

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розробка автоматизованої електричної системи**
кормоцеху для свиноферми

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТс-41
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Джуган Ю. І.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник

(підпис)

Оробчук Б. Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Вакулєнко О. О.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Тарасенко М. Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 02 » лютого 2022 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 Джугану Юрію Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка автоматизованої електричної системи кормоцеху для свиноферми

Керівник роботи Оробчук Богдан Ярославович, к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » лютого 2022 року № 4/7-76

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Діюча схема електропостачання свинарника фермерського господарства, параметри споживачів електричної енергії, плани та технічні параметри приміщення

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

Вступ

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

1. Силове електрообладнання і мережі на плані свинарника

2. Освітлювальне обладнання на плані свинарника

3. Функціональна схема роздільної силової мережі

4. Принципова електрична схема водонагрівача ВЕТ-1600

5. Схема монтажна ЩУ водонагрівача ВЕТ-1600

6. Схема принципова підігрівних підлог

7. Монтажна схема приточної системи «Клімат»

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 07 лютого 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2022	
2	Аналітичний розділ	28.02.2022	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2022	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2022	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2022	
6	Висновки	10.06.2022	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2022	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2022	

Студент

_____ (підпис)

Джуган Ю. І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Оробчук Б. Я.

_____ (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Темпи росту виробництва продукції тваринництва, зокрема свинарства, в умовах формування ринкових відносин забезпечуються в основному за рахунок підвищення продуктивності тварин і поліпшення якості продукції при найменших витратах праці і засобів [1].

Для успішного розвитку сільськогосподарського виробництва нашої держави вирішальним моментом є зміцнення його матеріально-технічної бази, повна інтенсифікація землеробства і суміжних галузей. У комплексі заходів щодо інтенсифікації тваринництва головна задача полягає в організації та технології механізованих робіт на фермах, які спрямовані на підвищення ефективності використання техніки, зростання продуктивності праці та зниження собівартості продукції тваринництва.

Подальший розвиток цієї галузі повинен базуватися на принципі технічного переозброєння. Сучасні свиноферми і комплекси комплектуються складною високопродуктивною технікою, зокрема впроваджуються новітні сучасні технології з метою економічної та безпечної експлуатації освітлювальних, опромінюючих і нагрівальних приладів, електродвигунів і ін. [2].

Сучасна машинна технологія якісно змінила працю тваринника, підняла продуктивність, дозволила впровадити в сільськогосподарське виробництво передові технологічні процеси, суттєво збільшити продуктивність сільськогосподарського тваринництва. Величезне значення при цьому має застосування електричної енергії [3].

В процесі подальшого розвитку сільськогосподарського виробництва зазвичай спостерігається значне підвищення енергетичного насичення галузі, впровадження сучасних досконалих зразків електроустаткування, способів опалення приміщень, збільшення кількості автоматизованих процесів, оскільки кожна кіловат-година електроенергії, що використовується на виробничі потреби у тваринництві, дає відчутну економію щодо витрат праці [4].

Розробка системи оптимального мікроклімату в сучасних тваринницьких фермах можлива тільки за умови обладнання досконалих систем опалення, вентиляції, освітлення та засобів місцевого обігрівання з автоматичним

керуванням і регулюванням, а також забезпечення нормованої тепло- та гідроізоляції захисних конструкцій, що має важливе значення для продовження терміну служби будівель та встановленого у них технологічного обладнання з метою покращення умов праці обслуговуючого персоналу [5]. Ці всі відзначені заходи та засоби дозволяють в значній мірі впливати на формування продуктивності праці.

У зв'язку зі зростаючим дефіцитом енергоресурсів в Україні найважливішим питанням у галузі формування мікроклімату є пошук і впровадження на тваринницьких фермах та комплексах енергозберігаючих технологій, які дозволяють ефективно використовувати паливно-енергетичні ресурси і, відповідно, отримати значне зниження енергоспоживання опалювально-вентиляційних систем.

Одна з важливих умов успішного розвитку тваринництва – створення надійної кормової бази, в зв'язку з чим велике значення надається кормоприготуванню.

Характерною ознакою даної галузі є вузька спеціалізація з використанням нового технологічного обладнання, засобів механізації і електрифікації виробничих процесів, так як при заміні застарілого обладнання більш сучасним забезпечується значне підвищення продуктивності праці та якості продукції.

Підсумовуючи перераховані вище заходи, можна зробити висновок, що виконаний аналіз видів опалювальних систем для обігріву свиноферми, факторів впливу на вибір системи опалення й вентиляції свиноферми вказують на те, що проблема підвищення енергетичної ефективності є достатньо потрібною в даний час, а тема кваліфікаційної роботи *«Розробка автоматизованої електричної системи кормоцеху для свиноферми»* - актуальною.

Об'єктом дослідження є свинотоварна ферма із закінченим циклом виробництва на 1500 голів на рік.

Метою кваліфікаційної роботи є комплексна електрифікація виробничих процесів кормоцеху свиноферми з вибором електрообладнання і розробкою автоматизованих процесів підтримки мікроклімату.

Таким чином, в результаті роботи над темою кваліфікаційної роботи було вирішено наступні завдання:

- проведено аналіз силового електрообладнання і мережі свинарника;
- розроблено схему освітлювального обладнання свинарника;
- розроблено функціональну схему роздільної силової мережі;
- запропоновано принципову електричну схему водонагрівача ВЕТ-1600;
- розроблено схему монтажну щита управління водонагрівача ВЕТ-1600;
- запропоновано до використання схему принципову підігрівних підлог;
- розроблено монтажну схему вентиляційної системи «Клімат».

Отже, при розробці автоматизованої електричної системи кормоцеху для свиноферми особливу увагу було приділено вибору системи опалення, на яку суттєво впливають наявність у господарстві певних енергетичних джерел, наявне обладнання та кваліфікований обслуговуючий персонал. Зокрема, система опалення повинна бути синхронізована із системою вентиляції, для підвищення енергоефективності та усунення протягів у секціях дорощування варто застосувати інфрачервоний тип обігріву. Найефективнішою теплою системою для обігріву приміщення з маленькими поросятами є впровадження «теплої» підлоги, яку доцільно використовувати комплексно з інфрачервоними обігрівачами.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Аналіз процесів електрифікації в тваринництві	9
1.2 Аналіз систем освітлення та мікроклімату в тваринництві	10
1.3 Напрями електрифікації тваринницьких ферм	13
1.4 Висновки до розділу 1	17
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Розрахунок технологічної схеми і технологічного устаткування	18
2.2 Розрахунок і вибір електроприводів	20
2.3 Розрахунок внутрішніх силових мереж	25
2.4 Розрахунок пускової і захисної апаратури	30
2.5 Розрахунок освітлення в приміщенні	35
2.6 Розрахунок опромінення	39
2.7 Розрахунок і вибір електродвигуна	40
2.8 Розрахунок електронагрівних підлог	43
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	49
3.1 Розробка принципової електричної схеми електроводонагрівача	49
3.2 Розробка монтажної схеми електроводонагрівача	52
3.3 Розробка принципової електричної схеми електронагрівної підлоги	53
3.4 Проектування трансформаторної підстанції	54
3.5 Визначення струмів короткого і перевірка захисної апаратури	58
3.6 Перевірка селективності спрацьовування захисної апаратури	64
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	67
4.1 Стан умов праці на об'єкті проектування	67
4.2 Забезпечення електробезпеки і розрахунок захисного заземлення	68
4.3 Вимоги електробезпеки до персоналу	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	72

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз процесів електрифікації в тваринництві

В сучасному сільському господарстві України у зв'язку з переходом до ринкової економіки можна спостерігати суттєві корінні зміни. Спеціалізація традиційно багатогалузевих у минулому сільськогосподарських підприємств у рослинництві і тваринництві є дуже глибоким процесом, що змінює суспільні відносини на селі.

Особливе значення має виробництво тваринницької продукції, так як в усіх без винятку країнах головною проблемою харчування в сьогоденні і майбутньому є виробництво білка тваринного походження. Для вирішення цієї проблеми необхідне переведення тваринництва на промислову основу, введення машинної технології, застосування не окремих агрегатів, а цілої системи машин, принципово нового підходу до розробки і проектування комплексної електрифікації і механізації.

Всі основні стаціонарні процеси в сільському господарстві виконують за допомогою електричної енергії. Вона порівняно легко передається на великі відстані і являє собою найбільш доступне, надійне й універсальне енергетичне джерело, що дозволяє одержувати енергію інших видів.

На даний час накопичено достатньо великий і практичний досвід експлуатації тваринницьких, у тому числі і свинарних комплексів промислового типу та методи керування ними. Для таких комплексів освоєні і випускаються промисловістю комплекти технологічного устаткування, технічний рівень якого відповідає вимогам, пропонованим до сучасних машин.

Л.П. Карташов і ін. приводить деякі дані комплексу по вирощуванню і відгодівлі 108 тис. свиней у рік [6]. Дані свідчать, що комплекс щорічно споживає від 16 до 19 *млн. кВт год* електроенергії, 17 *млн. м³* природного газу, 1,6 *млн. м³* води, 46 *тис. т* спеціальних комбікормів. Технологічні лінії такого комплексу включають більше 6100 найменувань машин і устаткування, на ньому змонтовано більш 62 *км* трубопроводів різного діаметру, 835 комплектів електровентилляторів, канатно-дискові транспортери загальною довжиною 1440 *м*,

125 калориферів, 2505 електродвигунів і ін. Однак для більшості фермерських господарств і сільськогосподарських підприємств за основу використовують розведення свиней на племінних фермах-репродукторах, що мають менші економічних витрат у порівнянні з великими комплексами. Будівництво виконується відповідно до вимог ОНТП2-77 і типових проектів [7].

Проектування систем електрифікації найбільш детально і стисло представлено в керівництві ВІЕСХ [8] і літературі [9]. Процес виробництва свинини включає в себе систему технологічних процесів, виконання яких прямо залежить від електричного устаткування.

1.2 Аналіз систем освітлення та мікроклімату в тваринництві

Освітлення є одним із найбільш розповсюджених видів використання електроенергії в сільському господарстві. На основну частку електроенергії, яка споживається сільськогосподарськими підприємствами, приблизно половина припадає на освітлення. У тваринництві більше 20% усіх робіт на протязі року і біля 50% у зимовий час виконують при штучному освітленні [10].

У системі свинарства широке застосування в техніці освітлення отримали люмінесцентні лампи завдяки їх високій світловій віддачі, близькому до природного спектрові випромінювання та тривалому терміну служби, детальна характеристика яких представлена в літературі [11], а вибір світильника за типом кривої сили світла (КСС) розглянуто в [12].

Крім освітлення приміщень поросята повинні піддаватися ультрафіолетовому (УФ) і інфрачервоному (ІЧ) опроміненню відповідними установками, так як їхнє застосування впливає на обмін речовин тварин та їхній фізіологічний стан, підвищуючи тим самим приріст ваги поросят до 20% [4].

Великі переваги надає утримання тварин, головним чином, у свинарниках репродукторах і свинарниках-відгодівельниках з теплими підігрівними підлогами. На таких типах підлог не потрібні покриття з бетону або дерев'яних щитів, не потрібна також і підстилка. Практика їхнього застосування показала, що електричні нагрівні підлоги у порівнянні з іншими видами обігріву є простими і зручними в експлуатації та не вимагають значних витрат на їх монтаж з терміном

служби понад десять років. Велика теплова акумуляційна здатність електричних нагрівних підлог дозволяє робити перерву в подачі електроенергії до шести годин без шкоди для тварин. При цьому передача теплоти до тіла тварини здійснюється найбільш ефективним контактним, тобто кондуктивним, способом, а також за рахунок конвекції повітря від нагрітої поверхні [14].

Для обігріву підлог використовують спеціальні нагрівальні проводи марок ПОСХ-У, ПОСХ-П, ПОСХ-Вт (провід обігрівальний сільськогосподарський з ізоляцією відповідно з полівінілхлориду, поліетилену, полівінілхлоридного пластикату) [15, 16]. Зазначені проводи допускають тривале нагрівання до 90 °С і можуть використовуватися в якості нагрівальних елементів в бетонних електричних нагрівних підлогах згідно типових проектів [17]. Крім нагрівальних проводів для обігріву підлог іноді використовують неізольований оцинкований провід сталевий ПСО діаметром до 6 мм. Більш досконаліми в пристроях обігріву підлог є нагрівальні кабелі марок ПНВСВ, КНРПВ, КНРПЕВ, що мають посилену термостійку ізоляцію з кремнійорганічної резини і полівінілхлоридного пластикату, захисну оболонку зі сталевих оцинкованих дротиків. Наявність подвійної електроізоляції і металевого екрана між шарами ізоляції підвищує електробезпеку пристрою, на відміну від більш широко використовуваної конструктивної схеми пристрою бетонних підлог при застосуванні проводів ПОСХ-П, ПОСХ-У, де необхідно використовувати захисну металеву сітку між нагрівальним проводом і поверхнею підлоги [17]. Для запобігання попадання потенціалу на поверхню підлоги у випадку порушення ізоляції можна додатково передбачити в електричній схемі живлення нагрівальних елементів захисний відключаючий пристрій [16].

Для поросят одного віку площа обігріву повинна складати від 0,8 до 1,5 м², для свиноматки - від 2,5 до 3,0 м² [15].

Необхідна температура підлоги регулюється зоотехнічними нормами і залежить від виду і віку тварин: для поросят - від 23 до 27 °С, для свиноматок вона становить в межах від 15 до 21 °С. Для створення різної температури підлоги змінюють крок укладання проводу в межах площадок для дорослих тварин і молодняку. Чим з меншим кроком прокладено провід, тим вища температура

підлоги і навпаки. Дослідження щодо технічних розрахунків електричних нагрівних підлог розглянуто в літературних джерелах [15 - 17].

Одержання гарячої води і пари є одним з найбільш розповсюджених застосувань електричної енергії в сільськогосподарському виробництві, зокрема у тваринництві. Не забруднюючи повітря продуктами і відходами згоряння, електричне нагрівання найбільшою мірою відповідає зоотехнічним санітарно-гігієнічним вимогам до тваринницьких підприємств. Вода для поїння тварин є важливим чинником, що впливає на їхнє здоров'я і продуктивність. Дуже холодна вода викликає охолодження організму тварини, розладу травлення, зумовлює простудні захворювання. За даними санітарної оцінки води у тваринництві при поїнні тварин водою з температурою 12 °С їхня продуктивність підвищується на 10% [10]. Правила зоогігієни і норми технологічного проектування рекомендують нагрівати воду для поїння тварин до температури в межах від 15 до 20 °С [18].

На сьогодні усе більше застосування знаходять різні електричні промислові водонагрівачі та казани, найбільше поширення з яких одержали ємнісні елементні електричні водонагрівачі акумуляторного типу [15, 19].

Для нагрівання води на технологічні потреби можна використовувати електроводонагрівачі елементного типу з акумулюванням теплоти таких типів як ВЕТ, УАП, ЕПВ, ВЕП, а також САОС, САЗС для закритих систем, що допускають розбір води в багатьох точках і закритих системах з тиском до 0,4 МПа [20].

Розрахунки режиму роботи електроводонагрівачів найбільш доступно і детально викладені в літературних джерелах [14, 15].

1.3 Напрями електрифікації тваринницьких ферм

Електрична енергія виступає важливим чинником технічної реконструкції виробничих процесів на сучасних тваринницьких фермах. Широке застосування електричної енергії викликає зміни в технології проведення робіт на фермах і, відповідно, в результаті електрифікації досягається вагоме удосконалення базових виробничих процесів у тваринництві.

На тваринницьких фермах електроенергія використовується для роботи електроприводу всіх стаціонарних машин, електричного освітлення приміщень утримання тварин, перетворення електрики на теплову енергію і у вигляді енергії опромінення для безпосереднього впливу на організм тварин [8].

Із застосуванням електроенергії на тваринницьких знижується питома вага освітлювального навантаження за рахунок росту силового приводу машин. Наприклад, в 20-х роках минулого століття на долю освітлювального навантаження у тваринництві припадало 92% всієї споживаної електроенергії, але в силового - тільки 8%. У 50-х роках питома вага силового навантаження у сільському господарстві становила вже більше 50%, але в великих колгоспних тваринницьких фермах більше 90%. Із загального балансу енергії, яка необхідна для виконання виробничих процесів на тваринницьких фермах, в більшості випадків біля 85% потрібно у вигляді теплової енергії для запарювання кормів, підігріву води, пастеризації молока, обігріву приміщень. Якщо тваринницькі ферми отримують електроенергію від малих теплових електростанцій, то широке застосування електричних теплових приладів є нераціональним, оскільки загальний коефіцієнт корисного використання енергії палива або сумарний коефіцієнт корисної дії електростанції, електропередачі та електричного теплового приладу не буде вищим за 15%, тоді як при безпосередньому спалюванні палива в печі кормового запарника, пастеризатора, печі опалення він становить від 30 до 40% [21].

Коли є можливість отримувати електроенергію від сільської гідроелектростанції, достатньо забезпеченою водою або відсутнє добове регулювання, то електричні теплові установки можуть мати застосування на тваринницьких фермах. Доцільність їх використання у такому випадку визначається тим, що основна маса електричних теплових приладів можуть включатися в години зменшення навантаження гідроелектростанції. Ще більш раціональніше використовувати електричні теплові прилади при вітрових електростанціях, зокрема поєднуючи ці установки з тепловими акумуляторами. Застосування електричних теплових приладів у тваринництві дозволяє скоротити штат на фермі за рахунок людей, які займаються заготівлею палива, його підвезенням, підготовкою та опалюванням котлів, печей і водогрійних кубів, а також

покращити умови пожежної безпеки та гігієни у приміщеннях для утримання тварин [22].

Електричне освітлення тваринницьких приміщень також має велике виробниче значення. Згідно літературних джерел продуктивність праці доярок, тваринників та інших працівників тваринництва можна підвищити до 40% за рахунок застосування електричного освітлення, при цьому суттєво зростає чистота молока і скорочуються його втрати [20].

Електрику також застосовують у вигляді променистої енергії (звичайне електричне світло, ультрафіолетові промені) для безпосереднього впливу на організм тварин. Позитивні результати дає ультрафіолетове опромінення молодняка сільськогосподарських тварин (поросят, курчат, телят) і високопродуктивних тварин у зимовий період. Великий економічний ефект дає застосування у птахівництві такого заходу, як «штучний день» [23].

Основним видом застосування електроенергії на тваринницьких фермах є електричний привод машин, який використовується для механізації трудомістких робіт на цих об'єктах. Електродвигуни встановлюють в приміщеннях ферм для приводу кормових приготувальних машин, насосів для водопостачання, вакуум-насосів для механічного доїння корів, приладів для стрижки овець, молочних машин, насосів для відкачування гноївки, вентиляторів, механізмів для чищення тварин і масажу вим'я, підйомних та транспортних пристроїв [24].

Електропривод має ряд переваг над приводом машини у тваринницьких господарствах від двигунів внутрішнього згорання. Для обслуговування електродвигунів не потрібні досвідчені спеціалісти, їх можуть включати і вимикати тваринники та доярки, а також передбачено управління на відстані та повна автоматизація їх роботи. Особливо важливою є при електрифікації повна автоматизація виробничих процесів на потокових лініях. Така автоматизація передбачає суттєве вивільнення обслуговуючого персоналу з трудомістких робіт та підвищує ефективність виробничих процесів [25].

Варто відмітити, що сучасні свинокомплекси більше подібні на інтенсивні промислові виробництва. Вони оснащені складним технологічним обладнанням підготовки і роздавання кормів, автоматичною вентиляцією та системою мікроклімату, оскільки на невеликих площах є велика кількість тварин. Роль

мікроклімату і його вплив на продуктивність свиней розглянуто в працях [5, 26], де зазначено, що екстремальні режими мають негативний вплив на їх організм. Створення оптимальних температурних і вологих умов утримання свиней дозволяє підвищити ріст, знизити захворюваність, зменшити витрати корму та покращити економічну ефективність отримання свинини [22].

Щоб створити оптимальний мікроклімат у приміщеннях для утримання свиней, потрібно впроваджувати раціональні опалювальні і вентиляційні системи з урахуванням високоефективних технічних засобів. Крім того, варто взяти до уваги, що забезпечення необхідного мікроклімату є доволі енергоємним технологічним процесом поряд прибиранням і утилізацією гною та приготуванням і роздаванням кормів.

Розроблена система опалення повинна компенсувати ті втрати тепла, які виникають внаслідок негерметичності стін, поганих дверей і подачі свіжого холодного повітря через вентиляційну систему. Також при виборі системи опалення варто врахувати, що крім конфігурації приміщення, суттєвий вплив мають у господарстві певні енергетичні джерела, наявне обладнання та задіяні трудові ресурси. Хоча в даний час обігрів свинарників часто органі зовують завдяки прямому спалюванню газу або рідкого палива, загальний розділ усіх систем опалення можна охарактеризувати двома типами.

Основним обладнанням для підігріву в секціях дорощування тварин на свинофермах тривалий час були інфрачервоні газові випромінювачі. Це можна пояснити їхньою невеликою ціною та простотою установки і переобладнання за потреби. Застосування системи інфрачервоного обігріву приміщень може забезпечити десь біля 40% енергозбереження [27]. Дія інфрачервоного обігріву здійснюється безпосередньо на біологічні об'єкти, відповідно після деякої кількості втрати тепла в приміщеннях, наприклад, внаслідок відкритих дверей, система інфрачервоного обігріву може швидко відновити необхідну температуру [28].

Найбільш ефективною тепловою системою, яка на даний час успішно застосовується в якості системи обігріву приміщення свиноферм з відлученими поросятами, вважається «тепла» підлога. Така теплова система на практиці ніколи не використовується в окремому вигляді, так як її теплової віддачі буде замало

для ефективного обігріву всього об'єму приміщення. В якості додаткового джерела тепла, враховуючи початковий етап дорощування поросят, підігрів підлоги відіграє дуже суттєве значення. Теплу підлогу рекомендується використовувати в комплексі з системою інфрачервоних обігрівачів. Одним із основних недоліків цієї системи є забруднення, зокрема найбільше на це впливають відкриті системи провідних трубок із тригранного профілю, які конструктивно розташовані під суцільною підлогою. На суцільній підлозі, яка виготовлена з тригранного сталевого профілю, ефективність опалення можна підвищити завдяки кращій провідності тепла та його значного рівномірного розподілу. При використанні закритих систем обігріву також виникає велика проблема забруднення, тому на повздовжніх стінках вони в практичному застосуванні майже не використовуються.

1.4 Висновки до розділу 1

1. Аналіз літературних джерел показав, що процес виробництва свинини включає в себе систему технологічних процесів, виконання яких безпосередньо залежить від електричного устаткування.

2. При виборі системи опалення, окрім конфігурації приміщення, необхідно враховувати наявність у господарстві різних енергетичних джерел, обладнання та персонал.

3. Система опалення на свинофермах повинна бути синхронізована із системою вентиляції.

4. Найбільш ефективною тепловою системою для обігріву приміщення свиноферми з відлученими поросятами вважається «тепла» підлога, яку рекомендується використовувати комплексно з інфрачервоними обігрівачами.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок технологічної схеми і технологічного устаткування

Призначення і склад свинарника-репродуктора. Свинарник–репродуктор входить до складу ферми вирощування і відгодівлі 1500 свиней у рік.

Складається з ізольованих трьох секцій:

- а) для опоросів і дорощування поросят – 2 секції;
- б) для відтворення – одна секція.

Технологія утримання. Організаційна система виробничого процесу базується на 168-денній тривалості циклу відтворення.

Відповідно до технологічної схеми у свинарнику одночасно повинні бути:

- одна група маток з невстановленою опоросністю;
- одна група маток другого періоду опоросності;
- одна група маток-годівниць з молочними поросятами;
- група відлучених поросят;
- група кнурів у кількості, що забезпечує запліднення групи маток у плині тижня;
- група готових до запліднення ремонтних свинок.

Кожна група маток до 101 дня утримується в секції відтворення і за 14 днів до опоросу її переводять у секцію для проведення опоросів і дорощування поросят, де вона знаходиться 60 днів. Після відібрання поросят група маток надходить назад у секцію відтворення для підготовки до злучки, а поросята залишаються у верстатах для опоросу ще 48 днів і у віці 90 днів передаються на відгодівлю.

Матки-годівниці і відлучені поросята утримуються у верстатах для опоросу. На час опоросу й у перші дні після нього свиноматки фіксуються спеціальними перегородками, що згодом легко трансформуються. У задній стінці верстата розташована хвіртка, що відкриває доступ твариною в зону дефектації, будучи

одночасно контактною перегородкою між верстатами. У комплект верстатів входять лампи для ІЧ-нагрівання поросят.

На час підгодівельного періоду застосовується підстилка у виді обпилювань з розрахунку 30 кг на один опорос.

Секцій для опоросу – дві. Розташування верстатів дворядне з центральним кормовим проходом. У секції опоросів утримання безвигульне.

Секція для відтворення має чотирирядне розташування верстатів. Кожен верстат складається з трьох зон: зони годівлі, лігвища, зони гноєвидалення. У задній частині кожного верстата є хвіртка, що у відкритому положенні забезпечує тваринідоступ у зону гноєвидалення. Тварини у верстатах утримуються невеликими групами. Утримання тварин у секції вигульне.

Одноразово у свинарнику утримується:

- кнурів-розплідників і м'ясних – 36 голів;
- м'ясних свинок при підготовці до запліднення – 108 голів;
- холостих і опоросних свиноматок – 102 голови;
- маток-годівниць з поросятами (42 дні) – 30 голів;
- відлучених поросят (43 – 90 днів) – 264 голови.

Годівля. Годівля тварин здійснюється мішанками вологістю 70%, що роздаються двома мобільними електрифікованими кормороздатчиками КС-1,5 два рази в день. КС-1,5 призначений для перемішування і роздачі кормових сумішей вологістю 60...80%. Завантажують кормороздатчик за допомогою гвинтового конвеєра компонентами харчової суміші. З бункера роздавача корм подається в годівниці роздавальними шнеками. Вивантажувальні шнеки мають дозуючі пристрої у виді шибєрних заслінок. Пересуваються кормороздатчики в кормових проходах по рейках вздовж кормового проходу; під стелею укріплений жолоб для розміщення чотирьохжильного кабелю живлення. Жилу меншої площі перетину використовують для заземлення корпусів електродвигунів роздавача.

Поїння. Для поїння тварин у верстатах під ґратами гнойових каналів розташовані соскові поїлки для свиней. Температура води для дорослого поголів'я складає 10-16⁰С, для поросят - 16-20⁰С.

Гноєвидалення. У зоні дефекації верстатів розташовані ґрати гнойових каналів, через які тварини протоптують гній на скребковий транспортер ТСН-2Б. З подовжніх транспортерів гній перевантажується на поперечний конвеєр КНП-10, що вивантажує гній у гноєзбірники, відкіля він вивозиться в гноєсховище заправником ЗЖВ-1,8.

Водопостачання. Водопостачання ферми здійснюється від місцевої мережі водопроводу. Вода витрачається на виробничі потреби. Норми водоспоживання для тварин прийняті згідно СНіП ОНТП2-77. Витрати води на зовнішнє пожежегасіння згідно СНіП 2.04.02-84 п.2.14.т.7 приймаються 10 л/с на одну пожежу (при обсязі 6903 м³, II ступеня вогнестійкості і категорії виробництва по пожежній небезпеці – Д). Для створення необхідної температури води на поїння тварин встановлюються змішувачі.

Трубопроводи розроблені в двох варіантах: I – зі сталевих водогазопровідних оцинкованих труб по ДСТ-3262-75; II - зі сталевих (ДСТ 3262-75) і поліетиленових труб низької щільності по ДСТ 18599-83. Кріплення поліетиленових труб до будівельних конструкцій виконується відповідно до СН478-80 і робочих креслень повторного застосування. Сталеві труби фарбуються олійною фарбою, кріплення труб виконується відповідно до СНіП III-28-75.

2.2 Розрахунок і вибір електроприводів

У літній період року в залах № 1 і № 2 (секції опоросу і відтворення) вручну в роботу включаються вентиляційна вежа з багатошвидкісними вентиляторами. При цьому схемою передбачається автоматична підтримка температурного режиму всередині свинарника за допомогою устаткування «Клімат», яке, поставляється комплектно із шафою керування ШОА 9203-3474У3.

Устаткування «Клімат» забезпечує:

- автоматичне і ручне керування електровентиляторами серії В устаткування «Клімат»;

- автоматичне східчає регулювання частоти обертання електродвигунів осьових вентиляторів у залежності від температури повітря в приміщенні і зовнішнього повітря (при зниженні температури – зменшення частоти обертання);

- світлову сигналізацію роботи електродвигунів із вказівкою ступіні частоти обертання;

- світлову сигналізацію зниження температури повітря нижче допустимої.

Основними параметрами вентиляторів є їхня продуктивність Q_v і повний тиск H (напір). Розрахункову подачу вентилятора (продуктивність) знаходимо по повітрообміну, необхідному для забезпечення оптимального мікроклімату у вентиляваному приміщенні, а розрахунковий тиск – за значенням втрат тиску у воздуховодах і устаткуванні.

Визначимо повітрообмін L_v ($m^3/год$) наступним методом:

- за допустимим вмістом вуглекислоти в приміщенні;

- за допустимим вологовмістом;

- орієнтованим методом.

1) Визначимо повітрообмін за допустимим вмістом вуглекислоти згідно наступної формули:

$$L = \frac{1,2C}{C_2 - C_1}, \quad (2.1)$$

де 1,2 – коефіцієнт, що враховує виділення вуглекислоти мікроорганізмами в підстилці, гної і т.д. [14];

C - кількість CO_2 , виділене тваринами, $л/год$;

C_1 - вміст CO_2 , у зовнішнім повітрі (для сільської місцевості приймається рівним $0,3 л/м^3$, [14];

C_2 - допустимий вміст CO_2 всередині приміщення (для свиноферми приймається рівним $2.5 л/м^3$ [14].

Значення C визначаємо, виходячи з поголів'я тварин у секції опоросу і кількості CO_2 , що виділяється однією твариною. У секції опоросу утримуються:

- 30 свиноматок. Одна свиноматка з приплодом виділяє $114 л/год CO_2$, [29];

- 264 відлучених поросят віком 42-90 днів. Середнє значення CO_2 , що виділяється одним відлученим порослям – $21 л/год$;

- 180 молочних поросят. Виділення CO₂ одним молочним поросям - 9 л/год [29].

$$L = \frac{1,2 \cdot (30 \cdot 114 - 264 \cdot 21 + 180 \cdot 9)}{2,5 - 0,3} = 5773 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

2) Визначимо повітрообмін за допустимим вологовмістом:

$$L = \frac{1 \cdot W_1}{(d_2 - d_1)}, \quad (2.2)$$

де W_1 - волога, що виділяється тваринами всередині приміщення, г/год;

d_2 - допустимий вологовміст всередині приміщення, г/м³;

d_1 - вологовміст зовнішнього повітря, г/м³.

3) Визначимо допустимий вологовміст всередині приміщення за формулою:

$$d_2 = d_{2нас} \cdot \varphi_2, \quad (2.3)$$

де $d_{2нас}$ - вологовміст насиченого повітря всередині приміщення при оптимальній температурі, приймається рівним 17,3 г/м³ при 20 °С;

φ_2 - допустима відносна вологість повітря в приміщенні, 0,7;

$$d_2 = 17,3 \cdot 0,7 = 12,11 \text{ г} / \text{м}^3$$

4) Визначимо вологовміст зовнішнього повітря:

$$d_1 = d_{1нас} \cdot \varphi_1, \quad (2.4)$$

де d_1 - вологовміст насиченого зовнішнього повітря при розрахунковій температурі, г/м³. Значення розрахункової температури і відносної вологості для зовнішнього повітря можна прийняти рівним 3 °С і $\varphi_1 = 0,9$ $d_{1нас}$ при температурі 3 °С дорівнює 3,81 г/м³.

$$\text{Звідси } d_1 = 3,81 \cdot 0,9 = 3,42 \text{ г} / \text{м}^3.$$

За довідковими даними [29] свиноматка з приплодом вагою 200 кг виділяє в повітря приміщення від 260 до 370 г/год водяних пар. Відлучене порося вагою 21,6 кг – 60 г/год. Молочне порося вагою 8,5 кг – 35 г/год.

Знайдемо значення L для допустимого вологовмісту:

$$L = \frac{1,1 \cdot (370 \cdot 30 + 60 \cdot 264 + 180 \cdot 35)}{12,11 - 3,42} = 4207 \text{ м}^3 / \text{год}$$

5) Визначимо повітрообмін орієнтованим методом:

$$L = G \cdot L_{num}, \quad (2.5)$$

де G - сумарна маса тварин у секції, кг;

$$G = 8,5 \cdot 180 + 264 \cdot 21,6 + 30 \cdot 200 = 13250 \text{ кг}$$

L_{num} - повітрообмін на один кілограм живої маси у літню пору, $\text{м}^3/\text{кг} \cdot \text{год}$;

$$L_{num} = 1,2 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{год} [14, 29].$$

$$L = 13250 \cdot 1,2 = 15900 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Найбільшу отриману витрату повітря приймаємо за розрахункову.

б) Розрахуємо кратність повітрообміну:

$$k = \frac{L}{V}, \quad (2.6)$$

де V - площа приміщення, м^3 ; $V = 658,8 \text{ м}^3$.

$$k = \frac{15900}{658,8} = 24,13.$$

7) Визначимо розрахунковий тиск вентилятора H .

При однаковій швидкості руху повітря на всіх ділянках повітропровідної мережі

$$H = \frac{\gamma v^2}{2 \left(\frac{\lambda l}{d} + \sum \beta \right)}, \quad (2.7)$$

де γ - густина повітря (у середньому $\gamma = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$), [14];

v - швидкість руху повітря в трубі ($S = 10 \text{ м}/\text{с}$ для вертикальних повітропроводів) [14];

λ - коефіцієнт тертя (для круглих сталевих труб дорівнює 0.02), [14];

l - довжина повітропровода, м; $l = 3.6 \text{ м}$;

d - внутрішній діаметр труби, м; рівний 0,071 м;

$\sum \beta$ - сума коефіцієнтів місцевого опору. Розширення при відношенні діаметра меншої труби до діаметра більшої $d/D = 0.93$, $\beta = 0,07$ вхід з кінця, $\beta = 0,3$ вихід з кінця, $\beta = 1$.

$$\sum \beta = 0,3 + 0,07 + 1 = 1,37.$$

$$\text{Звідси } H = \frac{1,2 \cdot 10^2}{2 \left(\frac{0,02 \cdot 3,6}{0,071} + 1,37 \right)} = 25,1 \text{ кгс} / \text{м}^2.$$

8) За розрахунковим значенням L і H вибираємо в каталозі необхідний вентилятор, після чого визначаємо розрахункову потужність двигуна. Вибираємо вентилятор типу ВО-5.6М з діаметром робочого колеса 560 мм та продуктивністю 5500 м³/год [30].

Розрахункова потужність двигуна:

$$P_{\text{розр.}} = \frac{Q_{\text{в}} H_p}{3600 \cdot 102 \eta_{\text{в}} \eta_n}, \quad (2.8)$$

де $Q_{\text{в}}$ - продуктивність вентилятора, м³/год (5500 м³/год);

H_p - розрахунковий тиск вентилятора, Па (25,1 Па);

$\eta_{\text{в}}$ - ККД вентилятора (для осьових вентиляторів 0,2) [14];

η_n - ККД передачі (при безпосередньому з'єднанні він дорівнює 1).

$$\text{Звідси } P_{\text{розр.}} = \frac{5500 \cdot 25,1}{3600 \cdot 102 \cdot 0,2 \cdot 1} = 1,87 \text{ кВт}$$

9) Виберемо номінальну потужність двигунів виходячи з умови

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\text{розр.}} \cdot k, \quad (2.9)$$

де k - коефіцієнт запасу; $k = 1,2$ [14].

$$P_{\text{ном}} = 1,87 \cdot 1,2 = 2,24 \text{ кВт}$$

У секції опоросу встановимо шість електровентиляторів типу ВО-5.6М із двигунами 4АПА 80-0642, що розраховані на роботу в умовах помірного клімату при температурі навколишнього середовища – 45...+40⁰С і відносній вологості повітря до 80% при температурі +20 ⁰С (табл. 2.1).

Номінальна потужність двигуна - 0,37 кВт;

Номінальний струм - 1,6 А;

ККД - 0,66;

cos(φ) - 0,7;

Частота обертання (з вентилятором) - 960 об/хв;

Діапазон регулювання частоти обертання з вентилятором - 10:1.

Таблиця 2.1 - Зведена таблиця електроприводів свинарника-репродуктора

Найменування агрегату і марка двигуна	$P_{ном},$ <i>кВт</i>	$I_{ном},$ <i>А</i>	ККД	$I_{пуск},$ <i>А</i>	Частота обертання, <i>об/хв</i>
КС-1,5: 4А112-М4Р3	5,5	12,5	0,78	87,5	1000
4АХ71А4Р3	0,55	1,75		7,9	
4А71В6У1	0,55	1,4		8,4	
ТСН 2-Б АТ2-51-66	4,0	9,2	0,6	59,8	1000
Тепловентилятор ТВ-6 4А3В100	0,55/2,2	2,8/5,0	0,9	19/35	960

2.3 Розрахунок внутрішніх силових мереж

Виконаємо розрахунок проводів мережі, що живить силове електроустаткування свинарника методом розрахунку електропроводок на нагрівання (рис. 2.1).

Підберемо струм плавкої вставки і виберемо перетин проводу, що живить кормороздавач КС-1.5, на якому встановлено три двигуни потужністю по 0,55 кВт і один двигун потужністю 5,5 кВт. Коефіцієнт завантаження приймаємо рівним 1, коефіцієнт потужності рівним 0,87 [31], ККД двигунів - 0,77, коефіцієнт одночасності - 1.

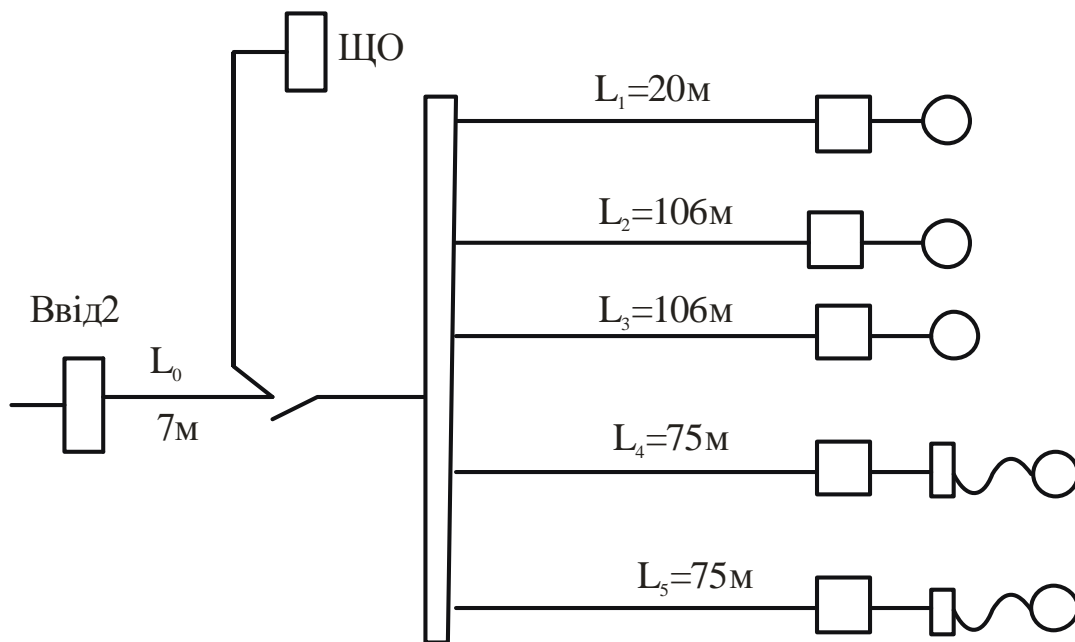


Рисунок 2.1 - Схема силової мережі

Електродвигун типу 4А112-М4-Р3 потужністю 5,5 кВт при повному навантаженні споживає струм рівний:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \phi \eta} = \frac{5500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,77 \cdot 0,87} = 12,5 \text{ А.} \quad (2.10)$$

Електродвигун типу 4АХ71А4РЗ потужністю 0,55 кВт за тих самих умов споживає струм 1,75 А, а двигун 4А71В6У1 – 1,4 А. Робочий струм, що проходить по магістралі L₅ при роботі всіх електродвигунів кормороздатчика буде рівним:

$$I_{роб} = (12,5 + 2 \cdot 1,4 + 1,75) \cdot 1 = 17,05 \text{ А.}$$

Асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором при запуску споживає п'яти-семи кратний струм його повного навантаження. Перетини магістральних ліній, що живлять групу з n двигунів, вибирають, виходячи з передумови, що $n-1$ двигунів споживають робочий струм, а 1 двигун (з найбільшим пусковим струмом) запускається. Максимальне значення сили струму, що протікає по проводу в момент запуску найбільшого двигуна відповідно дорівнює:

$$I_{max} = (2 \cdot 1,4 + 1,75) \cdot 1 + 7 \cdot 12,5 = 92,05 \text{ А}$$

Струм плавкої вставки в цьому випадку складе:

$$I_{вст} = \frac{92,05}{2,5} = 36,8 \text{ А.}$$

Вибираємо запобіжник типу НПН 2-63 на 40 А.

Визначивши величину номінального струму плавкої вставки, знаходимо по таблицях найбільший тривало допустимий струм по проводу, а по струму вибираємо перетин провідника. При цьому повинна дотримуватися умова:

$$I_{дон} \geq I_{роб}, [32]$$

Робочі формули:

$$I_{max} = m \sum_1^{n-1} I + I_{пуск}, \quad (2.11)$$

де $m = 0.8$ - коефіцієнт, що враховує, що не всі електродвигуни працюють з максимальним навантаженням (коефіцієнт одночасності).

$$I_{вст} = \frac{I_{max}}{\alpha}, \quad (2.12)$$

де $\alpha = 2,5$ для електродвигунів з нормальним режимом пуску, а при тяжких умовах пуску 1,6-1,2.

Перетин проводу, виходячи з робочого струму, повинен бути 4 мм².

Аналогічні дані одержуємо для лінії L4, що живить другий кормороздатчик.

Розрахуємо перетин проводу для лінії $L1$, що живить гноєприбиральний транспортер.

Електродвигун транспортера типу АТ2-51-66 потужністю 4 kBm при повному навантаженні споживає струм рівний:

$$I = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.76 \cdot 0.87} = 9.2 \text{ A}.$$

Пусковий струм:

$$I = 9.2 \cdot 6.5 = 59.8 \text{ A}.$$

Вибираємо запобіжник ПР2-60 на 25 A , перетин проводу - 4 mm^2 .

Для $L3$ одержуємо аналогічні дані.

Визначимо перетин $L1$, що живить електроводонагрівач потужністю 30 kBm по формулі (2.10):

$$I = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.95} = 47.97 \text{ A}.$$

Площа перетину проводів з табличних даних [9, 31] - 16 mm^2 .

Розрахуємо провід для трифазної освітлювальної мережі потужністю 7 kBm , що включає в себе газорозрядні джерела світла низького тиску. Коефіцієнти потужності мережі приймаємо 0,9 [33]. З урахуванням втрат потужності в ПРА люмінесцентних ламп робочий струм мережі буде рівним:

$$I_p = \frac{1,2P}{\sqrt{3}U \cos \phi} = \frac{7000 \cdot 1,2}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 14,2 \text{ A} \quad (2.13)$$

За довідковими даними [9] приймаємо перетин проводу 4 mm^2 .

Розрахуємо робочий струм магістралі $L0$:

$$I_{\text{роб}} = \sum I = 11.8 + 47.97 + 9.2 \cdot 2 + 13.64 \cdot 2 = 105.5 \text{ A}$$

Вибираємо провід перетином 50 mm^2 , але перетин можна прийняти меншим, так як одночасне включення навантажень на фермі не передбачається. Приймаємо перетин магістралі $L0 = 35 \text{ mm}^2$.

В якості перевірного розрахунку використовуємо метод розрахунку проводів на втрату напруги.

Згідно ПУЕ відхилення напруги на затисках електродвигунів повинно бути не більше 5%. У зв'язку з цим кожна ділянка електричної мережі повинна бути

перевірена на втрату напруги, причому, у випадку великих відстаней від енергоприймача до джерела цей розрахунок є визначальним.

Лінії трифазного струму низької напруги і відносно невеликої довжини можна розрахувати за наступною спрощеною формулою:

$$\Delta U = \frac{Pl}{\rho CS}, \quad (2.14)$$

де ρ - питома електропровідність проводу, $м/Ом \cdot мм^2$;

P - розрахункова потужність, $кВт$;

l - довжина розрахункової ділянки лінії, $м$;

S - перетин проводу, $мм^2$;

C - характеристичний коефіцієнт ліній, приймається рівним 44 [9].

Розрахуємо потужність електроприймача лінії $L5$ (кормороздавача змішувач КС-1.5):

$$\sum P = 5,5 + 0,5 \cdot 3 = 7,15 \text{ кВт.}$$

Перетин проводу визначаємо по формулі:

$$S = \frac{Pl}{C\Delta U}, \quad (2.15)$$

де ΔU приймаємо рівним 3,5%, $l = 75 \text{ м}$, $P = 7,15 \text{ кВт}$, $U = 380 \text{ В}$;

$$S = \frac{7,15 \cdot 75}{44 \cdot 3,5} = 3,46 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо провід марки АВВГ 3х4 + 1х2,5 перетином фазних проводів 4 мм^2 , нульового – $2,5 \text{ мм}^2$.

Перевірка на нагрівання:

$$I_p = \frac{7150}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 12,48 \text{ А.}$$

Допустиме навантаження – 25 А . Проводи підходять.

Розрахуємо перетин проводів для лінії $L1$:

$$S = \frac{30 \cdot 20}{44 \cdot 3,5} = 3,9 \text{ мм}^2$$

Перевіримо проводи на нагрівання:

$$I = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 47,97 \text{ А.}$$

По нагріванню проводу не підходять, вибираємо перетин проводу виходячи з допустимого струму: $S = 16 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 55 \text{ А}$.

Розрахуємо перетин лінії $L2$:

$$S = \frac{4 \cdot 106}{35 \cdot 44} = 2.75 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо провід перетином 3 мм^2 .

Перевіримо проводи на нагрівання:

$$I = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.8} = 7.6 \text{ А}$$

За температурним режимом проводи підходять.

В якості зведеної таблиці силових електропроводок на листі 3 графічної частини роботи представлена схема принципова силового устаткування.

2.4 Розрахунок пускової і захисної апаратури

Виберемо запобіжники і плавкі вставки до них для захисту електричної мережі $380/220 \text{ В}$ (рис. 2.2), що прокладається у свинарнику–репродукторі. Всі двигуни з легким режимом пуску і включаються по черзі. Від щита освітлення живляться лінії освітлення з люмінесцентними лампами загальною потужністю 7 кВт (лінія $L1$). Коефіцієнт потужності освітлювального навантаження – $0,9$.

Коефіцієнт одночасності для введів приймаємо $0,9$ для інших ліній - $k_{\text{од}} = 1$.

Нижче приведено необхідні для розрахунку дані.

Ввід I:

Лінія $L8$, що живить витяжну систему B_3, B_4 з електродвигунами

$$M_8 = M_{8.1} - P_n = 0.75 \text{ кВт};$$

Лінія $L9$, що живить ОУ ІКУФ-1 – $P_n = 16 \text{ кВт}$;

Лінія $L10$, витяжної системи B_1, Y_2 із двигунами $M_{10} = M_{10.1} - P_n = 0.55 \text{ кВт}$;

Лінія $L11$, що живить приточну систему «Клімат» з електродвигунами

$$M_{11} \div M_{11.5} \text{ рівним по потужності } P_n = 0.37 \text{ кВт};$$

Лінія $L12$, що живить електронагрівні підлоги ЕК12 $P_n = 8.8 \text{ кВт}$;

Лінії $L13, L14$ з електродвигунами $M_{13} = M_{14} P_n = 0.55/2.2 \text{ кВт}$.

Ввід II:

Лінія $L1$, що живить ОЩ – $P_n = 7 \text{ кВт}$;

Лінія L_2 , що живить електроводонагрівач ЕК2 - $P_H = 30000 \text{ Вт}$;

Лінії L_3, L_4 з електродвигунами $M_3=M_4 - P_H = 4 \text{ кВт}$;

Лінії L_5, L_6 з електродвигунами $M_5=M_6 - P_H = 5.5 + 0.55 + 0.55 + 0.55 \text{ кВт}$.

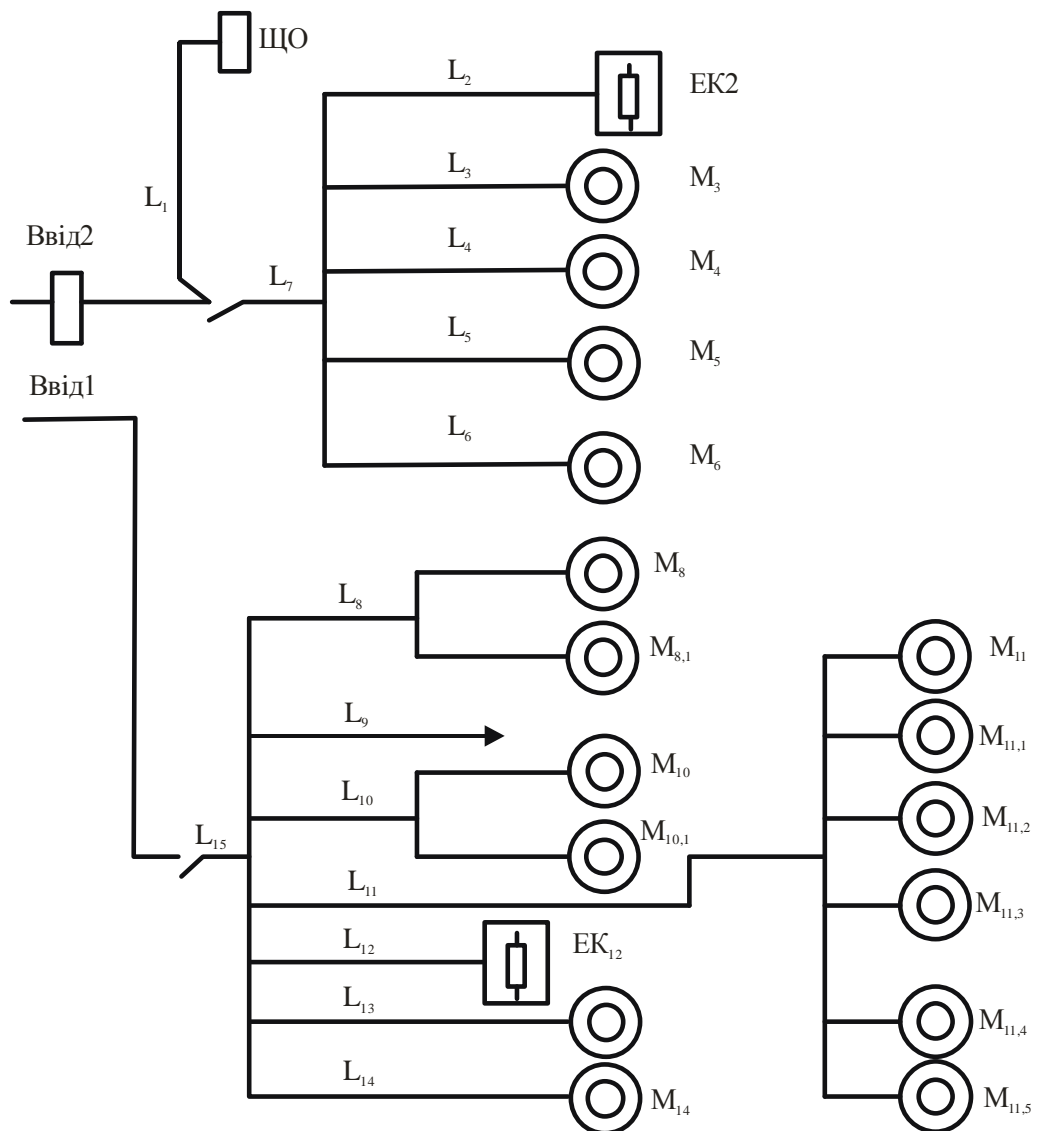


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема

Формули для розрахунку:

$$I_n = \frac{1.2P}{\sqrt{3}U \cos \varphi}, \quad (2.16)$$

для розрахунку номінального струму лінії, що живить освітлювальний щиток з урахуванням утрат потужності в ПРА.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi \eta}, \quad (2.17)$$

для розрахунку номінального струму електродвигуна; де η - ККД;

$$I_n = \kappa_i \cdot I_n, \quad (2.18)$$

де κ_i – кратність струму при пуску електродвигуна;

$$I_{вст} = \frac{I_n}{\alpha}, \quad (2.19)$$

для визначення струму плавкої вставки, де α - коефіцієнт, що залежить від пускового режиму захищених електродвигунів: $\alpha = 2,5$ – для двигунів з легким режимом пуску, $\alpha = 1,6$ – з важким режимом пуску.

Розрахуємо за формулою (2.1) струм, що протікає по лінії $L1$:

$$I_n = \frac{1,2 \cdot 7000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 14,2 \text{ A}$$

Розрахуємо I_g за формулою:

$$I_g = \kappa_n I_n, \quad (2.20)$$

де κ_n - коефіцієнт надійності для ліній, що живлять лампи розжарювання і нагрівальних приладів $\kappa_n = 1$, а для ліній, що живлять люмінесцентні лампи $\kappa_n = 1,25$

$$I_g = 1,25 \cdot 14,2 = 17,75 \text{ A}.$$

Приймаємо для установки запобіжник ПР2-60 з $I_{ном.у} = 20 \text{ A}$.

Лінія 2: За формулою (2.5) розрахуємо струм вставки. Для цього знайдемо I_n за формулою (2.17):

$$I_n = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95 \cdot 1} = 48 \text{ A}$$

Струм плавкої вставки $I_g = 48 \cdot 1 = 48 \text{ A}$.

Вибираємо запобіжник ПН2-100 з $I_{ном.у} = 50 \text{ A}$.

Лінія L3: За формулою (2.2) розраховуємо робочий струм:

$$I_n = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87 \cdot 0,76} = 9,2 \text{ A}$$

За формулою (2.3) знайдемо пусковий струм:

$$I_n = 9,2 \cdot 6,5 = 59,8 \text{ A}.$$

Струм плавкої вставки:

$$I_g = \frac{59,8}{2,5} = 23,92 \text{ A}.$$

Приймаємо запобіжник ПР2-60 з $I_{г.ном} = 25 \text{ A}$.

Лінія $L4$ аналогічна лінії $L3$.

Лінія L5. Розрахуємо струм, споживаний самим потужним двигуном кормороздатчика (4A112-M4-P3):

$$I = \frac{5500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.87 \cdot 0.77} = 12.5 \text{ A.}$$

Електродвигун №2 кормороздатчика-змішувача за тих самих умов споживає струм 1,75 A (4AX71A4P3) при потужності 0,55 кВт. Електродвигун №3 (4A71B6Y1) – 1.4 A при потужності 0.55 кВт. Електродвигун №4 має ті ж характеристики, що і двигун №3. Робочий струм, що протікає по лінії L5 при роботі всіх електродвигунів кормороздатчика визначаємо як:

$$\sum I_p = (12,5 + 2 \cdot 1,4 + 1,75) \cdot 1 = 17,05 \text{ A.}$$

Максимальний струм розрахуємо припускаючи, що $n-1$ двигунів споживають робочий струм, а один двигун (з найбільшим пусковим струмом) запускається. Звідси:

$$I_{\max} = (2 \cdot 1.4 + 1.75) \cdot 1 + 7 \cdot 12.5 = 92.05 \text{ A};$$

Струм вставки визначимо за формулою (2.16):

$$I_s = \frac{92.05}{2.5} = 36.8 \text{ A}$$

Вибираємо запобіжник ПН2-100 з $I_{в.ном} = 40 \text{ A}$.

Від I:

Лінія L8:
$$I_n = \frac{750}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85 \cdot 0.6} = 2,17 \text{ A};$$

$$I_{\max} = 2.17 + 5 \cdot 2.17 = 13.02 \text{ A};$$

$$I_s = \frac{13.02}{2.5} = 5.2 \text{ A}$$

Вибираємо запобіжник ПР2-15 з $I_{в.ном} = 6 \text{ A}$.

Лінія L9:
$$I_n = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85} = 28,6 \text{ A}$$

$$I_s = 28,6 \cdot 1 = 28,6 \text{ A}$$

Вибираємо запобіжник ПН2-100 і $I_{в.ном} = 30 \text{ A}$.

Лінія L10:
$$I_n = \frac{550}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85 \cdot 0.6} = 1,7 \text{ A};$$

$$I_{\max} = 1.7 + 5 \cdot 1.7 = 10.8 \text{ A};$$

$$I_{\epsilon} = \frac{10,8}{2,5} = 4,08 \text{ A}.$$

Вибираємо запобіжник ПР2-15 з $I_{\epsilon, \text{ном}} = 6 \text{ A}$.

Лінія L11:
$$I_n = \frac{370}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,6} = 1,5 \text{ A};$$

$$I_{\max} = (1.5 \cdot 5) + 5 \cdot 1.5 = 15 \text{ A};$$

$$I_{\epsilon} = \frac{15}{2.5} = 6 \text{ A}.$$

Лінія L12:
$$I_n = \frac{8800}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 14,1 \text{ A};$$

$$I_{\epsilon} = 14.1 \cdot 1 = 14.1 \text{ A}.$$

Вибираємо запобіжник ПР2-15 з $I_{\epsilon, \text{ном}} = 15 \text{ A}$.

Лінія L13:
$$I_n = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 5 \text{ A};$$

$$I_n = 5 \cdot 7 = 35 \text{ A};$$

$$I_{\epsilon} = \frac{35}{2.5} = 14 \text{ A}.$$

Лінія L14 аналогічна L13.

Вибираємо запобіжник ПР2-15 з $I_{\epsilon, \text{ном}} = 15 \text{ A}$. В якості зведеної таблицю на листі 3 графічної частини кваліфікаційної роботи представлено схему принципова силового електроустаткування.

2.5 Розрахунок освітлення в приміщенні

У секції опоросу розмірами $a = 36.6 \text{ м}$, $b = 8,9 \text{ м}$, $h = 4 \text{ м}$, $S = 325,74 \text{ м}^2$, $h_{pn} = 0 \text{ м}$ згідно галузевих норм потрібно забезпечити освітленість $E = 75 \text{ лк}$ люмінесцентними лампами типу ЛБР (рис. 2.3).

Оскільки секція опоросу (1) є сирим приміщенням з хімічно активним середовищем, то вибираємо рекомендований для тваринницьких приміщень світильник типу ПВЛМ [11]. Коефіцієнти відбиття ρ_n в секції опоросу приймаємо 50%, 30% і 10%. Коефіцієнт запасу для будь-якого тваринницького приміщення прий-

мається рівним $\kappa_3 = 1.3$. Рекомендований світильник має в поперечній площині криву світлового розподілу типу D , тобто косинусний світлорозподіл [34]. У цьому випадку $\lambda = 1,5$ [9].

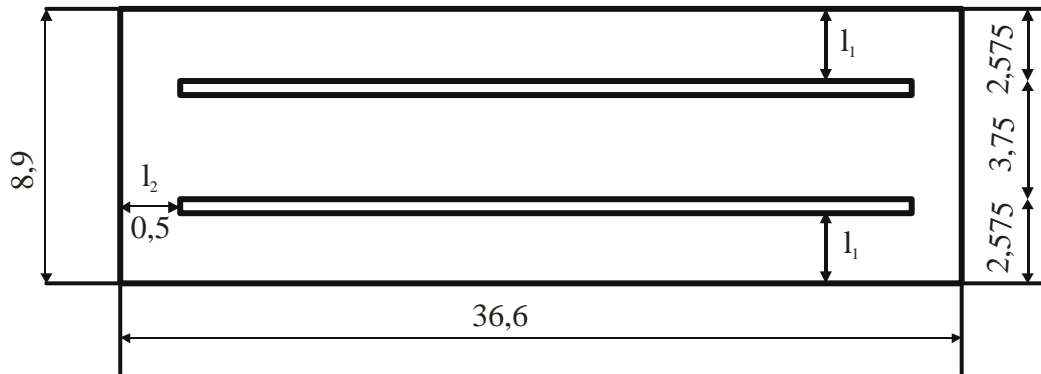


Рисунок 2.3 - Розташування світильників

Висота звису світильників $h_c = 1.5$ м. Розрахункова висота світильника над освітлюваною поверхнею:

$$h_p = h - h_c = 4 - 1.5 = 2.5 \text{ м.}$$

Визначимо відстань між рядами світильників:

$$L_s = h_p \lambda = 2.5 \cdot 1.5 = 3.75 \text{ м ;} \quad (2.21)$$

число рядів світильників:

$$n = \frac{b}{L_s} = \frac{8,9}{3,75} = 2,37, \quad (2.22)$$

Приймаємо $n = 2$ ряди. Визначимо відстань від крайнього ряду світильників до стіни (рис. 2.3):

$$l_1 = \frac{b - L_s}{n} = \frac{8,9 - 3,75}{2} = 2,575 \text{ м;} \quad (2.23)$$

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{h_p (a + b)} = \frac{325,74}{2,5 \cdot (36,6 + 8,9)} = 2,86.$$

Знаходимо значення коефіцієнта використання світлового потоку η за довідником [12], $\eta = 0.65$. Також за довідковими даними [30] приймаємо коефіцієнт нерівномірності розподілу освітленості (мінімальної освітленості) $z = 1,15$.

Визначаємо необхідний світловий потік ламп у кожному ряду світильників:

$$F = \frac{E_z S \kappa_3}{h_p \eta}, \quad (2.25)$$

$$F = \frac{75 \cdot 1.15 \cdot 325.74 \cdot 1.3}{2.5 \cdot 0.65} = 22476 \text{ лм} .$$

Промисловість випускає світильники типу ПВЛМ із люмінесцентними лампами 40 і 80 Вт [35]. Вибираємо світильники з двома лампами по 40 Вт, так як при $h_p < 3$ м лампи потужністю 80 Вт застосовувати не можна [9]. Світловий потік лампи ЛБР40 після 100 годин роботи складає 2250 лм [33]. Визначимо необхідне число світильників у ряді:

$$N = \frac{F}{F_l} , \quad (2.26)$$

$$N = \frac{22476}{2 \cdot 2250} = 4.99 \text{ шт}$$

Приймаємо 5 світильників.

При довжині одного світильника $l_{cs} = 132.5$ см загальна довжина складе:

$$l_{cs\Sigma} = l_{cs} N , \quad (2.27)$$

$$l_{cs\Sigma} = 1325 \cdot 5 = 6,625 \text{ м} .$$

Відстань між світильниками в ряді:

$$l_n = \frac{a - l_1 - l_2 \cdot 2}{4} , \quad (2.28)$$

де $l_2 = 0.5$ м – відстань від крайнього світильника в ряді до торцевої стіни.

$$l_n = \frac{36.6 - 6.625 - 0.5 \cdot 2}{4} = 7.24 \text{ м}$$

Розрахуємо загальну потужність ламп освітлювальної установки в секції опоросу:

$$\Sigma P = n N P_n \cdot 2 , \quad (2.29)$$

$$\Sigma P = 2 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 40 = 800 \text{ Вт} .$$

Річне споживання енергії на освітлення:

$$W = \Sigma P T \quad (2.30)$$

де T - річне число годин використання максимуму електричного навантаження.

Для тваринницьких приміщень $T = 700$ год [9].

$$W = 0.8 \cdot 700 = 560 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Максимальний робочий струм, що харчує даний груповий щиток лінії, що приходить тільки на освітлення:

$$I = \frac{\Sigma P}{U_{ном}}, \quad (2.31)$$

$$I = \frac{0.8}{220} = 3.63 \text{ A}.$$

З врахуванням десяти світильників призначаємо одну групову лінію з одним однополюсним автоматом типу ВА-14-26-14 на груповому щитку.

Робочий (максимальний) струм групової лінії:

$$I_{Г} = I = 3.63 \text{ A}.$$

Номинальний струм теплового розмикача:

$$I_{ном} = \frac{I_{Г}}{0.6 \dots 0.8} = \frac{3.63}{0.7} = 5.2 \text{ A}, \quad (2.32)$$

Вибираємо найближче більше значення 6 А [9].

Перетин проводів групової лінії:

$$S = \frac{M}{C \Delta U \%}, \quad (2.33)$$

де C - характеристичний коефіцієнт, $C = 7.4$ [9].

Втрати напруги ΔU при спільному живленні силового й освітлювального навантаження (як це звичайно буває в сільській електрифікації) складають: у ПЛ-0,4 кВ – 3.5%, у лінії живлення – 0.5%. Отже, передбачувана втрата напруги в груповій лінії залишається 1%.

Потужність десяти світильників групової лінії:

$$P_{Г} = U_{ном} I_{Г}, \quad (2.34)$$

$$P_{Г} = 3.63 \cdot 220 = 798.6 \text{ Вт}.$$

Відповідний електричний момент:

$$M_{Г} = P_{Г} \frac{a}{2}, \quad (2.35)$$

$$M_{Г} = 0.8 \cdot \frac{36.6}{2} = 14.64 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Звідси перетин проводу:

$$S = \frac{14.64}{7.4 \cdot 1} = 1.97 \text{ мм}^2.$$

Найближчий більший стандартний перетин проводу для тросової підвіски дорівнює $2,5 \text{ мм}^2$ [35].

Перевіримо провід за нагріванням: для алюмінієвого проводу перетином $2,5 \text{ мм}^2$ тривало допустимий струм не перевищує $16 \text{ А} > I_T = 3,63 \text{ А}$. Вибираємо провід марки АВВГ (3×2.5) для прокладки в лотках і на тросових підвісках. Дані по приміщеннях свинарника заносимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Зведена відомість

№ п/п	Найменування приміщення	К-ть	Площа, $S, \text{ м}^2$	К-ть і тип світильника	$h_p, \text{ м}$	Освітленість $E, \text{ лк}$	Потужність, кВт	Марка і перетин проводу
1	Секція опоросу	2	654,9	20 ПВЛМ-2×40	2,5	75	0,8+0,8	АВВГ (3×2,5)
2	Секція відтворення	1	593,9	ПВЛМ-2×40	2,5	75	1,6	АВВГ (3×4)
3	Кімната персоналу	1	15	3ЛСП15-2×40+1 розетка	2,5	200	1,3+0,24	АВВГ (2×4)
4	Інвентарна	1	15	НСП 03-100-001	2,5	20	0,1	АВВГ (2×4)
5	Тамбур з машинним відділенням і два виходи	1	40	4ЛСП-2×40+1 розетка + 2ПСХ60	2,5	20	0,32+1,3+0,12	АВВГ (2×4)
6	Коридор	1	68,4	5ЛСП15-2×40	2,5	75	0,4	АВВГ (2×2,5)

2.6 Розрахунок опромінення

У секції опоросу свинарника-репродуктора одночасно утримуються 30 маток-годовниць з поросятами і відлученими поросятами - 264 голови. Виконаємо розрахунок опромінюючої установки при температурі приміщення $15 \text{ }^\circ\text{C}$ і оптимальних параметрах: відносній вологості повітря, швидкості руху повітря, кратності повітрообміну і світлового режиму. Вирощування поросят – на підлозі.

Вибираємо стаціонарну установку, що рекомендується для поросят, комбінованого (ІЧ+УФ) опромінення ІКУФ-1 з еритемною (вітальною) опромінюючою лампою ЛЕО-15 і двох ламп ІЧ-випромінювання типу ІКЗК 220-250.

У приміщеннях, де кормогнійні проходи розташовані вздовж зовнішніх стін, а верстати - в середній частині свинарника, для ІЧ обігрівання варто передбачати одне окреме на 4-5 верстатів, розміщене або в центрі чотирьох верстатів, де перетинаються їхні внутрішні перегородки, або в двох верстатах вздовж подовжньої (поперечної) перегородки [11]. Розташуємо два опромінювача по одному на два верстати. Верстатів у секції опоросу 60. Так як верстатів у ряді 15, то в ряді встановимо 8 опромінювачів. На 4 ряди верстатів буде встановлено 32 опромінювача. Установка ІКУФ передбачає у своєму складі 40 опромінювачів. Тому в секції опоросу досить буде однієї установки. ІЧ-потужність установки ІКУФ-1 (32 опромінювача по 500 Вт кожний) становить:

$$P = 500 \cdot 32 = 16 \text{ кВт}.$$

Висота підвісу опромінювачів над підлогою для молочних поросят - 70 см, для відлучених поросят - 90 см [9, 11].

У перші три дні ІЧ-лампи включені постійно. УФ-лампи включають у перший день на 20 хв., у другий – 40 хв., у третій - на 1 годину. Включення і відключення УФ-ламп у цей період виконується вручну. З 3-го до 10-го дня ІЧ- і УФ-лампи працюють в автоматичному режимі. ІЧ-лампи - 45 хв. обігріву і 15 хв. - пауза. УФ-лампи включаються 3 рази по 1 год. 40 хв. у денний час [9, 11].

2.7 Розрахунок і вибір електродвигуна

У сільськогосподарському виробництві застосовують електроводонагрівачі непрямого нагрівання (елементні) і прямого нагрівання (електродні). Елементні водонагрівачі прості за будові та в експлуатації, мають високий ККД і $\cos\phi = 1$, комплектуються стандартними нагрівальними елементами типу ТЕН і випускають потужністю до 40 кВт. Найбільше поширення одержали ємнісні (акумуляторні) елементні водонагрівачі з шаром теплоізоляції, завдяки якому зниження температури води при відключенні електроводонагрівача не перевищує 1 °С за годину. Це дає можливість вмикати електродвигун у години провалу добових графіків електричних навантажень господарства і мати цілодобово гарячу воду навіть у випадках перерви електропостачання.

Крім ємнісних знайшли застосування і прямочні електроводонагрівачі, у яких воду нагрівають безпосередньо перед вживанням. Вони є дешевими і ком-

пактними та дозволяють одержати велику кількість гарячої води в короткий час, але в таких водонагрівачах важко регулювати температуру води на виході і неможлива їх робота в примусовому графіку.

Для підігріву великої кількості води до високої температури потрібна велика потужність і при перервах електропостачання ферма має недостатньо гарячої води. Тому прямоточні електроводонагрівачі краще використовувати в теплицях, у системі електричного водяного опалення, де є необхідність безперервної подачі гарячої води [29].

Отже, для системи гарячого водопостачання вибираємо акумуляційний елементний водонагрівач типу ВЕТ. Дані щодо споживання підігрітої води на свинофермі приведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Дані водоспоживання підігрітої води

Найменування споживачів	К-ть споживачів, голів	Режим водоспоживання	Водоспоживання з мережі гарячого водопостачання, м ³ /доб (65 °С)
1. Поїння свиней:			
а) кнурів	20	$k_c = 2,5$	0,04
б) холостих і супоросних свиноматок	90		0,2
в) м'ясного молодняка	110		0,12
г) відлучених поросят	264		0,09
д) маток-годовниць	30		0,11
2. Миття годівниць і прибирання приміщень для опоросу	30 264	2 рази в добу	0,29
3. Миття заплідника		2 рази в добу	0,39
4. Миття кормороздатчиків	2	2 рази в добу	0,1
РАЗОМ			1,34

Вода витрачається на виробничі потреби норми споживання для тварин, які регламентовані відповідними стандартами. Витрату і температуру води приймаємо відповідно до механіко-технологічного завдання. Електричні водонагрівачі вибираємо за такою умовою:

$$P_{уст} \geq P_{розн} ,$$

де $P_{уст}$ і $P_{розн}$ - відповідно встановлена і розрахункова потужності електродвигуна, кВт.

Визначаємо розрахункову потужність ємнісного електричного водонагрівача за наступною формулою:

$$P_{розр} = \frac{4,19 \cdot m(t_k - t_n)}{3600\tau\eta}, \quad (2.36)$$

де 4,19 - теплоємність води, кДж/кг °С;

m - маса води, кг; $m = 1340$ кг;

t_k - кінцева температура води, °С; $t_k = 65$ °С;

t_n - початкова температура вода, °С; $t_n = 4$ °С (у зимовий період);

τ - час нагрівання води, год.; $\tau = 5,5$ год.;

3600 - тепловий еквівалент 1 кВт·год у кДж/кВт·год;

η - ККД водонагрівача; для ємнісних водонагрівачів приймається рівним 0,95.

$$P = \frac{4.19 \cdot 1340(65 - 4)}{3600 \cdot 5.5 \cdot 0.95} = 18.2 \text{ кВт}.$$

Приймаємо водонагрівач типу ВЕТ–1600 з технічними характеристиками:

Ємність	1600 л
Потужність	30 кВт
Температура нагрівання води	85...90 °С
Розрахункова добова продуктивність	4800 л
Час нагрівання	5.5 год.
Продуктивність	240 л/год

Електричний водонагрівач типу ВЕТ-1600 буде включатися в нічний час, набираючи до ранку задану температуру. Вдень він буде працювати в режимі термоса, набираючи необхідну температуру (65 °С) при падінні її на 10-12 °С.

Визначимо, за який час ВЕТ-1600 нагріє воду до 65 °С. Для цього необхідно знайти кількість тепла необхідного для нагрівання 1600 л води:

$$Q = 4.19 \cdot 1600 \cdot (65 - 4) = 408944 \text{ Дж},$$

$$\text{звідси } \tau = \frac{Q}{P} = \frac{408944}{3600 \cdot 0,95} = 3,9 \text{ год}.$$

Визначимо нову продуктивність електронагрівача на протязі години:

$$M'_{вод} = M_{вод} \frac{t_k}{t}, \quad (2.37)$$

де $M_{вод}$ - існуюча продуктивність (240 л/год), л/год;

t_k - нормальна температура (90 °C), °C;

t - нова температура (65 °C), °C.

$$M'_{вод} = 240 \cdot \frac{90}{65} = 332 \text{ л/год}.$$

2.8 Розрахунок електронагрівних підлог

Норми технологічного проектування передбачають необхідність створення у свинарниках-репродукторах зон для відпочинку свиноматок з температурою підлоги 16-20 °C, для молочних поросят - 28-32 °C. Застосування однобічного ПЧ-нагріву не забезпечує підтримки необхідного співвідношення температур у зоні місцевого обігріву. Дослідження показують, що підведення теплоти знизу забезпечує кращий ріст і розвиток молочних поросят [8]. Це обумовлює перспективність даної системи електрообігрівання поросят у свинарниках-репродукторах.

Спроекуємо електричні нагрівні підлоги в секції опоросу з теплими зонами відпочинку для свиноматок і молочних поросят. У секції опоросу є два ряди верстатів (по 15 у ряді), у яких знаходяться свиноматки з поросятами. Розміри стакана 2,3 x 2 м. У кожному стакані по фронту ряду виділені площадки для відпочинку поросят довжиною $L = 0,8$ м, для свиноматок - по 1,7 м. У кожному ряді стаканів виникає загальна обігрівна смуга шириною $H = 1,1$ м, на якій розміщено площадки для свиноматок і поросят. Виконаємо послідовний розрахунок, кінцевою метою якого є визначення потужності проектованої установки. Розрахуємо площу обігріву однієї площадки за наступною формулою:

$$S = H \cdot L, \quad (2.38)$$

де $H = 1,1$ м – загальна смуга обігріву (ширина);

L - довжина площадки обігріву; $L1 = 1,5$ м – для свиноматки, $L2 = 0,8$ м – для молочних поросят.

$$S_1 = 1,1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ м}^2$$

$$S_2 = 1,1 \cdot 0,8 = 0,88 \text{ м}^2$$

Визначимо питомі поверхневі густини теплового потоку площадок теплої підлоги для свиноматок і поросят за формулою:

$$P_0 = \frac{\alpha(t_n - t_в)}{\eta}, \quad (2.39)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі від підлоги до повітря приміщення; приймається 10 ... 12 Вт/м² °С [8];

t_n - рекомендована температура підлоги, °С; для молочних поросят - 28...32 °С, для свиноматок - 18...20 °С;

$t_в$ - температура повітря у свинарнику в зимовий час, $t_в = 15$ °С;

η - коефіцієнт, що враховує тепловтрати в ґрунт; $\eta = 0,8...0,9$

$$P_{01} = \frac{12 \cdot (20 - 15)}{0,8} = 75 \text{ Вт/м}^2$$

$$P_{02} = \frac{12 \cdot (28 - 15)}{0,8} = 195 \text{ Вт/м}^2$$

Визначимо основні розрахункові величини електронагрівної підлоги - $t_{жс}$ і « a », де $t_{жс}$ - температура нагрівання жили нагрівального проводу, « a » - крок укладання проводу. Знайдемо їх шляхом спільного розв'язку двох рівнянь:

$$\Delta t = t_{жс} - t_n = a \cdot P_0 \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{D}{d}\right)}{2\pi\lambda_n} + \frac{1}{2\pi\lambda_\delta} \cdot \ln\left(\frac{2ae^{\frac{2\pi h}{a}}}{\pi d}\right) \right), \quad (2.40)$$

де Δt - перепад температур між жилою проводу і поверхнею статі;

β - коефіцієнт лінійного розширення, $\beta = 0,042$;

ρ - питомий опір проводу, $\rho = 0,14$ Ом·мм²;

D - діаметр проводу з ізоляцією, $D = 2,3$ мм;

d - діаметр жили, $d = 1,1$ мм;

λ_i - теплопровідність ізоляції проводу, $\lambda_i = 0,36$ Вт/м °С;

h - глибина закладки нагрівального проводу, $h = 0,04...0,08$ м;

λ_δ - теплопровідність бетону, $\lambda_\delta = 0,84$ Вт/м °С;

$$t_{жс} = \frac{1}{\beta} \left(\frac{\pi d^2 \Delta U^2 \cos^2 \varphi}{4 \rho a P_0 - 1} \right) + 20, \quad (2.41)$$

де ΔU – напруга на 1 м нагрітого проводу, приймається 1,1...1,4 В/м;

$\cos \varphi$ – внутрішній коефіцієнт потужності, рекомендується приймати 0,86...0,82.

Для побудови графічних залежностей $t_{жс} = f(P_0, a)$ задаємося трьома значеннями кроку «а» у межах, зазначених у довідковій літературі [8], де крок «а» для проводу ПОСХП 0,14...0,18 м, потім обчислюємо $t_{жс}$ за двома рівняннями і дані розрахунку заносимо в табл. 2.4, згідно яких побудуємо криві і точки перетину яких дадуть значення $t_{жс}$ і «а».

$$\Delta t = 0.14 \cdot 75 \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{2.3}{1.1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0.36} + \frac{1}{2\pi \cdot 0.84} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 0.14 \cdot e^{\frac{2\pi \cdot 0.04}{a}}}{\pi \cdot 0.0011}\right) \right) = 15.8^\circ C,$$

$$t_{жс} = \frac{1}{0.042} \left(\frac{\pi \cdot 1.1^2 \cdot 1.4^2 \cdot 0.82^2}{4 \cdot 0.14 \cdot 0.14 \cdot 75 - 1} \right) + 20 = 45.65^\circ C \text{ - для свиноматки.}$$

Таблиця 2.4 - Аналітичний розв'язок

Крок «а», м	Розрахунок за рівнянням (2.3)		$t_{ек1}$	Розрахунок за рівнянням (2.4), $t_{жс}$
	Δt	$t_{н1}$		
0,14	15,8	20	35,8	45,65
0,16	17,8	20	37,8	41,9
0,18	19,8	20	39,8	39,1

Розрахуємо Δt і $t_{жс}$ для молочних поросят:

$$\Delta t = 0.14 \cdot 195 \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{2.3}{1.1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0.36} + \frac{1}{2\pi \cdot 0.84} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 0.04 \cdot e^{\frac{2\pi \cdot 0.04}{0.04}}}{\pi \cdot 0.0011}\right) \right) = 16.4^\circ C$$

$$t_{жс} = \frac{1}{0.042} \left(\frac{\pi \cdot 1.1^2 \cdot 1.4^2 \cdot 0.84^2}{4 \cdot 0.14 \cdot 0.04 \cdot 195 - 1} \right) + 20 = 57.2^\circ C;$$

тут крок «а» приймається в межах 0,04...0,08 м [30].

Дані для молочних поросят заносимо в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Аналітичний розв'язок

Крок «а», <i>m</i>	Розрахунок за рівнянням (2.3)		$t_{ек1}$	Розрахунок за рівнянням (2.4), $t_{жс}$
	Δt	t_{n1}		
0,04	16,4	28	44,4	57,2
0,06	21	28	49	42,5
0,08	25,7	28	53,7	36,2

На рис. 2.4 зображено криві, побудовані за отриманими даними. У результаті обчислень і побудови графіків виявлено, що площадка для свиноматок має наступні дані: $a_1 = 0,177$, $t_{жс} = 39,5$ °С; площадка для молочних поросят $a_2 = 0,05$ м, $t_{жс} = 47$ °С.

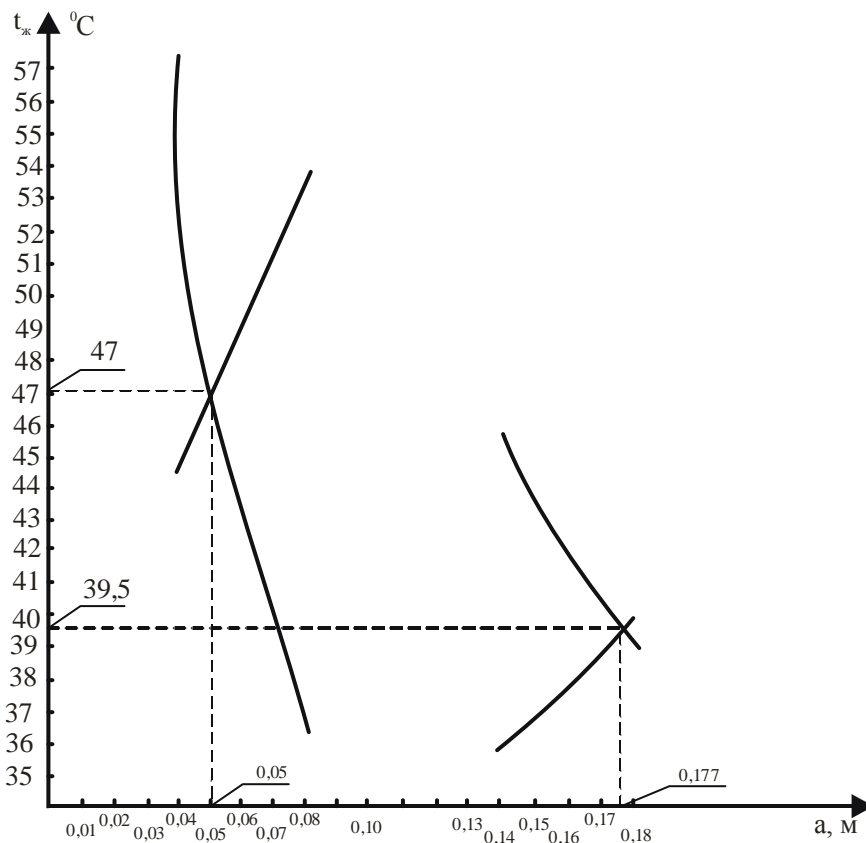


Рисунок 2.4 - Графік залежності $t_{жс} = f(P_0, a)$

Визначимо число паралельних відрізків нагрівального проводу на площадках для свиноматок і поросят за формулою:

$$m = \frac{H}{a}, \quad (2.42)$$

$$m_1 = \frac{1.1}{0.177} = 6.21,$$

$$m_2 = \frac{1.1}{0.05} = 22$$

округляємо $m_1 = 6$ відрізків.

Знайдемо довжину проводу під одним верстатом:

$$l = m_1(L_1 + a_1) + m_2(L_2 + a_2), \quad (2.43)$$

$$l = 6.21 \cdot (1.475 + 0.177) + 22 \cdot (0.8 + 0.05) = 28.96 \text{ м}.$$

Визначимо довжину відрізка проводу, що включається на фазну напругу 220 В:

$$L = \frac{U_\phi}{\Delta U}, \quad (2.44)$$

$$L = \frac{220}{1,4} = 157,14 \text{ м}.$$

Для рівномірного навантаження фаз у кожній температурній смузі розміщаємо по три відрізки проводу і підключаємо до трифазної системи рис. 2.5).

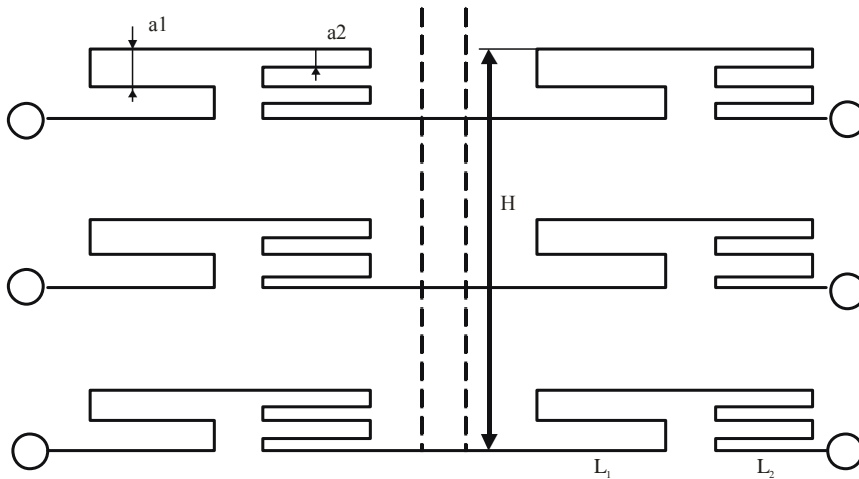


Рисунок 2.5 - Ескіз укладання нагрівального проводу

Довжину 3-х проводів визначимо за формулою:

$$L_3 = 3L, \quad (2.45)$$

$$L_3 = 3 \cdot 157.14 = 471.42 \text{ м}.$$

Знайдемо число верстатів у ряді, що обігріваються трьома відрізками про-
воду:

$$n = \frac{L_3}{l}, \quad (2.46)$$

$$n = \frac{471.42}{28.96} = 16.27.$$

Визначимо потужність для обігріву одного ряду верстатів:

$$P = n(P_{01}S_1 + P_{02}S_2), \quad (2.47)$$

$$P = 16 \cdot (75 \cdot 1.62 + 195 \cdot 0.88) = 4.69 \text{ кВт}.$$

Потужність для 30 верстатів:

$$\sum P = \frac{P \sum N}{n} = \frac{4.69 \cdot 30}{16} = 8.79 \text{ кВт}. \quad (2.48)$$

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка принципової електричної схеми електроводонагрівача

При розробці електричної принципової схеми котла ВЕТ-1600 використовуємо наступні передумови:

- 1) котел повинен бути захищений від перегріву і паротворення;
- 2) повинен бути передбачений захист від переливу;
- 3) повинен передбачатися захист від втрати рівня рідини на нагрівальних елементах (ТЕН);
- 4) установка і плавне регулювання заданого діапазону температури.

В якості нагрівальних елементів водонагрівача використовуємо дві секції ТЕНів EN1 і EN2 потужністю по 15 кВт кожна. Комутація силової мережі здійснюється стандартними пускачами третьої величини. Кола керування пускачами КМ1 і КМ2 аналогічні один одному. Тому розглянемо тільки коло керування пускачем КМ1 (рис. 3.1).

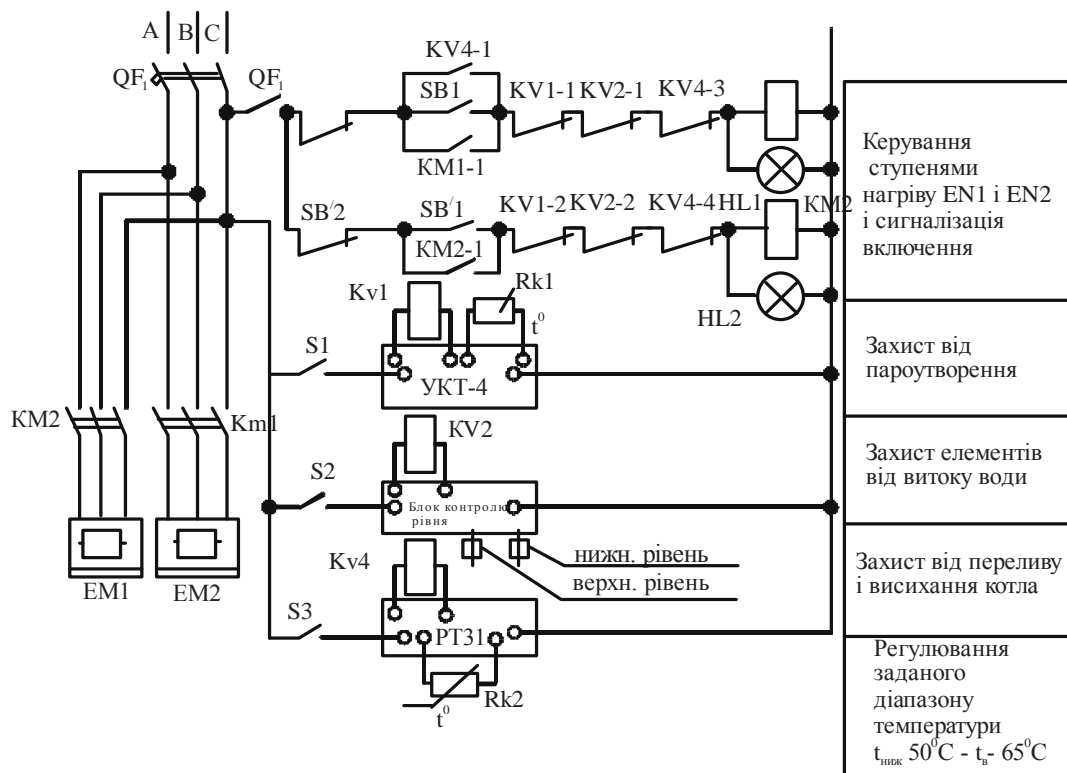


Рисунок 3.1 - Схема принципова електрична електроводонагрівача ВЕТ-1600

Включення здійснюється кнопкою «пуск» SV1 чорного кольору. Аварійна зупинка котла – кнопкою SV2 («Стоп») червоного кольору. У колі KM1 встановлена група нормально замкнутих контактів від блоку попередження паротворення УКТ-4, блоку контролю нижнього і верхнього рівнів рідини в котлі, блоку керування діапазоном температур РТ-31.

Датчик контролю верхнього рівня рідини керує клапаном заливу електроводонагрівача. Датчик нижнього рівня є аварійним і перешкоджає включенню нагрівальних елементів EN1, EN2 при падінні рівня рідини нижче критичного.

Розглянемо коло керування котлом на прикладі пускача KM1. На блоці задавача температури РТ-31 встановлюємо діапазон температури нагрівання 50-65⁰С. При включенні тумблера S3 з'являється живлення на блоці РТ-31. Нормально замкнутий контакт KV4-3 замкнутий - блок готовий до роботи. Тумблером S2 подаємо напругу на блок контролю рівня рідини. Тумблером S1 включається блок УКТ-4, на якому встановлена необхідна аварійна температура рідини водонагрівача - необхідна для його відключення при виході з ладу блоку РТ-31. Блок готовий до роботи.

Створено необхідне коло з контактів KV1, KV2 KV4, що дозволяє включити пускачі KM1 і KM2. Здійснення пуску котла виконується кнопками SB1 і SB1'. Йде процес інтенсивного нагрівання рідини. При досягненні межі нагрівання рідини (65⁰С) реле KV4 блоку РТ-31 розмикає коло керування котушками електромагнітних пускачів KM1 і KM2. Процес нагрівання завершений.

При остиганні рідини до 50⁰С спрацьовує блок РТ-31, повертаючи контакт KV4-3 у нормальне положення. При цьому друга пара контактів реле KV4-1 блоку РТ-31 замикає коло кнопки пуск SB1. Відбувається включення пускача KM1. KM2 у цьому режимі не включається, так як його коло керування не має контактів реле KV4-1, блоку РТ-31. При необхідності інтенсивного нагрівання рідини пускач KM2 можна включити вручну кнопкою SB1'.

Принцип роботи блоку РТ-31. Блок РТ-31 являє собою електронний пристрій, зібраний на базі операційного підсилювача. Дана мікросхема включена в коло терморезистора. При включенні живлення загоряється світлодіод HL1, що сигналізує про наявність напруги. Резистором R4 встановлюється нижній діапазон

регулювання температури. Резистором R10 установлюється необхідний діапазон збільшення температури. Індикація виконується світлодіодами HL2, HL3. При нагріванні рідини при досягненні необхідної температури за рахунок терморезистора створюється необхідний рівень напруги для спрацьовування мікросхеми. Керуючий тригер мікросхеми включає реле KV1, що своїми контактами KV4-4 і KV4-3 розриває коло керування пускачем KM1 і KM2. При зниженні температури до 49-50 °С струм, що протікає в терморезисторі, дозволяє мікросхемі повернутися у вихідний стан. Керуючий тригер мікросхеми повертає контакти реле KV4 у нормальне положення. При цьому замикається контакт KV4-1, що дозволяє включити в автоматичному режимі пускач KM1. Повторюється циклічна робота.

При виході з ладу блоку РТ-31 або його позаштатної роботи, функції системи керування температурою рідини бере на себе пристрій УКТ-4, запрограмований на допустиму аварійну температуру рідини. При досягненні аварійної температури відбувається спрацьовування реле KV1 блока УКТ-4, що своїми контактами KV1-1 KV1-2 розриває коло керування пускачами KM1 і KM2, перешкоджаючи ручному й автоматичному керуванню пускачами до усунення аварійного режиму блоку РТ-31.

Блок контролю рівня рідини базується на порівнянні опору робочого датчика і зразкового опору приладу. Блок керування контролем рівня здійснює захист ТЕНів від роботи в сухому режимі. При зникненні нижнього рівня рідини спрацьовує вихідне реле KV2 і своїми контактами KV2-1, KV2-2 розриває коло керування пускачами KM1 і KM2, перешкоджаючи автоматичному і ручному включенню нагрівальних елементів EN1 EN2. Датчик верхнього рівня в залежності від умов і задач дозволяє підтримувати рівень рідини максимальним. Принципова електрична схема включення водонагрівача в мережу представлена на листі 4 графічної частини кваліфікаційної роботи.

3.2 Розробка монтажної схеми електроводонагрівача

Вихідними передумовами для розробки монтажної схеми електроводонагрівача є:

- 1) дотримання норм ПТЕ і ПТБ;
- 2) доступність керування і його простота;
- 3) зручність розташування і доступ до щита.

Розроблювальний щит конструктивно оформлений у вигляді НКП (нестандартного комутаційного пристрою), тобто у вигляді начіпної шафи розмірами 700x500x400 мм із передніми дверцятами, що відкриваються. Шафа повинна бути пофарбована сучасними кераміко-порошковими фарбами для металоконструкцій, що знаходяться в умовах агресивного середовища. Передні дверцята шафи закриваються на 2 сегментних замки. На них розташовані органи керування і світлова індикація стану устаткування, тобто три світлоіндикатори:

- 1) світлоіндикатор зеленого кольору HL1 - індикатор включення мережі,
- 2) індикатори HL2 і HL3 червоного кольору, що сигналізують про положення „включено” пускачів КМ1 і КМ2, які конструктивно виконані на сучасній елементній базі (тип СФО-3, СФО-К). Основою світлоарматури є світловипромінюючі діоди.

У наступному ряді розташовані органи керування оперативними колами блоків керування і контролю технологічними процесами.

Елементна база. Автоматичний вимикач типу А-16 ($I_{ном}=10$ А) включає оперативний струм на колі керування пускачами КМ1 і КМ2. Тумблери S1, S2, S3 подають напругу живлення на блоки УКТ-4, блок контролю рівня і блок РТ-31. Навіть на дверцятах розташовані 2 блоки кнопок керування «Пуск» і «Стоп» пускачів КМ1 і КМ2. Конструктивно вони виконані на двох двохштифтових кнопках типу ПКЕ-212. Далі на дверцятах розташована панель керування блоком РТ-31.

Щит керування має знизу кабельні вводи для підключення заземлюючих провідників.

Всередині шафа має знімну фальшпанель, на якій розташовані елементи керування і виконавчі прилади. На правій стороні фальшпанелі знаходиться ряд клемних затискачів, на якому здійснюється комутація зовнішніх і внутрішніх

приладів. Знизу фальшпанелі розташовані два електромагнітних пускачі третьої величини типу ПМЛ-300. Напруга живлення котушок 220 В, 50 Гц. Над пускачами розташований ряд силових клемних затискачів для приєднання кабелю живлення. Ліворуч на фальшпанелі розташована ізолювана від корпусу алюмінієва шина січенням 5x15 мм², довжиною 200 мм для підключення нульових провідників. У верхній частині фальшпанелі розташовані блоки УКТ-4 і блок контролю рівня. Під ними знаходяться вихідні виконавчі реле блоків. Комутація виконується проводом ПВ-2.5 з ув'язуванням його в джгут. Комутація пристроїв дверцят виконана гнучким ізолюваним проводом типу ПЕВ-2.5. Маркування кінців комутації виконується відповідно до вимог до пристроїв даного типу.

Монтажна схема і розташування органів керування представлені на графічному листі 5 графічної частини кваліфікаційної роботи.

3.3 Розробка принципової електричної схеми електронагрівної підлоги

Схема керування електронагрівними підлогами складається з:

- 1) виконавчого механізму – пускача електромагнітного, захищеного тепловими елементами;
- 2) блоку керування електромагнітним пускачем.

Блок складається з напівпровідникового двоопозиційного терморегулятора ПТР-2Б/0.4 - перемикача режимів роботи (рис. 3.2).

Перший режим роботи. Перемикач SA знаходиться в положенні 2. При цьому котушка електромагнітного пускача КМ жорстко включена на керуючу напругу. Режим роботи не автоматичний. У даному режимі розігрівання відбувається нескінченно довго без обмеження температури.

Другий режим роботи. Перемикач SA знаходиться в положенні 3. При цьому контакт ВК блоку ПТР нормально замкнутий. По котушці пускача КМ протікає струм. Пускач включений. Відбувається підігрівання підлоги. При досягненні необхідної температури відбувається спрацьовування напівпровідникового терморегулятора. Контакт ВК блоку ПТР розмикається. Цикл перерваний, йде процес охолодження. При досягненні заданої мінімальної температури блок ПТР спрацьовує, замикаючи контакт ВК і включає електромагнітний пускач КМ. Процес повторюється циклічно. Контакт теплового реле КК служить для

захисту трифазного нагрівального опору ЕК (нагрівальних проводів) від коротких замикань і перевантажень. Кола керування захищаються запобіжниками FU.

Схема принципова електрична включення секції електронагрівної підлоги в електричну мережу представлена на листі 6 графічної частини цієї роботи.

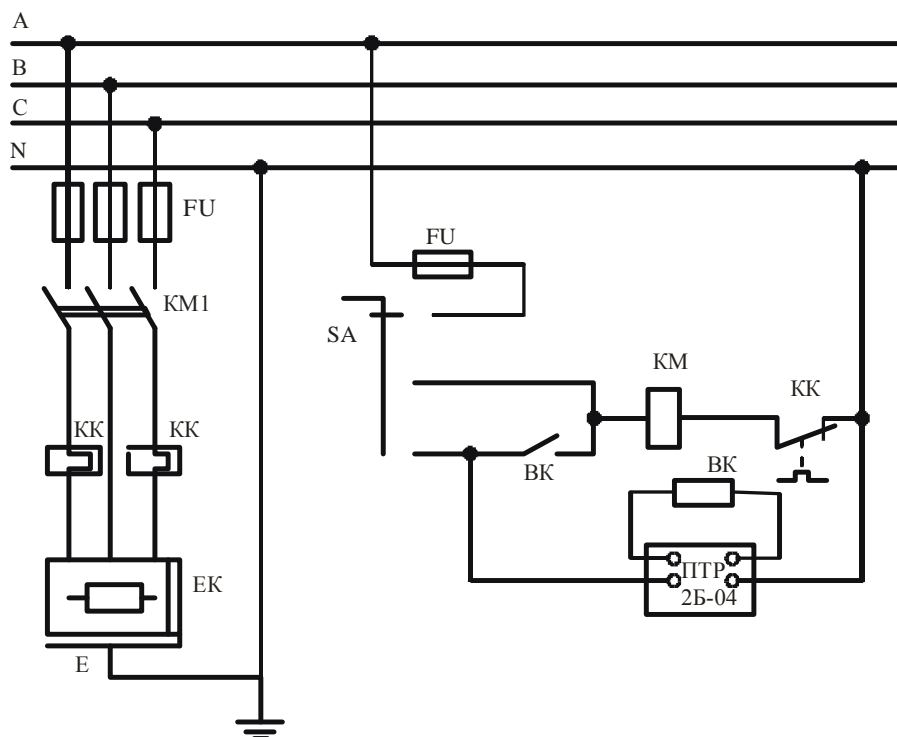


Рисунок 3.2 - Схема електрична принципова електронагрівної підлоги

3.4 Проектування трансформаторної підстанції

Для електропостачання свинарника-репродуктора на 540 місць необхідно вибрати і спроектувати підстанцію. За умовами роботи підстанція здійснює електропостачання тільки даного комплексу і не має додаткових побутових навантажень. Отже, розрахунок на піковому навантаженні роботи не потрібно. Відповідно щодо вимог до підстанцій, вибираємо однострансформаторну підстанцію високою напругою 10 кВ, низькою – 0,4 кВ. Регулювання напруги здійснюється без збудження, тобто при знятті напруги.

Для безпечного проведення робіт на кінцевій опорі типу АР необхідно встановити трифазний роз'єднувач на напругу 10 кВ. Даному типу відповідає КТП марки КТП-70 із трансформатором типу ТМ-100 кВА. Схему включення ТП вибираємо з довідкової літератури [14] зірка-зірка з нулем. Виходячи з цих умов, вибираємо ТП з характеристиками, що зведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічні дані трансформатора типу ТМ напругою 10/0,4 кВ

Тип т-ра	Номінальна потужність, кВА	П'єднання напруг		Втрати, Вт			U _{кз} , %	I _{хх}	Опір z _k тр-ра, привед. до напруги 0,4 кВ, Ом	
		ВН	НН	Х.Х.		К.З.			Прямий послід.	При однофазн. к.з.
				Уров., А	Уров., В					
ТМ	100	10	0,4	330	365	1970	4,5	-	0,072	0,779

Площадку для будівництва КТП відповідно до НТПС потрібно вибирати на незаселеній місцевості, що не затоплюється паводковими водами, по можливості близько від автодороги. Площадка повинна мати по можливості інженерно-геологічні умови, що допускають будівництво без пристроїв дорожих заземлень і фундаментів під устаткування та не викликати великого обсягу планувальних робіт. Компонування устаткування підстанції повинні забезпечувати прості і зручні підходи і виходи ПЛ усіх напруг з мінімальним числом перетинів і кутів, зручні під'їзди пересувних засобів і механізмів для транспортування та ремонту устаткування.

Виходячи з умов проекту, приймаємо площадку, розташовану на відстані 200 м від комплексу. Дана КТП встановлюється на двох уніфікованих стійках УСО-3А довжиною 3,6 м. Дані стійки вибираємо згідно вимог ПУЕ для IV району ожеледиці і вітрових навантажень. Стійки заглиблюють на глибину 1,95 м. Висота над землею повинна скласти 1,8 м. КТП встановлюється на зварену металеву раму, обладнану зйомною драбиною і площадкою, що має захисне огороження та забезпечує доступ і безпечне проведення робіт у відсіку 0,4 кВ. По периметру площадки під КТП виконують сітчасте огороження розмірами 6×6 м, сітчасті двері з замком. На огороженні вивішуються стандартні попереджуючі плакати. Площадка всередині огороження повинна бути засипана гравієм.

На рис. 3.3 зображена схема РП 10 кВ підстанції 10/0,4 кВ, що застосовується для приєднання тупикових однострансформаторних КТП. Роз'єднувач встановлюють на кінцевій опорі ПЛ 10 кВ.

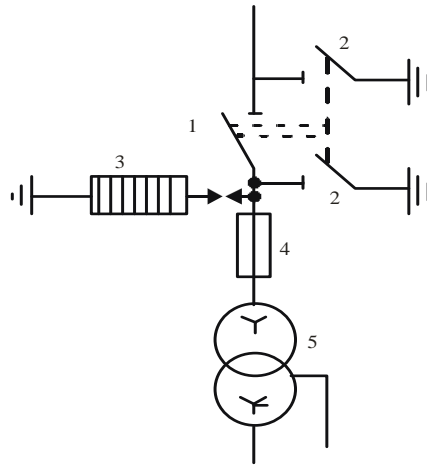


Рисунок 3.3 - Схема РП 10 кВ підстанції 10/0.4 кВ: 1- роз'єднувач РЛНД-10/400; 2 - комплектний ніж заземлення; 3 - обмежник перенапруг ОНП-10 мм РВО-10Н; 4 - високовольтний запобіжник; 5 - трансформатор ТМ

На вводах у РП 0,4 кВ для створення видимого розриву кола у всіх КТП встановлюють рубильник. Для захисту трансформатора від перевантажень на вводі КТП-77 при потужності трансформаторів 63-250 кВА встановлюють захисні теплові реле типу ТРН-10УЗ, включені через трансформатор струму ТК-20УЗ і діючі на відключення всіх або частини відвідних ліній 0,38 кВ. Для обліку активної енергії у всіх типів КТП встановлюють лічильники типу СА4У-4672М, включені через трансформатори струму ТК-2093 (рис. 3.4)

Для захисту відвідних ліній 380/220 В від коротких замикань і для нечастих включень і відключень застосовують автомати (для КТП-77 потужністю 63...160 кВА) типу АЗ700 з реле струму РЕ-571 у нульовому проводі. Для захисту від перевантажень трансформатора на вводі 0.4 кВ КТП з автоматами на лініях 0.38 кВ встановлені двохполюсні реле ТРН-10. У КТП із запобіжниками цього захисту немає. Керування вуличним освітленням у всіх КТП автоматичне (магнітним пускачем від фотореле ФР-2) і дистанційне.

Технічні дані КТП-77 приведені в табл. 3.2.

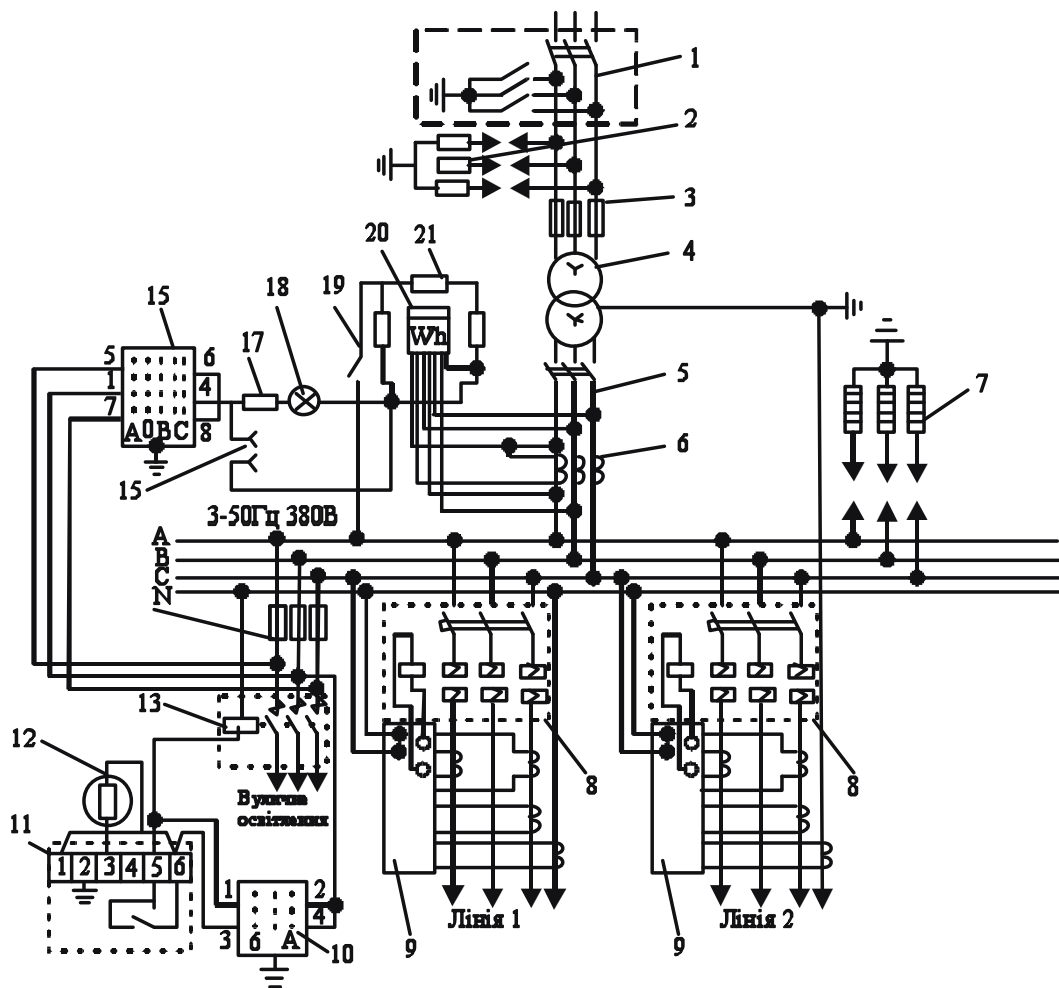


Рисунок 3.4 - Електрична схема КТП потужністю 63, 100 і 160 кВА з захистом ЗТІ-0.4УЗ: 1 - роз'єднувач РЛНД; 2, 7 - розрядники РВО-10 і РВН-1УТ; 3 – запобіжник ПК-10; 4 - трансформатор ТМ-10/0,4 кВ; 5 - рубильник Р-32УЗ; 6 - трансформатор струму ТК-20УЗ; 8 - автоматичні вимикачі АЕ-68-32; 9 - захисні приставки ЗТІ-0.4УЗ; 10 - перемикач ПК10-1; 11 - фотореле ФР-2; 12 – фоторезистор ФСК-Г1; 13 - магнітний пускач ПМЕ-211; 14, 17 – запобіжники Е-27, П-25/3 80УЗ; 15 - штепсельна розетка; 16 - перемикач ПМОФ-45; 18 - лампа розжарювання; 19 - вимикач на 6А; 20 - лічильник САЧУ-І672М; 21 - резистор ПЕ-73

Таблиця 3.2 - Технічні дані КТП-77

Номинальна потужність тр-ра, кВА	Сторона вищої напруги			Сторона нижчої напруги				
	U _н , кВ	I _н , А	I _н , А (запоб.)	Номинальн. стру т-ра, А	Тип і номінальний струм розмикачів автоматичного вимикача (А)			
					Лінія 1	Лінія 2	Лінія 3	Ввід
100	10	5,78	16	144	А-3716 (40), ФУЗ (80)	А-3716 (40), ФУЗ (80)	А-3716 (40), ФУЗ (80)	Р-3243 ТРН-1043-165

3.5 Визначення струмів короткого і перевірка захисної апаратури

Для визначення струмів короткого замикання визначимо систему розрахунку.

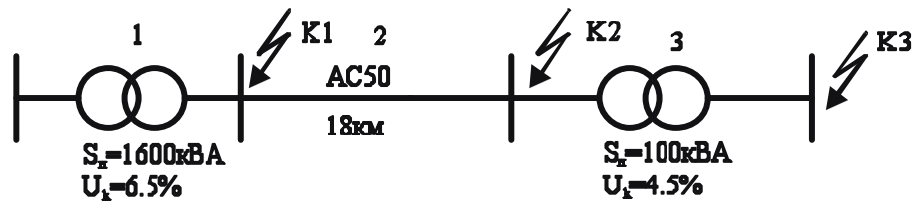


Рисунок 3.5 - Розрахункова схема

Прийmemo потужність живильної системи $S = 100 \text{ мВА}$. Визначимо струми короткого замикання в точках К1, К2, К3 методом відносних одиниць, а в точках К2, К3 методом практичних одиниць.

Визначимо базисний опір системи на ділянці №1:

$$X_{1\sigma} = \frac{U_{\kappa} S_{\sigma}}{100 S_{\text{нт}}}, \quad (3.1)$$

де U_{κ} - напруга короткого замикання трансформатора, $U_{\kappa}=6.5\%$;

S_{σ} - значення базисної потужності, $S_{\sigma} = 100 \text{ мВА}$;

$S_{\text{нт}}$ - номінальна потужність трансформатора, $S_{\text{нт}} = 1.6 \text{ мВА}$.

$$X_{1\sigma} = \frac{6.5 \cdot 100}{100 \cdot 1.6} = 4.06 \text{ Ом}$$

На ділянці №2:

$$X_{2\sigma} = \frac{X_0 l S_{\sigma}}{U_{\phi}^2}, \quad (3.2)$$

де X_0 - індуктивний опір 1 км лінії, $X_0 = 0.4 \text{ Ом/км}$;

l - довжина повітряної лінії, $l = 18 \text{ км}$;

U_{ϕ} - усереднене значення напруги лінії, $U_{\phi} = 10.5 \text{ кВ}$.

$$X_{2\sigma} = \frac{0.4 \cdot 18 \cdot 100}{10.5^2} = 6.53 \text{ Ом}.$$

Визначаємо активний базисний опір ділянки 2:

$$r_{2\sigma} = \frac{r_0 l S_{\sigma}}{U_{\phi}^2}, \quad (3.3)$$

де r_0 - активний опір 1 км лінії, $r_0 = 0.576 \text{ Ом}$;

l - довжина лінії, $l = 18 \text{ км}$.

$$r_{2\delta} = \frac{0.576 \cdot 18 \cdot 100}{10.5^2} = 9.4 \text{ Ом}.$$

Визначимо значення $Z_{3\delta}$ для ділянки 3:

$$Z_{3\delta} = \frac{U_k S_{\delta}}{100 S_{нт}}, \quad (3.4)$$

де U_k - напруга короткого замикання трансформатора, $U_k = 4.5\%$;

S_{δ} - значення базисної потужності, $S_{\delta} = 100 \text{ мВА}$;

$S_{нт}$ - номінальна потужність трансформатора, $S_{нт} = 0.1 \text{ мВА}$.

$$Z_{3\delta} = \frac{4.5 \cdot 100}{100 \cdot 0.1} = 45 \text{ Ом}.$$

Визначимо активний базовий опір:

$$r_{3\delta} = \frac{\Delta P_M S_{\delta}}{S_{нс}^2}, \quad (3.5)$$

де ΔP_M - втрати трансформатора в міді, $\Delta P_M = 1.92$;

$S_{нс}$ - потужність трансформатора, $S_{нс} = 0.1 \text{ мВА}$.

$$r_{3\delta} = \frac{1.97 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{0.1^2} = 19.7 \text{ Ом}.$$

Визначимо індуктивний опір X_3 :

$$X_3 = \sqrt{Z_{3\delta}^2 - r_{2\delta}^2}, \quad (3.6)$$

де $Z_{3\delta}$ - повний опір трансформатора;

$r_{2\delta}$ - активний опір ділянки.

$$X_3 = \sqrt{45^2 - 19.7^2} = 40.46 \text{ Ом}.$$

Складемо схему заміщення (рис. 3.6).

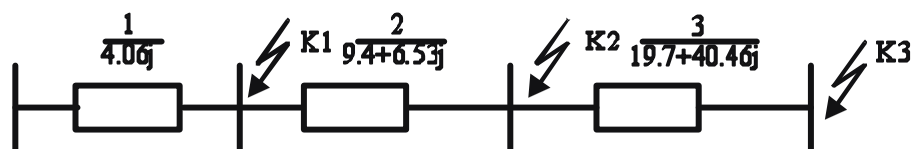


Рисунок 3.6 - Схема заміщення

Визначимо струми короткого замикання трифазного і двухфазного в точках K1, K2, K3. Так як електрична мережа приєднана до потужної енергосистеми, то

$$I'' = I_{пт} = I_{\infty} \quad \text{і} \quad I^{(2)}_k = 0.87^{(3)}_k.$$

Точка К1. Приймаємо, що $X_{рез.до1}=4.06$;

$$r_{рез1} = \sqrt{4,06^2} = 4,06$$

Базисний струм:

$$I_6 = \frac{S}{\sqrt{3}U_{cp}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 4.3 \text{ кА}. \quad (3.7)$$

Струм трифазного короткого замикання.

$$I_k^{(3)} = \frac{I_6}{Z_{резб}} = \frac{4.3}{4.06} = 1.06 \text{ кА}. \quad (3.8)$$

При короткому замиканні на шинах підстанції $K_y = 1.5$:

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1.5 \cdot 1.06 = 2.24 \text{ кА}. \quad (3.9)$$

Струм двофазного короткого замикання:

$$I_k^{(2)} = 0,87 I_k^{(3)} = 0,87 \cdot 1.06 = 0.92 \text{ кА}. \quad (3.10)$$

Визначаємо струм короткого замикання в точці К2:

$$X_{рез2} = X_{p1} + X_2 = 4.06 + 6.53 = 10.59 \text{ Ом}. \quad (3.11)$$

$$r_{рез2} = 9.4 \text{ Ом};$$

$$Z_{рез2} = \sqrt{r_{рез2}^2 + x_{резб}^2} = \sqrt{10,59^2 + 9,4^2} = 14.6 \text{ Ом}. \quad (3.12)$$

Струм трифазного короткого замикання:

$$I_k^{(3)} = \frac{4.3}{14.16} = 0.294 \text{ кА},$$

при короткому замиканні на шинах ТП 10/0,4 $K_y = 1.2$:

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k^{(3)} = 1.41 \cdot 1.2 \cdot 0.294 = 0.49 \text{ кА},$$

$$I_y^{(3)} = 0,294 \cdot \sqrt{1 + 2(1,2 - 1)^2} = 0,3 \text{ кА}.$$

Визначимо струм короткого замикання в точці К3:

$$X_{рез3} = X_1 + X_2 + X_3 = 4.06 + 10.59 + 40.46 = 55.11 \text{ Ом}. \quad (3.13)$$

$$r_{рез3} = r_2 + r_3 = 9.4 + 19.7 = 29.1 \text{ Ом}. \quad (3.14)$$

$$Z_{рез3} = \sqrt{r_{рез3}^2 + x_{рез3}^2} = \sqrt{29,1^2 + 55,11^2} = 62.32 \text{ Ом}. \quad (3.15)$$

Базисний струм К3:

$$I_6 = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,5 \text{ кА}; \quad I_k^{(3)} = \frac{144,5}{61,4} = 2,38 \text{ кА}.$$

При легкому замиканні на шинах 0,4 кВ КТП $K_y = 1$:

$$i_y^{(3)} = 1.41 \cdot 1 \cdot 2.38 = 3.36 \text{ кА};$$

$$I_k^{(2)} = 0.87 \cdot 2.38 = 2.07 \text{ кА}.$$

Виконаємо розрахунок методом практичних одиниць та приведемо опори точки К2 до базисної напруги $U_{\delta} = 10.5 \text{ кВ}$.

$$X_{1\delta} = \frac{U_k U_{\delta}^2}{100 S_{шт}}, \quad (3.16)$$

$$X_{2\delta} = X_0 L \frac{U_0^2}{U_{\delta}^2} = \frac{6.5 \cdot 10.5^2}{100 \cdot 1.6} = 4.48 \text{ Ом}. \quad (3.17)$$

$$X_{2\delta} = 0.4 \cdot 18 \cdot 1 = 7.2 \text{ Ом}; \quad r_{2\delta} = (0.576 \cdot 18) \cdot 1 = 10.34 \text{ Ом}.$$

Результуючий опір до точки К2:

$$X_{рез\delta} = X_{1\delta} + X_{2\delta}, \quad (3.18)$$

визначимо струм $I_k^{(3)}$:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} Z_{рез\delta}} = \frac{10.5}{1.73 \cdot 15.6} = 0.389 \text{ кА}, \quad (3.19)$$

визначимо $i_y^{(3)}$:

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k^{(3)} = 1.41 \cdot 1.5 \cdot 0.389 = 0.822 \text{ кА};$$

визначимо $I_k^{(2)}$

$$I_k^{(2)} = 0.87 I_k^{(3)} = 0.87 \cdot 0.389 = 0.34 \text{ кА}.$$

Точка К3. Приведемо усі величини до $U_{\delta} = 0.4 \text{ кВ}$.

$$X_{рез3} = Z_{рез2} \left(\frac{U_{\delta}}{U_{\delta 2}} \right)^2; \quad (3.20)$$

де U_{δ} - напруга 0.4 кВ;

$U_{\delta 2}$ - напруга 10.5 кВ;

$$X_{рез3} = 15.6 \cdot \left(\frac{0.4}{10.5} \right)^2 = 0.02 \text{ Ом};$$

$$r_{рез3} = r_{рез2} \left(\frac{U_{\delta}}{U_{\delta 2}} \right)^2 = 10.34 \cdot \left(\frac{0.4}{10.5} \right)^2 = 0.015 \text{ Ом}; \quad (3.21)$$

$$Z_{рез3} = \frac{U_k U_{\delta}^2}{100 S_{шт}} = \frac{4.5 \cdot 0.4^2}{100 \cdot 0.1} = 0.072 \text{ Ом}; \quad (3.22)$$

$$r_{\text{баз3}} = \frac{\Delta P_{\kappa} U_{\text{б}}^2}{S_{\text{нм}}^2} = \frac{1970 \cdot 0,4^2}{100^2} = 0,032 \text{ Ом}; \quad (3.23)$$

$$X_{\text{зб}} = \sqrt{Z_{\text{б}}^2 - r_{\text{б}}^2} = \sqrt{0,072^2 - 0,032^2} = 0,065 \text{ Ом}. \quad (3.24)$$

Результуючий опір до точки КЗ:

$$X_{\text{резб}} = X_{\text{рез2б}} + X_{\text{рез3б}} = 0,02 + 0,065 = 0,085 \text{ Ом}; \quad (3.25)$$

$$r_{\text{резб}} = r_{\text{рез2}} + r_{\text{рез3}} = 0,015 + 0,032 = 0,047 \text{ Ом}; \quad (3.26)$$

$$Z_{\text{резб}} = \sqrt{r_{\text{резб}}^2 + x_{\text{резб}}^2} = \sqrt{0,085^2 + 0,047^2} = 0,09 \text{ Ом}. \quad (3.27)$$

Визначимо струм $I_{\kappa}^{(3)}$:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{\text{б}}}{\sqrt{3} Z_{\text{резб}}} = \frac{0,4}{1,73 \cdot 0,09} = 2,5 \text{ кА}. \quad (3.28)$$

Визначимо струм однофазного короткого замикання повітряної лінії 0,4 кВ довжиною 200 м, виконаної проводами ЗАС59+1АС35. З довідкової літератури [14] визначаємо:

$$R_{50} = 0,603 \text{ Ом/км}; R_{35} = 0,79 \text{ Ом/км}; Z' = 0,779 \text{ Ом}.$$

Лінія приєднана до КТП 100/10 (схема включення зірка/зірка з нулем).

Визначимо активний опір петлі «фаза-нуль».

$$r_n = (r_{0\phi} + r_{0н})l + r_{\kappa}, \quad (3.29)$$

де $r_{0\phi}$ - активний опір фази, $r_{0\phi} = 0,603 \text{ Ом/км}$;

$r_{0н}$ - активний опір нуля, $r_{0н} = 0,79 \text{ Ом/км}$;

l - довжина ПЛ, $l = 0,2 \text{ км}$;

r_{κ} - опір контактів, $r_{\kappa} = 0,02 \text{ Ом}$;

$$r_n = (0,603 + 0,79) \cdot 0,2 + 0,02 = 0,299 \text{ Ом}.$$

Визначимо повний опір петлі:

$$Z_n = \sqrt{r_n^2 + x_n^2}, \text{ де } X_n = Z_0 \frac{U_{\text{б}}^2}{S_{\text{нм}}} = 0,4 \frac{0,16}{0,1} = 0,64 \text{ Ом};$$

$$Z_n = \sqrt{0,09^2 + (0,64 \cdot 0,2)^2} = 0,33 \text{ Ом}.$$

Струм однофазного короткого замикання:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z'}{3} + Z_{\text{резб}}} = \frac{220}{\frac{0,779}{3} + 0,33} = 322,8 \text{ А}.$$

3.6 Перевірка селективності спрацьовування захисної апаратури

Виконаємо розрахунок для ПЛ-0,4 кВ, приєднаної з ТП-10/0.4 кВ потужністю 100 кВА. Максимальний робочий струм на шинах ТП – 84 А, до лінії підключені електродвигуни потужністю $P = 5,5$ кВ. Наприкінці лінії підключений електроводонагрівач потужністю $P = 30$ кВт і $I = 48,8$ А. Електродвигун захищений плавкою вставкою $I = 40$ А. На ввіді котла передбачено автоматичний вимикач типу А-3700 з $I_{ном} = 50$ А. У результаті попередніх розрахунків отримано:

$$I_{кз0,4}^{(3)} = 2,5 \text{ кА}; I_{кз0,4}^{(2)} = 2,07 \text{ кА}; I_{кз0,4\text{min}}^{(1)} = 322,8 \text{ кА}; I_{кз0,4\text{min}}^{(3)} = 600 \text{ кА}.$$

Визначимо струм спрацьовування теплового розмикача автоматичного вимикача:

$$I_{тр} = 1,1(I_{р\text{max}} - I_{нд} + 0,4I_{нз}), \quad (3.30)$$

де $I_{р\text{max}} = 84$ А;

$$I_{нд} = 11,5 \text{ А};$$

$I_{нз}$ - струм спрацьовування на землю ≈ 7 А [14].

$$I_{тр} = 1,1 \cdot (84 - 11,5 + 0,4 \cdot 7) = 115,2 \text{ А}.$$

Визначимо струм спрацьовування автоматичного вимикача:

$$I_{ср} = 1,2(I_{р\text{max}} + I_{нд}), \quad (3.31)$$

де $I_{р\text{max}} = 84$ А;

$$I_{нд} = I_{\delta} K = 11,5 \cdot 7 = 80,5 \text{ А};$$

$$I_{ср} = 1,2 \cdot (84 + 80,5) = 197,4 \text{ А}.$$

За умовами налаштування від струму трифазного короткого замикання найближчого споживача:

$$I_{ср} \geq 1,25I_{кп}^{(3)}, \quad (3.32)$$

де $I_{кп}^{(3)} = 600$ А,

$$I_{ср} \geq 1,25 \cdot 600 = 750 \text{ А}.$$

Приймаємо автоматичний вимикач типу АЕ-2056 з $I_{уср} = 800$ А, $I_{умр} = 150$ А.

Визначимо струм спрацьовування захисту КТП від міжфазних коротких замикань:

$$I_{зм} \geq 1,1(I_{р\text{max}} + 0,3I_{нд}), \quad (3.33)$$

$$I_{зм} \geq 1,1(84 + 0,3 \cdot 11,5) = 96,2 \text{ A},$$

$$I_p < I_{зм}.$$

Приймаємо $I_{ум} = 160 \text{ A}$ і розрахуємо коефіцієнт чутливості захисту:

$$k_r = \frac{I_{кз\min}^2}{I_{ум}}, \quad (3.34)$$

де $I_{кз\min}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{кз\min}^{(3)} = 522 \text{ A}$;

$$k_r = \frac{522}{160} = 3,2 \Rightarrow k_r > 3,2 > 1,5.$$

Струм спрацьовування захисту від однофазних коротких замикань на нульовий провід:

$$I_{co} \geq 1,2I_{нс} = 0,6I_{р\max}, \quad (3.35)$$

$$I_{co} = 0,6 \cdot 84 = 50,4 \text{ A}.$$

За таблицею 23.5 [14] приймаємо $I_{yo} = 80 \text{ A}$ і визначаємо коефіцієнт чутливості захисту:

$$k_4 = \frac{I_{кз\min}^{(1)} - I_{нс}}{I_{yo}}, \quad (2.36)$$

$$k_4 = \frac{322,8 - 80}{80} = 3,03 > 1,5.$$

Чутливість захисту забезпечується при міжфазних коротких замиканнях і при однофазних коротких замиканнях.

Перевіримо селективність спрацьовування захисту самого потужного споживача. Захист забезпечується автоматичним вимикачем типу А-3700, $I_{ном} = 50 \text{ A}$.

$$I_{тр} = 1,1(I_{р\max} + 0,4 \cdot 11,5 \cdot 3) = 68,9 \text{ A},$$

$$I_{сп} = 1,2(I_{р\max} + I_{нд}) = 1,2 \cdot (48,8 + 135) = 220,6 \text{ A}.$$

Кратність струму для миттєвого спрацьовування електромагнітного розмикача приймаємо $3I_{ном}$ з урахуванням розкиду параметрів 20%.

$$t_3^{(3)} = \frac{4,2}{\frac{I_{кз}^{(3)}}{I_y} - 1} = \frac{4,2}{4,7 - 1} = 1,1 \text{ сек}, \quad (3.37)$$

з урахуванням розкиду 20%.

$$t_3^{(3)} = (1 - 0,2) \cdot 1,1 = 0,86 \text{ сек}.$$

При двофазному короткому замиканні:

$$I_{\kappa}^{(2)} = 0,87I_k^{(3)} = 0,87 \cdot 322,8 = 280,8 \text{ A.} \quad (3.38)$$

Час спрацьовування захисту з урахуванням похибки 20%:

$$t_3^{(3)} = \frac{4,2}{\frac{280,8}{150} - 1} \cdot 0,6 = 2,2 \text{ сек.}$$

Ступінь селективності дорівнює:

$$\Delta t^{(2)} = 2,2 \cdot 0,88 = 1,32 \text{ сек.}$$

При однофазному короткому замиканні:

$$I_{\kappa}^{(1)} = 195,2 \text{ A.}$$

Час спрацьовування захисту при однофазному короткому замиканні:

$$t_{сз}^{(1)} = \frac{4,2}{\frac{I_{\kappaз}^{(1)}}{I_y^{(1)}} - 1} \cdot 0,6 = \frac{4,2}{2,44 - 1} \cdot 0,6 = 4,6 \text{ сек.} \quad (3.39)$$

Час спрацьовування захисту від однофазного короткого замикання на нульовий провід при похибці 20%:

$$t_{сз}^{(1)} = \frac{4,2}{\frac{I_{\kappaз}^{(1)}}{I_y^{(1)}} - 1} \cdot 0,4 = \frac{1,68}{1,44} = 1,1 \text{ сек.}$$

З розрахунків видно, що захист буде селективним при міжфазних коротких замиканнях, а також і при однофазному короткому замиканні.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Стан умов праці на об'єкті проектування

У фермерському господарстві відповідальним за роботу з охорони праці призначено головного інженера з техніки безпеки, що відповідає за охорону праці та життєдіяльність на виробництві і навчає робітників правилам безпеки.

У сформованій економічній ситуації в досліджуваному нами господарстві перед працівниками була поставлена задача вижити, тому засоби захисту використовувалися по ступені їхнього призначення і наявності, на даний час недостатньо засобів для їхньої закупівлі. Не скрізь під електроприладами є гумові коврики, не вистачає діелектричних рукавичок і інструменту. Індивідуальні засоби захисту не дотримані за номенклатурою і розміром. Зношення устаткування досягає приблизно 65%, інструмент старий. Устаткування, що вийшло з ладу, і інструмент ремонтується в місцевих умовах у майстернях. Частково відсутні сигналізація, огороження. Через часті відключення в господарстві електроенергії не виконуються технічні умови по освітленню, вентиляції, опаленню. Відсутні душові. У кімнатах відпочинку в наявності тільки дерев'яні лави і кустарно виготовлені табурети, підлоги часто, особливо в літніх таборах, земляні. Питне водопостачання внаслідок виходу з ладу водопроводу здійснюється шляхом доставки води на виробничі ділянки ферми тракторами з бочками. На центральну садибу ферми воду поставляють з єдиної наявної в наявності водонапірної башти, яка у випадку відключення електроенергії не функціонує. На опаленні позначається відсутність у господарстві газифікації і мазуту. Вугілля та дрова в господарстві витрачаються вкрай економно.

На основних ділянках ферми є в наявності протипожежні щити, робітники ознайомлені з правилами протипожежної безпеки при проведенні робіт. Але на багатьох щитах відсутні лопати, а якщо є, то з дефектами, не вистачає відер. Вогнегасники є не скрізь і термін придатності їх минув.

За період 2021-2022 років відзначено офіційно один нещасний випадок з 21 днем непрацездатності й одне загоряння приватного володіння з вини господарів, яке швидко погашеного зусиллями місцевої пожежної команди.

4.2 Забезпечення електробезпеки і розрахунок захисного заземлення

Для забезпечення електробезпеки людей і тварин у свинарниках-репродукторах усі енергоприймачі підлягають зануленню, тобто безпосереднього зв'язку нульової жили проводу (кабелю), що живить енергоприймач, із заземлюючим пристроєм [36].

В якості заземлюючого пристрою можна прийняти захисне заземлення у виді горизонтально замкнутої сітки площею 70x16 м, утвореної чотирма повздовжніми горизонтальними елементами, що вирівнюють потенціал, заземлювача в бетонній статі свинарника, покладеними на піщану подушку, і чотирма поперечними елементами.

Майже повсюдно в Тячівському районі Закарпатської області під поверхнею родючого шару ґрунту виявляють глину і суглинки з питомим опором $\rho = 60-15 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Для розрахунку опору заземлювача у виді горизонтальної сітки застосовується формула:

$$R_c = 0,44 \frac{\rho_p}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_p}{L}, \quad (4.1)$$

де ρ_p - розрахунковий питомий опір ґрунту (з урахуванням піщаної подушки $\rho_p=200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$);

L - загальна довжина провідників заземлювача, м;

$$L = 4 \cdot 70 + 4 \cdot 16 = 344 \text{ м};$$

S - площа, займана заземлювачем; $S = 70 \cdot 16 = 1120 \text{ м}^2$.

$$\text{Звідси } R_c = 0,44 \frac{220}{\sqrt{1120}} + \frac{220}{344} = 3,53 \text{ Ом}.$$

Отриманий результат задовольняє вимогам ПУЕ [37].

4.3 Вимоги електробезпеки до персоналу

При ушкодженні ізоляції нагрівального проводу може відбутися витік струму, у результаті чого тварини й обслуговуючий їх персонал можуть потрапити під небезпечну для життя напругу. Для запобігання цього явища необхідно в установках даного типу застосовувати пристрої для вирівнювання електричних потенціалів. Даний пристрій являє собою зварену сітку марки 3-15/3 або 4-15/3 (із дроту діаметром 3-4 мм) з комірками 250x150 мм. Сітка укладається поверх нагрівальних проводів і заливається 3-6 сантиметровим шаром бетону. Усі сітки приміщення, обладнаного електронагрівними підлогами з'єднуються електрично між собою і з нульовим проводом мережі. Варто щорічно перевіряти опір постійному струму петлі з провідника і сітки. Він не повинен перевищувати 1 Ом [38].

Всі особи, зайняті на обслуговуванні електроустановок повинні бути психічно здоровими, не мати каліцтв і хвороб, що перешкоджають роботі і підвищують імовірності нещасного випадку при обслуговуванні електроустановок.

Згідно своєї кваліфікації в питаннях техніки безпеки всі особи, що обслуговують електроустановки, поділяються на 5 кваліфікованих груп. Вік для всіх груп повинен бути не менше 18 років. На фермі, у своїй більшості, робочий персонал (скотарі) відносяться до I групи. Вони повинні мати лише представлення про небезпеку поразки струмом і мірах безпеки при роботах з електричними машинами, а також практично бути ознайомленими з прийомами надання першої допомоги. Персонал, що обслуговує установки для УФО тварин повинен мати III групу по електробезпеці. Під час роботи користуватися захисними окулярами зі світлофільтрами, не знаходитися по опроміненням і братися тільки за ізольовані рукоятки опромінювачів [39].

Перед запуском будь-якої електричної машини, працівник повинен перевірити надійність приєднання заземлення на корпус агрегату, при необхідності підтягнути кріплення, а лише потім включати машину. З появою ознак несправності (поява диму, запах, іскріння, сторонні звуки і т.д.) необхідно терміново відключити електроустановку. Не можна залишати працюючі електроприймачі без догляду. По закінченні робочого дня необхідно перевіряти виключення електроприймачів від мережі живлення.

Під час роботи кормороздавачів або подібних механізмів не можна проштовхувати або розрівнювати руками будь-якими предметами продукт, що переробляється. При включенні якого-небудь електроприймача на розподільній шафі, робітник повинен стояти на діелектричному килимі. Змінювати освітлювальні лампи можна тільки при відключенні напруги.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті проведених досліджень в кваліфікаційній роботі було запропоновано вирішення поставленої задачі, зокрема розроблено автоматизовану електричну систему кормоцеху для свиноферми.

2. Аналіз літературних джерел показав, що процес виробництва свинини включає в себе систему технологічних процесів, виконання яких безпосередньо залежить від електричного устаткування. Найбільш ефективною тепловою системою для обігріву приміщення свиноферми з відлученими поросятами вважається «тепла підлога», яку рекомендується використовувати комплексно з інфрачервоними обігрівачами

3. Виконано розрахунки систем освітлення, опромінення, вентиляції, спроектовано трансформаторну підстанцію, розраховано селективність спрацьовування пускозахисної апаратури.

4. Результати розрахунків показали, що у свинарниках-репродукторах варто передбачати пристрої електрообігрівання, а найбільш раціональними є електронагрівні підлоги з бетонним покриттям із застосуванням електронагрівальних проводів.

5. Для підвищення продуктивності праці і зниження трудових енергозатрат при поїнні і готуванні кормів необхідно застосувати електроводонагрівні пристрої акумуляційного типу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Норми технологічного проектування підприємств з виробництва свинини. – Київ: Наукова думка, 2017.
2. Бахмутова Р.Я. і ін. Переведення існуючих свиноферм на промислову основу. Зб. наук. пр. - 2016. – Вип. 24 - с. 76-84.
3. Бондаренко С. П. Електрифікація сільськогосподарського виробництва. – Київ: Техніка, 2012.
4. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Т., 2001.
5. Бугаєвський В. М., Остапенко О. М., Данильчук М. І. Вплив мікроклімату на ефективність вирощування свиней. Аграрник. 2009. № 12. С. 12–13.
6. Карташов Л.П. і ін. Механізація і електрифікація тваринництва. М.: Агропромвидав., 2007. – 480 с.
7. ОНТП 2-77. Норми технологічного проектування підприємств з виробництва свинини. – М.: Колос, 2007.
8. ВНПТІМЕСГ. Механізація і електрифікація технологічних процесів на тваринницьких фермах. – зерноград, 2010.
9. Гурницький В.Н. Проектування систем електрифікації. – Ставропіль: 2010.
10. Голосов Н.М. і ін. Санітарна оцінка води в тваринництві. – М.: Колос, 2018.
11. Ляшцов А.К., Тищенко Г.А. Електричні установки освітлення і опромінювання.- М.: Колос, 2013.
12. Козинський В.А. Електричне освітлення і опромінення. М.: Агропромвидав., 2011 – 240 с.
13. Бахмутова Р.Я. і ін. Переведення існуючих свиноферм на промислову основу. Зб. наук. пр. - 2016. – Вип. 24 - с. 76-84.
14. Каганов І.Л. Курсове і дипломне проектування. М.: Агропромвидав., 2010 – 351с.

15. Смірнов В.І. Методичні рекомендації з облаштування і розрахунку електричних нагрівних підлог в свинарниках. – М.: ВІСХ, 2014.
16. Кузьмічов А.В. Розрахунок електронагрівних підлог в тваринницьких приміщеннях. – Наук. пр. ВНІСГ., 2008 - с.102-107.
17. Мордовський З.Д., Овчаренко В.А. Електронагрівні підлоги в свинарниках-маточниках. – М.: Колос, 2009 – 392с.
18. Онєгов А.П. Гігієна сільськогосподарських тварин. – М.: Колос, 2005.
19. Данілов Ю.Н. Електронагрівання на фермах, 2006.
20. Медведєв С.І. Вдосконалення управління тепловим режимом в тваринницьких приміщеннях. Техніка в с/г, 2014. - №4.
21. Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві. Вісник Сумського НАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів. 2016. Вип. 10/3 (31). С. 118–121.
22. Болтянський Б. В. Впровадження енергозберігаючих технологій при будівництві та реконструкції тваринницьких підприємств в Україні. Науковий вісник ТДАТУ. 2014. Вип. 4. Т. 1. С. 10–15.
23. Жілінський Ю.М., Кумін В.Д. Електричне освітлення і опромінення. – М.: Колос, 2012 – 272с.
24. Назаров Г.І. і ін. Основи електроприводу і застосування електроенергії в сільському господарстві. – М.: Колос, 2015. - 392с.
25. Кузнєцов М.А. Механізація, електрифікація і автоматизація в тваринництві. Вологда, 2009.
26. Чорний М. В. Вплив повітря на здоров'я і продуктивність тварин. Довідник з технології та менеджменту в тваринництві. Харків : Епада, 2002. С. 143–147.
27. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Нові технології в проектуванні свинарських ферм і комплексів. Праці ТДАТУ. 2010. Вип. 10. Т. 5. С. 169–176.

28. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Впровадження інфрачервоного опалення, як спосіб рішення проблеми ефективного обігріву на свинарських фермах. Праці ТДАТУ. 2013. Вип. 13. Т. 6. С. 166–171.
29. Растригін В.Н. Електрифікація теплових процесів і розрахунок систем електрообігріву в тваринництві. Наук. Пр. ВІЕСГ. - т.51. - М.: 2010.
30. Застосування електричної енергії в сільськогосподарському виробництві. Довідник під ред. Михая Г.М. – М.: Колос, 2014.
31. Глаз А.І. Довідник молодого електротехніка. – М.: Вища шк., 2017.
32. Городецький Г.М. Розрахунок електричних мереж. – Київ: 1977.
33. Баєв В.І. Практикум по електричному освітленню і опроміненню. – М.: «Агропромвидавництво», 2011 – 176 с.
34. Айзенберг Ю.Б. Світлові прилади. - М.: Енергія, 2010. - 464 с.
35. Кноррінг Г.М., Обленцев Ю.Б., і ін. Довідникова книга для проектування електричного освітлення. – Л.: Енергія, 2016. – 384с.
36. Лут М.Т. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки щодо виконання розділу у дипломних проектах студентів зі спеціальності 7.091901 «Енергетика сільськогосподарського виробництва». - К.: НАУ, 2000. -136с.
37. ПУЕ:2006 Правила улаштування електроустановок. Розділ 1 - Загальні правила. Глава 1.7 - Заземлення і захисні заходи електробезпеки, затверджені наказом Мінпаливенерго України від 28.08.06 № 305.
38. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О.І., Розен В.П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіровогр. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
39. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. - Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000.-188 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.