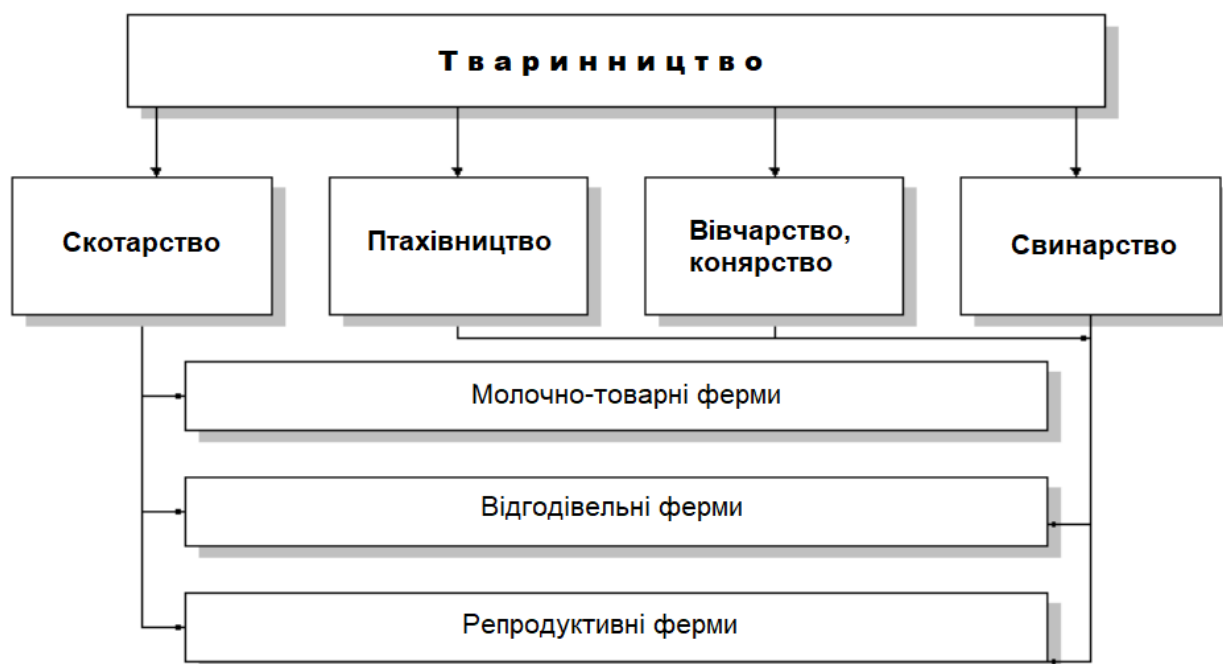


Рисунок 1.1 - Види сільськогосподарських об'єктів за напрямками спеціалізації у тваринництві

Найважливішими факторами, що впливають на структуру та характеристики електричного постачання тваринництва є спеціалізація галузі, розмір тваринницької ферми та прийнята на цій фермі технологія утримання тварин (рис. 1.2). При цьому показники, що визначають енергоємність всього виробничого процесу на тваринницьких об'єктах, можна підрозділити на загальні, характерні для різних підгалузей (годування, видалення гною та ін.) і на характерні тільки для конкретної тваринницької підгалузі (доїння та первинна обробка молока на молочно-товарних фермах, стрижка на овець і інші показники).

Слід особливо підкреслити, що вони тісно взаємопов'язані і взаємообумовлені, оскільки розмір ферми багато чому визначає технології утримання тварин, їх годування, доїння, видалення гною, підтримки мікроклімату. Перелічені технології разом із розміром ферми зазвичай визначають потуж-

ність джерел енергопостачання, час пікових навантажень, його тривалість і інші параметри.



Рисунок 1.2 - Показники, що впливають на систему енергопостачання у тваринництві

У тваринницькій галузі електроенергія використовується для приводу машин у технологічних процесах приготування та роздачі кормів, водопостачання, доїння корів, переробки продукції, стрижки овець, збирання та освітлення приміщень, а також для створення в них необхідного мікроклімату. При цьому витрати електроенергії з окремих видів технологічних процесів можуть суттєво відрізнятися. Структура споживання електроенергії з технологічних процесів на молочно-товарних і відгодівельних фермах великої рогатої худоби представлена в табл. 1.2 і 1.3 [16, 17].

Аналізуючи дані, наведені у табл. 1.2 і 1.3, видно що у загальному обсязі споживання електроенергії під час виробництва молока та м'яса великої рогатої худоби найбільш енерговитратними технологічними операціями є операції водопостачання та напування, на долю яких припадає від 35 до 56%

всіх витрат. Причому розмір цих витрат багато в чому визначається розмірами ферм та спеціалізацією господарства. Так, наприклад, витрата електроенергії на підігрів води для технологічних потреб на малих фермах у кілька разів більша, ніж на фермах з поголів'ям тварин 400-800 голів.

Таблиця 1.2 – Структура витрат електричної енергії
на молочно-товарних фермах (%)

Процеси, операції	Розмір ферми (к-ть голів)				
	50	100	200	400	800
Водопостачання і напування	56	56	44	34	35
Приготування кормів	–	–	–	18	20
Прибирання і видалення гною	2	2	3	4	5
Доїння корів	5	9	16	15	12
Первинна обробка молока	37	32	32	29	27

Таблиця 1.3 – Структура витрат електричної енергії
на відгодівельних фермах великої рогатої худоби (%)

Процеси, операції	Розмір ферми (к-ть голів)				
	60	100	200	500	1000
Водопостачання і напування	54	55	49	38	38
Приготування кормів	23	23	22	37	38
Роздача кормів	–	–	3	2	2
Прибирання і видалення гною	22	22	26	22	22

На молочних фермах біля 40% електричної енергії витрачається на первинну обробку молока, на відгодівельних фермах великої рогатої худоби та свинарських фермах найбільш енерговитратними є операції приготування кормів та збирання гною.

Займаючи значну питому вагу у структурі електричного споживання, тваринництво висуває й високі вимоги до надійності діючих систем електро-споживання своїх виробничих об'єктів (табл. 1.4) [18].

Дані, наведені в табл. 1.4, ще раз підтверджують виняткову важливість безперебійного постачання електроенергією тваринницьких виробничих об'єктів, що в виробничих умовах вимагає обґрунтування економічно ефективних напрямів підвищення надійності цієї системи.

Таблиця 1.4 - Питомі обсяги електроспоживання та пріоритетність стійкості виробничих об'єктів тваринництва

Виробничий об'єкт	Питомий об'єм енергопостачання по групах (кВт·год/гол.)	Допустима тривалість перерви електропостачання (год.)	Клас пріоритетності по стійкості енергопостачання
Комплекси ВРХ молочного напрямку	1895	0,25-1	I
Молочні ферми	643	0,25-1	I
Відгодівельні комплекси	623	3-4	II
Відгодівельні дільниці	86	3-4	II
Свинокомплекси	141	0,5	I
Відгодівельні ферми	120	3-4	II
Репродуктивні ферми	2290	0,5	I

Тому у подальших дослідженнях необхідно проводити наукові вивчення теоретичних та методичних аспектів оцінки економічної ефективності створення надійних систем електропостачання на прикладі тваринницьких об'єктів.

1.3 Роль енергетики в агропромисловому виробництві

Енергетика та електропостачання є основною системоутворюючою та життєзабезпечуючою галуззю держави. Надійність електропостачання та витрати на електроенергію суттєво впливають на ефективність усіх галузей економіки, у тому числі сільськогосподарського виробництва. Основними напрямками розвитку енергетики України є: диверсифікація постачальників паливно-енергетичних ресурсів; розвиток сектору нетрадиційної та відновлюваної енергетики; максимальне використання місцевих видів палива, у тому числі відходів виробництва та житлово-комунального господарства [19]. У сільському господарстві особливо актуальним є питання використання місцевих видів палива та відходів виробництва, що пов'язано з особливостями сільськогосподарського виробництва, де утворюється велика кількість відходів, які можна використовувати у якості палива або біомасу для отримання енергії.

мання біогазу з подальшим використанням для генерації теплової та електричної та енергії [20].

Створення програмних комплексів для управління енергосистемою з розподіленою генерацією енергії багатьма джерелами потребує розробки відповідної моделі. Вивчення умов експлуатації та характеристик різних енергоблоків показало, що енергетична система з великою часткою атомних електричних станцій та теплових електроцентралей потребує детальнішого моделювання режимів роботи генеруючого обладнання [21]. Причому, зі збільшенням частки установок, що використовують відновлювані джерела, енергії, ці вимоги значно посилюються. При великій частці відновлюваних джерел енергії в системі вироблення потужностей бажано забезпечити підтримку балансу потужності для кожної години, тобто роботу енергосистеми слід розраховувати, використовуючи погодинний графік навантаження замість поширеної методики моделювання за кривою тривалості навантаження. При цьому можна скористатися програмним пакетом SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерське керування та накопичення даних), а для моделювання та управління системою можна застосувати, наприклад, мультиагентний підхід [22].

При мультиагентному підході кожен об'єкт електроенергетичного комплексу (наприклад, трансформатор, лінія або підстанція) може бути представлений деяким агентом, тобто програмно-технічною одиницею, що володіє інтелектом завдяки можливості навчання, і здатної до взаємодії з такими ж елементами системи прийняття рішень з управління. Взаємодія агентів є ключовим аспектом, оскільки Smart Grid мають на увазі передачу інформації паралельно енергії.

Створення та використання цифрових технологій у вигляді інтелектуальних ієрархічних систем управління дозволить [23]:

- проводити оцінку роботи мережі у різних режимах роботи;
- керувати активними елементами мережі та електроустановками споживачів;

- у режимі реального часу міняти топологічні параметри мережі;
- автоматизувати роботу системоутворюючих, магістральних та між-державних електромереж.

У Smart Grid створюються умови для використання децентралізованих та відновлюваних джерел електричної енергії, а також джерел генерації споживачів.

1.4 Висновки до розділу 1

1. Результати роботи сільськогосподарських товаровиробників залежать від якості обслуговування мережевими енергетичними компаніями і успішна співпраця постачальників та споживачів електроенергії можлива лише на взаємовигідній основі. Нормативно-правовими документами, що регламентують економічні відносини товаровиробників з енергопостачальними організаціями, передбачається відповідальність підприємств електричних мереж за зниження якості електропостачання. У більшості випадків збитки сільськогосподарських споживачів від зниження якості електропостачання зазвичай не враховуються через складність їх визначення. Проте державне регулювання в електроенергетиці має забезпечувати умови взаємовигідного співробітництва товаровиробників та мережових енергетичних компаній.

2. Для дослідження взаємного впливу сільськогосподарських підприємств та мережових енергетичних компаній пропонується використати когнітивний підхід, що дозволить побудувати когнітивну карту і на її основі виявити суттєві причинно-наслідкові зв'язки між елементами системи *«товаровиробник-енергокомпанія»*.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз діяльності сільськогосподарського підприємства

Село Трибухівці знаходиться в Чортківському районі Тернопільської області. Тваринницько-відгодівельний комплекс відноситься до групи господарств, що спеціалізуються в галузях плідівництва, зернового господарства і, в малому об'ємі, є тваринницько-відгодівельна ферма та молочний комплекс.

Загальна площа земель складає 1339 га, зокрема рілля - 261 га.

Пасовища – 127 га.

Землі меліоративного будівництва – 395 га.

Деревно-чагарникових насаджень – 47 га.

За відгодівельним комплексом закріплено 1339 га, зокрема сільськогосподарських угідь 708 га, що становить 4,0 га на постійного працівника (табл. 2.1, 2.2).

Таблиця 2.1 - Виробництво продукції рослинництва

Основні види с/г культур	Прибрана площа, га			Врожайність, ц/га			Валовий збір, ц		
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Зерна всього	258	266	362	27	28,9	27,1	705	769	950
Озима пшениця	183	154	271	29	32	27,4	525	487	659
Ярова пшениця	58	23	10	19,2	19,8	14	111,5	257	1450
Озимий ячмінь	17	74	74	14	30	30,5	68,5	166,1	225
Соняшник	45	36	—	13	84	—	57	303,5	—

Таблиця 2.2 - Дані щодо наявної техніки в господарстві

Найменування і тип техніки	Кількість, шт.
1. Трактори	
Claas	4
ДТ – 75М	6
John Deere	3
New Holland	4
MTЗ – 80	12
Case IH	6
2. Комбайни	
John Deere	15
Claas Lexion 760	2
3. Автомобілі	
МАЗ	1
DAF	3
Самоскид КрАЗ	3
MAN	1
4. Електродвигуни	388

Вся земля закріплена за цехами рослинництва і тваринництва.

Галузь тваринництва зосереджена на розведенні великої рогатої худоби спеціальної породи, головний напрям скотарства – молочне.

Всі види сільськогосподарської продукції здаються на найближчі об'єкти м. Бучача, м. Чорткова та м. Тернополя.

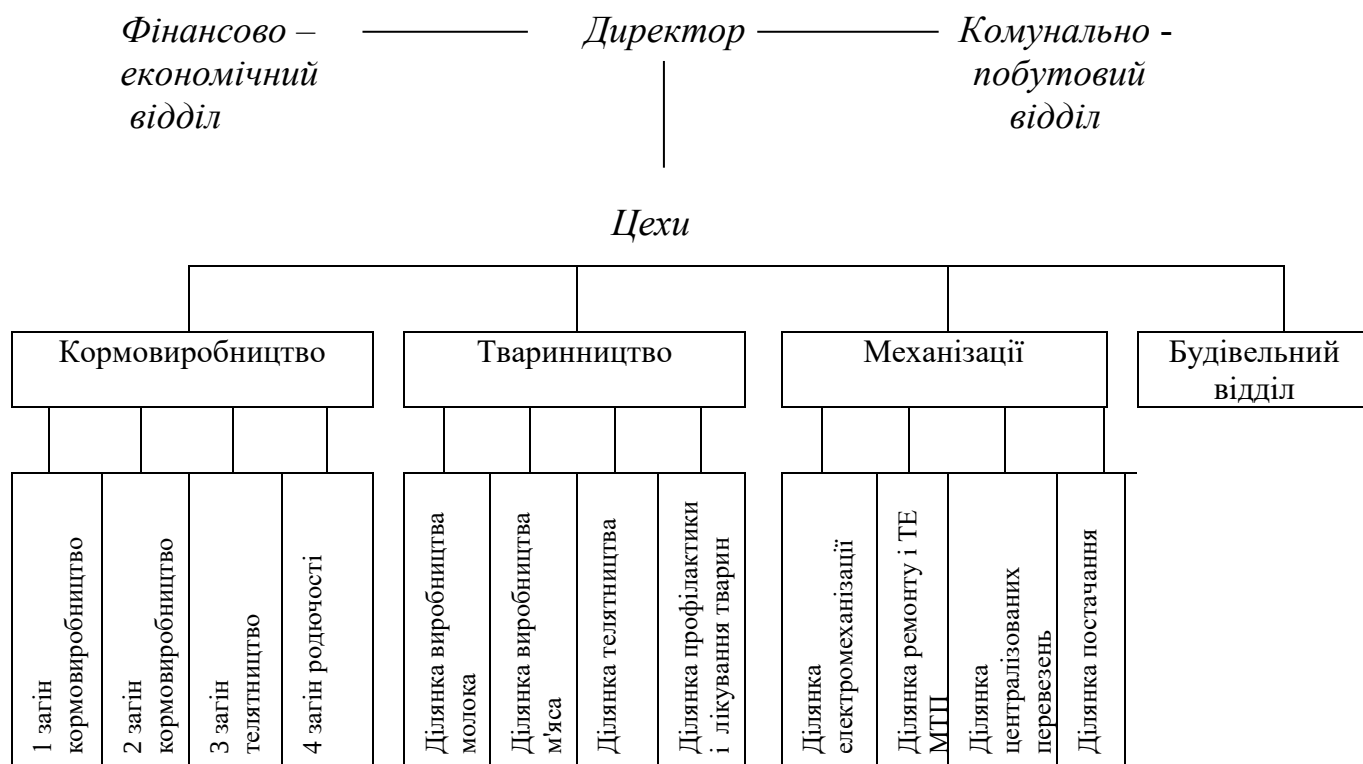
Все поголів'я корів зосереджене на молочному комплексі на 400 голів. У теплу пору року (185 днів) тварини містяться на вигульних майданчиках, в решту часу - в стійлах. Добовий удій від однієї корови коливається в межах від 15 кг - в літній час до 8-10 кг - в зимовий час. В середньому на рік від однієї корови отримують біля 3550 кг (2024 р.).

Все молоко в спеціальному цеху обробляється, тобто охолоджується, нормалізується і відправляється на Бучацький молокозавод та частково в торгову мережу.

На території молочно-тваринницької ферми знаходиться кормоцех, за допомогою якого проводиться все необхідне для годування тварин.

На території села планується розмістити 7 трансформаторних підстанцій, які могли б забезпечувати тваринництво і рослинництво електроенергією напругою 10/0,4 кВ. Підстанції від промислової зони «Бучач» (м. Бучач) забезпечують потужність від 160 до 250 кВА.

Структура управління ТВК



2.2 Аналіз рівня електрифікації об'єкту

Освітлення в корівниках здійснюється лампами розжарювання, проводка виконана на тресах. Освітленість не відповідає вимогам, оскільки лампи розташовані не в світильниках, а відкрито, що не допустимо (стійлове приміщення є сирим).

Для збору і зберігання молока в молочному блоці знаходиться танк-охолоджувач молока ТОМ–2А. Для доїння застосовуються доїльні установки ДАС–2Б із збиранням молока у відра. До складу установок входять:

двотактні доїльні апарати ТА–2 «Майга»; вакуумна установка УВУ–45. Вода для миття доїльного посуду нагрівається водонагрівачем УАП–400 (один на два блоки).

У всіх корпусах прибирання гною здійснюється ланцюгово-скребковими транспортерами ТСН–160. Управління транспортером здійснюється від щита РУС(А)–5440–03А2.

Корм доставляється до місця згодовування трактором New Holland, а вивантаження його в годівниці проводиться уручну.

У двох корпусах, де містяться нетільні корови (по 150 голів), роздача корму здійснюється стаціонарним стрічковим транспортером–кормороздатчиком ТВК–80А, який був зроблений з кормороздавача ТВК–80Б своїми силами шляхом заміни талон на стрічку, і є зручнішим в експлуатації.

Електропостачання будівлі проводиться від електрощита молочного блоку, що прибудований до корівника. У електрощитовому приміщенні молочного блоку встановлені силовий щит ЩР11–73505–22У3 (380 В, 50 Гц, 400 А) і освітлювальний щит ОЩВ–6 (380/220 В, 100 А), який обслуговує два корпуси.

Вентиляція корівника не локалізована: на стелі є вентиляційні труби, які при необхідності відкриваються або закриваються.

Обігрів корпусів повністю відсутній. Живлення молочно-товарної ферми здійснюються від трансформатора потужністю 630 кВА, напруга 10/0,4 кВ, схема з'єднання обмоток Y/Y0. Трансформаторна підстанція закритого типу, будівля цегляна.

При виборі пристроїв захисту необхідно прогнозувати очікувані аварійні режими захисту електродвигуна, оцінювати можливі порушення електробезпеки, визначати технічно найбільш відповідні пристрої захисту і економічно обґрунтовувати правильність вибору. З урахуванням цього для захисту електродвигунів в сільському господарстві рекомендується всі електродвигуни, що працюють в тваринницьких приміщеннях, а так само ті,

які працюють без присутності обслуговуючого персоналу, захищати фазочутливими пристроями.

Ці пристрої, окрім захисту самого електродвигуна, забезпечують пожежо- і електробезпеку, оскільки миттєво реагують на неповнофазні режими і короткі замикання [23]. Вбудований температурний захист так само доцільно застосовувати для захисту електродвигунів з різко змінним навантаженням, з частими пусками і реверсами. Неправильно вибраний принцип захисту не тільки не дає позитивного ефекту, але може сприяти інтенсивному старінню ізоляції і скороченню терміну служби електродвигунів, виникненню пожеж, а так само поразці тварин і людей електричним струмом.

На рис. 2.1 приведено блок-схему пристрою захисту з трьома пороговими елементами. Термістори 1, 2, 3 вбудовуються в обмотки електричних машин або апаратів на кожну фазу, можуть мати позитивний або негативний коефіцієнт температурного опору. В якості 3-х порогових елементів 4, 5, 6 використовуються тригери Шмідта, пороги спрацьовування яких настроєні на три різні рівня падіння напруги в колі термісторів 1, 2, 3, що визначаються класами захисту ізоляції, тепловою інерцією термісторів і об'єкту, що захищається, а також інерційністю виконавчого органу.

За відсутності нагріву ізоляції обмоток, падіння напруги в колі термісторів 1, 2, 3, що поступають на виходи порогових елементів 4, 5, 6, мають такі ж значення, що не викликає спрацьовування останніх. Різке підвищення температури ізоляції обмоток до величини, гранично допустимої для даного класу ізоляції, може змінити опір термісторів 1, 2, 3 настільки, що забезпечить спрацьовування порогового елементу 5 налаштованого на низький рівень падіння напруги, і через формувач 7 видасть сигнал на елемент логіки "І" 8. Далше за пороговим елементом 5 спрацьовує пороговий елемент 4 і, у випадку підвищення температури з недопустимою швидкістю, спрацьовування його відбувається раніше, ніж зникне сигнал з виходу формувача 7. Одночасна передача сигналів від порогового елементу 4 і формувача 7 на

вихідний елемент логіки "І" 8 приводить до спрацьовування виконавчого органу 10 пристроїв температурного захисту.

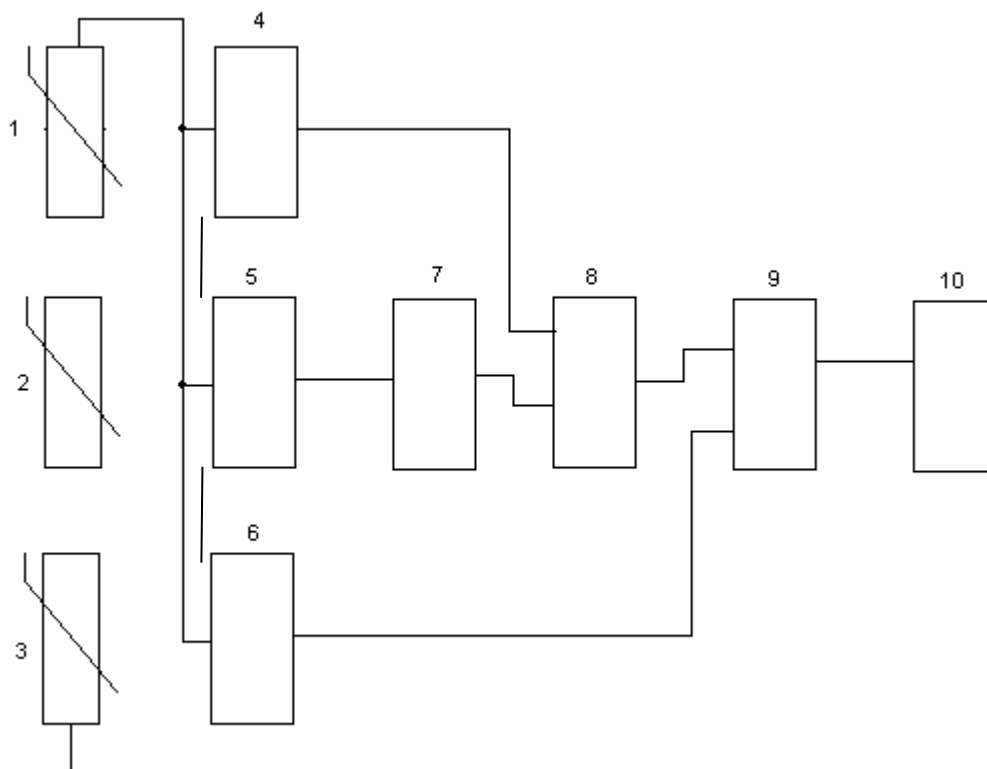


Рисунок 2.1 - Блок-схема пристрою захисту з трьома пороговими елементами: 1, 2, 3 - термістори (датчики температури); 4, 5, 6 - порогові елементи; 7 – формувач; 8 – елемент логіки “І”; 9 – елемент логіки “АБО”; 10 – виконавчий орган

Якщо температура ізоляції підвищується з допустимою швидкістю, то спрацьовування порогового елемента 4 відбувається після того, як зникне сигнал на виході формувача 7, і, тому ніякий сигнал не поступає на виконавчий орган. Відключення захищаного устаткування в цьому випадку, відбудеться при досягненні ізоляцією обмотки гранично допустимої для даного класу ізоляції температури, на яку налаштований поріг спрацьовування елемента 6 - сигнал від нього на відключення виконавчого органу поступить через елемент логіки “АБО” 9.

Описаний пристрій дозволяє проводити тепловий захист електричних машин і апаратів від небезпечного нагріву ізоляції обмоток внаслідок аварій-

них режимів роботи і перевантажень при різних швидкостях підвищення її температури. Цей пристрій вигідно відрізняється від інших пристроїв, оскільки точніше і надійніше може забезпечити захист ізоляції від перегріву за рахунок використання швидкості зміни температури ізоляції, що захищається [23].

2.3 Вибір технологічних схем, устаткування і робочих машин

Комплекс призначений для рівномірного цілорічного виробництва молока промисловим методом. Для розміщення поголів'я тварин і забезпечення всіх технологічних процесів у складі ферми передбачено 400 корів, два корівники по 200 голів, 50 місць в пологовому відділенні, 30 місць в профілакторії пологового відділення.

Утримання нетільних корів є стійлово-пасовищним. Тривалість стійлового періоду 210 днів, пасовищного – 155 днів. Дійні сухостійні корови і нетільні містяться безприв'язно в корівниках по 200 голів, обладнаних індивідуальними боксами $1,1 \times 2,1$ м для відпочинку тварин. Залежно від часу, віку, отелення, величини добового удою і фізіологічного стану все поголів'я корів і нетільних корів розділяється на групи по 25 голів і розміщується в секціях корівника. Високотільних корів з секцій для сухостійних корів переводять в пологове відділення, де утримують два тижні до отелення на прив'язі в стійлах розміром $1,5 \times 2,1$ м і два тижні після отелення - в стійлах розміром $1,2 \times 2,0$ м. Розмір пологового відділення приймається у розмірі 13,5% від кількості корів, що одночасно містяться на комплексі.

Доїння корів, що утримуються на фермі в корівниках, проводиться 2 рази на добу в загальнофермерському доїльно-молочному блоці на двох доїльних установах. На доїння і з доїння корови проходять по галереї, що з'єднує доїльно-молочний блок з корівниками і половими відділеннями. Галерея служить одночасно пред- і післядоїльним майданчиком. Тривалість

одного доїння становить приблизно 1,5 години. Доїння новотільних корів в пологовому відділенні триразове, механічне.

Первинна обробка і короткочасне зберігання молока проводиться в доїльно-молочному блоці.

Годування корів в корівнику в стійловий період передбачено сіном, сінажем, силосом і коренеплодами із стаціонарних годівниць ТВК–80Б, у літній період тут здійснюється підгодівля зеленою масою. Роздача кормів проводиться кормороздавачем ТВК–80Б. У літній час худобу пасуть на окультивованих пасовищах, розташованих поблизу комплексу. У зимовий час організовують двогодинну прогулянку корів на вигульних дворах. Комбікорми протягом круглого року згодовуються коровам на доїльних установках. Для здійснення всіх вищезазначених технологічних операцій використовуються наступне устаткування:

- завантаження тваринам в годівниці силосу, подрібненої зеленої маси, коренеплодів і кормосумішей, приготованих в кормоцеху, проводиться транспортними засобами (у корівнику передбачений транспортер ТВК–80Б);
- миття і подрібнення коренеплодів в кормоцеху, розміщеного окремо, доставка коренеплодів в корівник, проводиться мобільним транспортом;
- напування корів передбачається з індивідуальних автонапувалок ПА–1А, встановлених по 6 штук на секцію, з підігрівом води в зимовий час;
- доїння корів в доїльно-молочному блоці проводиться на доїльних установках УДЕ–8 типу “Ялиночка”;
- у пологовому відділенні доїння корів здійснюється за допомогою доїльного агрегату ДАС–2Б в переносні доїльні відра;
- очищене і охолоджене молоко збирається в резервуари типу В2–ОМГ–4,0 і зберігається до моменту видачі. Вивіз молока здійснюється в автоцистерні;

- видалення гною здійснюється за допомогою установки ТСН–160, яка скидає його в поперечний канал гноєвидалення, звідки гній видаляється скребковим транспортером ТСН–160 на установку циклічної дії УТН–10 для транспортування його в гноєсховище;
- гній в пологовому відділенні збирається в поперечний канал за допомогою транспортера ТСН–3.0Б і далі також забирається єдиним транспортером ТСН–160;
- з вигульного двору гній, по мірі накопичення, згрібається бульдозером в купи, вантажиться за допомогою навантажувачів в тракторний причіп і відвозиться до місця зберігання.

Типи і марки устаткування для подачі води, створення мікроклімату вибираються після відповідних розрахунків і приводяться нижче.

Технологічна лінія годування ВРХ. Технічна лінія годування (представлена на слайдах) зазвичай включає декілька транспортерів–роздавальників 1 і 2, транспортер-розподільник 3, дозатор-накопичувач 4, транспортер-завантажувач 5 і так далі. На початку технологічна лінія по колу 1-3-4-5 веде роздачу корму кормороздавачем 1, а потім по колу 2-3-4-5 - кормороздавачем 2. Функціонування окремих механізмів технологічної лінії визначається порядком подій запуску і зупинки за умови виключення завалів при запуску і зупинці корму при зупинці.

Кормороздавач типу ТВК–80Б є рухомою човниковою стрічкою 3 (приведено на слайді) в годівницях 4 і його робота здійснюється реверсивним електричним приводом 5. Коли стрічка рухається вперед, то подає до місця стійла тварин певну кількість корму, що завантажується живильником 1. Живильник представляє собою кормороздавач типу КТУ–10 з накопичувальною ємкістю 2. Коли стрічка рухається в зворотному напрямку (реверс), то здійснюється процес самоочищення годівниці від залишків корму, який в подальшому видаляється з комплексу за допомогою транспортера 6. Отже,

згаданий кормороздавача може доставляти корми до місця призначення і прибирати їх залишки, що дозволяє здійснювати найважчі робочі технологічні операції.

Вибір типу кормороздавача. На фермах і комплексах великої рогатої худоби найбільшого поширення набув стаціонарний ланцюгово-планчатий транспортер-кормороздавач ТВК–80А. Але в даний час він знятий з виробництва і замість нього застосовується стрічково-тросовий кормороздавач ТВК–80Б. Для даного об'єкту, корівника на 200 голів, цей кормороздавач є найбільш прийнятним, оскільки він має ряд переваг:

- ✓ виключає забруднення корму;
- ✓ забезпечує рівномірність роздачі кормів;
- ✓ виключає розшарування корму по фракціях;
- ✓ виключає травмування тварин;
- ✓ є універсальним відносно можливості видачі всіх видів кормів.

Розрахунок продуктивності транспортера. Витрата стаціонарних кормороздаючих пристроїв, розташованих в годівницях визначається з урахуванням швидкості транспортування корму вздовж фронту годування і маси корму, що доводиться на одне твариномісце. Згідно методики [25] витрата (Q , кг/с) стаціонарних кормороздавачів визначається за формулою:

$$Q = q_m \cdot v \cdot k_{ck} \quad (2.1)$$

де q_m - маса корму, що припадає на 1 м довжини годівниці або розрахункова лінійна густина корму, кг/м;

v - швидкість транспортуючого органу, м/с, $v = 0,5$;

k_{ck} - коефіцієнт ковзання швидкості руху корму із-за ковзання його по стрічці транспортера, $k_{ck} = 0,94 \dots 0,98$, приймаємо $k_{ck} = 0,96$.

Розрахункова лінійна густина корму (q_m , кг/м) визначається за відношенням:

$$g_m = (g \cdot m_0) / l_k \quad (2.2)$$

де g - норма разової видачі корму на одну голову, кг, $g = 18$;

m_0 - число голів на одне кормомісце, $m_0 = 1$;

l_k - довжина кормомісця, м, $l_k = 1,2$.

Розрахункова лінійна густина корму рівна:

$$g_m = (18 \cdot 1) / 1,2 = 15 \text{ кг / м}$$

Розрахунок за формулою (2.1) дає результат:

$$Q = 15 \cdot 0,5 \cdot 0,96 = 7,2 \text{ кг / с.}$$

Визначення корисної площі тваринницького приміщення. Корисна площа приміщення (S_n , м²) визначається за формулою:

$$S_n = (L_n \cdot B_n) - S_{np}, \quad (2.3)$$

де L_n - довжина приміщення, м, $L_n = 69$;

B_n - ширина приміщення, м, $B_n = 21$;

S_{np} - площа проходів, м², $S_{np} = 153$.

$$S_n = (69 \cdot 21) - 153 = 1296 \text{ м}^2$$

Розрахунок щільності розміщення тварин на одиницю площі приміщення. Щільність розміщення тварин (δ , гол/м²) визначається за формулою:

$$\delta = \frac{m_n}{S_n} \quad (2.4)$$

де m_n - число голів в приміщенні, $m_n = 200$.

$$\delta = \frac{200}{1296} = 0,15.$$

Визначення необхідного числа ліній в одному приміщенні. Необхідне число ліній (n_n) в одному приміщенні визначається за формулою:

$$n_n = \frac{l_{\phi\kappa} \cdot B_n \cdot m_n}{S_n}, \quad (2.5)$$

де $l_{фк}$ - питомий фронт годування, тобто довжина годівниці, що доводиться на одну голову по нормах технологічного проектування, м, $l_{фк} = 1,2$ [25].

$$n_{л} = \frac{1,2 \cdot 21 \cdot 200}{1296} = 3,9.$$

Приймаємо $n_{л} = 4$.

2.4 Принцип роботи електричної схеми кормороздавача

Нормовану годівлю тварин на кормороздавачі важко виконати, так як корм під час руху конвеєра самовільно розрівнюється. Також під час руху конвеєра тварини можуть випадково споживати корм.

Розглянута технологічна кормороздавальна лінія на базі кормороздавача ТВК–80Б та стаціонарного роздавальника КТУ–10 передбачає роботу в автоматичному режимі. Під час роздачі кормів протягом робочого дня передбачено застосування спеціального добового транспортне реле, налаштування якого здійснюється згідно принципової електричної схеми (представлена на слайдах) і управління яким можна виконувати вручну або автоматично в такій послідовності.

На 1-му етапі за допомогою контакту програмного пристрою КТ2-1 вмикаються магнітні пускачі КМ2 і КМ3 руху конвеєра і конвеєра відходів. У крайньому початковому стані стрічки кормороздавача кінцевик SQ1 зупиняє її стрічки і вимикає конвеєр відходів за допомогою контакта КМ2-2. За командою програмного реле (контакти КТ2-2) вмикається електропривід живлення КМ4 і електропривід подачі корму КМ1. На завершальному етапі подачі корму кінцевик SQ2 вимикає КМ4 з часовою витримкою КМ1.

2.5 Розрахунок та вибір водопостачальної установки і електродвигунів

Для тваринницько-відгодівельного комплексу на 400 голів максимальну годинну витрату води розрахуємо за формулою [26]:

$$Q_{\text{год. max}} = (g \cdot N / T) k_{\text{доб}} \cdot k_{\text{год}}, \quad (2.6)$$

де g - добова норма споживача води одним споживачем ($g = 0,10 \text{ м}^3$);

N - число тварин на одній фермі, $N = 400$;

$k_{\text{доб}}$ - коефіцієнт добової нерівномірності $k_{\text{доб}} = 1,3$;

$k_{\text{год}}$ - значення коефіцієнта годинної нерівномірності споживання води, $k_{\text{год}} = 2,5$;

T - значення часу споживання води, $T = 24 \text{ год}$.

$$Q_{\text{год. max}} = (0,1 \cdot 400 \cdot 1,3 \cdot 2,5) / 24 = 5,417 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Значення секундної витрати води визначається за формулою:

$$Q_c = Q_{\text{год. max}} / 3600, \quad (2.7)$$

$$Q_c = 5,417 / 3600 = 1,504 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год}.$$

Діаметр вводу водопроводу визначається за формулою:

$$d = 2\sqrt{Q_c / (\pi \cdot v)}, \quad (2.8)$$

Швидкість води в трубі згідно рекомендації [24] $v = 1,25 \text{ м/с}$.

$$d = 2\sqrt{0,001504 / (3,14 \cdot 1,25)} \approx 0,039 \text{ м},$$

Приймаємо стандартну асбоцементну трубу марки ВТ ГОСТ 62–72 діаметром 100 мм.

Внутрішню водопровідну мережу в тваринницькому приміщенні виконуємо пластиковими розтрубними трубами. Вода витрачається на поїння і обробку корів, прибирання приміщення. Характеристика трубопроводу визначається за формулою:

$$H = H_1 + K^2 \cdot \Pi_{p.n.}^2, \quad (2.9)$$

де $H_1 = H_6 - (1 - H_{\text{дин}})$ - різниця відміток при динамічному рівні води в баку і свердловині, м. Приймаємо $H_1 = 78$ м.

Згідно [24] $K^2 = 2,94 \text{ с}^2/\text{м}^5$, $\Pi = 2,7 \text{ м}^3/\text{с}$.

Розрахунок по формулі (2.9) дає значення

$$H = 78 + 2,94 \cdot 2,7^2 = 99,4 \text{ м}.$$

Насос вибираємо за максимальною секундною витратою води, повному розрахунковому тиску з дотриманням умов:

$$g_{c \text{ max}} \leq g_{c.nac} \quad (0,0019 < 0,0036) \quad (2.10)$$

$$H \leq H_{nac} \quad (99,4 < 163) \quad (2.11)$$

Як видно, умови виконуються. З урахуванням цих умов застосовується водонапірна башта з баком ємкістю 25 м^3 і заввишки 12 м. Для закачування води башту приймаємо навантажувальний на насос ЕЦВ6–10–140, в комплекті з яким поставляється електродвигун ПЕДВ–8–140 з такими технічними характеристиками: $P_n = 8 \text{ кВт}$, $n_n = 2850 \text{ об/хв}$.

2.6 Розрахунок системи автоматизації водопостачання

Станція управління (представлена на слайдах) складається з блоку комутації і контролю опору ізоляції (блок А1), універсального двопозиційного регулятора УДР–2 (блок А2) і фазочутливого пристрою захисту ФУЗ–М (блок А3).

У режимі автоматичного управління станція працює наступним чином. Для контролю кількості води в резервуарі електроди підключають до клем 1, 2, 3. Якщо резервуар порожній або кількість води в ньому нижче мінімального - контакту між клемами 1, 2, 3 немає, значить, транзистор 2VT2 відкритий, реле 2KV включене, і його контакт 2KV1 замкнутий; магнітний пускач 1KM включений і навантажувальний електродвигун працює.

Вода, досягши нижнього рівня регулювання, замикає коло між клемми 1 і 2, але, оскільки контакт реле 2KV2 розімкнений, схема управління не реагує; як тільки рівень води досягне верхньої межі, замикається коло між електродами 1 і 3. У базовому колі транзистора 2VT1 струм проходить через резистори 2R1 і 2R3. Транзистор 2VT1 включається, напруга на базі транзистора 2VT2 різко зменшується, в результаті він вимикається. При цьому знеструмлюється реле 2KV і за допомогою контакту 2KV1 розмикається коло подачі напруги на магнітний пускач 1KM, а контактом 2KV2 замикає коло клемми 2 і підключає датчик нижнього рівня. Таким чином, в роботі навантажувального електродвигуна настає пауза. Він знов включається, коли рівень води впаде нижче датчика мінімального рівня.

При виникненні під час роботи електродвигуна аварійного режиму спрацьовує захисний пристрій ФУЗ–М (АЗ).

Розрахунок і вибір водонагрівача

У зимовий період року гаряча вода потрібна для підмивання вимені корів, технологічних потреб, поїння тварин.

Для всього цього необхідна гаряча вода різної температури нагріву, тому нагрівання води розраховується до температури 80 °С.

Для цієї мети служить водонагрівач - електричний термос, в якому відбувається змішування холодної і гарячої води.

Максимальна годинна витрата гарячої води визначається за формулою:

$$Q_{\max} = (g \cdot N \cdot k_{\text{сут}} \cdot k_x) / T \quad (2.12)$$

де g – величина добової норми споживання гарячої води на тваринницькій фермі одним споживачем, $g = 0,015 \text{ м}^3/\text{год}$;

$k_{\text{доб}}$ – значення коефіцієнта добової нерівномірності водоспоживання, $k_{\text{доб}} = 1,3$;

k_r - значення коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води,
 $k_r = 2,5$.

$$Q_{max} = (0,015 \cdot 400 \cdot 1,3 \cdot 2,5) / 24 = 0,813 \text{ м}^3/\text{год}.$$

По годинній витраті гарячої води вибираємо водонагрівач електричного типу ВЕП-600. Кількість тепла, яке необхідне для нагрівання води, визначаємо за формулою:

$$Q = C \cdot G \cdot (t_k - t_n), \quad (2.13)$$

де C - теплоємність води, $C = 4,19 \text{ кДж/кг}^0\text{С}$;

G - маса води, $G = 813 \text{ кг}$;

t_k - кінцева температура води: $t_k = 14^0\text{С}$;

t_n - початкова температура води: $t_n = 5^0\text{С}$.

$$Q = 4,19 \cdot 813 \cdot (14 - 5) = 30658,28 \text{ кДж}.$$

Визначаємо потужність електронагрівальної установки за формулою:

$$P = Q / (\tau \cdot \eta), \quad (2.14)$$

де τ - час нагріву, $\tau = 3600 \text{ с}$;

η - ККД водонагрівача, $\eta = 0,9 \dots 0,98$.

$$P = 30658,23 / (3600 \cdot 0,9) = 9,46 \text{ кВт}.$$

Цим вимогам відповідає електричний водонагрівач потужністю 10 кВт. Продуктивність цього водонагрівача при нагріві води до 10^0С за 1 годину змінного часу складає близько 940 л. Окрім цього водонагрівач може нагрівати воду до температури 10, 16 і 22^0С .

2.7 Висновок до розділу 2

1. Аналіз рівня електрифікації показав, що освітленість комплексу не відповідає вимогам, оскільки лампи розташовані не в світильниках, а відкрито, що не допустимо в сирому стійловому приміщенні.
2. Вентиляція корівника не локалізована, а обігрів корпусів повністю відсутній.
3. Було виконано розрахунок та запропоновано блок-схему пристрою захисту електропроводки з трьома пороговими елементами.
4. Виконано Вибір технологічних схем, устаткування і робочих машин.
5. Виконано розрахунок та вибір водопостачальної установки і електродвигунів
6. Розроблено принципову електричну схему автоматизації водопостачання.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок електроустаткування для вентиляції і теплового балансу

Розрахунок вестимемо для стійлового приміщення корівника, оскільки в ньому необхідно підтримувати сприятливий мікроклімат. У створенні оптимального мікроклімату важливу роль грають вентиляція і опалювання приміщення. Максимальна кількість повітря, необхідна для вентиляції в зимовий період, визначається по вологості і газовмісту. Потрібна годинна витрата повітря ($\text{м}^3/\text{год}$), необхідна для розчинення водяної пари [27]:

$$L_{\text{вл}} = (k_1 \cdot G \cdot 200) / (d_{\text{в}} - d_{\text{н}}), \quad (3.1)$$

де G – об'єм води, що виділяється тваринами у вигляді пари, $\text{г}/\text{год}$;

k_1 – значення коефіцієнта, що враховує випаровування води з підлоги, з напувалок і інших конструкцій (1,1);

$d_{\text{в}}$ – величина допустимого вмісту води в повітрі приміщень, ($\text{г}/\text{м}^3$);

$d_{\text{н}}$ – величина вмісту води в зовнішньому повітрі, ($\text{г}/\text{м}^3$);

$$d_{\text{в(н)}} = d_{\text{нас.в.(н)}} + \varphi_{\text{в(н)}} / 100, \quad (3.2)$$

де $d_{\text{нас.в}}$ і $d_{\text{нас.н}}$ – значення вмісту води внутрішнього і зовнішнього повітря в насиченому стані при розрахункових температурах, ($\text{г}/\text{м}^3$);

$\varphi_{\text{в}}$ і $\varphi_{\text{н}}$ – величини відносної вологості внутрішнього і зовнішнього повітря.

$$d_{\text{в}} = 11,4 + 70 / 100 = 12,1 \text{ г}/\text{м}^3,$$

$$d_{\text{н}} = 0,88 + 82 / 100 = 1,7 \text{ г}/\text{м}^3,$$

$$L_{\text{вл}} = (1,1 \cdot 642 \cdot 400) / (12,1 - 1,7) = 27200 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Кількість приточного повітря для пониження концентрації вуглекислоти можна знайти за формулою [27]:

$$L_{\text{ук}} = (k_2 \cdot G_{\text{ук}}) / (C_{\text{в}} - C_{\text{н}}), \quad (3.3)$$

де $G_{\text{ук}}$ – величина загальної кількості вуглекислоти, що виділяється тваринами в приміщенні, ($\text{л}/\text{год}$);

k_2 - значення коефіцієнта, що враховує виділення вуглекислоти мікроорганізмами і підстилкою, ($k_2 = 1,3$);

$C_в$ – величина допустимого вмісту вуглекислоти в повітрі приміщення, (л/м³);

C_n – величина вмісту вуглекислоти в зовнішньому повітрі, (л/м³).

$$L_{вук} = (1,3 \cdot 200 \cdot 200) / (2,5 - 0,82) = 25366 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Мінімально допустимий повітрообмін для нормальної життєдіяльності тварин можна знайти за формулою:

$$L_{\min} = (m \cdot N \cdot a) / 100, \quad (3.4)$$

де m – значення маси однієї тварини, кг;

N - кількість тварин в одному корівнику;

a – величина мінімально допустимого повітрообміну на 1 центнер живої маси корови.

$$L_{\min} = (600 \cdot 200 \cdot 17) / 100 = 20400 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначимо годинну кратність повітрообміну в приміщенні:

$$k = L_{вук} / V_n, \quad (3.5)$$

де $L_{вук}$ - розрахунковий повітрообмін по вуглекислоті, м³/год;

V_n - внутрішній об'єм приміщення, $V_n = 4846 \text{ м}^3$.

$$k = 25366 / 4846 = 5,23.$$

При $k > 3$ рекомендується виконувати витяжну вентиляцію з штучним збуджувачем. Для вентиляції корівника застосуємо комплект вентиляційного устаткування типу "Клімат 45" з вентиляторами ВО–5,6.

Визначимо необхідну кількість вентиляторів для повітрообміну:

$$N = L_{вук} / Q_{вент}, \quad (3.6)$$

де $Q_{вент}$ - продуктивність одного вентилятора типу ВО–5,6 ($Q_{вент} = 5500 \text{ м}^3/\text{год}$).

$$N = 25366 / 5500 = 4,6 \text{ шт.}$$

Вибираємо комплект витяжної вентиляції «Клімат 45» з 5 вентиляторів типу ВО–5,6. У цей же комплект входять два відцентрові вентилятори Ц4–70 для подачі повітря в приміщення. Напір вентилятора для забезпечення подолання опорів в трубопроводі можна визначити за формулою:

$$F_{н.в.} = (H_T + h_{MC}) / n_{дв}, \quad (3.7)$$

де H_T – втрати натиску в трубопроводі, Па;

h_{MC} – значення втрат тиску від локальних опорів, Па;

$n_{дв}$ – кількість відцентрових вентиляторів, шт.

Втрати тиску в трубопроводі підраховуємо за формулою [28]:

$$H_T = A \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega_{нв}^2}{2} \cdot \rho, \quad (3.8)$$

де A – значення коеф. тертя повітря в трубопроводі (0,02...0,03);

l і d – значення довжини і діаметру трубопроводу (162 м, 0,4 м);

$\omega_{нв}$ – швидкість руху приточного повітря в трубопроводі, кг/м².

Розрахунок за формулою (3.8) дає значення:

$$H_T = 0,03 \cdot \frac{162}{0,4} \cdot \frac{10^2}{2} \cdot 1,214 = 738 \text{ Па.}$$

Втрати натиску на місцевих опорах можна визначити за формулою:

$$H_{MC} = \sum \xi \frac{v_{нв}^2}{2} \cdot \rho. \quad (3.9)$$

Коефіцієнти локальних опорів можна знайти з [25]:

відведення – $R = 39$; $\alpha = 90^\circ$, $\xi = 0,12 \cdot 3 = 0,36$;

перехід – $F/f = 1,25$; $\alpha = 10^\circ$, $\xi = 0,01 \cdot 2 = 0,02$;

$F/f = 1,5$; $\alpha = 15^\circ$, $\xi = 0,03 \cdot 2 = 0,06$;

трійник – $F_n/F_\phi = 1$; $\alpha = 45^\circ$, $\xi = 0,25$; конфузор – 0,1.

Тоді $\sum \xi = 0,36 + 0,02 + 0,1 + 0,25 = 0,79$.

$$h_{MC} = 0,79 \cdot \frac{10^2}{2} \cdot 1,24 = 48,5 \text{ кг/м}^2 = 475,3 \text{ Па.}$$

Звідси $F_{н.г} = (738 + 475,3) / 2 = 607$ Па.

З урахуванням коефіцієнта запасу $k = 1,1$: $H_g = 607 \cdot 1,1 = 668$ Па.

За даними продуктивності (L_g) і натиску (H_g), підбираємо вентилятор Ц4–70 №8, по характеристиці якого визначаємо $n = 1300$ об/хв, $\eta_{кк\partial} = 0,63$. Продуктивність приточного вентилятора приймаємо з урахуванням поправочного коефіцієнта на підсмоктування повітря у повітроводах:

$$L_g = 1,15 \cdot L_{гук} = 25366 \cdot 1,15 = 29171 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Потужність електричного мотора при коефіцієнті запасу:

$$N_{н.дв.} = 13,52 \cdot 1,1 = 14,87 \text{ кВт}.$$

За [25] вибираємо двигун типу 4AP160S4CY1 з $P_n = 15$ кВт, $n = 1465$, $\eta = 0,875$ і $\cos \varphi = 0,87$.

Для вибору опалювальних установок необхідно визначити їх розрахункову тепловиробничість на підставі рівняння теплового балансу [24]:

$$Q_{он} = Q_{огр} + Q_g + Q_{вн} + Q_m, \quad (3.10)$$

де $Q_{он}$ - кількість тепла, необхідна для опалювання корівника, кДж/год;

$Q_{огр}$ - величина втрат тепла через огорожі, кДж/год;

Q_g - втрати тепла при вентиляції, кДж/год;

$Q_{вн}$ - втрати тепла випадкові, кДж/год;

Q_m - вільне тепло, що виділяється тваринами, кДж/год.

Величину втрат тепла через огорожі визначаємо за формулою:

$$Q_{огр} = 3,6 \Sigma (1/R_0) \cdot R_g \cdot (T_g - T_n), \quad (3.11)$$

де R_0 - опір теплопередачі огорожі;

R_g - термічний опір теплосприйняттю внутрішньої поверхні огорожі:

$$R_g = 1/\alpha_v \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}, \quad (3.13)$$

де δ_i / λ_i - величина термічного опору теплопровідності певних ділянок огорожі товщиною δ_i , яка зроблена з матеріалів з коеф. теплопровідності λ_i .

Зовнішні стіни товщиною в 2 цеглини, виштукатурені зсередини:

$$\lambda_k = 0,81 \text{ Вт/(м·К)}; G_k = 0,51 \text{ м}; \lambda_{\text{MT}} = 0,93 \text{ Вт/(м·К)}; \delta_{\text{MT}} = 0,013.$$

Опір теплопередачі подвійних вікон - $R = 0,345 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

$$S_{\text{стіни}} = 40,5 \cdot 3,0 \cdot 2 = 243 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{вікон}} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 25 = 38 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{цегл.стіни}} = 243 - 38 = 205 \text{ м}^2.$$

Отже, опір теплопередачі визначимо по формулі:

$$R_0 = 0,116 + (0,015 / 0,93) + (0,51 / 0,81) + 0,043 = 0,804 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}.$$

Тепловтрати через зовнішні стіни будуть рівні:

$$Q_c = 3,6 \cdot \left[\frac{1}{0,804} \cdot 205 \cdot (283 - 253) + \frac{1}{0,345} \cdot 38 \cdot (283 - 253) \right] = 39342 \text{ кДж / год}$$

Оскільки стіна корівника обернена на північ, то втрати тепла збільшимо на 10% [26], тоді втрати через зовнішні стіни будуть рівні:

$$Q_c = 39342,1 + 3934 = 43276 \text{ кДж/год}.$$

Опір теплопередачі перекриття - $R_0 = 2,43 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

Тепловтрати через перекриття знаходимо за формулою (3.10):

$$Q_n = 3,6 \cdot \frac{1}{2,43} \cdot 0,9 \cdot (283 - 253) \cdot 1701 = 68040 \text{ кДж / год}.$$

Величина загальних втрат тепла через огорожі становить:

$$Q_{огр} = 68040 + 43276 = 111316 \text{ кДж/год}.$$

Втрати тепла при вентиляції визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{вент}} = L_v \cdot \gamma_v \cdot C_v (t_v - t_n), \quad (3.14)$$

де γ_v - густина повітря, кг/м^3 ;

C_v - питома теплоємність повітря, $\text{кДж/кг}\cdot\text{град}$.

$$Q_{\text{вент}} = 29171 \cdot 1,2 \cdot 1,0 (10+20) = 1050102 \text{ кДж/год}.$$

Визначимо випадкові втрати тепла:

$$Q_{\text{вн}} = 0,15 (111316 + 105010) = 174220 \text{ кДж/год}. \quad (3.15)$$

Одна корова виділяє 3600 кДж/год тепла, тому вільне тепло, що виділяється всіма тваринами, буде рівне:

$$Q_m = 3600 \cdot 200 = 72000 \text{ кДж/год.} \quad (3.16)$$

Тепло, необхідне для опалювання, буде становити:

$$Q_{on} = 111316 + 1050102 + 174220 - 72000 = 615688 \text{ кДж/год} = 171 \text{ кВт.}$$

3.2 Розрахунок і вибір електрокалорифера

У корівнику передбачено опалювання, суміщене з вентиляцією. Повітря, що поступає в корівник заздалегідь, підігрівається в калорифері. Розрахунок калорифера починається з визначення розрахункової площі [28]:

$$f_p = (L_g \cdot \rho) / (3600 \cdot v \cdot \rho), \quad (3.17)$$

де $L_g \cdot \rho$ - маса повітря, що нагрівається в калорифері, кг/год;

$v \cdot \rho$ - масова швидкість повітря, $v \cdot \rho = 7 \dots 10 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$.

Підставляючи значення у формулу, отримаємо:

$$f_p = (29171 \cdot 1,2) / (3600 \cdot 10) = 0,97 \text{ м}^2.$$

Вибираємо по рекомендації [25] калорифери типу КФБ №9, у якого розрахункова площа по повітрю $f_g = 0,486 \text{ м}^2$, а поверхня нагріву $F = 53,3 \text{ м}^2$.

Визначаємо кількість калориферів:

$$n = f_p / f_g \quad (3.18)$$

$$n = 0,97 / 0,486 = 1,9 \approx 2 \text{ шт.}$$

Дійсну масову швидкість повітря знаходимо за формулою:

$$v \cdot \rho = (L_g \cdot \rho) / (3600 \cdot f_g \cdot n) = (29171 \cdot 1,2) / (3600 \cdot 0,486 \cdot 2) = 10 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

Швидкість води в трубах калорифера:

$$\omega = Q_{on} / 4,19 \cdot 10^6 \cdot (T_r - T_o) \cdot f_{mp}. \quad (3.19)$$

Підставляючи значення, отримаємо:

$$\omega = 615688 / (4,19 \cdot 10^6 \cdot (368 - 343) \cdot 0,0143) = 0,06 \text{ м/с.}$$

За графіком знаходимо коефіцієнт теплопередачі [25]: $k = 23,1 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.
Тепловіддачу калорифера (Вт) визначаємо за формулою:

$$Q_k = k \cdot F \cdot n \cdot (T'_{cp} - T_{cp}), \quad (3.20)$$

Підставляючи значення, отримаємо:

$$Q_k = 23.1 \cdot 53.3 \cdot 2 \cdot \left(\frac{388 + 258}{2} - \frac{325 + 258}{2} \right) = 364072 \text{ Вт}.$$

З розрахунку видно, що два калорифери можуть забезпечити опалювання корівника на 200 голів.

3.3 Вибір електроустаткування для освітлення і опромінювання

Майже половина всієї електроенергії, що споживається в сільському господарстві, припадає на освітлення і опромінювання. Освітлення і опромінювання є важливим чинником підтримки мікроклімату у виробничих і допоміжних приміщеннях. У зв'язку з вище сказаним, технічно правильний і економічний вибір системи освітлення, світильників і опромінювачів в кінцевому результаті приводить до нормальної біологічної життєдіяльності тварин, підвищення продуктивності праці. Освітлення і опромінювання повинні відповідати нормам технічного проектування ферм великої рогатої худоби [29].

Розрахунок освітлення. Розрахунок виконаємо для стійлового приміщення, для якого приймаємо загальне рівномірне освітлення з умовою забезпечення мінімальної освітленості, необхідної для виконання робочих операцій. Приміщення сире, з хімічно активним середовищем, тому вибирається світильник типу НСПО1*200/Д53–03 «Астра» [30].

Висоту підвісу світильника можна знайти за формулою:

$$h = h_n - h_p, \quad (3.21)$$

де h_p – значення висоти розрахункової поверхні над підлогою (0,5 м);

h_n – значення висоти світильника над підлогою, м, $h_n = 3,5$.

$$h = 3,5 - 0,5 = 3 \text{ м}.$$

Найвигідніша відстань розміщення світильників:

$$L = \lambda \cdot k, \quad (3.22)$$

де λ - відносна відстань розміщення світильників, вибирається з умови:

$$\lambda_c \leq \lambda \leq \lambda_e, \quad (3.23)$$

де λ_c і λ_e – світлотехнічна вигідна і відносна відстань, $\lambda_c=1,4$ м, $\lambda_e=1,6$ м.

Приймаємо відносну віддадь між світильниками $\lambda = 1,5$ (рис. 3.1).

$$L = 1,5 \cdot 3,0 = 4,5 \text{ м.}$$

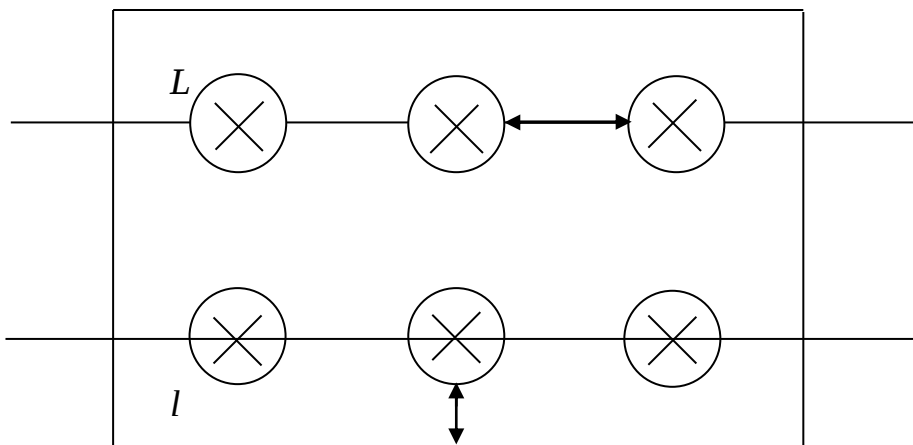


Рисунок 3.1 – План розташування світильників

За відомою величиною L і розмірами приміщення можна визначити кількість рядів світильників та їх загальну кількість:

$$n_a = ((a - 2l) / L) + 1, \quad (3.24)$$

$$n_b = ((b - 2l) / L) + 1, \quad (3.25)$$

де a і b - розміри приміщення, $a = 71$ м, $b = 39$ м;

l - віддадь від крайніх світильників до стіни, $l = (0,3 \dots 0,5) \cdot L$, $l = 2,25$ м.

$$n_a = ((71 - 2 \cdot 2,25) / 4,5) + 1 \approx 13 \text{ м}$$

$$n_b = ((39 - 2 \cdot 2,25) / 4,5) + 1 \approx 9 \text{ м.}$$

Всього світильників для освітлення приміщення:

$$N = n_a \cdot n_b, \quad (3.26)$$

$$N = 13 \cdot 9 = 117.$$

Індекс приміщення:

$$i = ((a \cdot b) / h(a + b)), \quad (3.27)$$

$$i = (71 \cdot 39) / (3 \cdot (71 + 39)) = 8,39.$$

Коефіцієнти відбиття стіни, стелі і підлоги рівні: 30%, 50%, 10%. Коефіцієнт використання освітлювальної установки рівний 0,69. Потрібний світловий потік джерела в світильнику можна знайти за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = (E \cdot S \cdot k_{\text{з}} \cdot Z) / (N \cdot \eta), \quad (3.28)$$

де E - величина максимальної освітленості, для стійлового приміщення, $E = 30$;

S - освітлювана площа, м^2 ;

$k_{\text{з}}$ – значення коефіцієнта запасу (лампи розжарювання - 1,5);

Z – значення коефіцієнта нерівномірності (1, 15).

Розрахунок за формулою (3.28) дає значення:

$$\Phi_{\text{л}} = (30 \cdot 2769 \cdot 1,5 \cdot 1,15) / (117 \cdot 0,69) = 1775 \text{ лм.}$$

Вибираємо за світловим потоком лампу розжарювання НГ–220–150 (світловий потік 1900 лм) і знаходимо реальне освітлення:

$$E_{\text{фак}} = E \cdot \Phi_{\text{л}} / \Phi, \quad (3.29)$$

$$E_{\text{фак}} = 30 \cdot 1775 / 1900 = 28 \text{ лк.}$$

Різниця між фактичною і нормальною освітленістю складає 6,7%. Лампа розжарювання НГ–220–150 вибрана правильно. Загальна встановлена потужність на освітлення в даному приміщенні:

$$P_{\text{вст}} = N \cdot P_1, \quad (3.30)$$

$$P_{\text{вст}} = 117 \cdot 150 = 17550 \text{ Вт.}$$

За типом світильника, коефіцієнтом віддзеркалення стін, підлоги, стелі і за індексом приміщення і знаходимо значення коефіцієнта використання світлового потоку, зокрема для світильника «Астра» $U = 0,64$.

$$\Phi = (E_{\min} \cdot S \cdot k_z \cdot Z) / (N \cdot U), \quad (3.31)$$

$$\Phi = (30 \cdot 1,5 \cdot 2\,769 \cdot 1,15) / (117 \cdot 0,64) = 1913 \text{ лм.}$$

Проведемо розрахунок освітлення в тамбурі корівника за допомогою методу питомої потужності: $E_{\min} = 20$ лк, $S = 9 \text{ м}^2$. Згідно [30] встановлена потужність освітлення на 1 м^2 площі приміщення по зовнішньому обміру становить 5,5 Вт. Вибираємо світильник ПСХ–60 з лампою розжарювання НБ–220 - 60.

За рекомендацією [30] для чергового освітлення виділяємо 21% ламп від робочого освітлення в стійловому приміщенні, тобто 25 ламп. Для решти всіх приміщень розрахунок проводиться по аналогії і заносимо всі розрахунки в світлотехнічну відомість (таблиця 3.1).

Розрахунок опромінювання. Від недостатку ультрафіолетових променів у тварин виникає недокрів'я, рахіт, загальне ослаблення організму. При опромінюванні удої від корів збільшуються на 10...15% [19, 20].

Згідно [29] розрахунок опромінювачів виконується за умови, що один опромінювач обслуговує 15...20 м^2 .

$$S_{\text{нід}} = S / 3 \quad (3.32)$$

$$S_{\text{нід}} = 2769 / 3 = 923 \text{ м}^2.$$

Визначаємо кількість світильників для опромінювання тварин:

$$n = S_{\text{нід}} / S_{\text{н.обл.}} \quad (3.33)$$

$$n = 923 / 20 = 46,2 \text{ шт.}$$

З міркування монтажних робіт приймаємо $n = 46$ штук. Оскільки є 13 рядів освітлення, то один опромінювач опромінює 7–8 корів, а в ряду знаходиться три опромінювачі. Згідно [29] вибираємо опромінювач ЕО–1–30С.

Визначаємо встановлену потужність опромінюючої установки за формулою:

$$P_{уст} = P \cdot n, \quad (3.34)$$

де P – потужність опромінювача, який включає 2 лампи ЕУВ $P = 30$ Вт і НБ-127, $P = 40$ Вт, $P_{он} = 70$ Вт.

$$P_{уст.} = 70 \cdot 46 = 3220 \text{ Вт.}$$

3.4 Вибір та розрахунок апаратури захисту і управління

Згідно рекомендації ПУЕ кожна група повинна містити на фазу не більше 20 ламп розжарювання [31]. З цієї умови виділимо в проєктованому об'єкті 16 групових ліній, тобто по 8 на освітлювальних щитках. Підключення до фаз, щоб створити симетричне навантаження в трифазній мережі, проводимемо в наступному порядку.

Щиток ЩО-1: - у фазу A включимо наступні групові лампи: 1-у – потужністю 0,51 кВт; 2-у – 1,35 кВт; загальна потужність, з урахуванням потужності опромінювачів, складе 3,47 кВт;

- у фазу B включимо групові лампи: 3-ю – 1,8 кВт, 4-у – 1,5 кВт, 5-у – 0,6 кВт, загальною потужністю 3,9 кВт;

- у фазу C включимо групові лампи: 6-у – 1,5 кВт, 7-у – 2,1 кВт, загальною потужністю 3,6 кВт;

- у фазу A включимо 8-у групу опромінювачів – 1,61 кВт.

Щиток ЩО-2:

- у фазу A включимо наступні групові лампи: 1-у – 0,57 кВт, 2-у – 1,77 кВт, загальною потужністю – 2,34 кВт;

- у фазу B включимо групові лампи: 3-ю – 1,95 кВт, 4-у – 1,42 кВт, 5-у – 1,65 кВт, загальною потужністю – 5,02 кВт;

- у фазу C включимо групові лампи: 6-у – 1,5 кВт, 7-у – 1,53 кВт, 8-у опромінювачі – 1,61 кВт, загальною потужністю – 4,64 кВт.

Із-за конструкції стійлового приміщення, проводку виконуватимемо кабелем АВВГ. Вибір перетину провідника даного кабелю проводитимемо за тривало допустимим струмом. Струм в групі розраховується за формулою:

$$I_p = P / (U_\phi \cdot \cos \varphi) \quad (3.35)$$

Для ламп розжарювання $\cos \varphi = 1$, для опромінювачів $\cos \varphi = 0,9$.

Згідно формули (3.34): Щиток ЩО-1:

$$P_1 = 510 \text{ Вт}, I_1 = 2,3 \text{ А};$$

$$P_2 = 1350 \text{ Вт}; I_2 = 6,1 \text{ А};$$

$$P_3 = 1800 \text{ Вт}; I_3 = 8,2 \text{ А};$$

$$P_4 = 1500 \text{ Вт}; I_4 = 6,8 \text{ А};$$

$$P_5 = 600 \text{ Вт}; I_5 = 2,7 \text{ А};$$

$$P_6 = 1500 \text{ Вт}; I_6 = 6,8 \text{ А};$$

$$P_7 = 2100 \text{ Вт}; I_7 = 9,5 \text{ А};$$

$$P_8 = 1610 \text{ Вт}; I_8 = 7,3 \text{ А}.$$

Щиток ЩО-2:

$$P_1 = 570 \text{ Вт}; I_1 = 2,5 \text{ А};$$

$$P_2 = 1770 \text{ Вт}; I_2 = 8,0 \text{ А};$$

$$P_3 = 1950 \text{ Вт}; I_3 = 8,9 \text{ А};$$

$$P_4 = 1420 \text{ Вт}; I_4 = 6,5 \text{ А};$$

$$P_5 = 1650 \text{ Вт}; I_5 = 7,5 \text{ А};$$

$$P_6 = 1500 \text{ Вт}; I_6 = 6,8 \text{ А};$$

$$P_7 = 1530 \text{ Вт}; I_7 = 6,9 \text{ А};$$

$$P_8 = 1610 \text{ Вт}; I_8 = 7,3 \text{ А}.$$

Вибираємо провідник перетином $2,5 \text{ мм}^2$, для якого тривало допустимий струм рівний 19 А . Отже, для всіх груп виконується умова:

$$I_d > I_p \Rightarrow 19 > 9,5.$$

Для всіх груп приймається кабель АВВГ – $3 \times 2,5$. Перевіримо вибраний перетин провідника за втратою напруги для 1-ої групи на щитку ЩО-1. Для цього визначимо момент електричний за формулою:

$$M = P \cdot l, \quad (3.36)$$

де P - розрахункова потужність групи;

l - довжина ділянки групи;

$$M = 408 \cdot 14 = 5,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

По електричному моменту визначаємо втрату напруги:

$$\Delta U\% = M / (S \cdot C), \quad (3.37)$$

де S - перетин кабелю, мм^2 ;

C - коефіцієнт, що залежить від напруги і питомого опору провідника.

$$\Delta U\% = 5,7 / (2,5 \cdot 9,4) = 0,2.$$

Аналогічно вважається момент для решти навантажень.

Щиток ЩО-1:

$$M_1 = 5,7 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_1\% = 0,2;$$

$$M_2 = 37,8 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_2\% = 1,6;$$

$$M_3 = 43,2 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_3\% = 1,8;$$

$$M_4 = 48,0 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_4\% = 2,0;$$

$$M_5 = 14,4 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_5\% = 0,6;$$

$$M_6 = 48,0 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_6\% = 2,0;$$

$$M_7 = 50,4 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_7\% = 2,14;$$

$$M_8 = 57,0 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_8\% = 2,4.$$

Щиток ЩО-2:

$$M_1 = 13,6 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_1\% = 0,6;$$

$$M_2 = 49,5 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_2\% = 2,1;$$

$$M_3 = 46,8 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_3\% = 2,0;$$

$$M_4 = 40,8 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_4\% = 1,75;$$

$$M_5 = 36,9 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_5\% = 1,57;$$

$$M_6 = 33,6 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_6\% = 1,43;$$

$$M_7 = 41,6 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_7\% = 1,77;$$

$$M_8 = 57,0 \text{ кВт}\cdot\text{м}; \Delta U_8\% = 2,4.$$

Як видно з даних кожної групи згідно моментів втрати напруги не перевищують 2,5%. Захищати дану групову лінію від струмів короткого замикання відповідно до рекомендації [32] будемо автоматичними вимикачами А3161. Автоматичний вимикач вибирається відповідно до умови, що номінальний струм розмикача автомата повинен бути:

$$I_{н.р.} \geq I_p \quad \Rightarrow \quad I_{н.р.} \geq 9,5.$$

З [32] вибираємо автомат А3161 з розмикачем 15 А. Для всіх груп $I_{т.розм} = 15 \text{ А}$.

Помилкових спрацьовувань автоматів не буде, оскільки пускові струми невеликі. Всі розрахунки для решти групових ліній виконуються за аналогічною методикою і заносимо в табл. 3.2.

Виходячи з цього типу автомата та числа груп, вибираємо щиток УОЩВ–12 з автоматом на вводі А3114.

Таблиця 3.2 - Електротехнічний розрахунок освітлення

№ групи	Загальна встановлена потужність	Робочий струм, А	Тип кабелю і його перетин	Номинальний струм розмикача	Тип автомата
ЩО-1	10,9	46,6	АВВГ – 3 х 6+1 х 4	20	А 3114/7
1	0,51	2,3	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
2	1,35	6,1	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
3	1,80	8,1	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
4	1,50	6,8	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
5	0,6	2,7	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
6	1,50	6,8	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
7	2,10	9,5	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
8	1,61	7,3	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
ЩО-2	12,0	18,4	АВВГ – 3 х 6 + 1 х 4	20	А 3114/7
1	0,57	2,5	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
2	1,77	8,0	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
3	1,95	8,8	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
4	1,42	6,5	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
5	1,65	7,5	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
6	1,50	6,8	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
7	1,53	6,9	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161
8	1,61	7,3	АВВГ – 3 х 2,5	15	А 3161

3.5 Проектування внутрішніх силових мереж

При проектуванні розгалужених внутрішніх електропроводок важливим є вибір ефективної схеми. Внутрішні електропроводки повинні бути надійними, зручними і доступними в експлуатації, мінімальної протяжності, відповідати умовам навколишнього середовища, архітектурними особливостями приміщень і повною мірою забезпечувати безпеку людей і сільсько-господарських тварин, пожаро- і вибухобезпечність.

Розрахунок внутрішніх розподільних мереж зводиться до вибору перетину по тривало допустимому струму:

$$I_{\text{тр.доп.}} \geq I_{\text{розр.}}$$

В якості розрахункових струмів відгалужень до окремих споживачів приймаємо їх номінальні струми. Розрахунковий струм магістралей визначається за формулою [32]:

$$I_{\text{м.розр}} = k_0 \cdot \sum I_n, \quad (3.38)$$

де k_0 - коефіцієнт одночасності роботи споживачів, визначають з рекомендацій [32], $k_0 = 0,55$;

$\sum I_n$ - сума номінальних струмів споживачів, А.

Вибираємо дрiт для магістральної лінії групи №1 від панелі управління до силового щита СПУ–7/І.

$$I_{\text{м.розр}} = 0,55 \cdot (7,1 + 2,7) = 5,4 \text{ А.}$$

За рекомендацією [4] вибираємо перетин фазних проводів $S_\phi = 4 \text{ мм}^2$, перетин нульового дроту $S_0 = 2,5 \text{ мм}^2$.

$$I_{\text{тр.доп.}} = 27 \text{ А} > 5,4 \text{ А.}$$

Вибираємо кабель АВВГ–3х4+1х2,5.

Вибираємо дрiт від електродвигуна №7 гноєзбірного транспортера до панелі управління: $P_n = 3,0 \text{ кВт}$, $I_n = 7,1 \text{ А}$. За рекомендацією [4] вибираємо $I_{\text{тр.доп.}} = 19 \text{ А}$, перетин проводів $S_\phi = 2,5 \text{ мм}^2$.

$$I_{\text{тр.доп.}} = 19 \text{ А} > 7,1 \text{ А.}$$

Проводку виконуємо кабелем АПВ в трубах (діаметр 20 мм) і перевіряємо вибраний перетин провідників за втратою напруги на двигуні приточного вентилятора ПС–4. Втрата напруги на клеммах електродвигуна не повинна перевищувати 25%:

$$\Delta U\% = P_{\text{розр}} / (S \cdot C), \quad (3.39)$$

де C – величина коефіцієнта, значення якого залежить від напруги, числа фаз і матеріалу дроту [25], $C = 51$;

l – значення довжини ділянки з перетином провідника 4 мм^2 , (6 м);

$P_{\text{розр.}}$ – значення розрахункової потужності на ділянці з перетином провідника 4 мм^2 , яка залежить від коефіцієнта максимуму і середнього навантаження та рівна $9,45 \text{ кВт}$.

$$\Delta U\% = (9,45 \cdot 6) / (51 \cdot 4) = 0,3.$$

З розрахунку видно, перетин провідника за втратою напруги вибраний правильно. Виконаємо розрахунок за втратою напруги на двигуні витяжного вентилятора ВС: $C = 51$; $P_{\text{розр.}} = 0,25$; $l = 25$; $S = 4$.

$$\Delta U\% = (0,25 \cdot 25) / (51 \cdot 4) = 0,3.$$

Перетин провідника вибраний правильно. Для решти ліній і ділянок розрахунок по допустимих втратах напруги проводиться аналогічно.

3.6 Вибір захисного обладнання

При виборі автоматичних вимикачів необхідно дотримуватись наступних умов [33]:

- значення номінального струму автоматичного вимикача має дорівнювати величині номінального струму електричного двигуна або бути більшим за нього: $I_a \geq I_{\text{н.д.}}$;

- номінальний струм теплового розмикача має дорівнювати значенню номінального струму електричного двигуна або бути більшим за нього: $I_{\text{н.р.}} \geq I_{\text{н.д.}}$;

- найбільший струм, який може відключати автоматичний вимикач (гранична відключаюча здатність), повинен бути більше струму трифазного короткого замикання за місцем встановлення автомата або дорівнювати йому: $I_{\text{грн.відкл.}} \geq I_{\text{к.}}^3$;

- струм відсічення електромагнітного розмикача повинен складати не менше $1,25$ пускового струму електродвигуна:

$$I_{\text{н.е.}} \geq k_{\text{н.е.}} I_{\text{пуск}}; \quad (3.40)$$

- значення номінальної напруги автоматичного вимикача має дорівнювати напрузі електричної мережі або перевищувати її: $U_{ав} \geq U_{м}$.

Розглянемо процес вибору автоматичного вимикача для витяжного вентилятора ВО-5,6: тип електродвигуна Д80А6, номінальна потужність - 0,37 кВт, номінальний струм - 1,3А. За рекомендацією [32] вибираємо автомат АЕ2046, дотримуючись умови:

$$\begin{aligned} I_a &\geq I_{н.дв}, & 25 \text{ А} &> 1,3 \text{ А}; \\ I_{н.р.} &\geq I_{н.дв}, & 1,25 \text{ А} &> 1,3 \text{ А}; \\ I_{грн.відкл.} &\geq I^3_{к}, & 1500 \text{ А} &> 3,5 \text{ А}; \\ I_{н.с.} &\geq k_{н.с.} I_{пуск}, & 75 \text{ А} &> 6,5 \text{ А}; \\ U_{ав} &\geq U_{м}, & 500 \text{ В} &> 380 \text{ В}. \end{aligned}$$

Для захисту електродвигуна АО2–32–4 гноєприбирального транспортера ВУС–15, потужністю 3 кВт і з номінальним струмом 7,0 А, вибираємо автоматичний вимикач АЕ2046.

$$\begin{aligned} I_a &\geq I_{н.дв}, & 63 \text{ А} &\geq 7,0 \text{ А}; \\ I_{н.р.} &\geq I_{н.дв}, & 10 \text{ А} &\geq 7,0 \text{ А}; \\ I_{грн.відкл.} &\geq I^3_{к}, & 2000 \text{ А} &\geq 1300 \text{ А}; \\ I_{н.с.} &\geq k_{н.с.} I_{пуск}, & 189 \text{ А} &\geq 57 \text{ А}; \\ U_{ав} &\geq U_{м}, & 500 \text{ В} &> 380 \text{ В}. \end{aligned}$$

Вибір решти автоматичних вимикачів виконуємо за цією ж методикою.

Для вибору запобіжників, що здійснюють захист від струмів короткого замикання, необхідно дотримуватись наступних умов:

- номінальний струм запобіжника повинен бути рівним номінальному струму електродвигуна або перевищувати його: $I_{зап} \geq I_{дв}$;
- номінальна напруга запобіжника повинна бути рівна напрузі мережі або перевищувати її: $U_{зап} \geq U_{м}$.

Струм плавної вставки запобіжника визначаємо за формулою:

$$I_{пл} = I_{пуск} / 2,5 = I_{н} \cdot \kappa_i / \alpha \quad (3.41)$$

де $I_{\text{пуск}}$ - пусковий струм електродвигуна, А;

k_i - кратність пускового струму;

α - коефіцієнт, залежний від умов роботи електродвигуна, $\alpha = 1,6 \dots 2$ при частих пусках і тривалості пуску $10 \dots 40$ с.

Розрахуємо запобіжник для третьої групи, що включає один електродвигун гноєприбирального транспортера:

$$I_{\text{н.дв.}} = 7 \text{ А.}$$

Визначимо струм плавної вставки:

$$I_{\text{пл}} = (7 \cdot 6) / 2 = 21 \text{ А.}$$

Вибираємо запобіжник НПН-60 із струмом плавної вставки 25 А, $U_{\text{зап}} = 500 \text{ В.}$

Вибір запобіжників для решти струмоприймачів проводиться аналогічно.

3.7 Вибір елементів схеми автоматизації кормороздавача

За умовами середовища необхідно вибрати елементи схеми захищеного виконання. Всі елементи схеми вмонтовуються на щитку, розташованому в тамбурі.

Вибираємо двигун транспорту кормороздавача типу 4А80А4СУ1 потужністю 1,1 кВт, а для його пуску - магнітний пускач ПМЕ-22. Для пуску двигуна платформи використаємо пускач ПМЕ-084.

В якості проміжного реле використаємо магнітний пускач ПМЕ-011. Кнопку управління вибираємо типу КС2-12, лампу розжарювання електричного сигнальну типу ТУ-18-1665, автоматичний вимикач - АП-50-3МТ, монтажний дріт для схеми управління - ПВ-11,5.

Виберемо кабель для підключення електродвигуна. Спочатку визначимо номінальний струм:

$$I_{\text{н}} = P / (3 \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta). \quad (3.42)$$

$$I_n = 1,1 \cdot 103 / (3 \cdot 220 \cdot 0,784 \cdot 0,81) = 2,63 \text{ A.}$$

Визначимо момент навантаження:

$$M = P \cdot l, \quad (3.43)$$

де P - потужність електродвигуна, кВт;

l - довжина дроту, м, $l = 10$.

$$M = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ кВт.}$$

Приймаємо допустиме падіння напруги 5% і вибираємо перетин жил дроту. З наведеної в [26] таблиці видно, що для нашого моменту навантаження при перетині жил дроту 2,5 мм² втрата напруги складає 0,4%. Вибираємо кабель АПВ-3 (12,5) в сталевих трубах та перевіряємо його за тривало допустимим струмом. Тривало допустимий струм для цього кабелю становить 19 А, отже кабель вибрано правильно.

Визначимо струм в колі управління. Потужність котушок магнітних пускачів в тривалому режимі становить 12 Вт, в пусковому режимі – 60 Вт, а потужність сигнальної лампи - 3 Вт. Найбільшою потужністю буде тоді, коли котушка магнітного пускача КМ1 вимкнена, КМ2-2 включається і включена сигнальна лампа.

$$P_{\max} = P_{\text{HL}} + P_{\text{KM1}} + P_{\text{KM2}}, \quad (3.44)$$

де P_{HL} – потужність лампи, Вт;

P_{KM1} – потужність котушки магнітного пускача, Вт.

$$P_{\max} = 3 + 12 + 60 = 75 \text{ Вт.}$$

Визначимо струм плавної вставки запобіжника:

$$I_{\text{пл.вс}} = 1,25 \cdot I_{\max}, \quad (3.45)$$

$$I_{\max} = P_{\max} / U, \quad (3.46)$$

$$I_{\max} = 75 / 220 = 0,34 \text{ A.}$$

$$I_{\text{пл.вс.}} = 1,25 \cdot 0,34 = 0,425 \text{ А.}$$

Вибираємо запобіжник ПД-1 із струмом плавної вставки 1 А.

Визначимо номінальну потужність схеми управління:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{HL}} + P_{\text{KM1}} + P_{\text{KM2-2}}. \quad (3.47)$$

$$P_{\text{ном}} = 3 + 12 + 12 = 27 \text{ Вт.}$$

Визначимо струм в схемі управління в нормальному режимі:

$$I_{\text{н}} = P_{\text{ном}} / U, \quad (3.48)$$

$$I_{\text{н}} = 27 / 220 = 0,123 \text{ А.}$$

Вибираємо автоматичний вимикач АП-50-3МТ.

Визначимо номінальний струм вставки теплового розмикача:

$$I_{\text{вс}} = 1,25 \cdot (I_{\text{н.д}} + I_{\text{н}}), \quad (3.49)$$

де $I_{\text{н.д}}$ - номінальний струм двигуна, А;

$I_{\text{н}}$ - номінальний струм схеми, А.

$$I_{\text{вс}} = 1,25 \cdot (1,69 + 0,123) = 2,26 \text{ А.}$$

Вибираємо автомат з $I_{\text{у}} = 2,5 \text{ А.}$

Визначимо струм електромагнітного розмикача:

$$I_{\text{ем}} = 1,25 \cdot (I_{\text{н.д}} \cdot k_i + I_{\text{max}}), \quad (3.50)$$

де I_{max} – максимальний струм в колі управління, А.

$$I_{\text{ем}} = 1,25 \cdot (1,69 \cdot 4,5 + 1) = 7,75 \text{ А.}$$

Визначимо відношення струму відсічення до номінального струму:

$$I_{\text{н}} = 1,69 + 0,123 = 1,81 \text{ А,} \quad I_{\text{н.т}} = 2,5 \text{ А.}$$

$$I_{\text{від.}} / I_{\text{н.т.}} = 7,75 / 2,5 = 3,1.$$

Приймаємо кратність $I_{\text{від.}} = 3,5 \cdot I_{\text{н.т}} = 3,5 \cdot 2,5 = 8,75 \text{ А.}$

3.8 Проектування зовнішніх мереж ПЛ 0,4 кВ

Для живлення електроенергією споживачів молочно-товарної ферми приймаємо схему з радіальними мережами. Розрахунок зовнішніх повітряних ліній 0,4 кВ виконуємо за допустимою втратою напруги. Для цього необхідно визначити втрату напруги в мережі 10 кВ:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{p.\max} \cdot l(r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (3.51)$$

де l - довжина відпайки, рівна 0,4 км;

r_0 - питома активний опір дроту, рівний 5,4 Ом/км.;

x_0 - питомий індуктивний опір дроту, рівний 0,394 Ом/км.;

$\cos \varphi$ - середньозважений коефіцієнт потужності, $\cos \varphi = 0,85$;

$I_{p.\max}$ - максимальний струм, А.

$$I_{p.\max} = S_{\text{розр.тп}} / (\sqrt{3} \cdot U_n), \quad (3.52)$$

$$I_{p.\max} = 144,6 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 8,4 \text{ А.}$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 8,4 \cdot 0,4 \cdot (5,4 \cdot 0,85 + 0,394 \cdot 0,524) = 30 \text{ В.}$$

Втрати напруги в елементах мережі приведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Втрати напруги в елементах мережі

Трансформатор 160/10	Мережа напругою 10 кВ	Трансформатор 10/0,38, надбавка	Втрата напруги у трансформаторі	Зовнішня мережа напругою 0,38 кВ	Внутрішня мережа напругою 0,38 кВ	Допустима втрата напруги
+5...-4	0	+5	-4	-7	-2,5	-7,5

Вибираємо перетин проводів. Ділянку лінії Л-1 визначаємо за формулою:

$$F = (P \cdot l) / (\gamma \cdot \Delta U \cdot U_n), \quad (3.53)$$

де P - активна складова розрахункової потужності, яку можна визначити ступиним чином:

$$P = S_{расч} \cdot \cos \gamma, \quad (3.54)$$

$$P = 65 \cdot 0,85 = 55,3 \text{ кВт}.$$

де γ - питома провідність алюмінію, $\gamma = 35 \text{ мм}^2 \cdot \text{м/Ом}$.

$$F = (55,3 \cdot 50) / (35 \cdot 30 \cdot 0,38) = 6,9 \text{ мм}^2.$$

Мінімальний допустимий перетин проводів для повітряних ліній з алюмінієвих проводів становить 10 мм^2 і за цією умовою приймаємо дрот А-16. Перевіримо вибраний перетин за втратою напруги за формулою (3.51):

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 98,8 \cdot (1,96 \cdot 0,85 + 0,333 \cdot 0,527) \cdot 0,05 = 9 \text{ В}.$$

Перевіримо вибраний перетин за тривало-допустимим струмом:

$$I_{p.\max} \leq I_{\text{доп}}$$

де $I_{\text{доп}}$ – тривало допустимий струм для дроту А-16, $I_{\text{доп}} = 105 \text{ А}$;

$I_{p.\max}$ - максимальний струм, $I_{p.\max} = 98,8 \text{ А}$;

$$98,8 \text{ А} \leq 105 \text{ А}.$$

Вибраний перетин для ділянки Л-1 задовольняє заданим умовам, а для інших ліній перетин дроту вибираємо аналогічно і результати розрахунку зводимо в табл. 3.4. Для інших ділянок при виконанні повітряної лінії застосуємо дрот А-16. Схема електропостачання приведена на рис. 3.2.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків

Лінія	Розрахункова ділянка	Довжина ділянки	Максимальний струм	Допустимий струм	$r_0 \cdot \cos$	$x_0 \cdot \sin$	Дійсні втрати напруги	Допустимі втрати напруги
		км	А	А	Ом/км	Ом/км	В	В
Л-1	1-2	0,05	98,80	105	1,67	0,175	9	26,6
Л-2	3-4	0,02	59,09	105	1,89	0,207	3,88	26,6

Продовження таблиці 3.4

		км	А	А	Ом/км	Ом/км	В	В
Л-3	5-6	0,055	1,36	105	1,96	0	0,25	26,6
Л-4	7-8	0,14	60,60	105	1,53	0,252	26,15	26,6
Л-5	9-10	0,03	1,52	105	1,96	0	0,15	10,68
	11-10	0,05	18,18	105	1,74	0,185	3,03	17,48
	10-12	0,045	19,09	105	1,74	0,185	2,86	15,74
	13-12	0,02	13,64	105	1,67	0,213	0,89	6,84
	14-12	0,06	27,27	105	1,71	0,199	5,40	21,41
Л-6	6-15	0,018	2,75	105	1,74	0,185	0,89	6,72

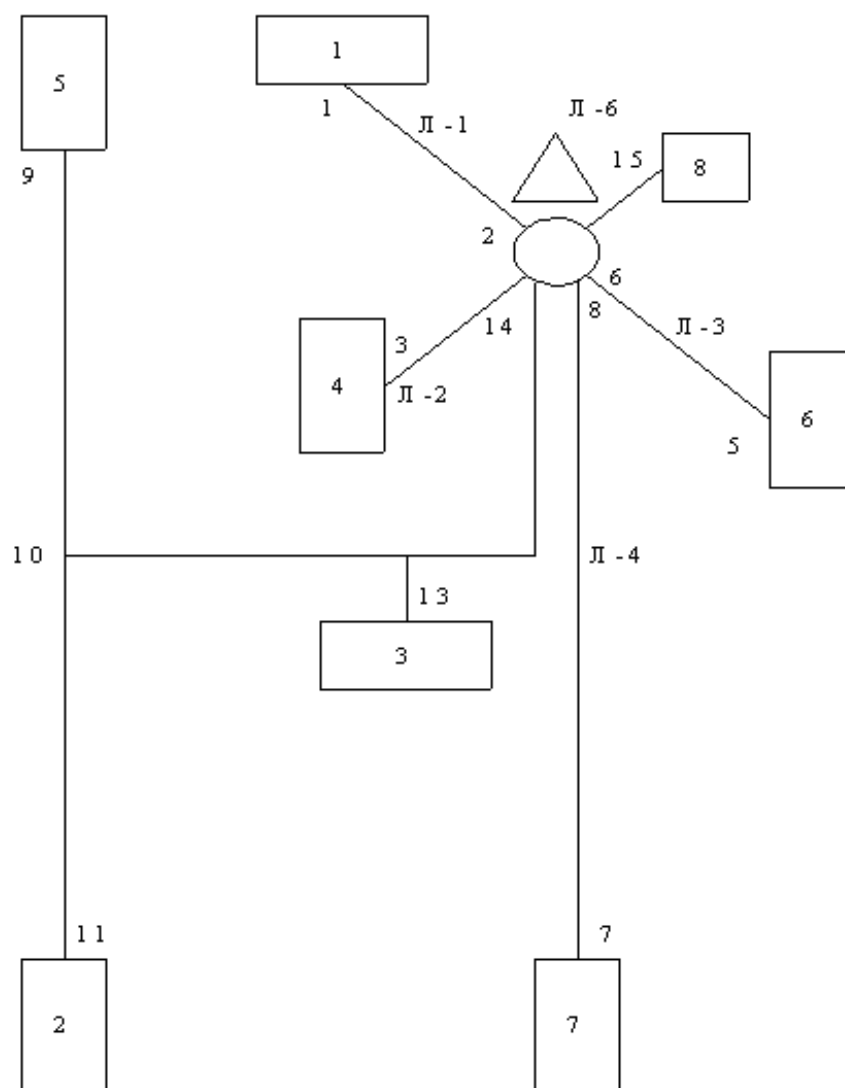


Рисунок 3.2 - Радіальна схема лінії 0,38 кВ в однолінійному виконанні

3.9 Проектування трансформаторної підстанції

Розрахункові електричні потужності на вводі кожного споживача приведені в табл. 3.5. Визначення центру електричного навантаження, де теоретично повинна знаходитися трансформаторна підстанція (ТП), виконуємо за формулою [34]:

$$x = (\sum(S_{pi} \cdot x_i) / \sum S_{pi}) \cdot \mu, \quad y = (\sum(S_{pi} \cdot y_i) / \sum S_{pi}) \cdot \mu, \quad (3.55)$$

де x_i і y_i – координати центру навантаження кожного приміщення.

Таблиця 3.5 - Розрахункові електричні потужності на вводі споживача

№ по розрахунк овій схемі	Найменування приміщень	Розрахункове навантаження		Коефіцієнт потужності		Встановле- на потуж- ність, кВт
		Вечірній тах, кВА	Денний тах, кВА	Денний тах навантаж.	Вечірній тах навантаж.	
1	Два корівники на 200 голів	65	36	0,75	0,85	99,4
2	Насосна станція	8	8	0,89	0,81	8
3	Телятник на 200 голів	9	6	0,85	0,75	15
4	Доїльно-молочний блок	39	26	0,86	0,74	51
5	Господарський склад	1	—	—	1	1
6	Ветлабораторія	0,9	—	—	—	0,9
7	Кормоцех	21	40	0,78	0,75	60
8	Котельня	0,7	0,6	—	—	0,56

З табличного розрахунку центр електричного навантаження знаходиться в точці з координатами (95, 163). У даному місці є можливість побудувати комплексну трансформаторну підстанцію. Розрахунки за визначенням розрахункової потужності навантаження трансформатора зведемо в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Розрахункова потужність навантаження трансформатора

Лі- нія	Розрахун- кова ділянка	Розрах. по- тужність денного max, кВА	Розрах. по- тужність вечірнього max, кВА	Потужність електро- двигунів кВт	cosφ для денного max	cosφ для вечірнього max
Л-1	1-2	36	65	60,5	0,75	0,85
Л-2	3-4	26	39	43	0,74	0,86
Л-3	5-6	–	0,9	–	–	1,0
Л-4	7-8	40	21	53	0,75	0,78
Л-5	9-10	–	1	–	–	1
	11-10	8	8	10,0	0,81	0,89
	10-12	8	8,6	12	0,87	0,89
	13-12	6	9	15	0,75	0,85
	12-14	11,6	14,1	–	0,81	0,87
Л-6	15-6	0,6	0,7	0,56	0,75	0,81
Разом		109,3	135,1	–	–	–

Вибір трансформатора проводитимемо з розрахункової потужності навантаження вечірнього максимуму, оскільки воно є найбільшим. Потужність трансформаторної підстанції визначається за формулою:

$$S_{\text{тр}} = S_{\text{розн.}} \cdot (k_{\text{пер}} / k_{\text{п.доп}}), \quad (3.56)$$

де $S_{\text{розн.}}$ – максимальне розрахункове навантаження ТП;

$k_{\text{п.доп}}$ – коеф. допустимого перевантаження трансформатора, $k_{\text{п.доп}} = 1,3$;

$k_{\text{пер}}$ – коеф. перспективи, $k_{\text{пер}} = 1,4$.

$$S_{\text{тр}} = 146,1 \cdot (1,4 / 1,3) = 157,3 \text{ кВА.}$$

Вибираємо стандартну номінальну потужність трансформатора 160 кВА і з урахуванням напруги високої сторони приймаємо трансформатор типу ТМ-160-10/0,4. Вибраному трансформатору відповідає комплексна підстанція типу КТП-160/10 [35].

3.10 Визначення компенсації втрати напруги в повітряній лінії

При пуску електродвигунів, коли спостерігається великий пусковий струм з малим коефіцієнтом потужності, спостерігається зниження напруги в лінії 10,5 кВ. Тому для компенсації втрати напруги в повітряній лінії 10,5 кВ приймаються конденсаторні батареї з повздовжнім включенням конденсаторів. Необхідна надбавка напруги визначається за формулою:

$$\Delta U_c = ((U_2 - U_1) / U_1) \cdot 100 \%, \quad (3.57)$$

де U_2 – напруга в кінці ПЛ 10,5 кВ, $U_2 = 10$ кВ;

U_1 – напруга в лінії при пуску двигунів, $U_1 = 9,6$ кВ;

$$\Delta U_c = ((10 - 9,6) / 9,6) \cdot 100\% = 4,2\%.$$

Струм у ПЛ 10,5 кВ визначається за формулою:

$$I = P_n / (\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi), \quad (3.58)$$

де P_n – потужність, що передається лінію, $P_n = 144,6$ кВт;

U_n – напруга лінії, $U_n = 10$ кВ;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності навантаження (0,7...0,9)

$$I = P_n / (\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,8) = 10 \text{ A}.$$

Необхідна потужність конденсаторів визначається за формулою:

$$Q_c = k \cdot S,$$

де k – коефіцієнт, залежний від $\cos \varphi$, $k = 0,08$;

S – максимальна потужність, що проходить по лінії в місці установки конденсаторів, кВАр.

$$Q_c = 0,08 \cdot 144,6 = 14,5 \text{ кВАр}.$$

Вибираємо конденсатори КМ1-10,5 з номінальною потужністю 15 кВАр, які включаються послідовно в кожну фазу ПЛ 10,5 кВт.

3.11 Визначення струмів короткого замикання

Проведемо розрахунок для найбільш віддаленого двигуна гноєприбирального транспортера (рис. 3.3).

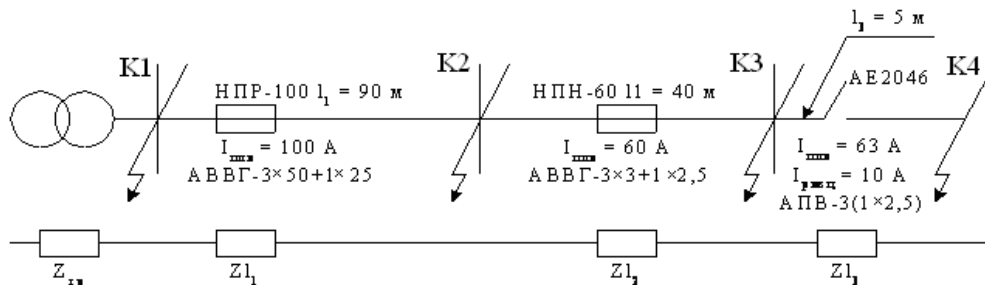


Рисунок 3.3 – Схема розрахунку лінії

У сільських мережах напругою 380/220 В при струмах короткого замикання опором лінії 10 кВ можна знехтувати, тому враховуємо тільки опір трансформатора і провідів лінії 380/220 В. Згідно ПУЕ струм однофазного короткого замикання розраховуємо за формулою [31]:

$$I_k^{(1)} = U_\phi / ((Z_{TK} / 3) + Z_n), \quad (3.59)$$

де Z_{TK} – значення повного опору трансформатора струму к.з. на корпус; значення Z_{TK} залежить від потужності трансформатора і схеми обмоток;

Z_n – величина опору петлі «фазний провідник - нульовий провідник»;

U_ϕ – значення фазної напруги.

Величину опору трансформатора струму к.з. розраховуємо за формулою [35]:

$$Z_{TK} / 3 \approx 26 / S_n, \quad (3.60)$$

де $S_n = 160$ кВА – номінальна потужність трансформатора.

Для трансформатора ТМ-160 $(Z_{TK} / 3) = 0,162$ Ом.

Опір петлі «фазний провідник - нульовий провідник» знаходимо за формулою [35]:

$$Z_n = R_\phi + R_n + R_k, \quad (3.61)$$

де R_ϕ – активний опір фазного дроту, Ом;

R_n – активний опір нульового дроту, Ом;

R_k – активний опір контактів, які приймаємо для підстанції - 0,015 Ом, для цехових щитків - 0,025 Ом, для апаратів біля приймачів - 0,03 Ом.

Точка K1: $Z_n = 0$;

Точка K2: $Z_n = R_\phi \cdot l + R_n \cdot l + R_k = 1,73 \cdot 0,09 + 1,17 \cdot 0,09 + 0,015 = 0,33$ Ом;

Точка K3: $Z_n = 0,62 \cdot 0,04 + 1,24 \cdot 0,04 + 0,025 = 0,099$ Ом;

Точка K4: $Z_n = 1,8 \cdot 0,005 + 2,32 \cdot 0,005 + 0,03 = 0,05$ Ом.

Струми к.з. у точці K1: $I_{k1}(1) = 220 / (0,162 + 0) = 1358$ А;

Струми к.з. у точці K2: $I_{k2}(1) = 220 / (0,162 + 0,33) = 477$ А;

Струми к.з. у точці K3: $I_{k3}(1) = 220 / (0,162 + 0,33 + 0,099) = 372$ А;

Струми к.з. у точці K4: $I_{k4}(1) = 220 / (0,162 + 0,33 + 0,099 + 0,05) = 343$ А.

*Перевірка спрацьовування захисних апаратів від струмів
однофазного короткого замикання*

При короткому замиканні в точці K4 повинна виконуватись умова для захисного апарату електродвигуна:

$$I_k^{(1)} \geq k_z \cdot k_p \cdot I_{від.},$$

де $k_z = 1,1$ - коефіцієнт запасу [35];

$k_p = 1,4$ - коефіцієнт розкиду струму спрацьовування відсічення [35];

$I_{від.} = 30$ А – струм відсічення розмикача.

$$343 > 30 \cdot 1,1 \cdot 1,4 = 46,2 \quad \Rightarrow \quad 43 > 46,2 .$$

Як бачимо, умова виконується при короткому замиканні в точці K3.

Умова спрацьовування захисного апарату на ПУ:

$I_k(1) > 3 \cdot I_{рт}$, $372 \text{ А} > 3 \cdot 10$; $372 > 30$ - умова справджується.

Умова спрацьовування запобіжника в шафі СПУ-62 при к.з. на щиті управління (точка K2): $I_k(1) > 3 \cdot I_{пл.вс.} \Rightarrow 447 \text{ А} > 180 \text{ А}$ - умова виконується.

Умова спрацьовування запобіжника на підстанції при к.з. у шафі СПУ-62 точка K1:

$I_k(1) > 3 \cdot I_{пл.вс.} \Rightarrow 1358 \text{ А} > 3 \cdot 100 \text{ А} \Rightarrow 1358 \text{ А} > 300 \text{ А}$ - умова справджується.

Визначаємо струм трифазного короткого замикання:

$$I_k^{(3)} = U_{\text{л}} / \sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R_k)^2 + (\sum X_k)^2}, \quad (3.62)$$

де $U_{\text{л}} = 400$ В – значення лінійної напруги;

$\sum R_k$ і $\sum X_k$ – загальні значення активних і реактивних величин трифазного к.з.

$$\text{У загальному випадку: } \sum R_k = R_T + R_{\phi}, \quad (3.63)$$

$$\sum X_k = X_T + X_{\phi}, \quad (3.64)$$

де R_T і X_T – величина активного і реактивного повного опору трансформатора;

R_{ϕ} і X_{ϕ} – активний і реактивний опори проводів к.з.

$$R_T = (\Delta P_{MH} \cdot U_{\text{л}}^2) / S_{HT}^2, \quad (3.65)$$

де $\Delta P_{MH} = 2,65$ кВт – втрати потужності поблизу трансформатора [35];

$$U_{\text{л}} = 400 \text{ В};$$

$S_{HT} = 160$ кВА – номінальна потужність трансформатора.

$$R_T = (2,65 \cdot 103 \cdot 4002) / (160 \cdot 103)^2 = 0,0162 \text{ Ом}.$$

Індуктивний опір трансформатора:

$$Z = (U_{\text{к}} \% \cdot U_{\text{л}}^2) / (100 \cdot S_{\text{н}}), \quad (3.66)$$

$$Z = (4,5 \cdot 4002) / (100 \cdot (160 \cdot 103)^2) = 0,045 \text{ Ом}.$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, \quad (3.67)$$

$$X_T = \sqrt{0,452^2 - 0,162^2} = 0,445 \text{ Ом}.$$

$$\sum R_k = 0,0162 + 1,73 \cdot 0,09 = 0,17 \text{ Ом}.$$

$$\sum X_k = 0,045 + 0,318 \cdot 0,09 = 0,029 \text{ Ом}.$$

Опір до точки К3: $\sum R_k = 0,37$ Ом/км;

$$\sum X_k = 0,021 \text{ Ом/км}.$$

Опір точки К4: $\sum R_k = 0,46$ Ом/км;

$$\sum X_k = 0,019 \text{ Ом/км}.$$

Струм 3-фазного короткого замикання на шинах трансформатора визначаємо за формулою:

$$I_k^{(3)} = U_n / \sqrt{3} \cdot Z_T, \quad (3.67)$$

$$I_k^{(3)} = 400 / \sqrt{3} \cdot 0,045 = 5138 \text{ A}.$$

У точці К2: $I_k^{(3)} = 400 / (\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,17^2 + 0,029}) = 1360 \text{ A}.$

У точці К3: $I_k^{(3)} = 400 / (\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,37^2 + 0,021}) = 625 \text{ A}.$

У точці К4: $I_k^{(3)} = 400 / (\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,46^2 + 0,019}) = 503 \text{ A}.$

Граничний струм відключення для автомата АЕ2046 $I_{зрн} = 2 \text{ кА}.$

Для запобіжників $I_{зрн} = 10 \text{ кА}.$

Вибрані апарати задовольняють умовам захисту.

3.12 Висновки до розділу 3

1. Проведено розрахунок електроустаткування для вентиляції і теплового балансу з вибором калорифера.
2. Виконано вибір електроустаткування для освітлення і опромінювання та апаратури захисту і управління.
3. Здійснено проектування внутрішніх силових мереж з вибором автоматичних вимикачів і запобіжників та елементів схеми автоматизації кормороздавача.
4. Здійснено проектування зовнішніх мереж ПЛ 0,4 кВ та трансформаторної підстанції.
5. Проведено розрахунок компенсації втрати напруги в повітряній лінії та струмів короткого замикання.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Розрахунок пристрою заземлення ТП 10/0,4 кВ

Для зменшення напруги дотику всі металеві корпуси електроустаткування, які випадково можуть опинитися під напругою по відношенню до землі, приєднуються до системи заземлення в мережах 380/220В з глухозаземленою нейтраллю джерела живлення (трансформатора). Тому корпуси електроустаткування приєднуються за допомогою провідників до нульового дроту мережі.

Контур заземлення к у вигляді прямокутного чотирикутника виконується шляхом закладення в групи вертикальних стержнів довжиною 5 м і діаметром 12 мм, з'єднаних між собою сталевю смугою 40х4 мм. Глибина закладення стержнів 0,8 м (від поверхні землі до верхнього кінця електроду) смуги – 0,9 м.

Струм замикання на землю на стороні 10 кВ визначається за [36]:

$$I_z = (U_n / 350) \cdot (35 \cdot l_{кл} + l_{вл}), \quad (4.1)$$

де $l_{кл}$ – довжина кабельної лінії, км;

$l_{вл}$ – довжина електрично зв'язаних повітряних ліній, км.

$$I_z = (10 / 350) \cdot (35 \cdot 7 + 35) = 8 \text{ А.}$$

Визначаємо розрахунковий опір ґрунту для стержньових заземлень:

$$\rho_{розр.} = k_c \cdot \rho, \quad (4.2)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, $\rho = 120 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, [36];

k_c – коефіцієнт сезонності, $k_c = 1,1$.

$$\rho_{розр.} = 1,1 \cdot 120 = 132 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Опір вертикального заземлення з круглої сталі:

$$R_b = (0,366 \cdot \rho_{розр.} / l) (\lg(2 \cdot l / d) + 0,5 \cdot \lg((4 \cdot h_{cp} + l) / (4 \cdot h_{cp} - l))), \quad (4.3)$$

де l – довжина електроду, $l = 5 \text{ м}$;

h_{cp} – середня глибина заглиблення, $h_{cp} = 3,3 \text{ м}$;

d – діаметр сталевю стрижня, $d = 0,012 \text{ м}$.

$$R_B = (0,366 \cdot 132/5)(\lg(2 \cdot 5/0,012) + 0,5 \cdot \lg((4 \cdot 3,3 + 5)/(4 \cdot 3,3 - 5))) = 31,2 \text{ Ом.}$$

Опір повторного заземлення при $z > 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ приймається:

$$R'_{п.з.} = 30 \cdot \rho_{розр} / 100, \quad (4.4)$$

$$R'_{п.з.} = 30 \cdot 132 / 100 = 39,6 \text{ Ом.}$$

Для повторного заземлення приймається один стержень завдовжки 5 м і діаметром 0,012 м, опір якого $31,2 < 39,6$.

Для шести повторних заземлень загальний опір:

$$r_{пз} = R_6 / n, \quad (4.5)$$

$$r_{пз} = 31,2 / 6 = 5,2 \text{ Ом.}$$

Визначаємо розрахунковий опір заземлення нейтралі трансформатора з урахуванням повторних заземлень:

$$r_{нт} = (r_3 \cdot r_{п.з.}) / (r_{п.з.} - r_3), \quad (4.6)$$

$$r_{нт.} = (4 \cdot 5,2) / (5,2 - 4) = 17,3 \text{ Ом.}$$

Згідно ПУЕ, опір пристрою заземлення при приєднанні до нього електроустаткування напругою до 1000 В не повинен бути більше 10 Ом і $125/I_3$, якщо останнє менше 10 Ом [31].

$$r_{нт.} = 125 / 8 = 15,6 \text{ Ом.}$$

Приймаємо для розрахунку найменше з цих значень: $r_{нт.} = 10 \text{ Ом}$.

Визначаємо теоретичну кількість стержнів:

$$n_T = R_6 / r_{нт} \quad (4.7)$$

$$n_T = 31,2 / 10 = 3,12.$$

Приймаємо 4 стержні, які розташовуються на відстані 5 м один від одного.

Довжина смуги зв'язку:

$$l_r = a \cdot h \quad (4.8)$$

$$l_r = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м.}$$

Визначаємо опір смуги зв'язку:

$$R_r = (0,366 \cdot \rho_{расч} / l) \cdot \lg((2 \cdot l^2) / (d \cdot h)), \quad (4.9)$$

$$R_r = (0,366 \cdot 300 / 20) \cdot \lg((2 \cdot 202) / (0,04 \cdot 0,82)) = 24,2 \text{ Ом.}$$

$$\rho_{розр} = \kappa_c \cdot \kappa_i \cdot \rho = 2,5 \cdot 1 \cdot 120 = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

При $h = 6$ і $a/l = 5/5 = 1$ по [37] $\eta_e = 0,69$; $\eta_z = 0,45$ – коефіцієнти екранування, відповідно, вертикальних стержнів і горизонтальних смуг зв'язку.

Визначаємо дійсне число стержнів:

$$n_d = (R_e \cdot \eta_z / \eta_e) (1 / (r_{um} \cdot \eta_z) - 1 / R_z), \quad (4.10)$$

$$n_d = (31,2 \cdot 0,45 / 0,69) (1 / (10 \cdot 0,45) - 1 / 24,2) = 3,56.$$

Приймаємо до монтажу $n_d = n_T = 4$ стержні і проводимо перевірочний розрахунок. Дійсний опір штучного заземлення:

$$r_{um} = (R_e \cdot R_z) / (R_z \cdot n \cdot \eta_e - R_e \cdot \eta_z), \quad (4.11)$$

$$r_{um} = (31,2 \cdot 24,2) / (24,2 \cdot 4 \cdot 0,69 + 31,2 \cdot 0,45) = 9,4 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом.}$$

Опір пристрою заземлення з урахуванням повторних заземлень нульового дроту:

$$r_{розр} = (r_{um} \cdot r_{н.з.}) / (r_{um} - r_{н.з.}), \quad (4.12)$$

$$r_{розр} = (9,4 \cdot 5,2) / (9,4 - 5,2) = 3,24 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом.}$$

Якщо розрахунок виконати без урахування смуги зв'язку, то отримаємо:

$$n_d = n_T / \eta_e, \quad (4.13)$$

$$n_d = 4 / 0,69 = 5,8.$$

Для виконання потрібно буде 6 стержнів.

У корівнику передбачається пристрій вирівнювання електричних потенціалів, який виконується згідно вимогам ПТБ і ПТЕ. Пристрій виконується одночасно із заземленням всього технологічного устаткування, металевих трубопроводів, конструкцій водопостачання, прогонів і прив'язі.

Всі з'єднання виконуються зваркою або болтовим способом, що дозволяє періодично перевіряти цілісність кіл заземлення.

Величина опору кожного кола не повинна перевищувати 1 Ом. Монтаж виконують з дроту *СТ-3 Ш* 6 мм, який закладають в підлогу приміщення на глибину 50–100 мм. Відстань між провідниками рівна 1,2...1,4 м.

4.2 Розрахунок блискавкозахисту виробничих об'єктів

Визначається очікувана кількість прямих ударів блискавки за 1 рік:

$$N = (B + 3 \cdot h_x)(l + 3 \cdot h_x) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (4.14)$$

де B – ширина будівлі, що захищається, м;

l – довжина будівлі, м;

h_x – висота будівлі до даху, м;

n – середня кількість поразок блискавкою 1 км² земної поверхні, яка залежить від кількості блискавок в даній місцевості, з [4] $n = 5,0$.

$$N = (42 + 3 \cdot 4) \cdot (78 + 3 \cdot 3) \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 0,19.$$

Будівля корівника відноситься до виробничих будівель і споруд II ступеня вогнестійкості і для його захисту від прямих ударів блискавки проводимо розрахунок групових стержньових громовідводів.

Визначаємо радіус захисту r_x групового стрижньового громовідводу висотою менше 30 метрів за формулою [37]:

$$r_x = 1.6 \cdot h \cdot (h - h_x) / (h + h_x), \quad (4.15)$$

де h – повна висота громовідводу, $h = 20$ м;

h_x – висота об'єкту, що захищається, $h_x = 11,4$ м;

$$r_x = 1,6 \cdot 20 \cdot (20 - 11,4) / (20 + 11,4) = 9 \text{ м.}$$

За даними розрахунку приймаємо до установки груповий громовідвід, що складається з 8 стержнів. Захисна дія групового стержньового громовідводу характеризується коефіцієнтом захисту k_x :

$$k_x = \operatorname{tg} \alpha = r_x / h_a, \quad (4.16)$$

де h_a – активна висота громовідводу, $h_a = 8,6$ м.

$$h_x = 9 / 8,6 = 1,0.$$

Граничне значення h_x при висоті громовідводу менше 30 м, рівне 1,6, а найбільший радіус захисту $r_x = 1,6h_a$.

4.3 Оцінка захищених споруд за захисними властивостями

На цьому етапі визначаються захисні властивості захищених споруд і оцінюється можливість надійного захисту людей від впливу надлишкового тиску та іонізуючого випромінювання [39].

Послідовність оцінки:

1. Визначаються захисні властивості щодо ударної хвилі – надлишковий тиск ($\Delta P_{\phi.max.}$, на який розраховані елементи конструкцій захисної споруди $\Delta P_{\phi.max.}$ приймається з характеристики захисної споруди).

2. Визначаються захисні властивості щодо іонізуючого випромінювання – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{пол.}$).

Захисні властивості щодо іонізуючого випромінювання також можуть бути наведені в характеристиці сховища, ПРУ або знайдені розрахунковим шляхом. При цьому, якщо в районі розташування об'єкта очікується дія проникаючої радіації, тоді розрахунок проводиться за радіоактивним забрудненням і проникаючою радіацією окремо за формулою:

$$K_{пол.зах.} = K_p \prod_{i=1}^n 2 h_i / d_i,$$

де K_p – коефіцієнт, що враховує умови розташування сховища;

n – кількість захисних шарів матеріалів перекриття сховища;

h_i – товщина i -го захисного шару, см;

d_i – товщина шару половинного послаблення.

Визначаються потрібні захисні властивості захисних споруд $\Delta P_{\phi.нотр.}$ і $K_{пол.нотр.}$. Потрібна міцність захисної споруди щодо уданої хвилі $\Delta P_{\phi.нотр.}$.

відповідає максимальному значенню надлишкового тиску, що очіується на об'єкті, тобто $\Delta P_{ф.мах.} = \Delta P_{ф.нотр.}$ і визначається розрахунковим шляхом.

Для цього знаходять мінімальну відстань до ймовірного центру вибуху:

$$R_x = R_r - \Gamma_{відх.}$$

Потрібний коефіцієнт послаблення радіації від радіоактивного забруднення знаходиться за формулою:

$$K_{носл.} \cdot P_{зпотр.} = D_{P3мах}/50 = 5P_{1мах}(t_{ноч.} - t_k)/50,$$

де $D_{P3мах}$ – максимальна доза радіації на відкритій зоні за 4 доби;

$P_{1мах}$ – максимальний рівень радіації на 1 год. Після вибуху, що очікується на об'єкті;

$t_{ноч.}$ – час початку забруднення території об'єкта відносно вибуху, визначається за формулою

$$t_{ноч.} = R_x/V_{св} + t_{вин.},$$

де $t_{вин.}$ – час випадання радіоактивних речовин (в середньому приймається $t_{вин.} = 1$ год.)

t_k – час закінчення опромінення, $t_k + t_{ноч.} + 96$ год.

4. Вибираються захисні споруд, у яких захищені властивості не нижчі від потрібних.

Визначається показник, що характеризує захисні споруди об'єкта за захисними властивостями:

$$K_{з.н} = N_{з.н}/N,$$

де $N_{з.н}$ – кількість людей, що будуть укриті в захисних спорудах із захищеними властивостями, не нижчими від потрібних;

N – чисельність персоналу, що підлягає укриттю.

У висновках вказується, які сховища не відповідають вимогам стосовно захисних властивостей і які заходи необхідно провести для підвищення їх захисних властивостей.

Оцінка систем життєзабезпечення захисних споруд

Оцінка системи повітропостачання здійснюється в наступній послідовності [39]:

1. Визначаються тип, склад і параметри системи і визначається кількість повітря, що постачається системою за годину в двох режимах: в режимі I – чистої вентиляції і в режимі II – фільтровентиляції.

2. Кількість зовнішнього повітря, що подається у сховище, приймається:

- за режимом I – 8, 10, 11 і 13 м³/год на одну людину відповідно до температури зовнішнього повітря до 20°C (I кліматична зона); 20-25°C (II зона), 25-30°C (III зона) і більше 30°C (IV зона);

- за режимом II – 2 м³/год на одну людину, 5 м³/год на одного працівника на пункті правління і 10 м³/год на одного працюючого на електроручному вентиляторі (ЕРВ).

3. У сховищах, що розташовані у III і IV кліматичних зонах, для режиму II необхідно передбачити охолоджуючі пристрої або збільшення кількості повітря, що подається, до 10 м³/год на людину.

4. В якості джерела для охолодження передбачається вода, що зберігається у заглиблених резервуарах чи отримана з водозабірних свердловин.

5. Для повітропостачання сховищ без повітроохолоджувальних установок місткістю до 300 чоловік, розташованих відповідно у III і IV кліматичних зонах, застосовуються фільтровентиляційні комплекти ФВК-1 і ФВК-2.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було виконано розробку системи електропостачання відгодівельного комплексу сільськогосподарського підприємства "ГАДЗ", яке знаходиться в Чортківському районі Тернопільської області (с. Трибухівці).

Зокрема, у розробленому проекті в порівнянні з існуючим для роздавання кормів був запропонований спеціальний кормороздавач ТВК-80Б, який дозволяє:

- значно економічніше витратити корми, що дозволить збільшити продуктивність тварин;
- значно полегшити працю персоналу;
- скоротити витрати на теплоносії, тобто витрата паливно-мастильних матеріалів скорочується до мінімуму за рахунок витрати електричної енергії, яка у декілька разів дешевша вище вказаної енергії;
- поліпшити культуру обслуговування і зміст тварин;
- термін окупності даного кормороздавача становить біля 2-х років.

Крім того, в кваліфікаційній роботі розглянуто питання процесів електросилового устаткування:

- опалювання і вентиляції;
- прибирання приміщень від гною;
- водопостачання і підігріву води для технічних потреб;
- розраховано і вибрано електроустаткування для освітлення основного та допоміжних приміщень корівника;
- розроблені технологічна і функціональна та принципова електрична схеми автоматизації роздачі кормів;

проведено вибір марки перетину проводів і кабелів внутрішніх і зовнішніх мереж, вибрана потужність та тип трансформаторної підстанції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Скопенко Н. Агропромисловий сектор: сучасний стан, тенденції та перспективи розвитку: Економічний аналіз. – 2011. – Вип. 8. – Ч. 1. – С. 179- 183
2. Рубаненко О.Є., Рубаненко О.О. Електрифікація і автоматизація сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки для самостійної роботи для студентів агрономічного факультету спеціальностей, 6.130102 «Агрономія», форма навчання денна – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2012. – 40 с.
3. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за. ред. Рудь А. В. Київ : Агросвіта, 2012. 432 с.
4. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
5. Бебко В. Г. Зниження втрат електроенергії у сільському господарстві / В. Г. Бебко, С. Я. Меженний, В. Г. Стафійчук, В. Ю. Юрчук // – К.: Урожай, – 2008. – 128 с.
6. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
7. Гаврилюк І.А. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній : підруч. / І.А. Гаврилюк, Ю.М. Хандола. – Харків : Факт, 2008. – 260 с.
8. Автоматизація технологічних процесів/ Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для студентів спеціальності: 141- Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. / [Укл.:С.І.Осадчий, І.В. Волков], – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 12 с.
9. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
10. Ревенко І.І. Механізація виробництва продукції тваринництва / І.І. Ревенко, Г.М. Кугта, В.М. Манько та ін. - К.: Урожай, 1994.– 264с.

11. Машинаи та обладнання для тваринництва. Підручник./ Ревенко І.І., Брагінець М.В, Ребенко В.І. - К.: «Кондор» 2012. - 731 с.
12. Ревенко І.І. Механізація тваринництва / Ревенко І.І., Щербак В.М. – Київ: Вища освіта, 2004. – 319 с.
13. Машинаи і обладнання для тваринництва. Електронний підручник ДУ «НМЦ «Агроосвіта», [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rodak.if.ua/mot/index.htm>
14. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва За ред. І. І. Мартиненка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/35489/>
15. Оробчук Б., Гоцуляк Ю. Підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів. Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». - Бережани, 2016 р.
16. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва / (Бойко І.Г., Грідасов В.А., Дзюба А.І. та ін.) ; за ред. О.П. Скорика, О.І. Фісяченка. - Харків, 2004. – 272 с.
17. Стаднік Л. І., Стаднік В. Л. Бухгалтерський облік біологічних перетворень та калькулювання продукції молочного скотарства. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. 2016. № 1 (12). С. 52–58.
18. Оробчук Б., Шишко В. Розробка системи забезпечення мікроклімату в теплиці. IV Міжнародна науково-технічна конференція «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій», присвячена 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця – Тернопіль, ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2019 р.
19. Закон № 1818-ІХ «Про енергетичну ефективність». Прийнятий Верховною Радою 21 жовтня 2021 року, надруковано в газеті «Голос України» 12.11.21 р.
20. Пришляк Н.В., Балдинюк В.М. Ефективність виробництва сільськогосподарської продукції як сировини для переробки на біопалива. Агросвіт. 2019. № 21. С. 47–58. DOI: [10.32702/2306-6792.2019.21.47](https://doi.org/10.32702/2306-6792.2019.21.47)

21. Оробчук Б., Прокопчук В. Бартошевський Р. Методи зниження втрат електричної енергії в розподільчих мережах. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]: ТНТУ, 2023
22. Оробчук Б., Дзьобко Т. Використання телекомунікаційних технологій в силових електромережах. IV Міжнародна науково-технічна конференція „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій“ присвячена 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця – Тернопіль, ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2019 р.
23. Orobchuk B., Kozak K., Zahorodna N. Implementation of digital substations into the educational process based on real-time training complexes // International Workshop on the Usage of Artificial Intelligence and Robotics in Environment and Health December 13, 2024, İskenderun / Hatay / TURKEY
24. Гончар В.Ф. Електрообладнання тваринницьких підприємств і автоматизація виробничих процесів у тваринництві: Навчальний. посібник. / В.Ф. Гончар, Л.П. Тищенко - К.: Вища школа. Головне видавництво: 1986.- 287с.:іл.
25. Жулай Є.Л. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: Підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк – К.: Вища освіта, 2001.-288с.:іл.
26. Машини і обладнання для тваринництва: підручник для студентів аграрних навчальних закладів I-II рівнів акредитації / І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, О.О. Заболотько та ін.. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М М., - 2017. – 304 с.
27. Машини і обладнання для тваринництва та птахівництва : посібник / [за ред. В. І. Кравчука, Ю. Ф. Мельника]. – Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Погорілого, 2009. – 207 с.
28. Монтаж і пусканалагодження фермерської техніки: навчальний посібник / [за ред. І. І. Ревенка]. – Київ : Кондор, 2004. – 400 с.

29. Механізація та електрифікація сільського господарства [Текст]: міжвідом. темат. наук. зб. / Укр. акад. аграр. наук; Нац. наук. центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства"; редкол.: Я.С. Гуков (відп. ред.) та ін. - Глеваха : Вип. 94. - 2010. - 620 с.
30. Освітлення тваринництва і птахівництва. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radiyled.com/ua/products/agricultural-lighting/>
31. ПУЕ - Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання)/ Наказ від 21.07.2017 № 476 Про затвердження Правил улаштування електроустановок
32. Машина та обладнання для тваринництва : посібник-практикум / [Ревенко І. І. та ін.]. – Київ : Кондор, 2011. – 396 с.
33. Ю.М. Лавріненко, П.В. Олійник, В.В. Савченко. Автоматичні вимикачі та пристрої захисного вимикання. Технічні характеристики та правила вибору // Навчальний довідник з дисципліни „Проектування систем електрифікації, автоматизації та електропостачання сільського господарства”. – Київ, 2013 р.
34. Електричні мережі та системи: підручник [для студентів електроенергет. спец. ВНЗ, аспірантів, викл. і спеціалістів відповід. профілю] / М. С. Сегеда ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — 3-тє вид, переробл. та доповн. — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 540 с.
35. Електричні машини: навчальний посібник. // О.А. Буняк, І.М. Сисак, С.М. Бабюк, Б.Я. Оробчук, Я.М. Осадца, В.П Коваль. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., – 2023. О – 324 с.
36. Ткачук К.Н., Зацарний В.В., Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О. Охорона праці і промислова безпека: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2010. - 425 с.
37. Охріменко В. М. Споживачі електричної енергії : підручник / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 286 с. ISBN 978-966-695-487-2

38. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., – 156 с. Отримано з <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>
39. Серіков Я.О. Основи охорони праці: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти. - Харків, ХНАМГ, 2007. - 227 с.
40. Євтух П.С., Буняк О.А., Оробчук Б.Я. Решетник В.Я. Зміст та тематика дипломних проектів (робіт) за спеціальністю 7.05070103 (8.05070103) електротехнічні системи електроспоживання // Методичні вказівки. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2012.