

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

**«ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІЗ МОДЕРНІЗАЦІЄЮ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕННЯ ДЛЯ
УТРИМАННЯ ТВАРИН»**

Виконав: студентка IV курсу
групи Ен – 42сп спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Дзяла Б. Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: Михайлович Т. І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Сиротюк С. В.

(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Левонюк В. Р.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ” 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Дзяла Богдан Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема «Електропостачання фермерського господарства із модернізацією системи електроприводу вентиляції приміщення для утримання тварин»

керівник роботи к. т.н., в. о. доцента Михайлович Т. І.

(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НАУ 123/к-с від 25.02.2025 року.

2. Строк подання студентом роботи 13.06.25 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

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

Вступ

РОЗДІЛ 1 Характеристика господарства

РОЗДІЛ 2 Електропостачання господарства

РОЗДІЛ 3 Електропривод вентиляції свинарника

РОЗДІЛ 4 Охорона праці

РОЗДІЛ 5 Ефективність прийнятих рішень

Висновки

Перелік джерел посилання

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

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

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

7. Дата видачі завдання 25.02.25 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Виконання аналізу вихідних даних для проектування та здійснення обґрунтування актуальності кваліфікаційної роботи</i>	25.02.2025 — 15.03.2025	
2	<i>Розрахунок електропостачання</i>	16.03.2025 — 16.04.2025	
3	<i>Реалізація системи електроприводу</i>	17.04.2025 — 12.05.2025	
4	<i>Виконання питань охорони праці</i>	13.05.2025 — 25.05.2025	
5	<i>Розрахунок ефективності прийнятих рішень</i>	26.05.2025 — 2.06.2025	
6	<i>Завершення роботи в цілому</i>	3.06.2025 – 13.06.2025	

Студент

_____ Дзяла Б. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Михайлович Т. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 631.3-52:621.31 (075.3)

Дзяла Б. Р. «Електропостачання фермерського господарства із модернізацією системи електроприводу вентиляції приміщення для утримання тварин». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. 2025 р. 59 с. текстової частини, 14 таблиць, 7 рисунків, 22 джерел.

Мета роботи: здійснити електропостачання фермерського господарства із модернізацією електроприводу вентиляції приміщення для утримання тварин.

Завдання роботи: дати характеристику фермерського господарства, обґрунтувати тему кваліфікаційної роботи, розрахувати електропостачання фермерського господарства, проаналізувати питання вентиляції, розрахувати вентиляцію тваринницького приміщення, запропонувати схему електроприводу, розглянути питання охорони праці, визначити термін окупності.

У кваліфікаційній роботі дано характеристику фермерського господарства та обґрунтовано тему кваліфікаційної роботи. Проведено аналіз потреб в електроенергії споживачів, проведено розрахунок електропостачання, запропоновано електричну схему мережі електропостачання. Проаналізовано питання вентиляції, розраховано вентиляцію, запропоновано схему електроприводу, розраховано та побудовано механічні характеристики асинхронного двигуна, визначено термін окупності.

Ключові слова: фермерське господарство, електропостачання, вентиляція, повітрообмін, електропривод, електродвигун, перетворювач частоти, механічна характеристика, термін окупності.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА	7
1.1 Загальна характеристика	7
1.2 Обґрунтування теми роботи	11
РОЗДІЛ 2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГОСПОДАРСТВА	13
2.1 Визначення розрахункових навантажень	14
2.2 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж	17
2.3 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ	22
2.4 Розрахунок аварійних режимів	23
2.8 Вибір і розрахунки захисту від аварійних режимів	26
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПРИВОД ВЕНТИЛЯЦІЇ СВИНАРНИКА	33
3.1 Вентиляція приміщення	33
3.2 Розрахунок повітрообміну	34
3.3 Вибір двигуна та перетворювача частоти	36
3.4 Розрахунок характеристик асинхронної машини	39
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	35
4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу виробництва	41
4.2 Техніка безпеки праці під час виконання робіт на фермі	47
4.3 Розрахунок захисного заземлення електроустановок	49
4.4 Розробка заходів безпеки в надзвичайних ситуаціях	51
РОЗДІЛ 5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	54
ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	58

ВСТУП

Електрифікація є фундаментом для комплексного впровадження електричних технологій та автоматизації в промислових процесах, на транспорті й у сільському господарстві. Вона виступає одним із ключових чинників, що забезпечують всебічну інтенсифікацію виробництва. У сучасних умовах електрифікація займає провідне місце у розвитку продуктивних сил суспільства.

Електрифікація сільського господарства є важливим елементом підвищення продуктивності праці в цій сфері. Вона передбачає постійне розширення застосування електроенергії не лише у виробничих процесах, але й у комунальному господарстві та побуті населення.

Основні переваги електричної енергії над іншими джерелами полягають у її економічності й зручності передачі на великі відстані, а також у можливості легкого розподілу між споживачами різної потужності.

Сучасна електрифікація відзначається централізацією електропостачання, що передбачає створення єдиної енергетичної системи країни. Енергетичні системи забезпечують надійність електропостачання та дозволяють гнучко маневрувати розподілом навантажень між електростанціями для ефективного виконання експлуатаційних завдань. Вони також дають можливість раціонально використовувати різницю в часі пікових навантажень у різних часових зонах, зменшувати резерв потужностей та оптимально завантажувати обладнання на електростанціях. Перед сільськими енергетиками стоять значні завдання. Вони виникають через зростаючі вимоги до якості монтажних робіт і рівня експлуатації електроустановок, організації зростаючого споживання енергії з високою ефективністю її перетворення, забезпечення безаварійної і безперебійної роботи установок, економії енергії, максимального використання електрообладнання й дотримання умов безпеки.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

1.2 Загальна характеристика

Фермерське господарство Присташ Н.Г. розташоване в селі Стаївка Сокальського району Львівської області. Село розташоване на відстані 39 км від районного центру, 86 км від обласного центру.

Господарство реалізовує свою продукцію на: цукровий завод, хлібзавод, молокозавод, м'ясокомбінат і т. д. Основними галузями спеціалізації фермерського господарства є рослинництво і тваринництво. В галузі рослинництва основну роль відіграє вирощування зернових культур, таких як яра та озима пшениця, ячмінь, кукурудза, а також технічних культур, таких як цукровий буряк. В галузі тваринництва основну увагу приділяють вирощуванню свиней та ВРХ.

Господарство знаходиться в лісостеповій зоні, ґрунти переважно чорнозем-суглинистий.

Таблиця 1.1 – Баланс земельних угідь

Земельні угіддя	Площа, га	Структура, %
Загальна земельна площа всього :	240	100
В т.ч. с/г угіддя:	181	75,4
Із них :		
Рілля	158	66,1
Сіножаті	6,5	2,7
Пасовища	14	5,8
Багаторічні насадження	1,8	0,7
Ліси і лісосмуги	20	8,3
Ставки і водоймища	3,4	1,4

Перші заморозки припадають на початок осені, приблизно 16-20 вересня, а останні – вкінці весни, 10-16 травня. Вітри переважно північно-західні.

Таблиця 1.2 – Розвиток галузі рослинництва

Вид продукції	2024 р.	
Зернові культури	Урожай-ність, ц/га.	Площа посіву, га.
Зернові культури		148,5
В тому числі:	43,2	32,5
Озима пшениця	30,1	33,1
Яра пшениця	33,2	28,6
Ячмінь	50,4	26
Кукурудза	38	14,2
Жито	24,9	14,1
Овес	37,8	38,6

Таблиця 1.3 – Розвиток галузі тваринництва

Тварини	2024
	Поголів'я, голів
ВРХ всього :	428
Корови	304
Молодняк і тварини на відгодівлі	124
Свині всього :	3200
Свиноматки	200
Молодняк і тварини на відгодівлі	3000

Аналізуючи дані таблиці 1.1 можна сказати, що в господарстві найбільшу частину земель займають орні землі – 66,1 %, це свідчить про високу ступінь розораності господарства. Найменшу частину земель займають багаторічні насадження – 0,7 %.

Розвиток галузі рослинництва господарства наведено в таблиці 1.2.

Аналізуючи дані таблиці 1.2, можна сказати, що в господарстві найбільша частина землі відводиться під зернові культури.

Розвиток галузі тваринництва господарства наведено в таблиці 1.3.

Основний акцент господарство робить на свинарстві.

У фермерському господарстві більшість робіт виконує персонал енергетичної служби. Електротехнічна служба цього господарства включає двох електромонтерів 3-го розряду, одного електромонтера 4-го розряду та інженера-енергетика 5-го розряду.

У разі господарчої або спеціалізованої форми обслуговування енергетичного обладнання в таких підприємствах створюються енергетичні служби, що складаються з електротехнічної служби та підрозділу, відповідального за експлуатацію теплотехнічного обладнання.

Заробітна плата електромонтерів залежить від їхнього кваліфікаційного розряду і визначається за тарифними ставками, встановленими для працівників ремонтних майстерень за нормальних умов праці. Присвоєння кваліфікаційних розрядів проводиться відповідно до вимог Єдиного тарифно-кваліфікаційного довідника робіт і професій робітників.

Електротехнічна служба господарства займається ремонтом електродвигунів, контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації. У виконанні робіт із ремонту електрообладнання активно сприяють міжгосподарські та виробничо-експлуатаційні підрозділи, при цьому обсяг допомоги визначається складністю завдань. У господарстві експлуатується понад 1000 умовних одиниць електрообладнання, а на одного електромонтера припадає 250 умовних одиниць. Оптимальна чисельність електромонтерів повинна становити 10 осіб, що дозволяє встановити щорічне навантаження на одного працівника в межах 100 умовних одиниць. Матеріально-технічна база підприємства перебуває в задовільному стані.

У фермерському господарстві є багато різноманітних підрозділів і цехів, де виконується вся необхідна робота для забезпечення тривалої експлуатації всього обладнання та машин. На території свинотоварного комплексу підприємства відбуваються автоматизовані процеси видалення гною з приміщень свинарників.

Гній видаляється за допомогою скребкового гностраспортера та вивозиться на гноєсховище. У кормоцехах об'єкта електропостачання виконуються операції з переробки кормів, включаючи подрібнення, змішування та запарювання. Корм у свинарниках розвозять за допомогою кормороздавачів з автоматизованою технологією робочого процесу.

У свинарнику-маточнику впроваджена система автоматизованого підігріву молодняка. Для нагрівання використовуються ізольовані проводи, в яких струмоведуча жила виконана з оцинкованої сталі марки ПОСХВ.

За критеріями надійності електропостачання, сільські споживачі поділяються на три категорії. Перша категорія включає тваринницькі комплекси, що вирощують і відгодовують понад 12 тисяч свиней на рік, а також комплекси, що виробляють молоко шляхом утримання понад 400 голів худоби.

Для забезпечення стійкого електропостачання споживачам цієї категорії необхідно підключення від двох незалежних джерел. У разі втрати основного джерела, допускається короткочасна перерва до 30 хвилин, протягом яких активується резервне живлення. Друга категорія охоплює комплекси з вирощування розсади з електроприводом у системах технічного обігріву, парники, теплиці тощо.

Перерви в електропостачанні споживачів другої категорії дозволяються лише на час, необхідний для підключення резервного живлення силами чергового обслуговуючого персоналу, але цей період не може перевищувати 3,5 години.

До споживачів третьої категорії належать усі інші, які не відносяться до першої чи другої категорії. Для них допустимий термін перерви в

електропостачанні становить не більше однієї доби. Наше господарство класифікується як споживач другої категорії за рівнем надійності енергопостачання, і допустима перерва в постачанні електроенергії для нього становить не більше 3,5 години.

1.2 Обґрунтування теми проекту

Багато господарств досі використовують обладнання, що залишилося у спадок від колгоспів. Таке обладнання часто відслужило свій технічний ресурс, проте все ще знаходиться в експлуатації. Проблема в тому, що воно застаріло не лише фізично, а й морально. Більшість систем електроприводу в таких господарствах базуються переважно на релейно-контакторних схемах.

Тим часом промисловий електропривод активно розвивається у напрямку безконтактних технологій. Релейно-контакторні схеми електроприводу комутують значні струми, що призводить до постійних перевантажень мережі та просідання напруги. Враховуючи, що якість електроенергії у сільській місцевості часто залишає бажати кращого, такі системи лише посилюють проблеми електропостачання.

Сучасний розвиток силовій електроніки стимулює масове впровадження керованих електроприводів у ті галузі, де раніше електричне керування майже не використовувалося. Напівпровідникові системи електроприводу виробляються в уніфікованих варіантах, щоб задовольнити основні потреби споживачів. Працювати з такими системами доволі просто — процес зводиться до правильного підбору обладнання та налаштування потрібних параметрів і функцій для оптимальної роботи.

У вентиляційних системах електроприводи, як правило, регулюються механічним методом, переважно через дроселювання, хоча цей спосіб є досить енерговитратним. У сільському господарстві для вентиляційних систем найчастіше використовують регулювання шляхом зміни кількості

працюючих вентиляторів або поступового регулювання швидкості обертання двигунів. Для цього зазвичай застосовують багатошвидкісні двигуни. Іншим підходом є регулювання напруги живлення при незмінній частоті, що потребує спеціальних двигунів з підвищеним ковзанням.

Сьогодні все більшої популярності набувають частотно-керовані асинхронні електроприводи, які поступово замінюють електроприводи постійного струму, багатошвидкісні двигуни, а також тиристорні регулятори напруги, що тепер здебільшого використовуються тільки як пристрої для плавного пуску.

У даній кваліфікаційній роботі пропонується модернізація електроприводу у свинарнику із заміною його на частотно-керований асинхронний електропривод. Такий привід має низку переваг перед іншими рішеннями. Він забезпечує плавне регулювання швидкості обертання, ефективний захист як самого двигуна, так і перетворювача від аварійних ситуацій.

Окрім того, завдяки виробництву недорогих серійних перетворювачів частоти, його використання стало доступним. Хоча ці перетворювачі мають обмежений діапазон регулювання частоти, для багатьох механізмів навіть цього мінімального діапазону є цілком достатньо.

РОЗДІЛ 2

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГОСПОДАРСТВА

Відповідно до поставлених у кваліфікаційній роботі завдань виконується розрахунок системи електропостачання господарства. Цей розрахунок охоплює електрозабезпечення всіх виробничих і допоміжних об'єктів, включаючи свинарники, кормоцех для приготування кормосумішей, складські приміщення та будинок тваринника, з урахуванням вимог до надійного та безперебійного електропостачання.

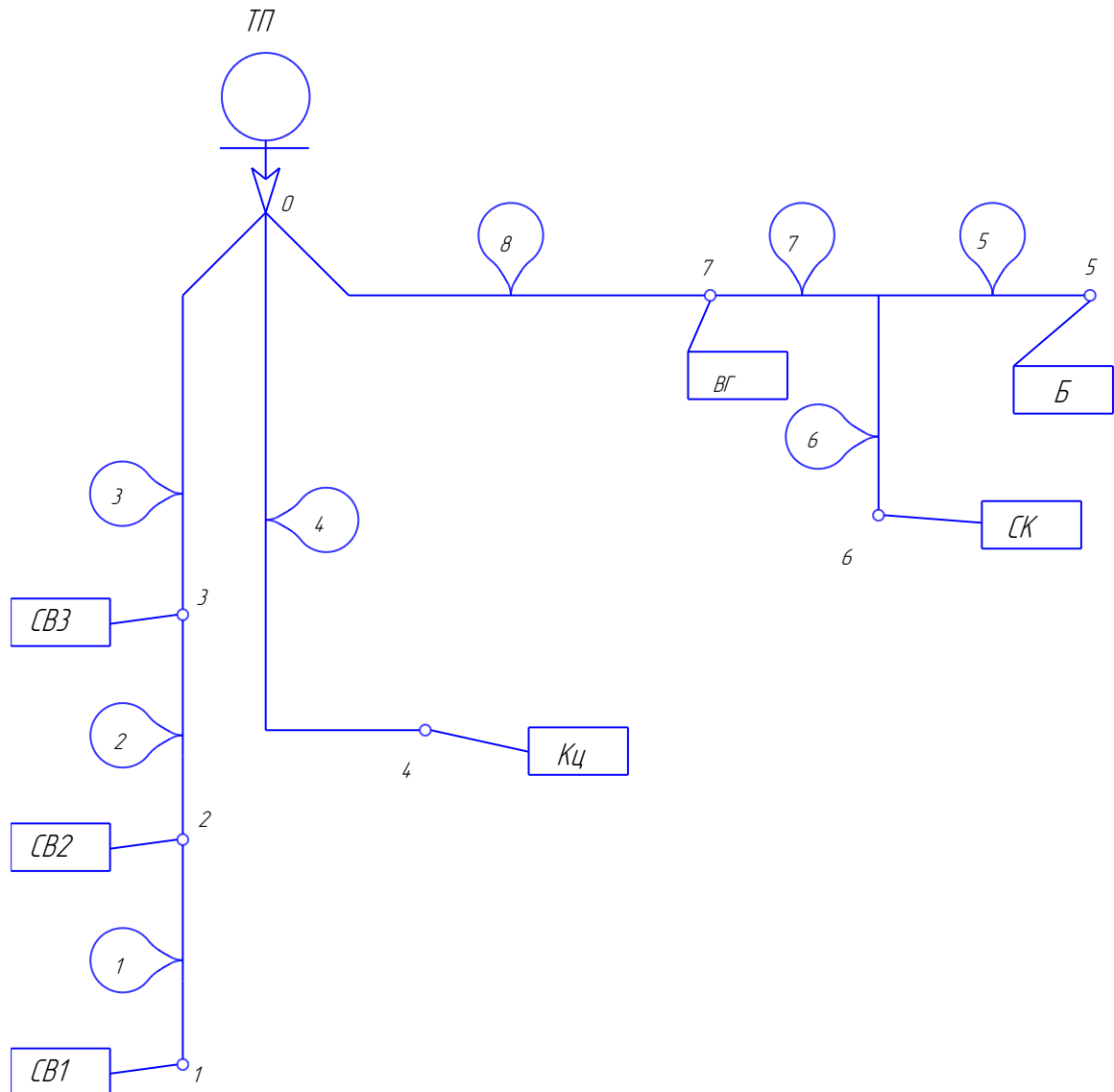


Рисунок 2.1 – Схема розташування вузлів електричного навантаження

Відповідно до наявних господарських об'єктів здійснюється вибір і розрахунок електричної мережі напругою 0,4–10 кВ.

Для мережі 0,4 кВ складено схему розподілу навантажень по вузлах, у якій зазначено кількість споживачів, їхню потужність та відстань до трансформаторної підстанції. Потужності окремих вузлів зведені в таблицю 2.1.

Схема електричної мережі 0,38 кВ із розрахунковими навантаженнями по вузлах наведена на рисунку 2.1.

З огляду на відносно відокремлене розташування об'єкта та значну сумарну потужність електроспоживачів, передбачено встановлення окремої трансформаторної підстанції. Найбільш раціональним рішенням є розміщення її безпосередньо на території комплексу. Комплектна трансформаторна підстанція КТП 10/0,4 кВ забезпечує живлення трьох окремих ліній: перша лінія призначена для електропостачання свиногокомплексу, друга — кормоцеху, а третя — допоміжних об'єктів, зокрема складських приміщень.

2.1 Визначення розрахункових навантажень

Користуючись технічною документацією, визначаємо сумарні електричні навантаження для кожного об'єкта, результати чого подаємо в таблиці 2.1.

На основі отриманих даних з таблиці 2.1 розраховується середній коефіцієнт використання електроприймачів, який дозволяє оцінити ефективність використання встановленої потужності в електричній мережі.

$$K_{\theta_1} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ном} \cdot K_{\theta i}}{\sum_{s=1}^n P_{ном}}; \quad (2.1)$$

$$K_{\theta_1} = \frac{10 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,9 + 20 \cdot 0,9 + 60 \cdot 0,6 + 5,0 \cdot 0,8 + 5,0 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,8}{10 + 20 + 20 + 60 + 5,0 + 5,0 + 10} = 0,74.$$

Визначаємо середню активну потужність

$$P_{PO3.C} = K_{B1} \cdot \sum P_{НОМ}, \quad (2.2)$$

$$P_{PO3.C} = 0,74 \cdot 130 = 96,2 \text{ кВт.}$$

Таблиця 2.1 – Характеристика основних споживачів

№ п/п	Назви електроприймача	P _{НОМ} , кВт	K _в	cosφ	tgφ
1	Свинарник маточник	10	0,8	0,8	0,75
2	Свинарник відгодівельник	20	0,9	0,7	1,0
3	Свинарник відгодівельник	20	0,9	0,7	1,0
4	Кормоцех	60	0,6	0,6	1,3
5	Склад	5	0,8	0,7	1,0
6	Будинок тваринника	5	0,8	0,7	1,0
7	Вагова	10	0,8	0,8	0,75

Для визначення tgφ визначаємо середньозважене значення коефіцієнта потужності

$$\cos \phi = \frac{\sum P_{НОМ} \cos \phi_1}{\sum P_{НОМ}}, \quad (2.3)$$

$$\cos \phi = \frac{10 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,7 + 20 \cdot 0,7 + 60 \cdot 0,6 + 5,0 \cdot 0,7 + 5,0 \cdot 0,7 + 10 \cdot 0,8}{10 + 20 + 20 + 60 + 5,0 + 5,0 + 10} = 0,67$$

$$\arccos 0,67 = 48^\circ$$

$$\operatorname{tg} \phi_1 = \operatorname{tg} 48^\circ = 1,11.$$

Визначаємо значення середньої реактивної потужності:

$$Q_{PO3.C} = P_{PO3} \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (2.4)$$

$$Q_{PO3.C} = 96,2 \cdot 1,11 = 107 \text{ кВАр.}$$

Враховуючи значення коефіцієнта максимуму активної потужності K_{МАХ}. = 2,0 знаходимо значення розрахункової активної потужності

$$P_{\Sigma} = K_{PO3} P_{max}, \quad (2.5)$$

$$P_{\Sigma} = 2,0 \cdot 96,2 = 192 \text{ кВт.}$$

Проводимо визначення розрахункової реактивної потужності за формулою:

$$Q_{\Sigma} = 1,1 \cdot Q_{PO3.C}, \quad (2.6)$$

$$Q_{\Sigma} = 1.1 \cdot 107 = 118 \text{ кВАр.}$$

Проводимо визначення розрахункової повної потужності:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}, \quad (2.7)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{192^2 + 118^2} = 225 \text{ кВА.}$$

Отримані значення розрахункових значень величин для кожного вузла заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові навантаження

№п/п	Назва приміщення	P_{Σ} , кВт	$\cos \varphi$	Q_{Σ} , кВт	S_{Σ} , кВт
1	Свинарник маточник	14,8	0,8	16,8	22,4
2	Свинарник відгодівельник	25,6	0,9	28,4	38,2
3	Свинарник відгодівельник	25,6	0,9	28,4	38,2
4	Кормоцех	89	0,6	98,8	133
5	Склад	7,4	0,8	8,2	11,0
6	Будинок тваринника	7,4	0,8	8,2	11,0
7	Вагова	14,8	0,8	16,8	22,4

Таблиця 2.3 – Розрахункові параметри ділянок лінії

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8
Довжина, м	0,1	0,1	0,1	0,2	0,05	0,1	0,05	0,1
P , кВт	14,8	40,4	66	89	7,4	7,4	14,8	29,6
Q , кВАр	16,8	45,2	73,6	98,8	8,2	8,2	16,4	33,2
S , кВА	22,4	60,6	98,8	133	11,0	11,0	22,0	44,4
I , А	32,3	87,5	143	192	15,2	15,2	31,8	64

За результатами розрахунку вибираємо комплектну трансформаторну підстанцію з трансформатором ТМ – 250/10.

Трансформатор має п'ять відпайок на обмотці вищої напруги, що дозволяють змінювати її значення на 0, $\pm 2,5\%$ та $\pm 5\%$ від номінальної

напруги. Перемикання цих відгалужень можливе лише при знеструмленому трансформаторі, тобто коли всі його обмотки вимкнені. Такий спосіб регулювання напруги називається перемиканням без збудження (ПБЗ).

Таблиця 2.3 – Паспортні дані трансформатора ТМ-250-10/0,4 кВ

$S_{\text{ном}}$	$U_{\text{В ном}}$	$U_{\text{Н ном}}$	Схема та група з'єднань	$\Delta P_{\text{нх}}$	$\Delta P_{\text{кз}}$	$U_{\text{кз}}$	$I_{\text{нх}}$
кВА	кВ	кВ		кВт	кВт	%	%
250	10	0,4	Y/Y _н -0	1,05	4,0	4,5	2,5

Значення опорів трансформатора, приведених до вищої напруги трансформатора :

- повний опір – $z_T = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}} \cdot 10^{-3}} = 18 \text{ Ом};$
- активний опір – $r_T = P_{\text{кз}} \cdot \frac{U_{\text{В ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2 \cdot 10^{-3}} = 6,5 \text{ Ом};$
- реактивний опір – $x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = 16,8 \text{ Ом}.$

З метою зменшення втрат напруги в лінії та оптимізації перерізу провідників, усіх споживачів поділено на три групи. До фідера А підключено споживачі 1, 2, 3; до фідера Б — споживача 4; до фідера В — споживачів 5, 6, 7, 8. Лінії зовнішнього освітлення повністю повторюють конфігурацію силової мережі, тому на електричній схемі окремо не позначаються.

2.2 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж

Розрахунок мережі 10 кВ

Розрахуємо значення активної складової втрати напруги у магістралі високовольтної мережі:

$$\Delta U_p = \frac{x_o}{U_{\text{ном}}} Q \cdot l, \quad (2.8)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{10000} 205,6 \cdot 4000 = 30 \text{ В}.$$

Величина допустимого значення активної складової напруги буде:

$$\Delta U_{a\partial} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p, \quad (2.9)$$

$$\Delta U_{a\partial} = 400 - 30 = 370\text{В}.$$

Розрахунковий переріз провoda магістралі 10 кВ:

$$F_{розр} = \frac{P \cdot l}{U_{ном} \cdot \Delta U_a \cdot g}, \quad (2.10)$$

де: $g=32 \cdot 10^{-6}$ См/м – питома провідність алюмінію.

$$F_{розр} = \frac{184,6 \cdot 4000}{10000 \cdot 370 \cdot 32 \cdot 10^{-6}} = 6 \text{ мм}^2.$$

Таблиця 2.4 – Параметри проводів електричної мережі 10 кВ.

Лінія мережі 10 кВ	Марка проводу	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	Допустимий струм, А
ТП 35 кВ - ТП 10 кВ	АС-25	1,146	0,377	136

Відповідно до вимог ПУЕ, мінімальний переріз сталесалюмінієвого проводу марки АС для повітряної лінії напругою 10 кВ, з урахуванням механічної міцності, повинен бути не менше 25 мм². Таким чином, для даної лінії доцільно застосувати провід марки АС-25, технічні характеристики якого наведено в таблиці 2.4.

$$\Delta U = \sqrt{3}(r_0 \cdot \cos \phi + x_0 \cdot \sin \phi) \sum_{i=1}^n I_i \cdot l_i, \quad (2.11)$$

де: ΔU_a , ΔU_p – активна та реактивна втрата напруги; n – кількість ділянок магістралі; r_0 , x_0 – питомий активний і реактивний опори лінії електропередачі; I_i , l_i – струм та довжина i -ї ділянки магістралі.

$$\Delta U = \sqrt{3}(1,146 \cdot 0,67 + 0,377 \cdot 0,74) \frac{399}{25} \cdot 4,0 = 120\text{В} (1,2 \%).$$

Значення втрат напруги в обмотках трансформатора 10/0,4 кВ при максимальному навантаженні:

$$\Delta U = \frac{I_n}{k_{mp}} \cdot Z_m = \frac{399}{25} \cdot 28 = 288\text{В} (2,9\%).$$

Розрахунок мережі 0,38 кВ

Проводимо розрахунок реактивної складової втрати напруги у магістралі 0-1 за формулою:

$$\Delta U_p = \frac{x_o}{U_{ном}} (Q_1 \cdot l_1 + Q_2 \cdot l_2 + Q_3 \cdot l_3), \quad (2.12)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{380} (16,8 \cdot 0,1 + 45,2 \cdot 0,1 + 73,6 \cdot 0,1) = 9 \text{ В.}$$

Значення допустимої активної складової напруги:

$$\Delta U_{ад0-1} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p,$$

$$\Delta U_{ад0-1} = 19 - 9 = 10,0 \text{ В.}$$

Розрахунковий переріз проводів магістралі 0-1:

$$F_{0-1розр} = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3}{U_{ном} \cdot \Delta U_{ад0-1} \cdot g}, \quad (2.13)$$

$$F_{0-1розр} = \frac{14,8 \cdot 0,1 + 40,4 \cdot 0,1 + 66 \cdot 0,1}{0,4 \cdot 10,0 \cdot 32 \cdot 10^{-6}} = 94 \text{ мм}^2.$$

$$\Delta U = \sqrt{3} (0,34 \cdot 0,67 + 0,374 \cdot 0,74) (52,4 \cdot 0,1 + 87,5 \cdot 0,1 + 143 \cdot 0,1) = 12 \text{ В.}$$

Проводимо аналогічні розрахунки магістралі 0-4, 0-6 таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 – Втрати напруги в магістралях і визначення їх поперечних перерізів проводів.

Магістраль	U _p , В	U _{ад} , В	Фрозр. , мм ²
0-1	9,0	10,0	94,0
0-4	8,0	11,0	92,0
0-6	4,0	15,0	23,0

Виходячи з наявної номенклатури стандартних марок проводів, обираємо відповідні номінальні перерізи для провідників електричної мережі 0,38 кВ. Результати показано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Параметри проводів електричних мереж ліній 0,38 кВ.

Лінія мережі 0,38 кВ	Марка проводу	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	Допустимий струм, А
1,2,3,4	A-95	0,34	0,274	320
5,6,7,8	A-35	0,92	0,308	170

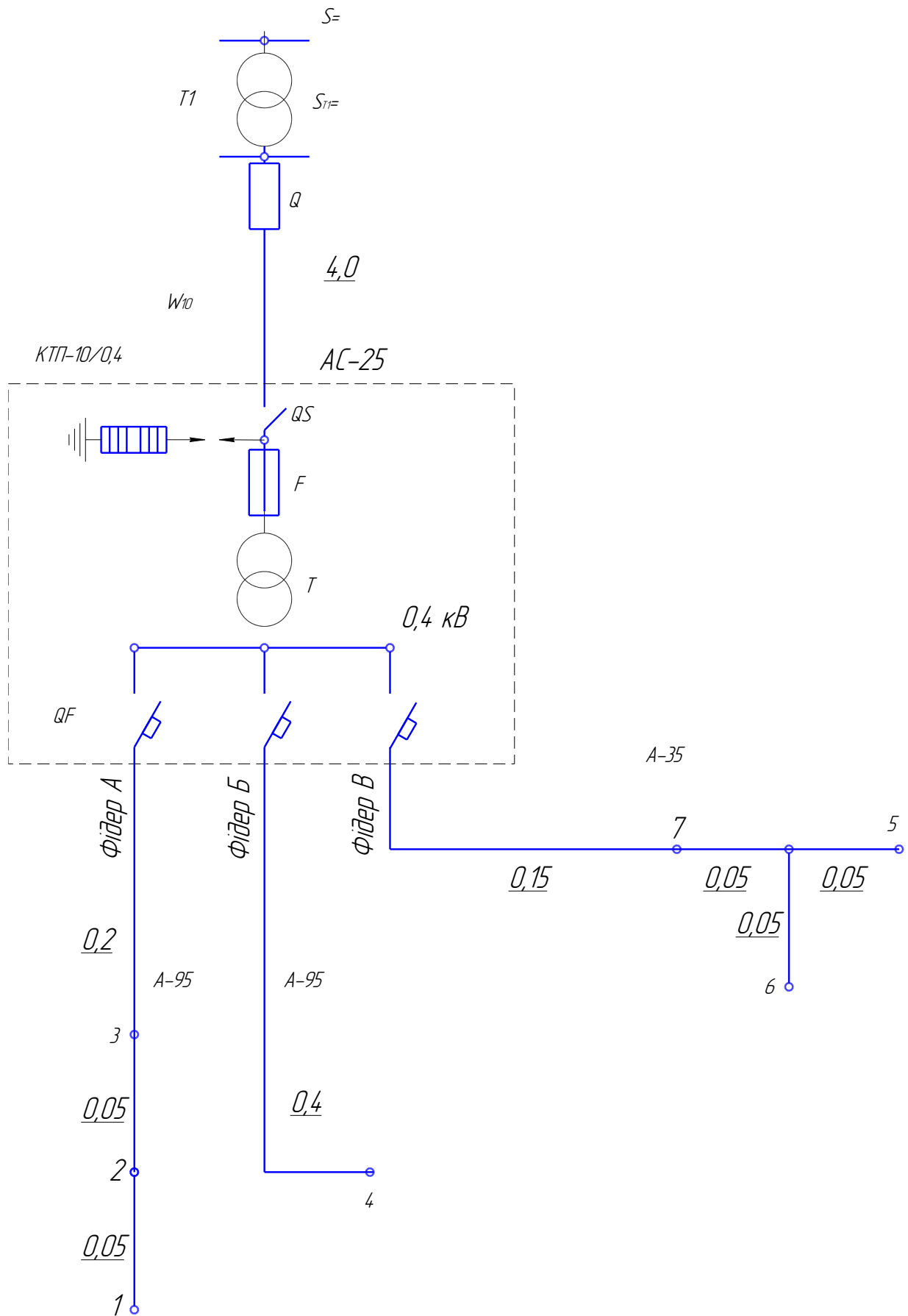


Рисунок 2.2 – Принципова схема проектованої мережі

За характеристиками обраних проводів розрахуємо фактичні втрати напруги в лініях електричної мережі напругою 0,38 кВ за формулою (2.11). Отримані результати наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Дійсні спади напруг у магістралях

Магістраль	0-1	0-4	0-6
ΔU , В	12,0	18,0	10,0

Витрати електроенергії в електричній мережі

Втрати електроенергії в проектуваній електромережі включають втрати у мережі 10 кВ, мережі 0,38 кВ та у трансформаторі 10/0,4 кВ.

Втрати електроенергії в мережі 10 кВ визначаються за формулою:

$$\Delta W_{10} = \sum_{i=1}^n 3 \cdot I_{max.i}^2 \cdot r_i \cdot \tau, \quad (2.14)$$

де:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.л.10max}},$$

$$I = \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10_{л.10max}} \text{ А.}$$

$\tau = 1000$ год. для часу максимуму 1800 год.

Втрата електричної енергії в мережі 10 кВ:

$$\Delta W_{10} = 3 \cdot 12,9^2 \cdot 4,0 \cdot 1,146 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} = 2289 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Втрати електричної енергії в мережі 0,38 кВ становить:

$$\Delta W_{0,38} = \sum_{i=1}^{11} 3 \cdot I_{max.i}^2 \cdot r_i \cdot \tau = 11859 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

У трансформаторі 10/0,4 кВ втрати складаються із постійних втрат, що не залежать значення навантаження:

$$\Delta W_c = \Delta P_{нх} \cdot 8760 = 1,05 \cdot 8760 = 9198 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

та із змінних втрат, що залежать від потужності навантаження:

$$\Delta W_o = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_{\Sigma \phi ч}}{S_{т.ном}} \right)^2 \cdot \tau,$$

$$\Delta W_o = 4,0 \cdot \left(\frac{225}{250} \right)^2 \cdot 1000 = 3240 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Значення втрат електричної енергії проектуваної електричної мережі:

- постійні – $\Delta W_{пост} = \Delta W_c = 9198 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

- змінні – $\Delta W_{зм} = \Delta W_{10} + \Delta W_{0,38} + \Delta W_o = 17388 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$
- сумарні – $\Delta W = \Delta W_{пост} + \Delta W_{зм} = 25586 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

2.3 Вибір трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ

Для живлення проектованої мережі 0,38 кВ обрана комплектна трансформаторна підстанція КТП-250-10/0,4 кВ. Підстанція виконана у вигляді блоку, що складається з таких основних вузлів: розподільного пристрою 10 кВ, розподільного пристрою 0,38 кВ та силового трансформатора потужністю 250 кВА.

Вхідний розподільний пристрій 10 кВ включає трифазний роз'єднувач із заземляючими ножами, який встановлюється на найближчій опорі ліній 10 кВ, а також вентиляні розрядники для захисту обладнання від атмосферних та комутаційних перенапруг зі сторони 10 кВ. На вводах 10 кВ силового трансформатора встановлені запобіжники, що забезпечують захист трансформатора від багатofазних коротких замикань.

Розподільний пристрій 0,38 кВ розташований у нижній частині шафи. На виводах 0,4 кВ трансформатора встановлено рубильник, на ножах якого з боку ліній 0,38 кВ змонтовані вентиляні розрядники для захисту від перенапруг. Далі під'єднано трифазний комплект трансформаторів струму для живлення кола обліку активної енергії та двофазний комплект трансформаторів струму (у фазах А і С), до якого приєднане теплове реле, що забезпечує захист силового трансформатора від перевантажень.

Увімкнення, вимкнення та захист двох ліній 0,38 кВ від коротких замикань здійснюються автоматичними вимикачами типу ВА. Виводи для живлення ліній вуличного освітлення захищені запобіжниками. Лінія вуличного освітлення може керуватися вручну або автоматично за сигналом від фотодатчика.

2.4 Розрахунок аварійних режимів

Для розрахунку струмів коротких замикань є заступна схема показана на рис.2.3.

Живлення трансформаторної підстанція 10/0,4 кВ здійснюється від районної трансформаторної підстанцій, із такими параметрами: $S_{КЗ} = 500$ МВА, $P = 8000$ кВт, $U_{ВН} = 35$ кВ.

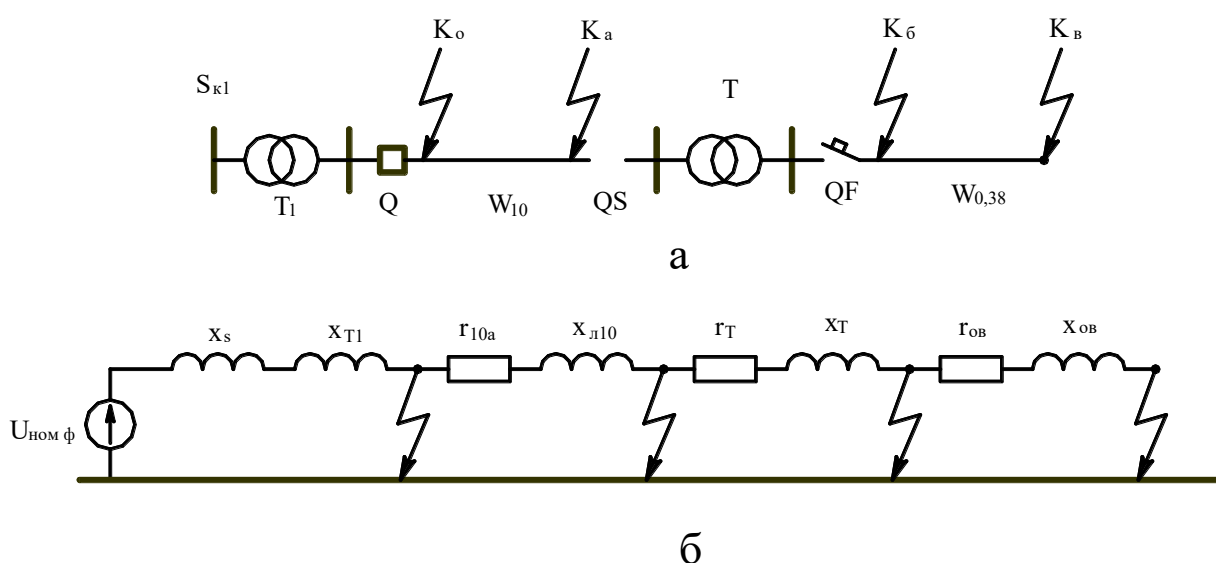


Рисунок 2.3 – Схеми принципова (а) та заступна (б) для визначення струмів короткого замикання.

Щоб визначити струми коротких замикань на стороні 10 кВ при к. з. у точках K_a і $K_б$ опори подамо приведеними до напруги 10кВ:

- значення еквівалентного опору системи 35 кВ:

$$x_s = \frac{U_{ном}^2}{S_{КЗ}},$$

$$x_s = \frac{10^2}{500} = 0,2 \text{ Ом.}$$

- значення реактивного опору трансформатора 35/10 кВ:

$$x_{m1} = \frac{U_{кз} \cdot U_{ном}^2}{100 \cdot S_{m1}},$$

$$x_{m1} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 5} = 0,9 \text{ Ом.}$$

- значення опорів лінії 10 кВ:

$$x_{л10} = 1,5 \text{ Ом.}$$

$$r_{л10} = 4,6 \text{ Ом.}$$

- значення опорів трансформатора 10/0,4 кВ:

$$x_m = 16,8 \text{ Ом.}$$

$$r_m = 6,5 \text{ Ом.}$$

Значення сумарних опорів і струмів для трифазного і двофазного короткого замикання на початку лінії 10кВ (точка К_о):

$$Z_{\Sigma o} = x_s + x_{m1},$$

$$Z_{\Sigma o} = 0,2 + 0,9 = 1,1 \text{ Ом.}$$

$$I^{(3)}_{ко} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma o}},$$

$$I^{(3)}_{ко} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 5247 \text{ А.}$$

$$I^{(2)}_{ко} = 0,87 \cdot I^{(3)}_{ко},$$

$$I^{(2)}_{ко} = 0,87 \cdot 5247 = 4565 \text{ А.}$$

Значення сумарного опору і струму зі сторони обмотки вищої напруги трансформатора 10/0,4 кВ за трифазного і двофазного короткому замикання у точці К_а:

$$Z_{\Sigma a} = \sqrt{(x_s + x_{m1} + x_{л10})^2 + r_{л10}^2} = 5,3 \text{ Ом.}$$

$$I^{(3)}_{ка} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma a}}.$$

$$I^{(3)}_{ка} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 5,3} = 1089 \text{ А.}$$

$$I^{(2)}_{ка} = 0,87 \cdot I^{(3)}_{ка} ?$$

$$I^{(2)}_{ка} = 0,87 \cdot 1089 = 948 \text{ А.}$$

аналогічно у точці К_б:

$$Z_{\Sigma b} = \sqrt{(x_s + x_{m1} + x_{л10} + x_m)^2 + (r_{л10} + r_m)^2} = 22,4 \text{ Ом}$$

$$I_{\kappa\bar{6}}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma\bar{6}}},$$

$$I_{\kappa\bar{6}}^{(3)} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 22,4} = 258 \text{ A.}$$

$$I_{\kappa\bar{6}}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa\bar{6}}^{(3)},$$

$$I_{\kappa\bar{6}}^{(2)} = 0,87 \cdot 258 = 225 \text{ A.}$$

Значення струмів з боку виводів 0,4 кВ трансформатора 10/0,4 кВ при к.з. у точці б:

$$I_{\kappa\bar{6}н}^{(3)} = \frac{U_{В.ном}}{U_{н.ном}} \cdot I_{\kappa\bar{6}}^{(3)},$$

$$I_{\kappa\bar{6}н}^{(3)} = \frac{10}{0,4} \cdot 258 = 6450 \text{ A.}$$

$$I_{\kappa\bar{6}н}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa\bar{6}н}^{(3)},$$

$$I_{\kappa\bar{6}н}^{(2)} = 0,87 \cdot 6450 = 5611,5 \text{ A.}$$

Визначаємо струми к.з. у електрично найвіддаленіших вузлах (вузли 1,4,6), сумарні опори к.з.:

$$Z_{\Sigma\bar{6}} = Z_{\Sigma\bar{6}} \cdot \left(\frac{U_{н.ном}}{U_{В.ном}} \right)^2 + Z_{об}, \text{ Ом.} \quad (2.15)$$

$$Z_{0-1} = \sqrt{(r_{л.0,38})^2 + (x_{л.0,38})^2} = 0,13 \text{ Ом.}$$

$$Z_{0-4} = 0,09 \text{ Ом} \quad Z_{0-6} = 0,29 \text{ Ом.}$$

$$Z_{\Sigma 1} = 22,4 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 + 0,13 = 0,17 \text{ Ом.}$$

$$Z_{\Sigma 4} = 0,13 \text{ Ом} \quad Z_{\Sigma 6} = 0,33 \text{ Ом.}$$

Отже значення струмів к.з. у цих вузлах:

$$I_{\kappa 1н}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{1000 \cdot 0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,17} = 1359 \text{ A.}$$

$$I_{\kappa 1н}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa 1н}^{(3)} = 0,87 \cdot 1359 = 1182 \text{ A.}$$

$$I_{\kappa 4н}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 4}} = \frac{1000 \cdot 0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,13} = 1688 \text{ A.}$$

$$I_{\kappa 4н}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa 4н}^{(3)} = 0,87 \cdot 1688 = 1468 \text{ A.}$$

$$I_{\kappa 6н}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 6}} = \frac{1000 \cdot 0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,33} = 700 \text{ A.}$$

$$I_{\kappa 6н}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa 6н}^{(3)} = 0,87 \cdot 1688 = 609 \text{ A.}$$

Струми при однофазних к.з.:

$$I^{(1)}_{K\delta H} = \frac{U}{\sqrt{3} \left(\frac{Z_{To}}{3} + Z_{PB} \right)}, \quad (2.16)$$

де:

$Z_{To}=1,63$ Ом – величина опору нульової послідовності трансформатора при замиканні на корпус фази;

Z_{PB} – опір петлі “фаза-нуль” для вузла к.з.:

$$Z_{PB} = \frac{Z_{0\phi}}{3} (2 + 3,5), \text{ Ом.} \quad (2.23)$$

$$Z_{P1} = \frac{0,13}{3} (2 + 3,5) = 0,24 \text{ Ом.}$$

$$Z_{P4} = \frac{0,09}{3} (2 + 3,5) = 0,17 \text{ Ом.}$$

$$Z_{P6} = \frac{0,29}{3} (2 + 3,5) = 0,53 \text{ Ом.}$$

Струми однофазних замикань на землю:

$$I^{(1)}_{K1H} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,24 \right)} = 295 \text{ А.}$$

$$I^{(1)}_{K4H} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,17 \right)} = 324 \text{ А.}$$

$$I^{(1)}_{K6H} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,53 \right)} = 215 \text{ А.}$$

2.5 Вибір і розрахунки захисту від аварійних режимів

Захист трансформаторів 10/0,4 кВ потужністю до 630 кВА виконується за допомогою плавких запобіжників, які встановлюються на стороні вищої напруги — 10 кВ. Вибір запобіжника здійснюється відповідно до таких основних критеріїв:

- номінальна напруга запобіжника повинна відповідати номінальній напрузі мережі: $U_{\text{зап}} = U_{\text{ном}}$;

- номінальний струм вимкнення має бути не меншим за максимальний струм короткого замикання в точці встановлення:

$$I_{н.вимк} \geq I_{кз.мах};$$
- номінальний струм плавкої вставки підбирається з урахуванням номінального струму трансформатора та повинен приблизно відповідати подвоєному значенню цього струму:

$$I_{вст} \approx 2I_{Т.ном}.$$

Ці умови забезпечують надійний захист трансформатора як від коротких замикань, так і від перевантажень.

Для трансформаторів 10/0,4 кВ потужністю 250 кВА рекомендовано застосовувати плавкі запобіжники з номінальним струмом вставки $I_{вст} = 20$ А.

З урахуванням зазначених вимог, для захисту трансформатора в даній електричній мережі доцільно обрати плавкий запобіжник типу ПКТ-10-20-31,5УЗ, який має такі технічні характеристики:

- номінальна напруга: 10 кВ;
- номінальний струм плавкої вставки: 20 А;
- струм вимкнення (граничний відключаючий струм): 31,5 кА.

Враховуючи, що мінімальне значення струму короткого замикання в точці (а) становить 948 А, можна зробити висновок, що обраний запобіжник повністю відповідає встановленим критеріям вибору. Його граничний струм вимкнення значно перевищує вказане значення, що гарантує надійне відключення мережі у випадку короткого замикання.

Релейний захист електричної мережі 0,38 кВ

Захист електричної мережі напругою 0,38 кВ для обраної схеми КТП реалізується за допомогою автоматичних вимикачів типу ВА. У нульових проводах фідерів встановлено струмові реле, які при спрацюванні подають сигнал на обмотку незалежного розчеплювача, забезпечуючи своєчасне вимкнення аварійної ділянки.

Вибір автоматичних вимикачів здійснюється за такими основними критеріями:

- номінальна напруга вимикача має відповідати напрузі мережі (0,38 кВ);
- номінальний струм вимикача повинен перевищувати робочий струм лінії, але не виходити за межі допустимого струму провідника;
- чутливість до коротких замикань – вимикач повинен забезпечувати надійне відключення у разі виникнення струмів короткого замикання;
- стійкість до перевантажень – захист повинен спрацювати із затримкою часу, щоб уникнути помилкового відключення при короткочасних перевантаженнях;
- можливість підключення до кола дистанційного керування або сигналізації – за необхідності.

Такий підхід до вибору забезпечує надійність, безпечність та ефективність захисту електромережі 0,38 кВ.

Робота автоматичних вимикачів у мережі 0,38 кВ на спрацювання від перевантажень, відповідно до вимог ПУЕ, не перевіряється, оскільки основна функція захисту в таких умовах покладається на інші пристрої або передбачено їх роботу лише при коротких замиканнях.

Номінальна напруга автоматичного вимикача:

$$U_{\text{авт}}=380 \text{ В} \geq U_{\text{ном}}=380 \text{ В}.$$

Вибераємо значення номінального струму напівпровідникових розчеплювачів (які є номінальними струмами автоматичних вимикачів) для фідерів:

$$A \Rightarrow I_{\text{нав } A}=143 \text{ А} \qquad I_{\text{рв } A}=200 \text{ А}.$$

$$B \Rightarrow I_{\text{нав } B}=192 \text{ А} \qquad I_{\text{рв } B}=200 \text{ А}.$$

$$B \Rightarrow I_{\text{нав } B}=64 \text{ А} \qquad I_{\text{рв } B}=80 \text{ А}.$$

Значення струмів спрацювання напівпровідникових розчеплювачів для кожного фідера:

$$A \Rightarrow I_{\text{сн} A} = 400 \text{ А} > 1,4 \cdot I_{\text{мр} A} = 200,2 \text{ А}.$$

$$Б \Rightarrow I_{\text{сн} Б} = 400 \text{ А} > 1,4 \cdot I_{\text{мр} Б} = 268,8 \text{ А}.$$

$$В \Rightarrow I_{\text{сн} В} = 160 \text{ А} > 1,4 \cdot I_{\text{мр} В} = 89,6 \text{ А}.$$

Значення коефіцієнта чутливості напівпровідникових розчеплювачів для кржго із фідерів:

$$A \Rightarrow k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к1н}}^{(2)}}{I_{\text{сн} A}} = \frac{1182}{400} = 2,96.$$

$$Б \Rightarrow k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к4н}}^{(2)}}{I_{\text{сн} Б}} = \frac{1468}{400} = 3,7.$$

$$В \Rightarrow k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к6н}}^{(2)}}{I_{\text{сн} В}} = \frac{609}{160} = 3,8.$$

Розрахункові струми спрацювання реле незалежного розчеплювача під час однофазного короткого замикання:

$$A \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 1,25 \cdot 0,3 \cdot I_{\text{мр}} = 54 \text{ А}.$$

$$Б \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 1,25 \cdot 0,3 \cdot I_{\text{мр}} = 72 \text{ А}.$$

$$В \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 1,25 \cdot 0,3 \cdot I_{\text{мр}} = 24 \text{ А}.$$

Прийmemo:

$$A \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 63 \text{ А} < \frac{I_{\text{к1н}}^{(1)}}{2} = \frac{295}{2} = 147,5 \text{ А}.$$

$$Б \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 80 \text{ А} < \frac{I_{\text{к1н}}^{(4)}}{2} = \frac{324}{2} = 162 \text{ А}.$$

$$В \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 25 \text{ А} < \frac{I_{\text{к1н}}^{(6)}}{2} = \frac{215}{2} = 107,5 \text{ А}.$$

Значення струму спрацювання електромагнітного розчеплювача – $I_{\text{сн}} = 1600 \text{ А}$. При трифазному короткому замиканні на початку ліній 1,4,6 мають спрацьовувати електромагнітні розчеплювачі у автоматичних вимикачах, миттєво відмикаючи відповідний фідер.

Релейний захист електричної мережі 10 кВ

Відповідно до вимог ПУЕ, на повітряних та кабельних лініях напругою 10 кВ з одностороннім живленням передбачається встановлення двоступінчастого струмового захисту.

- перший ступінь — струмова відсічка, яка забезпечує швидке відключення при значних струмах короткого замикання без витримки часу;
- другий ступінь — максимальний струмовий захист із залежною або незалежною витримкою часу, який спрацьовує при менших значеннях струмів короткого замикання або при тривалих перевантаженнях.

Двоступінчастий струмовий захист виконаємо за схемою рис.2.4.

На лінії 10 кВ зі сторони підстанції 35/10 кВ, що заживлює ТП 10/0,4 кВ вибираємо для встановлення трансформатори струму типу ТПЛК-10 у фазах А і С, що мають коефіцієнти трансформації 10/5 ($I_{1TC}=20\text{ A}>I_{T.HOM}=14,4\text{ A}$).

Значення струму спрацювання відсічки вибирають із умови:

$$I_{с.з.в.} = k_H \cdot I_{к.з.овн},$$

$$I_{с.з.в.} = 1,2 \cdot 258 = 310\text{ A}.$$

де ,

$I_{к.з.овн}$ - значення максимального зовнішнього струму к. з., який визначається як струм у місці встановлення захисту при к. з. зі сторони нижчої напруги трансформатора 10/0,4 кВ;

k_H – коефіцієнт надійності, $k_H=1,2$ для реле РТ-40.

Значення струму спрацювання реле визначаємо за умовою:

$$I_{с.р.в.} = \frac{I_{с.з.в.}}{n_{mc}},$$

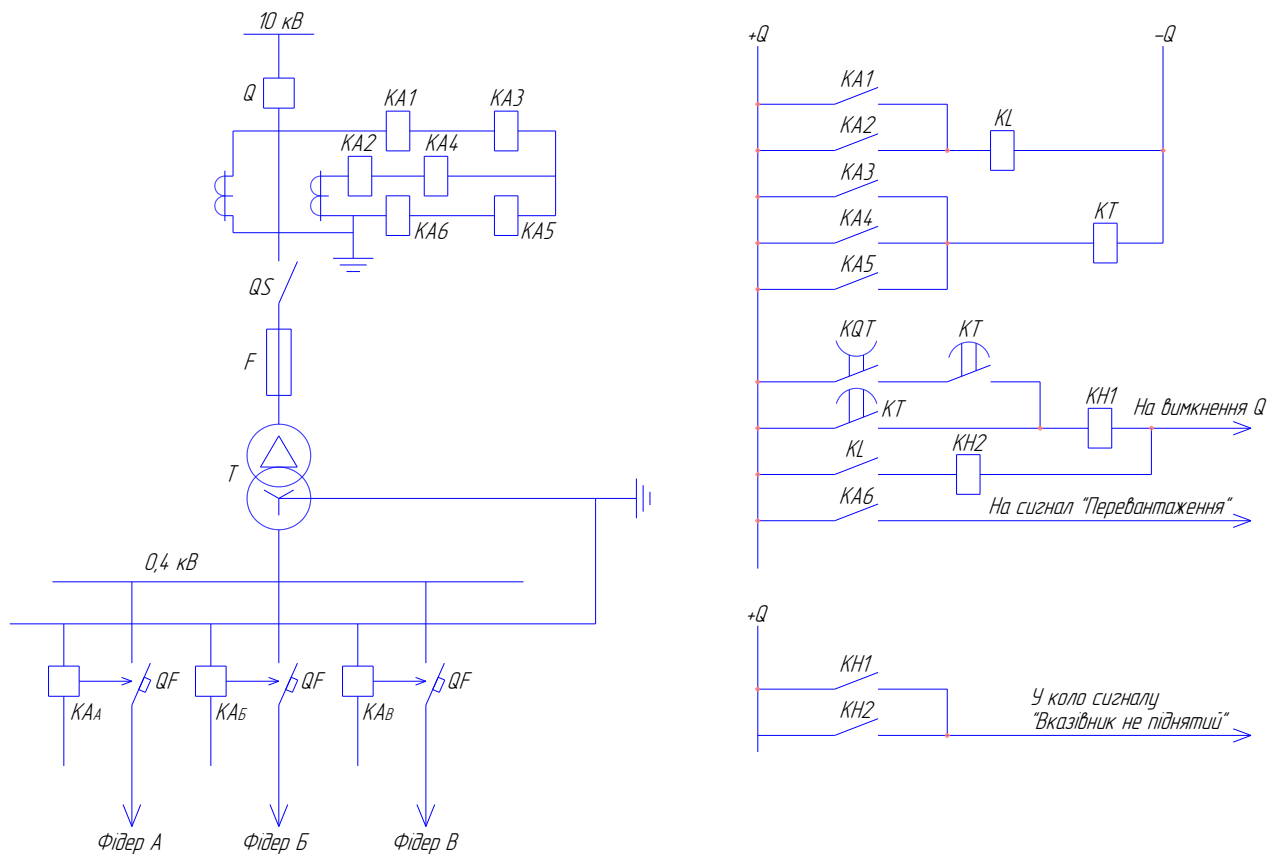
$$I_{с.р.в.} = \frac{310}{10/5} = 155\text{ A}.$$

Перевіряємо за струмом чутливості спрацювання відсічки двофазного короткого замикання в кінці лінії:

$$k_{ч.в.} = \frac{I_{к.min}^{(2)}}{I_{с.з.в.}},$$

$$k_{ч.в.} = \frac{948}{310} = 3,1 > 1,5,$$

тому, згідно з ПУЕ у цьому випадку відсічка може використовуватись як основний захист лінії.



ТС	Трансформатори струму ТПЛК-10
KQT	Контакт реле положення “вимкнено” вимикача Q
KH1, KH2	Вказівне реле типу РУ-1
КТ	Реле часу типу РВ-122
KL	Проміжне реле типу РН-23 чи РН-251
KA1-KA6	Реле струму типу РТ-40
КА _А , КА _Б	Реле струму в нейтралах ліній 0,38 кВ

Рисунок 2.4 – Принципова схема релейного захисту електричної мережі

Для другого ступеня захисту лінії 10 кВ проектованої мережі приймаємо максимальний струмовий захист реалізований на базі реле непрямої дії РТ-40 і реле часу РВ-122.

Значення струму спрацювання захисту:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n \cdot k_z}{k_{II}} \cdot I_{max.p},$$

$$I_{c.з.} = \frac{1,2 \cdot 1}{0,8} \cdot 12,9 = 19,4 \text{ A.}$$

де:

k_{II} - коефіцієнт повернення;

$I_{\max.p}$ - максимальний робочий струм лінії.

$$I_{\max.p} = \frac{S_{\Sigma 6ч}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

$$I_{\max.p} = \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10} = 12,9 \text{ A.}$$

Значення струму спрацювання реле:

$$I_{c.p} = \frac{I_{c.з.}}{n_{mc}},$$

$$I_{c.p} = \frac{19,4}{10/5} = 9,7 \text{ A.}$$

Перевіряємо чутливість максимального струмового захисту (як резервного для трансформатора) при умові к. з. на стороні нижчої напруги трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ:

$$k_u = \frac{I^{(2)}_{K.б.}}{I_{c.з.}},$$

$$k_u = \frac{225}{19,4} = 11,6 > 1,2.$$

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОПРИВОД ВЕНТИЛЯЦІЇ СВИНАРНИКА

3.1 Вентиляція приміщення

Для забезпечення належної якості повітря у виробничих приміщеннях необхідне функціонування системи вентиляції, яка забезпечує рівномірний повітрообмін на всіх рівнях. У тваринницьких приміщеннях повітря забруднюється внаслідок життєдіяльності тварин: виділяються вуглекислий газ, сірководень, водяна пара, надлишкове тепло, а також утворюються аміак, метан і механічні домішки.

Порушення температурно-вологісного режиму та незадовільний газовий склад повітря можуть призводити до значного зниження продуктивності тварин: молочність корів зменшується на 10–15%, приріст маси у свиней — на 20–30%, яйценосність курей — на 15–20%. До того ж, надмірна швидкість руху повітря викликає у тварин простудні захворювання. Найбільший вплив на фізіологічний стан і продуктивність тварин мають температура, вологість та вміст шкідливих газів у повітрі.

Вентиляційні установки призначені для підтримання в межах нормативів температури, вологості, запиленості та концентрації шкідливих газів у повітрі виробничих, тваринницьких та інших типів приміщень.

Системи механічної вентиляції поділяються на три основні типи: витяжну, приточну та приточно-витяжну.

Витяжна вентиляція полягає у видаленні повітря з приміщення за допомогою вентиляторів. У результаті в приміщенні створюється знижений тиск (зрідження), через що свіже повітря надходить всередину через нещільності в огорожувальних конструкціях.

Приточна вентиляція забезпечує подачу свіжого зовнішнього повітря до приміщення за допомогою вентиляторів. При цьому створюється

надлишковий тиск, а відпрацьоване повітря виходить через витяжні канали або щілини. Така система зазвичай використовується у випадках, коли необхідно підігрівати приточне повітря.

Приточно-витяжна вентиляція є комбінацією обох систем, забезпечуючи як подачу свіжого повітря, так і його видалення з приміщення, що дозволяє більш ефективно контролювати мікроклімат.

3.2 Розрахунок повітрообміну

Для вибору вентилятора та визначення потужності електродвигуна необхідно спочатку розрахувати потрібний об'єм повітря, який слід подати в приміщення.

Розхід повітря у свинарнику визначають, виходячи з потреби видалити надлишковий вуглекислий газ, зайве тепло та знизити вологість повітря. За розрахунковий приймають найбільше з отриманих значень витрати повітря.

Рівняння для визначення повітрообміну за годину, що забезпечує видалення надлишку вуглекислого газу, має наступний вигляд:

$$1,2C + LC_1 = LC_2, \quad (3.1)$$

Де C_2 – допустимий вміст вуглекислого газу в повітрі всередині приміщення, л/м³.

$1,2$ – коефіцієнт, що враховує видалення вуглекислоти мікроорганізмами в підстилці;

C_1 – вміст вуглекислого газу в зовнішньому повітрі, л/м³;

C – кількість вуглекислого газу, який виділяється тваринами, л/год;

L – необхідний об'єм повітря, що подає вентилятор, для забезпечення в приміщенні допустимого рівня вуглекислого газу, м³/год;

У цьому рівнянні ліва частина відповідає кількості вуглекислого газу, що надходить до приміщення за одну годину, а права — кількості, яка

видаляється. Рівність цих величин, тобто баланс, забезпечується завдяки повітрообміну:

$$L=1,2C/(C_2-C_1). \quad (3.2)$$

Значення C визначаємо виходячи із кількості поголів'я тварин та кількості вуглекислого газу, який виділяє одна тварина, розрахунок здійснюємо для свинарника на 1000 голів

$$C=43 \cdot 1000=43000 \text{ л/год.}$$

Гранична кількість вуглекислоти приведено $C_2=2,5 \text{ л/м}^3$. В сільській місцевості $C_1=0,3 \text{ л/м}^3$.

Повітрообмін необхідний протягом години за умовою видалення вуглекислого газу

$$L=1,2 \cdot 43000/(2,5-0,3)=23454 \text{ м}^3/\text{год.}$$

У приміщенні з недостатньою вентиляцією накопичення вуглекислого газу вище допустимого рівня призводить до ускладнення дихання у тварин, погіршення апетиту та зниження продуктивності.

Годинний повітрообмін, необхідний для видалення надлишкової вологи, описується наступним рівнянням:

$$W_1+W_2+Ld_1=Ld_2, \quad (3.3)$$

де W_1 – волога, яка виділяється тваринами в середині приміщення, г/год,

$$W_1=110 \cdot 1000=110000 \text{ г/год};$$

волога, яка випаровується з підлоги, г/год;

$$W_2=0,1 W_1=0,1 \cdot 110000=11000 \text{ г/год}$$

d_2 – допустимий вологовміст повітря в середині приміщення, г/м³;

d_1 – вологовміст зовнішнього повітря, г/м³.

Гранично допустимий вологовміст в середині приміщення

$$d_2=d_{2\text{нас}}\varphi_2, \quad (3.4)$$

а вологовміст зовнішнього повітря

$$d_1=d_{1\text{нас}}\varphi_1, \quad (3.5)$$

де $d_{1\text{нас}}=1,05 \text{ г/м}^3$ – вологовміст насиченого зовнішнього повітря при температурі -18°C ;

$d_{2\text{нас}}=18,3\text{г/м}^3$ – вологовміст насиченого повітря в середині приміщення при оптимальній температурі 21°C ;

$\phi_1=0,9$ – розрахункова відносна вологість зовнішнього повітря;

$\phi_2=0,75$ – допустима відносна вологість повітря в середині приміщення.

Отже

$$d_1=1,05\cdot 0,9=0,945\text{г/м}^3$$

$$d_2=18,3\cdot 0,75=13,725\text{ г/м}^3.$$

Згідно (3.3) рівняння повітрообміну за умови видалення вологи

$$L=(W_1+W_2)/(d_2-d_1), \quad (3.6)$$

$$L=(110000+11000)/(13,725-0,945)=9467\text{м}^3/\text{год}.$$

Згідно найбільшого значення $L=23454\text{ м}^3/\text{год}$. Враховуючи рівномірний розподіл вентиляторів в тваринницькому приміщенні вибираємо вентилятори ВО5, подача $L_1=6000\text{ м}^3/\text{год}$ тиск $19,6\text{ Па}$. Кількість вентиляторів

$$n=L/L_1=23454/6000=3,909.$$

Приймаємо $n=4$.

У вентиляторах ВО5 електродвигунами мають підвищене ковзання і потужність $0,37\text{ кВт}$.

Підтримання заданої температури повітря здійснюватиметься шляхом плавного регулювання частоти обертання асинхронних електродвигунів витяжних вентиляторів. Це відбувається за рахунок зміни частоти живлення двигуна напругою на його затискачах, яка коригується залежно від фактичної та заданої температури повітря всередині приміщення.

3.3 Вибір двигуна та перетворювача частоти

Вентилятори приводяться в рух асинхронними двигунами типу 4АПА80-06У2 потужністю $0,37\text{ кВт}$, $\text{ККД}=65\%$, $\cos\phi=0,65$, $n_n=940\text{ об/хв}$.

$$r_1=0,054\text{Ом}, x_1=0,079\text{Ом}, r'_2=0,068\text{Ом}, x_2=0,068\text{Ом}.$$

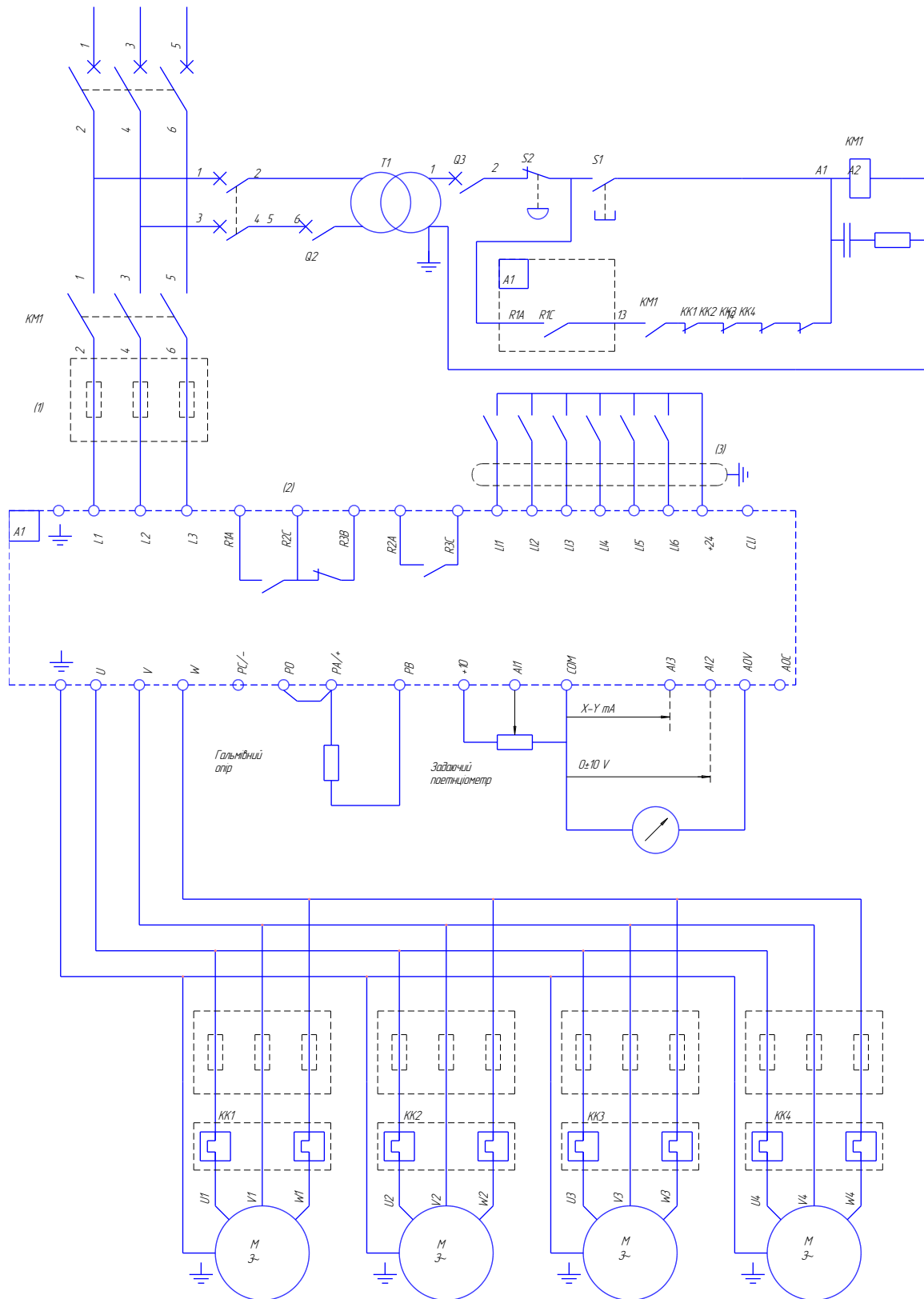


Рисунок 3.1 – Схема підключення перетворювача

Оскільки має бути чотири двигуни мають бути заживлені від одного перетворювача частоти.

До даного двигуна вибираєм перетворювач частоти Altivar 28.

ATV-28HU29N4; $P_n=1,5$ кВт; $I_n=4,1$ А; $U_n=380$ В.

На рисунку 3.1 показаноно схему підключення: (3) +24 внутрішнє джерело; (2) контакти реле безпеки для сигналізації стану перетворювача; (1) силове живлення.

В перетворювачі реалізовано ПІ – регулятор (рис. 3.2). Входи AI2 або AIC дають можливість приєднати давач зворотнього зв’язку і ввімкнути ПІ – регулятор. AI1 завжди є задаючим входом.

Таблиця 3.1 – Призначення клем

Клема	Призначення
+24	Живлення логічних входів
LI1 LI2 LI3 LI4	Логічні входи, живлення 24 В, стан 0, якщо < 5 В, 1, якщо > 11 В
АО	Аналогові входи, 0-20 мА або 4-20 мА
AI2 AIC	Аналоговий вхід по напрузі 0+10 В Аналоговий вхід по струму від 0 до 20 мА Використовується AI2 або AIC
+10	Живлення задаючого потенціометра
AI1	Аналоговий вхід по напрузі 0+10В
COM	Загальна точка вхід-вихід
R2A R2C	Замикаючий контакт реле R2
R1A R1B R1C	Перемикаючий контакт реле безпеки R1

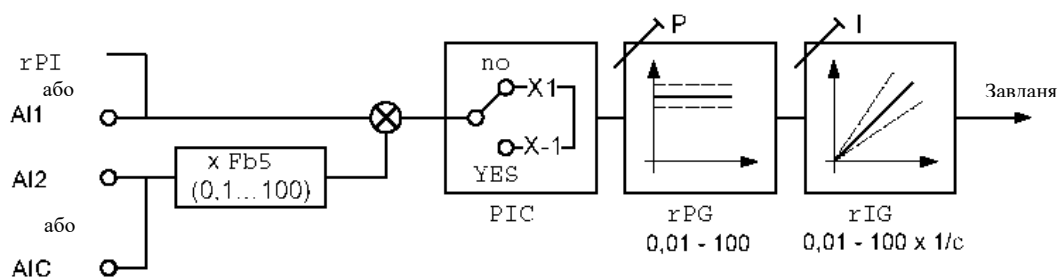


Рисунок 3.2 - Вбудований ПІ – регулятор в перетворювачі

У вбудованому меню можна налаштувати: інтегральний коефіцієнт підсилення регулятора (rIG); інверсія сигналу корекції (PIC); пропорційний коефіцієнт підсилення регулятора (rPG); коефіцієнт зворотнього зв'язку регулятора (FbS).

Коли в перетворювачі можна активізувати наступні функції: динамічне гальмування, зупинка на вибігу, швидка зупинка.

3.4 Розрахунок характеристик асинхронної машини

Вентилятори приводяться в рух асинхронними двигунами типу 4АПА80-06У2 потужністю 0,37 кВт, ККД=65%, $\cos\varphi=0,65$, $n_n=940$ об/хв.

$$r_1=0,054\text{Ом}, x_1=0,079\text{Ом}, r'_2=0,068\text{Ом}, x'_2=0,068\text{Ом}.$$

Розрахунок механічної характеристики при регулюванні частоти та напруги живлення здійснюємо для квадратичного закону керування за формулою:

$$M = \frac{3 \cdot U_\phi^2 \cdot \frac{r'_2}{s}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left(\left(r_1 + \frac{r'_2}{s} \right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \right)}. \quad (3.7)$$

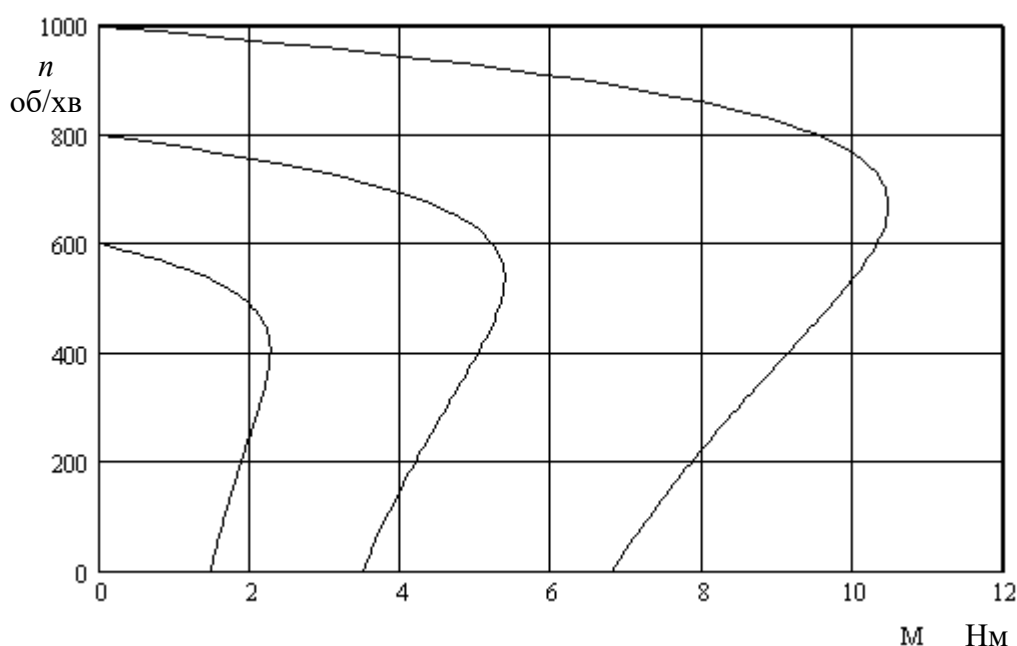


Рисунок 3.3 – Механічні характеристики асинхронного двигуна при квадратичному законі керування перетворювача частоти

Таблиця 3.2 - Механічні характеристики АД при регулюванні напруги

U := 220 В f := 50 Гц		U := 140.8 В f := 40 Гц		U := 79.2 В f := 30 Гц	
M1(s) =	n1(s) =	M2(s) =	n2(s) =	M3(s) =	n3(s) =
6.396	900	3.284	720	1.382	540
9.493	800	4.874	640	2.051	480
10.417	700	5.349	560	2.25	420
10.302	600	5.289	480	2.225	360
9.774	500	5.018	400	2.111	300
9.121	400	4.683	320	1.97	240
8.463	300	4.345	240	1.828	180
7.848	200	4.03	160	1.695	120
7.29	100	3.743	80	1.575	60
6.79	$1.11 \cdot 10^{-13}$	3.486	$8.882 \cdot 10^{-14}$	1.467	$6.661 \cdot 10^{-14}$

Розрахунок проведемо для трьох значень напруги і частоти за квадратичного закону керування. Результати розрахунку показано у таблиці 3.2, а механічні характеристики показані на рисунку 3.3.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу виробництва

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

При укладенні трудового договору громадянин має бути проінформований власником під розписку про умови праці на підприємстві, наявність на робочому місці, де він буде працювати, небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про його права на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору.

У зображеннях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події.

Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу подій.

Слід зауважити, що поняття «початкової дії» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва.

Якщо на схемах, що зображують процеси протікання випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічні моделі процесів, що вивчаються.

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними. Статистично залежні події – це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, можуть з'являтися незалежно одна від одної, то такі події є статистично незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок перебігу подій.

Шляхом дослідження небезпечних ситуацій, які можуть виникати при експлуатації виробничого обладнання а галузях сільського господарства, описані і побудовані логічні моделі різні за формою і характером подій. Це дало можливість перейти до побудови більш складних моделей аварій, травм, і катастроф, які потрібні для встановлення причин виникнення потенційних небезпек, без чого неможливо вжити обґрунтованих профілактичних заходів.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій.

Процес пошуку потенційних небезпек на виробництві ґрунтується на більш точному і ефективному проведенні існуючого оперативного контролю, який також повинен бути відповідно удосконалений.

Аналізуючи кожен з побудованих логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків.

Таблиця 4.1 – Аналіз процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій при виконанні робіт у Сільському господарстві

Вид роботи	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Засоби запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова	Небезпечна дія	Небезпечна ситуація		
1.Ураження електричним струмом	Обрив захисного провідника НУ1. Поява потенціалу на металевому корпусі НУ2.			Травма	Всі електричні установки повинні бути заземлені
Модель процесу:	НУ1→НУ2→Т				
2.Активне вентилування приміщення	Вхідний отвір вентилятора не обладнаний запобіжною решіткою НУ1. Підхід до вентилятора захищений сіном НУ2.	При обслуговуванні працюючий наблизився на небезпечну відстань до вентилятора НД1	Захват одягу (рук) працюючого НС.	Травма	Пасовий привод вентилятора необхідно огородити
	Модель процесу:	$ \begin{array}{c} \text{НУ1} \\ \downarrow \\ \text{НД1} \rightarrow \text{НС1} \rightarrow \text{НС2} \rightarrow \text{НС3} \rightarrow \text{Т} \\ \uparrow \\ \text{НУ1} \end{array} $			

	Вхідний отвір вентилятора не обладнаний запобіжною решіткою НУ1. У вхідному отворі сильний потік повітря НУ2. Сторонній предмет може потрапити до вентилятора НУ3.		Біля вентилятора можливе падіння працюючого НС1. При падінні можливий контакт працюючого з ротором вентилятора НС2. Удар його крильчаткою НС3.	Травма	Вхідний отвір вентилятора обладнати запобіжною решіткою.
	Модель процесу:	НУ1 ↓ НУ2→НС1→НС2→НС3→НС4→НС5→П ↑ НУ3			

4.2 Техніка безпеки праці під час виконання робіт на фермі

Вимоги безпеки під час виконання роботи

– Відключіть машини та обладнання, на якому будете проводити технічне обслуговування і ремонт, від електромережі живлення, пневмо - і гідроприводів. Вивісьте відповідні знаки безпеки та попереджувальні знаки біля місця проведення робіт і на пультах управління машинами та обладнанням.

– Під час закручування (відкручування) гвинтів із шліцьовими головками користуйтеся викруткою, розмір робочої частини якої відповідає діаметру головки гвинта.

– При роботі розсувним ключем необхідно губки ключа добре притискати до гайки і поворот робити у напрямку пересувної частини ключа.

– Роботи по переміщенню значних вантажів виконуйте під наглядом керівника, що відповідає за виконання вимог безпеки. До початку робіт упевніться у справності всіх підйомних механізмів, тросів, ланцюгів і канатів, що всі механізми мають клеймо і підписи про строки випробувань і максимальну вантажопідйомність.

– Люки між поверхами, отвори для спуску вантажу повинні мати огорожу висотою 1 м.

– Підйомні механізми кріпите тільки до міцних балок, які мають надійні опори, виключіть їх ковзання, а також переміщення тросів і гаків з вантажем.

– При підйомі вантажу або його опусканні за допомогою лебідок робіть все повільно, без ривків і різкого гальмування. Не дозволяйте знаходження людей під вантажем. Відгородіть місце, де виконуються роботи.

– При перенесенні довгомірного вантажу удвох або бригадою вантаж кладіть на однойменні плечі (ліві або праві), рухайтесь у ногу і скидайте вантаж одночасно по команді. Не складайте і не перекладайте вантаж через голову, що може призвести до нещасного випадку.

– Не піднімайтеся з вантажем по переносній драбині, ненадійному трапу або місткам.

– При переміщенні тяжких вантажів по горизонталі на котках виконуйте такі заходи безпеки:

- шлях, по якому буде переміщуватись вантаж, очистіть від сторонніх предметів;
- покладіть міцні дошки для вирівнювання шляху;
- вантаж переміщуйте по дошках на котках;
- котки підберіть однакового діаметра, рівні і достатньої довжини, щоб кінці їх виступали з-під вантажу на відстань 20–30см.

– При використанні підйимально-транспортних засобів:

- не піднімайте вантаж, вага якого перевищує вантажопідйомність механізму;
- надійно і без перекосів закріплюйте вантаж на гаку;
- не залишайте вантаж у піднятому стані.

– Різання, згинання та інші операції з трубами виконуйте не на підмостках, призначених для монтажу трубопроводів, а на землі – у спеціальних пристосуваннях.

– Після нагріву довгих труб використовуйте підтримуючі підставки, а їх охолодження проводьте у спеціальних ковшах з довгою ручкою.

– При з'єднуванні фланців збіг отворів в них перевіряйте спеціальними ломиками або оправками.

– Якщо ремонт обладнання або трубопроводів проводите біля електричних дротів під напругою, їх обов'язково потрібно знеструмити.

– Випробування трубопроводів після ремонту проводьте тільки після перевірки манометрів, а також всіх затворів, люків, запобіжних клапанів, регуляторів, інших контрольних приладів і вузлів.

– При виконанні газоелектрозварювальних робіт ацетиленові генератори і зварювальні трансформатори встановлюйте поза приміщеннями ферм.

– Не зварюйте конструкції, апарати, які перебувають під тиском, електричною напругою, в яких знаходяться горючі і легкозаймисті речовини та якщо вони свіжопофарбовані.

- Зварювальний кабель від пошкодження захищайте гумовими шлангами, а у місцях, де можливе механічне пошкодження, – металевими або дерев'яними коробами.
- Під час проведення вогневих робіт конструкції, які можуть спалахнути, і підлогу в радіусі 5 м захищайте металевими листами.
- Залишки електродів збирайте в металевий ящик з азбестовою прокладкою на дні.
- Після закінчення зварювальних робіт трансформатор або агрегат постійного струму негайно вимкніть.
- Працюйте при наявності і справності огорожень, блокуючих та інших пристроїв, які забезпечують безпеку праці, і при достатньому освітленні робочого місця.
- Не торкайтеся до механізмів і частин машин, які рухаються та обертаються, а також до струмоведучих частин обладнання, що знаходяться під напругою.
- Сторонні предмети та інструмент розміщуйте на віддалі від рухомих механізмів.
- Перед пуском в роботу технічного обладнання ферм після технічного обслуговування або ремонту особисто переконайтесь у відсутності працівників в зоні роботи машин.
- У випадку погіршення самопочуття припиніть роботу, зверніться за допомогою до лікаря, повідомте про це керівника робіт.

4.3 Розрахунок захисного заземлення електроустановок

Надійність захисного заземлення залежить від величини його опору.

Опором заземлення називають опір, який віддає земля поширенню електричного струму із заземлювача в ґрунтовий шар.

Опір розповсюдженню одиночних трубчастих або стержньових заземлювачів, верхній кінець якого знаходиться на рівні поверхні землі, визначається за формулою:

$$R_{oz} = 0,366 \frac{\rho}{\ell} \lg \frac{4\ell}{d}. \quad (4.1)$$

При заглибленні труби (стержня) нижче рівня поверхні розрахунок ведеться за формулою:

$$R_{oz} = 0,366 \frac{\rho}{\ell} \left(\lg \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h+\ell}{4h-\ell} \right). \quad (4.2)$$

Відповідно до поздовжнього смугового заземлювача опір можна знайти за допомогою формули:

$$R_{oz} = 0,366 \frac{\rho}{\ell} \lg \frac{2\ell^2}{bh}. \quad (4.3)$$

У наведених формулах прийняті такі позначення:

ρ – питомий опір ґрунту, Ом · см;

ℓ – довжина заземлювальної труби або стержня, см;

d – діаметр труби або стержня, см;

b – ширина штаби, см;

h – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, см.

Для нашого господарства ми обираємо заземлення з заглибленням труби (стержня) нижче рівня поверхні розрахунок ведеться за формулою:

$$R_{oz} = 0,366 \frac{1 \cdot 10^4}{150} \left(\lg \frac{2 \cdot 150}{40} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 80 + 150}{4 \cdot 80 - 150} \right) = 9,72 \text{ Ом},$$

Питомий опір ґрунту ρ залежить від стану ґрунту, його структури, наявності солей та його вологості. При розрахунках застосовують середнє значення питомого опору ґрунту.

При влаштуванні декількох громовідводів заземлювач повинен бути загальним для всіх громовідводів.

Оскільки грозвий розряд відбувається миттєво, то через громовідвід перебігає імпульс електричного струму. Опір заземлювача поширенню імпульсного струму менший, ніж для струму промислової частоти. Ця різниця враховується імпульсним коефіцієнтом α_i .

Опір розтіканню імпульсного струму R_i знаходять за формулою

$$R_i = R_3 \cdot \alpha_i, \quad (4.4)$$

де α_i – імпульсний коефіцієнт;

R_i – опір розтіканню струму промислової частоти, Ом.

$$R_i = 9.72 \cdot 0.8 = 7.778 \text{ Ом},$$

При розрахунку громовідводів для будівель і споруд визначають висоту громовідводу h , опір контуру заземлення R_i , зону захисту тощо.

4.4 Розробка заходів безпеки в надзвичайних ситуаціях

До системи захисту населення і територій, що проводяться в масштабах держави у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій належать: інформація та оповіщення, спостереження і контроль, укриття в захисних спорудах, евакуація, інженерний, медичний, психологічний, біологічний, екологічний, радіаційний і хімічний захист, індивідуальні засоби захисту, самодопомога, взаємодопомога в надзвичайних ситуаціях.

Інженерний захист

З метою запобігання виникненню надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру здійснюються заходи інженерного захисту під час проектування й експлуатації споруд та інших об'єктів господарювання, наслідки діяльності яких можуть шкідливо вплинути на безпеку населення і довкілля.

Заходи інженерного захисту населення і території мають передбачати: під час розроблення генеральних планів забудови населених пунктів і ведення містобудування враховувати можливі прояви небезпечних і катастрофічних явищ і раціональне розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням можливих наслідків їхньої діяльності у разі виникнення аварії; спорудження будинків, будівель, споруд, інженерних мереж і транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки та надійності; розроблення і здійснення заходів

безаварійного функціонування об'єктів підвищеної небезпеки, створення комплексної схеми захисту населення пунктів та об'єктів господарювання від небезпечних природних процесів; розроблення і здійснення регіональних та місцевих планів запобігання надзвичайних ситуацій і ліквідації їх наслідків; організацію будівництва протизсувних, протиповіневих, протиселевих, протилавинних, протиерозійних та інших інженерних споруд спеціального призначення; реалізацію заходів санітарної охорони території.

Медичний захист

Для запобігання ураженню людей або зменшення його ступеня, своєчасного надання медичної допомоги постраждалим, забезпечення епідемічного благополуччя в зонах надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру необхідно проводити такі заходи: планування і використання наявних сил і засобів закладів охорони здоров'я незалежно від форм власності й господарювання; розгортання в умовах надзвичайної ситуації необхідної кількості лікувальних закладів; завчасне застосування профілактичних медичних препаратів та санітарно-епідеміологічних заходів, контроль якості харчових продуктів, продовольчої сировини, питної води і джерел водопостачання, стану атмосферного повітря та опадів, стану довкілля, санітарно-гігієнічної та епідеміологічної ситуації; завчасне створення і підготовку медичних формувань, медичного персоналу та загальне медико-санітарне навчання населення, накопичення медичних засобів захисту, медичного та спеціального майна і техніки, навчання населення способів надання першої медичної допомоги; недопущення впливу на здоров'я людей шкідливих факторів навколишнього середовища та наслідків надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист

Біологічний захист передбачає своєчасне виявлення біологічного зараження, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Біологічний захист передбачає проведення колективних індивідуальних заходів захисту; запровадження карантину та обсервації; знезаражування осередку уражених людей, тварин, урожаю, своєчасну локалізацію зони біологічного ураження; проведення екстреної та специфічної профілактики; запровадження та додержання протиепідемічного режиму підприємствами, установами та організаціями незалежно від форм власності й господарювання та населенням; прогнозування масштабів розвитку наслідків біологічного зараження.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Необхідно провести економічний аналіз запропонованої системи керування. Для порівняння розглянемо дві системи: перша — з простим увімкненням та вимкненням вентиляторних двигунів, друга — запропонована система на базі перетворювача частоти, який живить чотири двигуни.

Основні додаткові витрати проектованої системи у порівнянні з існуючою — це вартість перетворювача частоти та термоперетворювача ТСМ. Таким чином, сумарні капітальні затрати дорівнюють 17 000 грн.

Втрати потужності в базовому та проектному варіантах визначаються за відповідною формулою:

$$P' = P((1 - \eta) / \eta), \quad (5.1)$$

де η – ККД системи електропривода.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) існуючої системи становить приблизно 60%. ККД запропонованої системи, згідно з технічними даними, має бути на 20–50% вищим. Для розрахунків приймаємо ККД проектованої системи на рівні 80%.

Потужність електродвигунів у базовому та проектному варіантах становить $P = 1,5$ кВт. Тоді втрати потужності в кожному з варіантів визначаються як:

$$P'_6 = 1,5 \cdot ((1 - 0,6) / 0,6) = 0,808 \text{ кВт},$$

$$P'_{\text{пр}} = 1,5 \cdot ((1 - 0,8) / 0,8) = 0,265 \text{ кВт}.$$

Втрати електричної енергії, кВт*год:

$$\Delta P = P' \cdot K_3 \cdot F_d, \quad (5.2)$$

де $F_d = 6\,000$ год – дійсний річний фонд часу роботи електропривода, за тримісної роботи;

$K_3 = 0,8$ – коефіцієнт завантаження по потужності.

Розраховуємо втрату електроенергії по базовому і проектному електроприводі:

$$\Delta P_6 = 0,808 \cdot 0,8 \cdot 6000 = 3877 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\text{пр}} = 0,265 \cdot 0,8 \cdot 6000 = 1271 \text{ кВт}.$$

Ціна втрат електроенергії:

$$V_{\text{втр}} = \Delta P \cdot v, \quad (5.3)$$

де $v = 4,32$ грн за кВт – роздрібний тариф на 1 кВт год електроенергії.

Вартість втрат електроенергії

$$V_{\text{втр } 6} = 3877 \cdot 4,32 = 16749 \text{ грн};$$

$$V_{\text{втр пр}} = 1271 \cdot 4,32 = 11712 \text{ грн}.$$

Строк окупності капіталовкладень у порівнянні з існуючою системою визначається з урахуванням лише економії електроенергії, отриманої за рахунок підвищення коефіцієнта корисної дії системи електроприводу.

$$T = \frac{K_{\text{еп}}}{V_{\text{втрБ}} - V_{\text{втрП}}}, \quad (5.4)$$

де $K_{\text{еп}}$ – величина капітальних вкладень проектного електроприводу;

$V_{\text{втрБ}}$ та $V_{\text{втрП}}$ – значення вартості втрат електроенергії базового та проектного електроприводів.

$$T = \frac{17000}{16749 - 11712} = 3,4 \text{ року}.$$

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення	
	Базовий електропривод	Проектований електропривод
Капітальні вкладення, грн	-	17 000
ККД системи електроприводу, %	0,6	0,8
Втрати електроенергії, грн	3 877	1 271
Вартість втрат енергії, грн	16 749	11 712
Термін окупності, років		3,4

На основі проведених розрахунків і порівняльного аналізу можна зробити обґрунтований висновок про доцільність впровадження запропонованої системи керування електроприводом. Вона має кращі технічні характеристики та економічні показники порівняно з базовим варіантом. У процесі економічного розрахунку було враховано лише мінімально можливу економію електроенергії, тому в реальних умовах експлуатації строк окупності, ймовірно, буде ще меншим. Крім того, розрахунок не включав покращення коефіцієнта потужності, що також сприятиме додатковій економії та швидшій окупності інвестицій.

ВИСНОВКИ

1 У кваліфікаційній роботі у першому розділі дано характеристику господарства та дано обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.

2 У другому розділі розраховано систему електропостачання підприємства, та вибрано наступне обладнання: трансформатор живлення, проводи ліній живлення високої і низької сторони, здійснено аналіз аварійних режимів та запропоновано схему захисту.

3 У третьому розділі проаналізовано особливості побудови та роботи вентиляційних установок, проведено розрахунок вентиляційної установки, вибрано вентилятори, перетворювач частоти для групового електроприводу та побудовано механічні характеристики асинхронного двигуна при частотному регулюванні.

4 У третьому розділі роботи розкрили питання охорони праці та захисту населення.

5 У п'ятому розділі провели економічний розрахунок визначено термін окупності, який становить 3,4 року.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В.2.5-23-2003. Державний комітет України з будівництва та архітектури. Київ. 2004.
2. В. Шевчук, М. Пилипчук, Н. Карпенко, та ін. Довідник з питань економіки та фінансування природокористування і природоохоронної діяльності. Видавництво «Геопринт». Київ. 2000. 412 с.
3. Правила улаштування будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. ДНАОП 0.00-1.32-01. Київ 2001.
4. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен Дніпропетровськ. Національний гірничий університет. 2002. 597 с.
5. Шелепетень Т.М. Захисна автоматика електричних мереж. Львів. Вид-во «Дичандр», 2002. 157 с.
6. Основи електроенергетики та електропостачання. А.А. Маліновський, Б.К. Хохулін. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007. 380 с.
7. «Правила техніки безпеки при електромонтажних і налагоджувальних роботах». Київ 2006. 190 с.
8. «Правила технічної експлуатації магістральних і внутрішньо зонових мереж». Міністерство палива та енергетики. Київ 2007. 230 с.
9. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ: Вікторія. 2001. 192 с.
10. Голота А. Д. Автоматика в електроенергетичних системах. Київ. Вища школа. 2006. 366 с.
11. В. Ц. Жилдецький Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005.

12. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 2003 р. 135 с.
13. Левонюк В. Р. Методичні рекомендації для виконання курсової роботи з дисципліни «Основи електропостачання» на тему: «Розрахунок електропостачання населеного пункту». Львів. 2023. 43 с.
14. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електропостачання. Львів. Вид-во НУ «Львівська політехніка». 2005. 324 с.
15. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електроенергетики та електропостачання. Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2009 р. 436 с.
16. Малинівський С. М. Загальна електротехніка. Львів. НУ «Львівська політехніка», 2001 р. 596 с.
17. Мірошник О. В., Трунова І. М. Організація технічної експлуатації енергетичного устаткування підприємств АПК. Харків. ПП ЧЕРВЯК. 2005 р. 128 с.
18. Правила улаштування електроустановок. Харків. Форт. 2009 р. 736 с.
19. Сегеда М.І Теоретичні основи електротехніки. Навч. посіб. Тернопіль. ТДУ. 2003. 350 с.
20. Тимочко В., Городецький І., Мазур І. та ін. Оцінка професійного ризику працівників під час обслуговування та ремонту електричного обладнання. *Вісник Львівського НУП. Серія Агроінж. дослідж.* Львів, 2024. № 28. С. 227–235. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.127>.
21. Тимочко В.О., Городецький І. М., Березовецький А. П. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці: навч. посібн. Львів: Сполом, 2022. 376 с.
22. Титаренко М. В. Електротехніка: навч. посіб. для студентів інженерно-технічних (не електротехнічних) спеціальностей вузів. Київ: Кондор, 2015 р. 240 с.