

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему: **Розробка заходів зниження втрат електроенергії
в системі електропостачання фермерського господарства**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи ЕЕмз-61

напряму підготовки (спеціальності) 141 –

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Січенко Ю.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Лупенко А.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Вакуленко О.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення _____ прикладних інформаційних технологій та
електроінженерії _____

Кафедра, циклова комісія _____ Електричної інженерії _____

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____

Напрямок підготовки _____ 14 – електрична інженерія _____
(шифр і назва)

Спеціальність _____ 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії _____ ЕІ _____

д.т.н. проф. Тарасенко М.Г.

“ _ ” _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Січенку Юрію Миколайовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Розробка заходів зниження втрат електроенергії в
системі електропостачання фермерського господарства _____

керівник проекту (роботи) _____ Лупенко Анатолій Миколайович, д.т.н., професор _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “23” серпня 2019 р. № 4/7-731

Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 15 грудня 2019 року _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Однолінійна схема електропостачання. Паспортні
дані електроенергетичного обладнання. Графіки добових (річних) навантажень. Дані
обліку електричної енергії. _____

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

Вступ. 1. Аналітична частина. 2. Науково-дослідна частина. 3. Технологічна частина.

4. Проектно-конструкторська частина. 5. Спеціальна частина. 6. Обґрунтування

економічної ефективності. 7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

8. Екологія. Загальні висновки до дипломної роботи. Перелік посилань.

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

Загальні положення, що виносяться на захист; Розрахункова схема силового

обладнання тваринницького відділення; Схема розміщення силового обладнання

тваринницького відділення; Схема розміщення освітлювального обладнання

тваринницького відділення; Структурна схема керування водопостачальною

установкою тваринницького відділення; Дослідження ймовірнісної несиметрії в

мережах 0,4 кВ; Загальні висновки до дипломної роботи. _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Екологія	к.т.н., доцент Зварич Н.М.		
Охорона праці	к.т.н., доцент Гурик О.Я.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	старший викладач Стручок В.С.		
Обґрунтування економічної ефективності	д.е.н., доцент Мельник Л.М.		

7. Дата видачі завдання _____ 26 серпня 2019 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз літературних джерел та патентний пошук	01.09.19 - 30.09.19	
2	Науково-дослідна частина	01.09.19 - 01.11.19	
3	Технологічна частина	15.09.19 - 01.11.19	
4	Проектно-конструкторська частина	01.10.19 - 01.11.19	
5	Спеціальна частина	15.09.19 - 01.11.19	
6	Обґрунтування економічної ефективності	01.10.19 - 01.11.19	
7	Заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	01.10.19 - 10.10.19	
8	Заходи з екології	01.10.19 - 10.10.19	
9	Загальні висновки до дипломної роботи	01.12.19 - 10.12.19	
10	Формування пояснювальної записки та плакатів по дипломній роботі	01.11.19 - 10.12.19	
11	Попередній захист дипломної роботи	15.12.19 - 24.12.19	

Студент

(підпис)

Січенко Ю.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Лупенко А.М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2019.

Стор. – 103; рис. – 9; табл.. – 15; літературних джерел – 23.

У дипломній роботі вирішено практичну проблему зниження втрат електроенергії в системі електропостачання фермерського господарства.

Проведені дослідження щодо зниження втрат електроенергії на фермерському господарстві.

Проведено обґрунтування використання симетрувальних пристроїв для зменшення значень струмів прямої та зворотної послідовностей.

Проведені розрахунки силового та освітлювального обладнання, здійснено вибір розподільного пункту та обґрунтовано електропостачання від діючої мережі 0,4 кВ.

Проведені розрахунки струмів короткого замикання та здійснено вибір захисного обладнання.

Запропонована схема автоматичного управління водопостачальною установкою з урахуванням сумарного водоспоживання господарства.

Ключові слова: навантаження, несиметрія, балансові втрати.

ANNOTATION

Diploma paper. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering. Department of electrical engineering, group EEM3-61. – Ternopil: 2019.

Page – 103; Figure – 9; Table – 15; literature – 23.

In diploma paper solved the practical problem of reducing electric power losses in the electric power supply system on the farm ménage.

The substantiation of the use of symmetrical devices to reduce the values of currents of forward and reverse sequences is made.

Calculations of the power and lighting equipment were carried out, the selection of the switchgear was made and the power supply from the existing 0.4 kV network was substantiated.

Calculations of short-circuit currents have been carried out and the selection of protective equipment has been made.

The scheme of automatic control of the water supply system taking into account the total water consumption on the farm ménage is offered.

Keywords: load, asymmetry, balance losses.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Характеристика втрат та аналіз системи електропостачання фермерського господарства	9
1.2 Аналіз заходів зниження втрат електричної енергії в сільських електричних мережах	11
1.3 Висновки до першого розділу	16
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	17
2.1 Оцінка ймовірнісної несиметрії в мережах 0,4 кВ	17
2.2 Висновки до другого розділу	22
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	23
3.1 Розрахунок і вибір силового технологічного електрообладнання тваринницького комплексу	23
3.1.1 Розрахунок та вибір обладнання приміщення для утримання тварин ...	23
3.1.2 Розрахунок та вибір устаткування для кормоприготування та роздачі кормів	29
3.1.3 Розрахунок та вибір устаткування приміщення для електроенерге- тичного обладнання	32
3.2 Висновки до третього розділу	36
4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	37
4.1 Розрахунок електричного освітлення та вибір світильників	37
4.2 Розрахунок електричних навантажень	43
4.3 Обґрунтування електропостачання свинарника від існуючого джерела 0,38 кВ	49
4.4 Розрахунок мережі живлення розподільчої силової мережі	50
4.5 Розрахунок і вибір захисного обладнання	52
4.6 Розрахунок струмів короткого замикання в установках напругою до 1000 В	57

4.7 Розрахунок пристроїв заземлення та захисту	60
4.8 Висновки до четвертого розділу	62
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	63
5.1 Аналіз систем автоматизованих станцій управління водопостачання фермерських господарств	63
5.2 Розрахунок та вибір насоса водопостачання	64
5.3 Розрахунок та вибір електроводонагрівачів	71
5.4 Розробка структурної схеми автоматичного керування водопостачальною установкою	73
5.5 Висновки до п'ятого розділу	76
6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	77
6.1 Розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат	78
6.2 Розрахунок економічної ефективності	82
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	84
7.1 Організація безпечної експлуатації електроустановок фермерського господарства	85
7.2 Перевірка опору петлі «фаза-ноль»	88
7.3 Стійкість роботи промислових підприємств (об'єктів) в умовах надзвичайних ситуацій	90
7.4 Вимоги до систем електрозабезпечення фермерського господарства	93
8 Екологія	96
8.1 Екологічний стан фермерського господарства	96
8.2 Заходи з екології на тваринницьких фермерських господарствах	96
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОГО РООТИ	100
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	101

ВСТУП

Актуальність теми. В більшості випадків заходи щодо зниження втрат електричної енергії базуються на основі одного критерію – мінімуму приведених витрат при забезпеченні необхідного рівня надійності та при дотриманні певних обмежень за якістю електроенергії [1].

Однак, сільські електричні мережі характеризуються безліччю параметрів і оцінка варіантів по кожному з них може бути різною. Так, сільські електричні мережі володіють великою протяжністю при невеликих потужностях споживачів [2].

При електрифікації нових фермерських господарств та тваринницьких комплексів передбачено використання вже діючої системи електропостачання. Тому, необхідно застосовувати варіант зниження технологічної складової при аналізі втрат електричної енергії за умови забезпечення якості електроенергії та високої надійності не допускаючи аварійних режимів роботи на ланках 10 кВ і 0,38 кВ [3].

Також до суттєвого зниження втрат електричної енергії призводить автоматизація технологічних процесів [3].

Особливістю сільських електричних мереж є велика кількість однофазних споживачів, що призводить до нерівномірного навантаження за фазами. Тому, в системі електропостачання фермерських господарств необхідне використання пристроїв симетрування однофазного навантаження. Це дозволить зменшити додаткові втрати електричної енергії та збільшити терміну служби електричного обладнання [3].

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної роботи є розробка заходів зниження втрат електроенергії в системі електропостачання фермерського господарства на основі модернізації електричного обладнання тваринницького комплексу для забезпечення зниження виробничих втрат.

Відповідно до вказаної мети поставлені наступні завдання:

– провести аналіз методів зниження втрат електроенергії на фермерському господарстві на основі аналізу діючої системи електропостачання та впровадження нових технологічних ланок;

– провести розрахунок і вибір силового технологічного електрообладнання тваринницького комплексу;

– провести розрахунок електричних навантажень тваринницького комплексу за силовим та освітлювальним навантаженням із обґрунтуванням вибору системи електропостачання;

– провести розрахунок та вибір захисного обладнання та пристроїв заземлення на основі розрахунків струмів короткого замикання;

– запропонувати заходи зменшення втрат електричної енергії на основі автоматизації технологічних процесів на тваринницькому комплексі.

Об’єкт дослідження – системи електропостачання сільськогосподарських підприємств.

Предмет дослідження – розробка заходів зниження втрат електричної енергії фермерського господарства на ланках електричної мережі 0,4 кВ.

Наукова новизна отриманих результатів.

– отримало подальший розвиток застосування технологічних методів зниження втрат електроенергії сільськогосподарських підприємств на основі модернізації системи електропостачання та автоматизації виробництва.

Практичне значення отриманих результатів. Проведені заходи зниження технологічної та комерційної складових втрат в системі електропостачання фермерського господарства дозволить знизити балансові втрати підприємства та собівартість продукції.

Апробація.

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VIII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (27-28 листопада 2019 року), Тернопіль, Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика втрат та аналіз системи електропостачання фермерського господарства

Фермерське господарство як товариство з обмеженою відповідальністю, яке вимагає прийняття рішень стосовно зниження втрат, містить підрозділи, що складаються з тракторних і рілних бригад, а також кормодобувна, меліоративна та тваринницька бригади. Переробка продукції рослинництва здійснюється на механізованому току.

На балансі господарства знаходяться 60 тракторів і 18 комбайнів, ремонт і обслуговування яких проводиться в механізованих тракторних майстернях.

Продукція тваринництва робиться на 3 молочно-тваринницьких і 2 свинотоварних фермах.

Усі виробничі підрозділи пов'язані між собою дорогами з асфальтованим або гравієвим покриттям, з районним центром зв'язок здійснюється по дорозі з асфальтованим покриттям.

Виробничий напрям господарства – зернові культури.

У загальній вартості валової продукції рослинництва припадає на частку 5157 тис.грн, тваринництва 7166 тис.грн.

У загальній вартості товарної продукції рослинництва припадає доля 5113 тис.грн, на долю тваринництва 3285 тис.грн, у тому числі свинарства 246 тис.грн. Свинарство в господарстві у вартості товарної продукції займає 2,73%. Таким чином свинарство є підсобною галуззю.

Об'єм валової продукції свинарства, за досліджуваний період знизився на 37,4% за рахунок зниження на 27,1% поголів'я свиней та зниження середньодобового приросту на 21,6% (табл. 1.1)

Витрати праці на виробництво 1 ц. продукції збільшилися на 89% за рахунок зниження на 89% обсягу виробництва продукції.

Собівартість 1 ц. продукції збільшилася на 15 % за рахунок збільшення на 63 % виробничих витрат і зниження виробництва продукції.

Виробничі витрати збільшилися за рахунок збільшення витрати кормів і їх вартості та вартості матеріальних ресурсів, росту заробітної плати.

Таблиця 1.1 – Основні показники виробництва м'яса свинини

№	Показник	2015	2016	2017	2018 до 2015, %
1	Поголів'я свиней усього, гол.	6250	5837	4571	72,9
2	Середньодобовий приріст, гр.	213	194	167	78,4
3	Валова продукція усього, т.	480,7	441,7	301,2	62,6
4	Витрати праці на 1 ц. продукції,	20,6	26,9	39	189
	на 1 голову, чол·год	15,8	20,4	25,8	163,4
5	Собівартість 1 ц., грн.	565	620	1213,9	215
6	Виробничі витрати на 1 гол., грн.	201,3	241	328	163
7	Ціна реалізації за 1 ц., грн.	165,7	277	354	213,6
8	Рівень рентабельності (\pm), %	70,7	55,3	70,8	-
9	Витрата електроенергії на 1 гол., кВт·год	337	343	354	105
10	Витрата кормів на 1 ц. кормових одиниць	9,68	11,9	15,1	156
11	Вартість 1 ц. корм. од., грн.	18,7	19,1	21,0	112

Виробництво м'яса свинини в господарстві збитково за рахунок вищих темпів росту собівартості продукції, в порівнянні із зростанням цін реалізації. Мета дипломної роботи – модернізація системи електропостачання свиноферми із встановленням обладнання обробки кормів безпосередньо на фермі з метою зниження вартості кормів за рахунок використання власних зернових ресурсів, зниження транспортних витрат; розробка заходів зниження втрат електричної енергії.

Електропостачання господарства здійснюється від ТП 35/10, а фермерського господарства від ТП 10/0,4.

За період з 2016 р. по 2018 р., споживання електроенергії в господарстві знизилося на 9% за рахунок зменшення її споживання на виробничі процеси.

Об'єм електроустаткування фермерського господарства в 2018 році склав 1416 умовних одиниць, з врахуванням електричного устаткування електротехнічної служби.

1.2 Аналіз заходів зниження втрат електричної енергії в сільських електричних мережах

Як вже означувалось, сільські електричні мережі характеризуються безліччю параметрів і оцінка варіантів по кожному з них може бути різною.

Основною особливістю є суттєве відхилення напруги на вході електротехнічного обладнання [1-4] та, відповідно, тривалого споживання неякісної енергії, особливо на ланках 0,4 кВ. Але, як свідчать дослідження [1, 9] при відхиленнях вхідної напруги, використання технічних заходів для підтримування нормативних значень напруги призводить до зростання втрат як у трансформаторах так і в лініях 0,4 кВ в колі біля трансформатора.

Тому, зниження втрат електроенергії в ланках 0,4 кВ сільських електричних мереж можна досягти:

- використанням вольт додаткових автотрансформаторів;
- встановленням додаткової ланки для електропостачання сільських комунально-побутових споживачів від лінії вищої напруги за допомогою окремо встановлених трансформаторів [9].

Питанню зниження втрат в сільських електричних мережах присвячено багато досліджень [1-11]. Хоча, сільські електричні мережі володіють великою протяжністю при невеликих потужностях споживачів [2], але, кількість сільськогосподарських підприємств постійно зростає.

Враховуючи радіальну схему побудови електричних мереж, де як приклад побудови, зображена ланка мережі до 1000 В на рисунку 1.1, та

невеликі потужності необхідно розглядати заходи зі зменшення втрат електричної енергії в сільських електричних мережах на ланках 0,4 кВ.

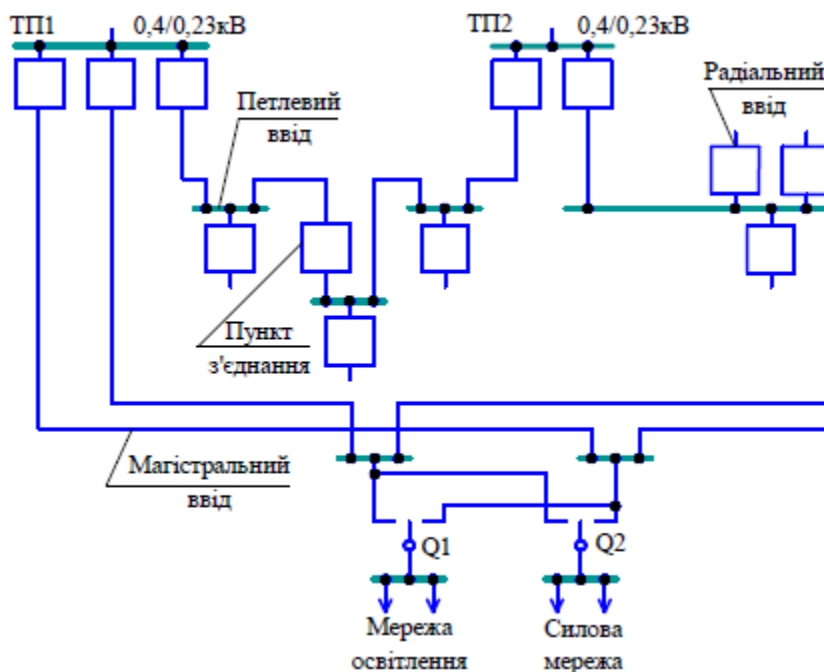


Рисунок 1.1 – Приклад радіальної схеми побудови сільських електричних мереж.

1. Заходи, що базуються на оптимізації режимів експлуатації електричної мережі 0,4 кВ [6, 9]:

- розробка графіків відключення частини трансформаторних підстанцій в процесі експлуатації при малих навантаженнях;
- розробка заходів щодо вирівнювання графіків навантаження електричної мережі;
- вирівнювання навантажень фаз, шляхом розробки схеми перемикання частини навантажень на менш навантажену фазу.

Сільські електричні мережі характеризуються великою кількістю ТП 10/0,4 кВ [2-4, 9] причому, в більшості випадків, одно трансформаторних, що не дає можливість при малих навантаженнях відключати трансформатори.

Також, аналіз показує [6-9], що застосування заходів перенесення навантаження в нічні години доби для фермерських господарств неможливі, на відміну від промислових споживачів, по причині підпорядкування до

біологічних особливостей тварин, тобто обслуговування здійснюється в світлий час доби.

Сільські електричні мережі ланок $0,4 \text{ кВ}$ навіть при навантаженнях наближених до номінальних характеризуються значеннями струмів фаз з великою несиметрією. Ймовірнісну складову несиметрії усунути практично неможливо. Системну складову можливо знизити за рахунок контролю в автоматичному режимі значення струмів фаз на фідерах та перерозподілу навантажень між фазами [6, 10].

Розглянемо основні технічні заходи для проведення симетрування в ланках $0,4 \text{ кВ}$.

Самим простим, але не економічним варіантом є встановлення додаткових опорів на ненавантажені фази, так як приводить до значних втрат електричної енергії [9].

В більшості випадків [6-10], в однофазних колах застосовують схеми на основі індуктивності та ємності. В цьому випадку лінійна напруга на навантаження працює паралельно із встановленою ємністю. На інші дві лінійні ланки трифазної мережі встановлюється індуктивність та ємність.

Як відомо, наслідком несиметричного навантаження є поява струмів прямої та зворотної послідовностей, які появляються внаслідок. Знизити значення цих параметрів можливо при використанні фазових зрівнювачів. Вказаний метод не набув широкого використання по причині великих фінансових затрат та велику вагу ($12 - 14 \text{ кг} / \text{кВА}$) [10].

Для компенсації поздовжньої несиметрії часто в трифазних мережах на стороні $0,4 \text{ кВ}$ використовують симетрування на основі встановлення додаткових *ЕРС*, де, зниження несиметрії відбувається за рахунок пофазної різниці в коефіцієнтах трансформації [10].

Серед новітніх методів зниження систематичної складової несиметрії симетрувальними пристроями є використання стабілізатора фаз, який вмикається паралельно до трифазного кола та зменшує чутливість фаз до

несиметрії [9]. Пристрій оснащений трьома однофазними магнітопроводами, що дозволяє здійснювати перерозподіл струмів (потужностей) на недовантажені фази (рис. 1.2). Це дозволяє звести значення струму кульової послідовності до нуля.

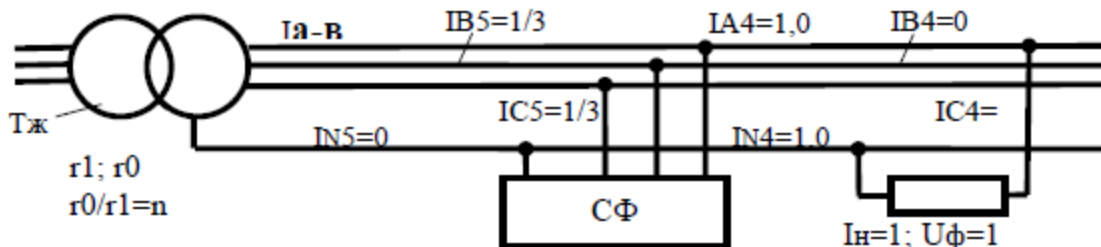


Рисунок 1.2 – Схема ввімкнення стабілізатора фаз для перерозподілу навантаження за фазами.

2. Заходи щодо модернізації, реконструкції, введенням в технологічні процеси енергоощадного обладнання. Як було означено вище, сільські електричні мережі виконані за радіальною схемою. Особливостями в розподіленні втрат є падіння напруги на фідерах та відсутність можливості здійснювати регулювання напруги всередині фідерів [9]. Тобто, головна частина втрат припадає на фідера 0,4 кВ і проведення реконструкції конструктивними засобами такими як: зміна схеми електропостачання, збільшення перерізів кабелів головних ліній є неефективною. Але слід відмітити, що запропоновані заходи є менше затратні ніж встановлення нових трансформаторів.

Достатньо ефективним заходом зниження втрат електричної енергії є введенням конденсаторних установок для компенсації реактивної складової. Але, фермерські господарства не зацікавлені в використанні вказаного заходу, так як вони не проводять оплати за перетоки потужності [6].

Конструктивні заходи щодо зміни січення проводів, особливо перетину нульового робочого проводу широко впроваджуються при модернізації та реконструкції. Це дозволяє суттєво знизити втрати в мережі 0,4 кВ від

несиметрії струмів. Також, зниження величини індуктивного опору трифазної системи дозволить знизити втрати напруги [9].

3. Заходи покращення розрахункового та технічного обліку впровадженням багато тарифних лічильників [3-5]. Для проведення обліку електричної енергії випускаються з класом точності 1 та 0,5, які дозволяють проводити облік та реєструвати добові графіки навантаження активної та реактивної потужності [6, 9]. Отримана можливість не тільки контролювати втрати, а і впроваджувати заходи зниження комерційних втрат на основі аналізу балансу енергії.

4. Впровадження заходів на основі аналізу нормативів втрат та балансу енергії на фідерах 0,4 кВ. Як встановлено аналізом [2-3, 5-6] найбільші труднощі при розрахунку втрат становлять технічні втрати, по причині великої кількості електричних споживачів, що є особливістю сільських електричних мереж. Застосування нормативних характеристик дозволяє здійснити розрахунок цих втрат з допустимою похибкою 6-8 %. Але застосування заходів щодо зниження технічних втрат здійснити проблематично для відповідної трансформаторної підстанції або фідера на ланках 0,4 кВ. На ланках 0,4 кВ розрахунки проводяться на основі ймовірнісних характеристик навантаження, тому можливо практично визначити втрати та на основі балансу електричної енергії на фідерах 0,4 кВ.

5. Заходи зі зниження комерційних втрат електричної енергії в мережах 0,4 кВ. Основою заходів є запобігання та зниження розкрадання електричної енергії [9]. В сільських електричних мережах основним способом є встановлення захищених засобів обліку та вимірювальних перетворювачів і локалізації їх за кожним окремим фідером із створенням виносних засобів обліку.

6. Заходи зі зниження електричних втрат за рахунок автоматизації технологічних процесів виробництва. Аналіз джерел показав [2, 6, 7-9], що суттєве зниження втрат електроенергії відбувається при проведенні комплексної автоматизації технологічних процесів на фермерських

господарствах, де паралельно з модернізацією обладнання проводиться використання автоматичного регулювання й контролю процесів.

1.3 Висновки до першого розділу

Проведений аналіз технологічних процесів на фермерському господарстві та заходи щодо зниження втрат енергії при проведенні модернізації системи електропостачання.

Аналіз технологічних процесів виробництва на підприємстві показав необхідність зниження балансової вартості продукції за рахунок встановлення на свинофермі лінії переробки кормів та встановлення автоматизованої системи водопостачання.

Обґрунтовано проведення модернізації системи електропостачання фермерського господарства та проаналізовані заходи із зменшення втрат електричної енергії. Показано, що найбільші втрати припадають на додаткові втрати, які обумовлені несиметричними режимами. Проведено обґрунтування використання симетрувальних пристроїв для зменшення значень струмів прямої та зворотної послідовностей.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Оцінка ймовірнісної несиметрії в мережах 0,4 кВ

Як відмічало в першому розділі основною складовою втрат електроенергії сільських мереж є несиметрія струмів та означено, що в більшості випадків вдається знизити систематичну складову.

Ряд останніх досліджень [9, 10] щодо розробки методів зниження втрат присвячені аналізу випадкової (ймовірнісної) складової в мережах 0,4 кВ. Це дозволить з однієї сторони – знизити додаткові втрати, а з другої – підвищити показники якості електроенергії.

Як було означено [5-8], несиметрія струмів призводить до суттєвого відхилення напруги від нормативних значень і, відповідно, скорочення терміну експлуатації двигунів, які є основними електричними споживачами в агропромисловому комплексі. В сільських мережах однофазні споживачі нерівномірно розподілені за фазами, що обумовлює несиметрію випадкового характеру.

На практиці в процесі експлуатації обладнання не відомі значення розподілу ймовірності навантаження. Реальні навантаження фіксуються засобами обліку на підстанціях потужностями (струмами). Використовуючи математичні співвідношення можливо представити співвідношення між густиною ймовірності та значення навантажень. За тривалістю це співвідношення можна представити залежністю [10]:

$$f(I) = -t(I), \quad (2.1)$$

Як приклад, проведемо використання нерівності (2.1) для трифазної чотирьох провідної мережі.

Позначимо три фази мережі через x, y, z ($I_{\min} = x, I_{cp} = y, I_{\max} = z$).

Оцінку нерівномірності навантаження проведемо через відносні різниці фазних струмів [10]:

$$a = \frac{I_{cp} - I_{min}}{I_{max}}; \quad b = \frac{I_{max} - I_{cp}}{I_{max}}, \quad (2.2)$$

де I_{max}, I_{cp}, I_{min} – значення максимального, середнього та мінімального значення струмів, відповідно, по кожній фазі навантаження.

Тоді, несиметрію можливо представляти величинами a та b за виразами [10]:

$$y = x + a, \quad z = y + b. \quad (2.3)$$

На рис. 2.1 подані графічні залежності вказаних складових струмів трифазної чотирьох провідної мережі 0,4кВ з використанням величин a та b . Тривалість несиметрії – функція цих значень. Ввівши позначення: $S(a,b)$, які є ймовірністю виконання нерівності [10]:

$$y - x \geq a \text{ і } z - y \geq b, \quad (2.4)$$

тобто,

$$S(a,b) = P(y - x \geq a; z - y \geq b). \quad (2.5)$$

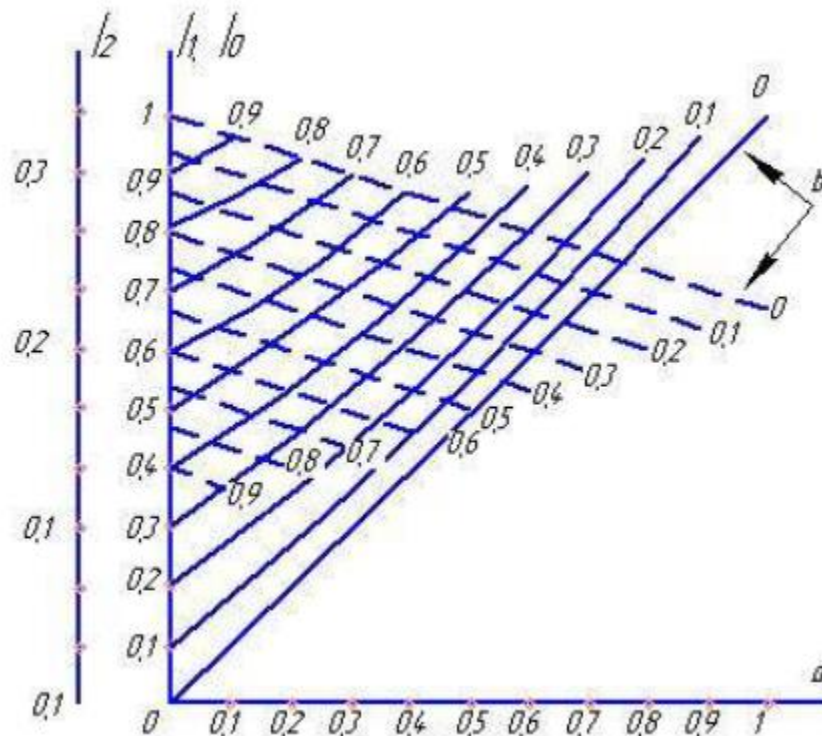


Рисунок 2.1 – Графіки залежності складових струмів від величин a та b .

Використавши теореми додавання ймовірностей та провівши ряд перетворень, отримуємо формулу для оцінки несиметрії з використанням даних величин потужностей (струмів) [10]:

$$S_a = 2 \int_a^1 dx \int_0^{x-a} t x t y dy . \quad (2.6)$$

Як пропонують автори запропонованого методу [10], функцію t можна апроксимувати таким чином:

$$t = 1 - i^n , \quad (2.7)$$

де $n = \frac{1 - k_3}{k_3}$, де k_3 – коефіцієнт заповнення графіка.

Як показують практичні дослідження, використання формули (2.6) при аналізі навантаження споживачів сільських мереж не перевищує 5% .

На практиці, як показує аналіз, показник ступені n , при присутності силових споживачів, перебуває в межах $1 \leq n \leq 2$.

Показник ступені зростає до 3 при відсутності силового навантаження в ланці дослідження (в цьому випадку ми говоримо про комунально-побутових споживачів – освітлювальне навантаження).

Враховуючи діапазон зміни показника ступені n , здійсними побудову кривих ймовірностей $P_{y-x \geq a; z-y \geq b} = S_{a, b}$, при $n = 1, 2$ (рис. 2.2).

У системах електропостачання фермерських господарств, де входить як силове навантаження так і освітлювальне обладнання, коефіцієнти заповнення графіків перебувають у діапазоні $0,6 \div 0,85$, з врахуванням, що на підприємстві використовуються заходи зниження симетричної складової за струмом [10].

У цьому випадку сумарне навантаження при використанні апроксимуючої функції за формулою (2.6) показник ступені становить: $n \leq 0,5$.

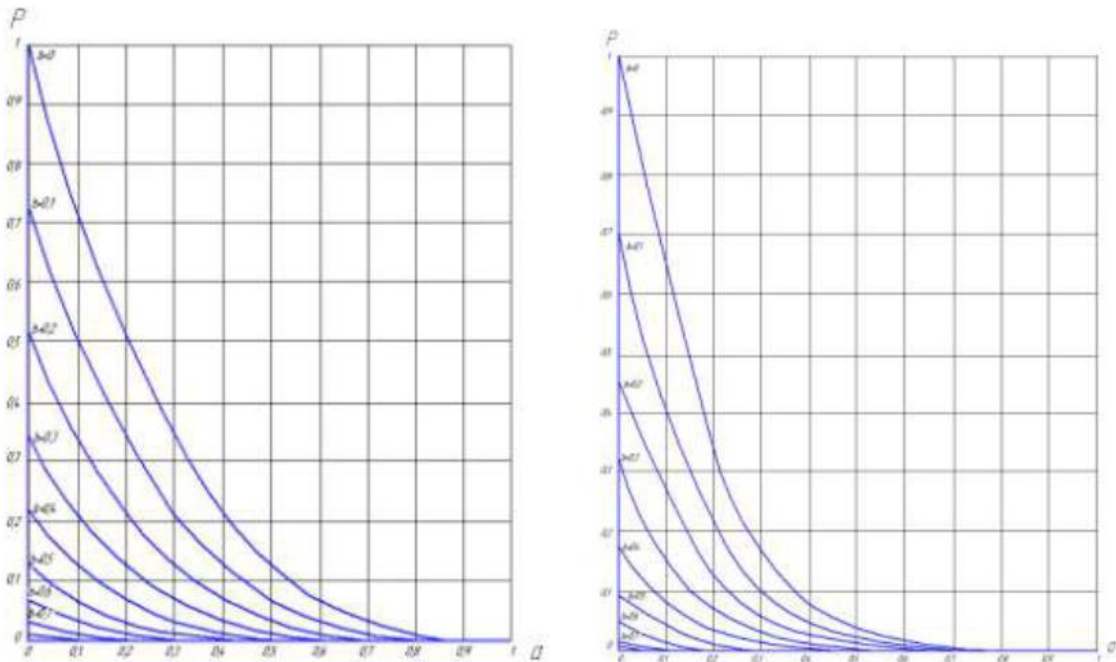


Рисунок 2.2 – Значення інтеграла ймовірності при: а) $n = 1$; б) $n = 2$.

Для чотирьох провідної мережі системи електропостачання фермерського господарства були проведені заміри фазних струмів на підстанції 10/0,4 кВ на ланці 0,4 кВ та здійснений статистичний аналіз даних та побудовані криві з використанням такої залежності, у відповідності з (2.5):

$$P_{y-x \geq a; z-y \geq b} = S_{a,b}, \quad (2.7)$$

для $b = 0$ та $b = 0,2$ при значенні показника ступені $n = 0,5$ (рис. 2.2).

На графіку пунктирні лінії – ймовірнісні криві при $n = 1, 2, 3$.

Отримані криві поділені на частини для означення наближеності отриманих ймовірностей до теоретичних параметрів. Вимірювання значень фазних струмів на підстанції 400кВА/10/0,4 кВ силових споживачів фермерського господарства проводились при різних коефіцієнтах заповнення графіків. Як видно з графіків (рис.2.3), що при $b = 0$ та $n = 1$ криві найбільш наближені до теоретичних значень у верхній ділянці, у середній – до $n = 2$.

З цього можна зробити висновок, що струмовий розподіл за фазами підпорядкований нормальному розподілу, тобто, використання методу навантаження для оцінки ймовірнісної складової несиметрії струмів у чотирьох провідних та повно фазних режимах є прийнятним до практичних розрахунків.

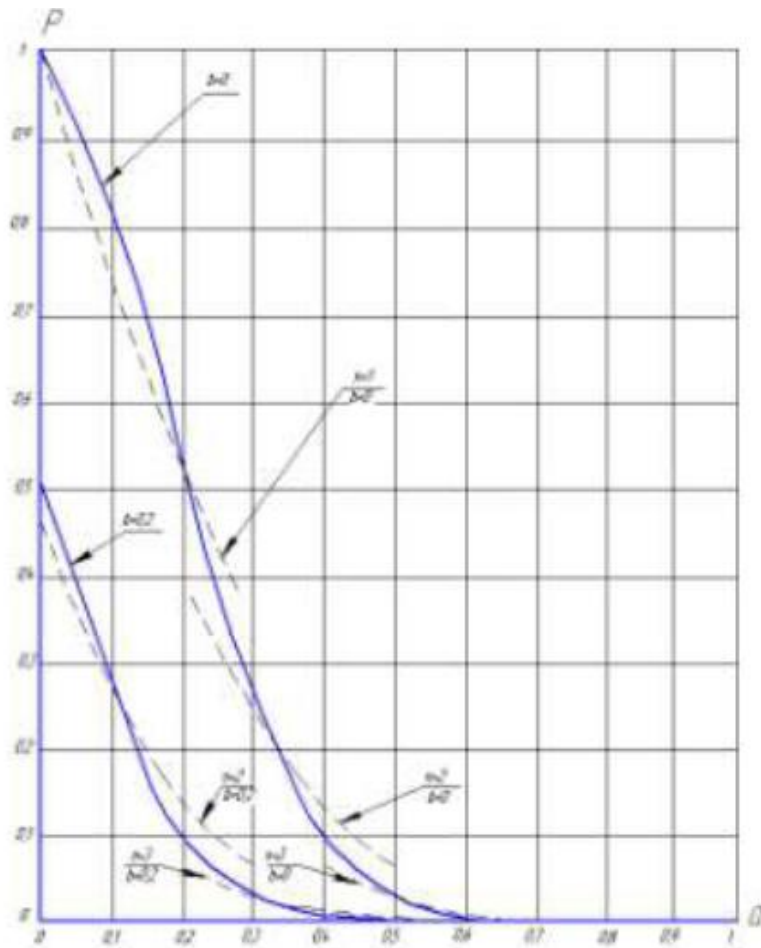


Рисунок 2.3 – Статистичні криві аналізу даних.

Для обчислення інтегралу ймовірності на основі отриманих значень потужності використовувалась залежність [10]:

$$P = \frac{M^3}{12 \cdot \sqrt{2\pi} \prod_1^2 \sigma_i}, \quad (2.8)$$

де M – математичне сподівання середнього значення вимірювання значень фазних струмів;

σ – відхилення кожного i -го виміряного значення фазного струму від математичного сподівання.

2.2 Висновки до другого розділу

Розглянуті питання оцінки ймовірнісної складової несиметрії за струмами в чотирьох провідних мережах 0,4 кВ.

Запропонований варіант розрахунку несиметричних режимів за значеннями фазних струмів з використанням графіків навантаження. Це дозволяє провести оцінку ймовірнісної складової несиметрії та застосувати заходи щодо зниження додаткових втрат в сільських мережах 0,22 / 0,38 кВ.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок та вибір силового технологічного електрообладнання тваринницького комплексу

3.1.1 Розрахунок та вибір обладнання приміщення для утримання тварин.

Обґрунтування утримання тварин. При утриманні тварин на відгодівлі в одному приміщенні необхідно їх розміщення в групових станках. Розміри приміщення і його внутрішнє планування залежить від кількості свиней, яких потрібно розмістити, і від того, які групи за масою тварин у ньому будуть міститися.

У тваринницькому відділенні фермерського господарства в одному приміщенні необхідно розмістити свиней на відгодівлю розділених по масі.

Згідно [11] в групових станках дозволяється утримувати свиноматки, а також відгодівельне поголів'я. Для їх утримання використовуємо обладнання станкове, універсальне для груп свиней ОСГ-Ф-1, яке призначене для утримання свиноматок і відгодівельного поголів'я.

Технічна характеристика верстата ОСГ-Ф-1.

Число обслуговуваних тварин:

на одному стоянні 10 ... 39

Число верстатів в блоці 2 ... 5

Габаритні розміри, мм 5920 × 3550 × 1300

Маса, кг 425

Приймаємо 10 верстатів ОСГ-Ф-1, в яких міститься по 30 особин відгодівельного поголів'я.

Верстатне обладнання у свинарнику розміщуємо по довжині приміщення біля стін, залишимо прохід між верстатами шириною 2 м для обслуговуючого персоналу з метою полегшення догляду за тваринами, роздачею кормів, напування та прибирання гною.

Утилізація гною. У тваринництві, а зокрема і в свинарстві найбільшого застосування набув транспортер *TCH-160*, по відношенню до інших видів транспортерів, а саме *TCH-36*, *TCH-2* є ряд відмінностей: присутність круглоланкового ланцюга якірного типу, простий в експлуатації та ремонті, не вимагає додаткового доопрацювання.

При утилізації гною доцільно проводити його підсушування. При тепловій сушці гною не потрібно поповнення сирого гною, немає необхідності в пристрої сховищ або глибоких гнійозбірників. На спеціальних ділянках, куди вивозять гній, він знаходиться під відкритим небом, висушується і переробляється в купах. Після цього гній вивозиться на поля господарства та розкидається як органічного добрива з метою підвищення родючості ґрунтів і врожайності вирощуваних культур.

Розрахунок вентиляції.

1. Розраховуємо кількість повітря, необхідного для видалення надлишків вологи за формулою [11]:

$$L_e = \frac{\Sigma W}{(J_2 \cdot \varphi_{e2} - J_1 \cdot \varphi_{e1})}, \quad (3.1)$$

де $\Sigma W = W_1 + W_2$ – сумарна кількість водяної пари в приміщенні, *грам / год*;

$W_1 = W_{me} \cdot N$ – кількість водяної пари, що виділяються тваринами, *грам / год · гол.*;

N – кількість тварин;

$W_2 = 0,14 \cdot W_1$ – кількість водяної пари при випаровуванні вологи зі стін, з підлоги, зі стелі, з годівниць, *грам / год*;

$J_1 = \rho_{\text{во}} \cdot J_{t_0}$ – вміст вологи в зовнішньому повітрі в насиченому стані при $t = 0^\circ\text{C}$ (листопад, березень), *грам / м*; $\rho_{\text{во}}$ – щільність сухого повітря при $t = 0^\circ\text{C}$, *грам / кг*;

$\varphi_{\text{вв}}$ – відносна вологість повітря всередині приміщення за зоотехнічними вимогами;

$\varphi_{\text{вз}}$ – відносна вологість зовнішнього повітря (дорівнює 95%).

$J_2 = \rho_{\text{в}} \cdot J_{t_{\text{в}}}$ – вміст вологи в повітрі приміщення в насиченому стані при розрахунковій температурі, *грам / м*; $J_{t_{\text{в}}}$ – кількість водяної пари в 1 кілограмі сухого повітря, *грам / кг*;

З довідкових даних [11] приймаємо такі значення: $W_{\text{тв}} = 132$ *грам / год*; $\rho_{\text{в}} = 1,205$ *кг / м* при $t_{\text{роз}} = 20^\circ\text{C}$; $J_{t_{\text{в}}} = 14,7$ *гп / кг*; $\rho_{\text{во}} = 1,293$ *кг / м* при $t_{\text{нв}} = 0^\circ\text{C}$; $J_{t_0} = 3,9$ *кг / м*; $\Phi_{\text{вн}} = 70\%$.

$$W_1 = 132 \cdot 300 = 39600 \text{ грам / год};$$

$$W_2 = 0,14 \cdot 39600 = 5544 \text{ грам / год};$$

$$\Sigma W = 39600 + 5544 = 45144 \text{ грам / год};$$

$$J_2 = 1,205 \cdot 14,7 = 17,7 \text{ грам / м};$$

$$J_1 = 1,293 \cdot 3,9 = 5 \text{ грам / м}.$$

$$L_{\text{в}} = 45144 / (17,7 \cdot 0,75 - 5 \cdot 0,95) = 5295,4 \text{ м / год}.$$

2. Розраховуємо кількість повітря, необхідного для видалення вуглекислого газу за формулою [11]:

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{1,2 \cdot \Sigma \text{CO}_2}{C_2 - C_1}, \quad (3.2)$$

де ΣCO_2 – сумарна кількість CO_2 , що виділяється усіма тваринами за 1 годину;

C_2 – допустимий вміст CO_2 в приміщенні в 1 м повітря, $\text{дм}^3 / \text{м}^3$;

C_1 – вміст CO_2 в зовнішньому повітрі (0,03%), $\text{дм}^3 / \text{м}^3$;

1,2 – коефіцієнт, який враховує кількість CO_2 , що виділяється мікроорганізмами.

Розраховуємо сумарну кількість CO_2 :

$\sum CO_2 = K \Sigma CO_2 \cdot N$, де $K \Sigma CO_2$ – кількість CO_2 , що виділяється 1-ю головою, $dm^3 / гол. \cdot год$; N – поголів'я тварин. Звідси:

$$\Sigma CO_2 = 47 \cdot 300 = 14100 \text{ } dm^3 / год;$$

$$L_{CO_2} = \frac{1,2 \cdot 14100}{2,5 - 0,3} = 7690,9 \text{ } m^3 / год.$$

Розрахунок повітрообміну для видалення NH_3 та H_2S , надлишків тепла не проводимо.

До подальшого розрахунку приймається найбільший отриманий повітрообмін L_g або L_{CO_2} .

Приймаємо до розрахунку більший повітрообмін $L_{CO_2} = 7690,9 \text{ } m^3 / год$.

3. Визначаємо кратність повітрообміну за формулою [11]:

$$K_o = \frac{L_{max}}{V} = 4 \dots 16, \quad (3.3)$$

де L_{max} – максимальний повітрообмін, $m^3 / год$; V – будівельний об'єм приміщення, m^3 ; $V = a \cdot b \cdot h$. Звідси;

$$V = 9 \cdot 66 \cdot 2 = 1188 \text{ } m^3;$$

$$K_o = \frac{7690,9}{1188} = 6,4 ; \text{ приймаємо рівне } 6 \text{ та застосовуємо штучну}$$

вентиляцію.

За умовою: $L_g > L_{max}$ при $H_g > H_p$ проводимо вибір вентиляторів.

У тваринницькому відділенні встановлюємо два вентилятора: припливний та витяжний. Вентиляція буде забезпечуватися відцентровим вентилятором Ц4–70 №5 з наступними технічними даними [11]:

Потужність, kW	1 ... 17
Частота обертання, $хв^{-1}$	939 ... 1420

Продуктивність, $m^3 / год$	1450 ... 8300
Повний тиск, $кг / м^3$	18 ... 83

4. Визначаємо необхідну потужність для приводу вентилятора:

$$P_{спож} = \frac{K_3 \cdot L_{max} \cdot H}{102 \cdot 3600 \cdot \eta_6 \cdot \eta_n}, \quad (3.4)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, що залежить від потужності ($K_3 = 1,2$) [11];

η_6 – ККД вентилятора ($\eta_6 = 0,6$);

η_n – ККД передачі (при безпосередньому з'єднанні приймаємо рівним 1).

$$\text{Звідси: } P_{спож} = \frac{1,2 \cdot 7690,9 \cdot 50}{02 \cdot 3600 \cdot 0,6 \cdot 1} = 2,1 \text{ кВт}.$$

Вибираємо двигун за умовою: $P_n \geq P_{спож}$ [11].

Приймаємо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором *AIP90L4*

з такими характеристиками: $P_{ном} = 2,2 \text{ кВт}$, $n_n = 1335 \text{ хв}^{-1}$, $U_n = 380 \text{ В}$,
 $\eta = 81\%$, $\cos\varphi = 0,81$, $K_g = 6,5$, $I_{ном} = 5,1 \text{ А}$.

Розрахунок та вибір устаткування для обігріву.

В якості нагрівальних елементів застосовуємо ізольовані проводи з струмоведучою жилою з оцинкованого дроту (сталь) марки ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ, ПНВСВ і неізолюваний оцинкований дріт 2 ... 5 мм.

Істотним недоліком є закладання обігрівних дротів в моноліт бетону, що призводить до труднощів визначення місця обриву проводу.

Для місцевого обігріву приймаємо електричний обігрів підлогу для свиней на відгодівлі. Рекомендована температура за таблицею [11] для свиней на відгодівлі масою 45...60 кг дорівнює 15...20⁰С на підлозі. Живлення електричної підлоги з обігріву здійснюється від мережі 380/220В з глухозаземленою нейтраллю.

Рекомендована температура підлоги для свиней на відгодівлі 15...20⁰С.

Питома потужність нагрівних проводів становить 90–150 кВт / м [11].

1. Проведемо розрахунок електричного обігріву підлоги.

Визначаємо розмір площі приміщення, що обігривається за формулою [11]:

$$S = N \cdot f_n, \quad (3.5)$$

де N – число тварин, гол.;

f_n – питома площа, що обігривається, м / гол. ($f_n = 1,5$), [11].

$$\text{Звідси: } S = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ м} \quad S = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ м.}$$

2. Розраховуємо загальну потужність установки за формулою

$$P = S \cdot P_o \cdot 10 = N \cdot f_n \cdot P_o \cdot 10, \quad (3.6)$$

де P_o – питома поверхнева потужність, кВт/м (з таблиці [11]).

$$\text{Звідси: } P = 120 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 10 = 54 \text{ кВт.}$$

3. Визначаємо загальну довжину дроту для нагрівання за формулою:

$$L = \frac{S}{a}, \quad (3.7)$$

де a – крок укладання дроту в бетоні, м; м ($a = 15 \text{ см}$) [11].

$$\text{Звідси: } L = 450 / 15 = 30 \text{ м.}$$

Отримане значення довжини нагріву проводу перевіряємо за допустимою питомою потужністю. Повинна виконуватись нерівність:

$$L = \frac{P \cdot 10}{\Delta P_{\text{nut.max}}} \leq L, \quad (3.8)$$

де $\Delta P_{\text{nut.max}}$ – значення допустимої питомої потужності.

Для проводу ПОСХВ $\Delta P_{\text{nut.max}} = 10 \text{ Вт / м}$ з таблиці [11]: $5,4 < 30$.

4. Визначаємо число паралельних секцій за формулою:

$$z = \frac{P \cdot 10}{U_\phi \cdot I_p}, \quad (3.9)$$

де I_p – розрахунковий струм нагрівання в січєнні нагрівального дроту, А;

U_ϕ – значення фазної напруги, В.

3.1.2 Розрахунок та вибір устаткування для кормоприготування та роздачі кормів

Добову та річну потребу свиней в кормах з врахуванням необхідних норм [11] приведено в таблиці 3.1.

1. Визначаємо добове споживання суміші концентратів і картоплі для свиней на відгодівлі: $Q_{доб} = 700 + 245 = 945$, (кг).

2. Визначаємо максимальний разовий раціон корму за формулою:

$$Q_{max.раз} = \frac{K_{\partial} \cdot Q_{доб}}{100}, \quad (3.10)$$

де K_{∂} – кількість корму, що видається за 1 раз, %.

Звідси:

$$Q_{max.раз} = \frac{50 \cdot 945}{100} = 472,5 \text{ (кг)}.$$

3. Визначаємо фактичну вологість суміші за формулою:

$$W_{см} = \frac{Q_1 \cdot W_1 + Q_2 \cdot W_2}{Q_1 + Q_2}, \quad (3.11)$$

де Q_1 – максимальне разове кількість концентрованих кормів, кг;

Q_2 – максимальне разове кількість коренеплодів, кг;

W_1 – вологість концентричних кормів ($W_1 = 14\%$);

W_2 – вологість коренеплодів ($W_2 = 82\%$);

$$Q_1 = 700 \cdot 0,5 = 350 \text{ (кг)};$$

$$Q_2 = 245 \cdot 0,5 = 122 \text{ (кг)};$$

$$W_{см} = (350 \cdot 14 + 122 \cdot 82) / (350 + 120) = 33,3\%.$$

3. Визначаємо кількість води, необхідне для отримання суміші заданої вологості за формулою:

$$Q_{в} = \frac{Q_{max.раз} \cdot (W_{зв} - W_{см})}{100 \cdot W_{зв}}, \quad (3.12)$$

де $W_{зв}$ – задана вологість суміші (60 ... 80%).

$$\text{Звідси: } Q_g = 470 (60 - 33,3) / (100 - 60) = 313,7 \text{ (кг)}.$$

Таблиця 3.1 – Необхідна добова та річна доза кормів

Вид кормів	Кількість голів, шт.	Період годування, днів	концентрати			картопля			зелена маса		
			Норма на 1 голову, кг·гол./добу	Добова потреба, кг/добу	Річна потреба, тон	Норма на 1 голову, кг·гол./добу	Добова потреба, кг/добу	Річна потреба, тон	Норма на 1 голову, кг·гол./добу	Добова потреба, кг/добу	Річна потреба, тон
Свині на відгодівлі до 40 кг	100	365	1,4	140	53,6	0,49	49	11,8	4	400	26,4
Свині на відгодівлі до 80 кг	100	365	2,6	260	99,2	0,91	91	21,9	4	400	26,4
Свині на відгодівлі 40-100 кг	100	365	3,0	300	114,9	1,05	105	25,3	4	400	26,4
Всього на добу, $Q_{доб}, т$			0,7			0,245			1,2		
Всього в рік, $Q_p, т$			267,7			59			79,2		

4. Визначаємо максимальну разову кількість суміші:

$$Q_{max.раз.см} = Q_{max.раз} + Q_g = 470 + 313,7 = 783,7 \text{ (кг)}.$$

5. Визначаємо розрахункову продуктивність для машин, що переробляють корма, які швидко псуються:

$$q_{роз} = \frac{Q_{max.раз}}{t_{дон}}, \quad (3.13)$$

де $t_{дон}$ – допустимий час роботи максимальної разової дачі корму (приймаємо 1.5 ... 2 год, згідно [11]).

$$q_{роз} = \frac{783,7}{1,5} = 522 \text{ кг / год.}$$

За розрахункової продуктивності з [11] вибираємо малогабаритний комплекс обладнання для приготування та роздачі кормових сумішей свиням МКО-Ф-1, призначений для приготування багатокомпонентних кормових сумішей з використанням кормів власного виробництва і комбікормів, роздача готових кормових сумішей по трубах у годівниці.

Технічна характеристика МКО-Ф-1

Число обслуговуваних тварин, гол. 300

Продуктивність, т / годину 1

Встановлена потужність, кВт 36

Вибираємо двигун АИР 200 М4 з технічними характеристиками:

$$P_n = 37 \text{ кВт}, n_n = 1475 \text{ об / хв}, I_n = 72,4 \text{ А}, U_n = 380 \text{ В},$$

$$\eta_n = 92,5\%, \cos\varphi_n = 0,89, K_g = 7,5 \text{ [11]}$$

Приєднана потужність електродвигуна:

$$P_{пр} = P_n / \eta_n, \quad (3.14)$$

де P_n – встановлена потужність електродвигуна, кВт;

η_n – ККД двигуна, %.

$$\text{Звідси: } P_{пр} = 37 / 0,925 = 40 \text{ кВт.}$$

6. Визначаємо максимальну потужність електродвигуна за формулою:

$$P_{max} = K_k \cdot K_z \cdot P_{пр}, \quad (3.15)$$

де K_k – коефіцієнт каталожної неув'язки; K_z – коефіцієнт завантаження

($K_z = 0,6$) [11]:

$$K_k = P_{нав} / P_n = 36 / 37 = 0,97.$$

$$\text{Отже: } P_{max} = 0,97 \cdot 0,6 \cdot 40 = 23,4 \text{ кВт.}$$

7. Визначаємо річне споживання електроенергії при запарюванні кормів:

$$A_p = Q_p \cdot P_{max} / q_{кат}, \quad (3.16)$$

де Q_p – річна потреба в тому чи іншому вигляді корму, т:

$$A_p = (267,7 + 59) \cdot 23,4 / 1 = 7644,7 \text{ кВт}.$$

Вибір обладнання для подрібнення зерна, картоплі та трави здійснюється за аналогічною методикою. Продуктивність машин вибирають з урахуванням потреби в кормах. Дані вибраного обладнання для подрібнення та параметри приводів представлені в таблиці 4.3 електроенергетичного обладнання.

3.1.3 Розрахунок та вибір устаткування приміщення для електроенергетичного обладнання

Розрахунок опалення. Потужність опалювального пристрою в зимовий період можна визначити на підставі рівняння теплового балансу тваринницького приміщення [11]:

$$Q_{me} + Q_{on} + Q_{nid} + Q_{mo} = Q_{cm} + Q_e + Q_{en} + Q_{if}, \quad (3.17)$$

де Q_{me} – кількість тепла, що виділяється тваринами, $\text{кДж} / \text{год}$;

Q_{on} – теплопродуктивність системи опалення, $\text{кДж} / \text{год}$;

Q_{nid} – кількість тепла що виділяється підстилкою, $\text{кДж} / \text{год}$;

Q_{mo} – тепло виділяється коштами місцевого електрообігріву, $\text{кДж} / \text{год}$;

Q_{cm} – тепло втрачається через огороження, $\text{кДж} / \text{год}$;

Q_e – тепло втрачається через вентиляцію, $\text{кДж} / \text{год}$;

Q_{en} – тепло втрачається через випаровування тварин, $\text{кДж} / \text{год}$;

Q_{if} – тепло втрачається через інфільтрацію, $\text{кДж} / \text{год}$;

З рівняння теплового балансу отримуємо теплову продуктивність опалювальної установки:

$$Q_{on} = Q_{cm} + Q_e + Q_{en} + Q_{if} - Q_{me} - Q_{nid} - Q_{mo}. \quad (3.18)$$

Визначаємо кількість тепла, що втрачається через огороження:

$$Q_{cm} = q \cdot V \cdot (t_e - t_z), \quad (3.19)$$

де q – втрати теплоти через одиницю огороження, $\text{кДж} / \text{м} [11]$;

V – об'єм приміщення, м^3 .

$$Q_{cm} = 3 \cdot 1188 (12 + 19) = 110484 \text{ кДж} / \text{год}.$$

Визначаємо теплові втрати через вентиляцію:

$$Q_e = L \cdot C_n \cdot \rho_n \cdot (t_e - t_s), \quad (3.20)$$

де L – продуктивність вентилятора, $m / год$;

C_n – теплоємність повітря, $кДж / кг \cdot ^\circ C$ ($C_n = 1$) [11];

ρ_n – щільність сухого повітря, $кг / м^3$ ($\rho_n = 1,3$) [11].

$$Q_e = 7690,9 \cdot 1 \cdot 1,3 (12 + 19) = 309943 \text{ кДж} / \text{год}.$$

Визначаємо кількість тепла, що втрачається при випаровуванні вологи:

$$Q_{en} = W_2 \cdot r \cdot 10; \quad (3.21)$$

$$Q_{en} = 5544 \cdot 2512 \cdot 10 = 13926,5 \text{ кДж} / \text{год}.$$

Визначаємо кількість тепла, що втрачається через інфільтрацію:

$$Q_{i\phi} = 0,13 \cdot Q_{cm}; \quad (3.22)$$

$$Q_{i\phi} = 0,13 \cdot 110484 = 14362,9 \text{ кДж} / \text{год}.$$

Визначаємо кількість тепла, що виділяється тваринами:

$$Q_{ms} = Q_{ms1} \cdot N \cdot K_t, \quad (3.23)$$

де N – число голів тварин;

K_t – температурний коефіцієнт:

$$K_t = 1 + \alpha(16 - t_n) = 1 + 0,0035 (16 - 12) = 1,014.$$

$$Q_{ms} = 1089,4 \cdot 300 \cdot 1,014 = 331395 \text{ кДж} / \text{год}.$$

Визначаємо кількість тепла, що виділяється підстилкою:

$$Q_{nid} = 0,12 \cdot Q_{ms}, \quad (3.24)$$

$$Q_{nid} = 0,12 \cdot 331395 = 39767,4 \text{ кДж} / \text{год}.$$

Визначаємо кількість тепла, що виділяється коштами місцевого обігріву:

$$Q_{mo} = 0,11 \cdot Q_{on}, \quad (3.25)$$

$$Q_{on} = Q_{cm} + Q_e + Q_{en} + Q_{i\phi} - Q_{ms} - Q_{nid} - 0,11 \cdot Q_{on}, \quad (3.26)$$

$$Q_{on} = Q_{cm} + Q_e + Q_{en} + Q_{i\phi} - Q_{ms} - Q_{nid} / 1,11. \quad (3.27)$$

$$Q_{on} = 110484 + 309943 + 13926,5 + 14362,9 - 331395 - 39767,4 / 1,11 = 69868 \text{ кДж} / \text{год}$$

Визначаємо потужність опалювальної установки:

$$P_{om} = Q_{on} / (3600 \cdot \eta_{on}), \quad (3.28)$$

де η_{on} – ККД опалювальної установки ($\eta_{on} = 0,95$) [11].

$$P_{om} = 69868 / (3600 \cdot 0,95) = 21 \text{ кВт}.$$

Для рівномірного обігріву свинарника вибираємо одну електричну калориферну установку типу СФОА 25/0,5 з технічною характеристикою:

Потужність, кВт (загальна)	23,25
Електричного калорифера	22,5
Число секцій	3
Число нагрівачів	9

Обґрунтування та вибір типу установки для опромінення.

Опромінення свиней УФ–променями підвищує у них обмін речовин, вміст гемоглобіну, еритроцитів у крові, збільшує на 10-12% живу масу [11].

Одночасно з цим ультрафіолетове опромінення використовується для поліпшення мікроклімату в приміщеннях, вплив УФ–променів протягом 30 хв 30хв вбиває близько 60% бактерій, 40 % спор і цвілевих грибків [11].

Для УФ–опромінення свиней на відгодівлі застосовуємо нерухому установку для опромінення «Промінь».

Припускаємо, що просторовий розподіл еритемного потоку під опромінювачем косинусоїдне в межах кута $\alpha_n = 90 - \varphi$. Для установки опромінення «Промінь» кут захисту $\varphi = 45^\circ$. Прийmemo $\alpha_n = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$.

Коефіцієнт запасу відповідно до терміну служби лампи ЛЕ15, якою укомплектовані опромінювачі установки «Луч» приймаємо: $k_s = 2,26$.

За таблицею [11] визначаємо дози опромінення на добу: на відгодівлі 80...90 $\text{мер} \cdot \text{год} / \text{м}$.

Знаходимо еритемний потік лампи ЛЕ15 $\Phi_{дж} = 300 \text{ мер}$.

Визначаємо висоту підвісу опромінювача:

$$H_p = 1 / (2 \cdot \sqrt{z-1}), \quad (3.29)$$

де z – допустима нерівномірність опромінювача: $z = 1,7$ [11].

$$H_p = 1 / (2 \cdot \sqrt{1,7-1}) = 0,6 \text{ м.}$$

Визначаємо висоту підвісу опромінювача над рівнем підлоги:

$$H_o = H_p + h / 2, \quad (3.30)$$

де h – зріст (по лінії спини) тварини, $м$.

$$H_o = 0,6 + 0,7 / 2 = 0,95 \text{ м.}$$

Розраховуємо середнє опромінювання:

$$E_{cp} = \frac{2 \cdot K_\phi \cdot I_n}{\left(K_z \cdot H_p \cdot \sqrt{(2 \cdot H_p)^2} \right)}, \quad (3.31)$$

де K_ϕ – коефіцієнт форми опромінювача поверхні ($K_\phi = 0,55$) [11];

K_z – коефіцієнт запасу ($K_z = 2,26$) [9];

I_n – сила еритемного потоку УФ джерела, $мер / ср$ ($I_n = 30$) [11].

$$E_{cp} = \frac{2 \cdot 0,55 \cdot 30}{\left(2,26 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{(2 \cdot 0,6)^2} \right)} = 20,3 \text{ мер} / \text{м}^2.$$

Визначаємо тривалість опромінення лампами в кінці терміну їх служби:

$$t_{cp} = H_{cp} / E_{cp} + 0,7 \cdot t_3 \quad (3.32)$$

де H_{cp} – середнє значення добової дози опромінення тварин ($H_{cp} = 80 \text{ мер} \cdot \text{год} / \text{м}^2$) [9];

t_3 – час необхідний для повного розжарення лампи, $t_3 = 10 \text{ хв}$ [11].

$$t_{cp} = 80 / 20,3 + 0,7 \cdot 0,17 = 4 \text{ год.}$$

Розраховуємо еритемне опромінення свиней на відгодівлі:

$$E_{ep} = \frac{\Phi_{дж} \cdot H_p \cdot \cos(\alpha)}{\pi^2 \cdot H_p^2}. \quad (3.33)$$

$$E_{ep} = \frac{300 \cdot 0,6 \cdot 0,7}{\pi^2 \cdot H_p^2} = 9 \text{ мер} / \text{м}^2.$$

Визначаємо часовий період опромінення на добу:

$$t_{\partial} = H_{cp} / E_{ep} = 80 / 9 = 8,8 \text{ год.}$$

Інтервал часу роботи установки при включенні три рази на добу:

$$t = 8,8 / 3 = 2,9 \text{ год.}$$

3.2 Висновки до третього розділу

Проведені розрахунки та вибір силового технологічного електричного обладнання тваринницького відділення фермерського господарства.

На основі проведених розрахунків будуть визначені електричні навантаження тваринницького відділення, вибір системи електропостачання та електроспоживання фермерського господарства.

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок електричного освітлення та вибір світильників

Проведення світлотехнічного розрахунку полягає в визначенні необхідної кількості та потужності джерел світла на основі нормативних значень освітленості приміщень тваринницького комплексу фермерського господарства.

Для здійснення розрахунків застосовуємо точковий метод, який дає можливість визначити світловий потік ламп, необхідний для створення нормативної освітленості при оптимальному розташуванні світильників, коли відбитий від стін і стелі світловий потік не має великого значення [12].

Вказаний метод застосуємо при розрахунку загального локального освітлення приміщень та зовнішнього освітлення.

При розрахунку світлового потоку точковим методом використовуємо вираз [12]:

$$F = \frac{1000 \cdot E_{\min} \cdot K_z}{\mu \cdot \sum e}, \quad (4.1)$$

де K_z – коефіцієнт запасу;

E_{\min} – нормована освітленість, лк;

μ – коефіцієнт додаткової освітленості, приймається рівним 1,05 ... 1,1;

$\sum e$ – сума умовних освітленостей від найближчих світильників в контрольній точці.

Розрахунок освітлювальної установки точковим методом проводимо в такій послідовності [12]:

– на плані приміщення з нанесеними на нього світильниками вибираємо контрольні точки, освітленість яких може виявитися найменшою;

– обчислюємо умовну освітленість згідно положення на графіку за відомим координатами;

– з контрольних точок вибираємо точку з найменшою умовною освітленістю та приймаємо її за розрахункову.

– вибираємо коефіцієнт запасу та коефіцієнт додаткової освітленості;

– розраховуємо значення необхідного світлового потоку лампи для світильника;

– визначаємо потужність лампи на основі довідкових таблиць та підраховуємо потужність освітлювальної установки за формулою [12]:

$$P_{уст} = P_l \cdot N, \quad (4.2)$$

де P_l – стандартна потужність лампи, *Вт*; N – кількість ламп, які встановлюються у приміщенні, *штук*.

Як приклад, приведемо світлотехнічний розрахунок електричного освітлення в приміщенні для утримання тварин.

Приймаємо за таблицею [12] нормовану освітленість у приміщенні для тварин $E_n = 20_{лк}$. В якості основного виду освітлення приймаємо робоче, службовцям для створення нормальної освітленості у всіх точках робочої поверхні, а як допоміжний приймаємо чергове освітлення, яке становить 20 % від робочого і служить для контролю вмісту тварин при відсутності природного освітлення в нічний час. Вмикається та вимикається чергове освітлення незалежно від робочого.

Для створення однакової освітленості в усіх точках освітлюваної поверхні приймаємо систему загального рівномірного освітлення.

В якості джерел світла використовуємо лампи розжарювання. До їх основних переваг відноситься: проста конструкція, порівняно невисока вартість і надійність. Недоліки ламп розжарювання: низька світлова віддача, незадовільний спектральний склад випромінювання та необхідність застосування захисних пристроїв від сліпучої дії, що не є в приміщенні для утримання тварин обмежуючим фактором.

При виборі світильників необхідно враховувати умови навколишнього середовища, вимоги до характеру світлового розподілу, умови та економічна ефективність експлуатації.

Виходячи з цього, в якості світильників у приміщенні для свиней вибираємо світильники ППД з номінальною потужністю 60, 100, 200 Вт.

Враховуємо відносну відстань між світильниками при розміщенні світильників в приміщенні за формулою [12]:

$$\lambda = L/h, \quad (4.3)$$

де L – відстань між світильниками на плані приміщення, м.

Розрахункова висота підвісу за формулою:

$$h = H - h_c - h_p, \quad (4.4)$$

де H – висота приміщення, м; h_c – довжина схилу, м; h_p – рівень робочої поверхні над підлогою, м.

Звідси: $h = 2,7 - 0,2 - 0 = 2,5$ м.

Значення λ приймаємо рівним 1,6 [12].

Звідси: $L = 1,6 \cdot 2,5 = 4$ м.

Відстань від крайніх світильників до стін приймається в межах $(0,3 \dots 0,5)L$, тобто: $l_k = l_e = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 4 = 2$ м.

За відомим значенням L та розмірами приміщення визначаємо число рядів світильників і загальна їх кількість:

$$N_a = \left[(A - 2 \cdot l_a) / L \right] + 1 = \left[(57,5 - 2 \cdot 2) / 4 \right] + 1 = 14,3.$$

Приймаємо 14 світильників в ряду.

$$N_b = \left[(B - 2 \cdot l_b) / L \right] + 1 = \left[(9 - 4) / 4 \right] + 1 = 2,2.$$

Приймаємо два ряди світильників.

Загальне число світильників у приміщенні:

$$N = N_a \cdot N_b = 14 \cdot 2 = 28 \text{ шт.}$$

Уточнюємо відстань між світильниками вздовж кожної зі стін приміщення. Довжина приміщення: $L_A = A/14 = 57,5/14 = 4,1$ м; ширина приміщення: $L_B = B/2 = 9/2 = 4,5$ м.

Тоді $l_a = 0,5 \cdot L_A = 0,5 \cdot 4,1 = 2,1$ м; $l_b = 0,5 \cdot L_B = 0,5 \cdot 4,5 = 2,3$ м.

На плані приміщення з нанесеними на нього світильниками вибираємо дві контрольні точки: A і B .

Для точок A і B розрахуємо сумарну умовну освітленість.

Точка A : $\Sigma e = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5 + e_6$ так як $j_1 = j_2 = j_3 = j_4$ та $j = const$ то $e_1 = e_2 = e_3 = e_4$, $j_5 = j_6$ то $e_5 = e_6$, тоді $\Sigma e = 4 \cdot e_1 + 2 \cdot e_5$.

Визначаємо освітленість Σe_A та Σe_B (рис. 4.1) [12] та зводимо розрахунки в таблицю 4.1.

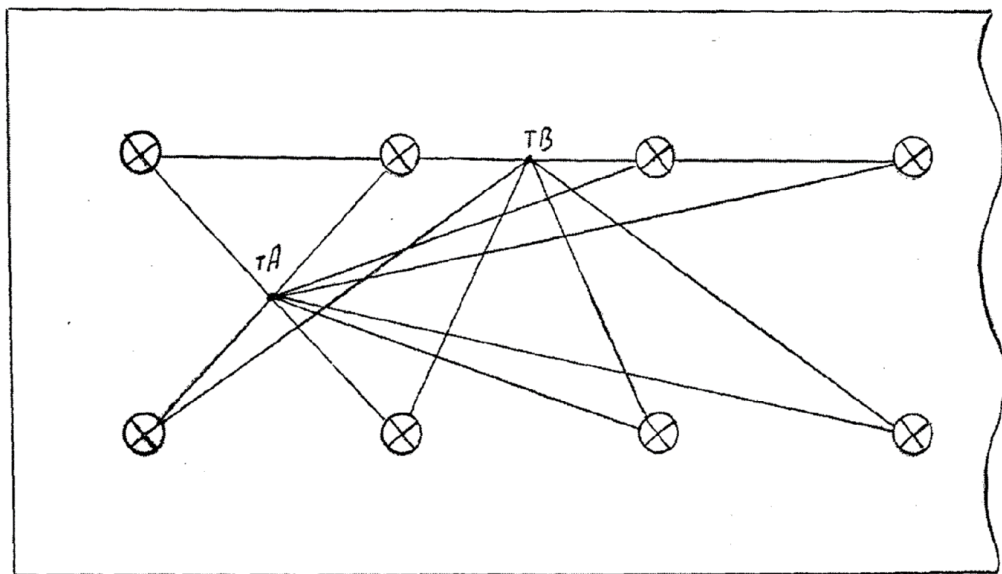


Рисунок 4.1 – Частковий плану приміщення тваринницького відділення до розрахунку точковим методом.

За розрахункову приймаємо точку B з найменшою умовною освітленістю.

Таблиця 4.1 – Розрахункова таблиця

№ з/п	Відстань від т. А до проекції світильника на поверхню освітлення, j , м	Умовна освітленість від одного світильника, лк e_A (точка А)	Відстань від т. В до проекції світильника на поверхню освітлення, j , м	Умовна освітленість від одного світильника, лк e_B (точка В)
1	3	7	6	1
2	3	7	7,5	0,5
3	3	7	2	10
4	3	7	5	1,5
5	6,5	0,7	2	10
6	6,5	0,7	5	1,5
7	10,5	-	6,2	0,8
8	10,5	-	7,5	0,4
		$\Sigma e_A = 29,4$ лк		$\Sigma e_B = 25,7$ лк

Визначаємо [12] коефіцієнт запасу $K_z = 1,5$ та приймаємо коефіцієнт додаткової освітленості $\mu = 1,15$. За формулою 4.1 визначаємо світловий потік необхідний для отримання нормованої освітленості 20 лк.

$$F = (1000 \cdot 20 \cdot 1,5) / (1,15 \cdot 25,7) = 1015 \text{ лм}.$$

Вибираємо [12] найближчу за світловим потоком лампу B220 – 230 – 100, потужністю 100 Вт, світловий потік якої при напрузі 220 В дорівнює 1250 лм.

Фактична освітленість в точці В [12]:

$$E_{\phi} = (F_{\text{л}} \cdot \mu \cdot \Sigma e_B) / (1000 \cdot K_z) = (1250 \cdot 1,15 \cdot 25,7) / (1000 \cdot 1,5) = 24,6 \text{ лк}.$$

Встановлена потужність освітлення (формула 4.2):

$$P_{\text{уст}} = 100 \cdot 28 = 2800 \text{ Вт}.$$

Розрахунок освітлення в інших приміщеннях тваринницького відділення проводимо аналогічно та результати зводимо в світлотехнічну відомість (таблиця 4.2).

4.2 Розрахунок електричних навантажень

Для проведення розрахунків необхідні паспортні дані електротехнічного обладнання отримані в технологічній частині заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні дані електроприймачів

Електроприймач	$P_{ном}$, кВт	n ,	$\cos\varphi$	K_6	K_3
Дробилка зерна	4,5	1	0,88	0,06	0,8
Подрібнення коренеплодів	0,37	1	0,73	0,04	0,6
Подрібнення зеленої маси	22	1	0,87	0,02	0,5
Кормороздавач	37	1	0,89	0,06	0,6
Водонагрівач	6;16,5	2	0,81	0,06	1
Витяжна вентиляція	2,2	1	0,91	1	1
Гноетранспортер	5,5	1	0,85	0,6	0,5
Опалення	0,95;7,5	2	0,8; -	1	1
Нагрівачі підлоги	54	32 секції	-	1	1
Опромінювач	1,8		-	0,27	1
Освітлення (загальне)	2,8	-	-	0,33	1

При визначенні максимальних навантажень в системі електропостачання за завданням на дипломну роботу будемо розглядати за першим рівнем. Розрахунок електричних навантажень системи електропостачання будемо проводити комплексним методом [13].

Розрахункове активне та реактивне навантаження вибираємо і приймаємо рівними фактично споживаній потужності що визначається з виразів [13]:

$$P_{Pi} = K_{3i} \cdot P_{НОМi}, \text{ кВт}; \quad (4.5)$$

$$Q_{Pi} = P_{Pi} \cdot \operatorname{tg}_i(\varphi_{НОМ}) = P_{Pi} \cdot \operatorname{tg}(\arccos(\varphi_{iНОМ})), \text{ кВАр}; \quad (4.6)$$

$$S_{Pi} = \sqrt{P_{Pi}^2 + Q_{Pi}^2}, \text{ кВА}, \quad (4.7)$$

де $P_{НОМi}$ – номінальна потужність i -го електроприймача, кВт;

K_{3i} – коефіцієнт завантаження i -го електроприймача.

Для розрахунку навантаження на даному рівні перелік всіх необхідних коефіцієнтів наведено в таблиці 4.3. Вихідна інформація для розрахунку та номінальні параметри споживачів наведено в технічній документації на окремий споживач.

Розглядаємо окремі споживачі, які з'єднані з розподільчим щитом. Для прикладу розрахуємо потужності для приводу подрібнювача зерна:

$$P_{P1} = 0,8 \cdot 4,5 = 3,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{P1} = 3,6 \cdot 0,024 = 0,086 \text{ кВАр};$$

$$S_{P1} = \sqrt{3,6^2 + 0,086^2} = 36,01 \text{ кВА}.$$

Для приводу подрібнення коренеплодів проведемо розрахунок навантаження:

$$P_{P2} = 0,6 \cdot 0,37 = 0,22 \text{ кВт};$$

$$Q_{P2} = 0,22 \cdot 0,88 = 0,19 \text{ кВАр};$$

$$S_{P2} = \sqrt{0,22^2 + 0,19^2} = 0,32 \text{ кВА}.$$

Аналогічним чином розраховуємо максимальні навантаження інших споживачів і всі розрахункові дані зводимо в таблицю 4.4.

Розрахунок потужності на РП.

На основі отриманих максимальних значень електроприймачів та аналізу максимальних денних та вечірніх навантажень (табл. 4.5) приймаємо за розрахункову $P_{розр}$ максимальну денну потужність.

$$P_{розр} = P_{max}(\partial) = 126 \text{ кВт}.$$

Розрахункову потужність на РП (кВА) визначаємо за формулою:

$$S_{РП} = P_{розр} / \cos\varphi, \quad (4.8)$$

де $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності на ввіді даного споживача при максимальному навантаженні.

Таблиця 4.4 – Підсумкова розрахункова таблиця електроенергетичного обладнання тваринницького відділення

Назва процесів, марка машини (агрегату)	Дані машини (агрегату)				Дані електродвигунів (приймачів)										Дані ПРІЗА				Споживання електричної енергії	
	Кількість, шт	Продуктивність	Споживана потужність, кВт	Коефіцієнт завантаження, Кз	Тип електродвигуна на (електроприймача)	Кількість, шт.	Продуктивність, кВт	Максимальна потужність, кВт	ККД, у.о.	COSφ, у.о.	Номинальний струм, А	Кратність пускового струму, К _в	Частота обертання, хв ⁻¹	Режим роботи привода	Тип автоматичного вимикача	Струм вставки розчеплювача, А		Тип магнітного пускача	Число годин використання макс.потужн., Т _м	Річне споживання енергії, А _р , кВт*год
																Електро-магнітного	Теплового			
Дробилка зерна ДЗ-Ф-0,5	1	0,5 т/год	4,5	0,8	АИР 100 L4	1	5,5	3,6	0,88	0,89	10,6	7,5	2850	S2	АЕ-2036-10НЦЗ	40	6	ПМЛ 112 102 Н	1100	3960
Корнерізка И7-КУМ	1	0,25 т/год	0,37	0,6	АИР 71 А4	1	0,75	0,32	0,71	0,73	2,2	5	1350	S2	АЕ-2036-10НЦЗ	11	1,6	ПМЛ 112 102 Н	1100	352
Подрібноувач зеленої маси «Волгарь 5»	1	3 т/год	22	0,5	АИР 200 L8	1	22	12,2	0,9	0,81	46	6	732	S2	АЕ-2046-10НЦЗ	291	32	ПМЛ 412 102 Н	48	585,6
Кормороздавач МКО-Ф-1	1	1 т/год	36	0,6	АИР 200 V4	1	37	23,4	0,925	0,89	72,4	7,5	1475	S2	АЕ-2046-10НЦЗ	543	63	ПМЛ 512 102 Н	1100	25740
Водонагрівач УАП-200/0,9	1	100 л/год	6	1	УАП – 200/0,9	1	6	6	-	-	-	-	-	-	КОМПЛЕКТНО				1100	6600
Водонагрівач ВЭТ-800	1	120 л/год	16,5	1	ВЭТ - 800	1	16,5	16,5	-	-	-	-	-	-	КОМПЛЕКТНО				1100	18150
Гнострспортер ТСН-160	1	6 т/год	5,5	0,5	4А80В4СЦ1	1	1,5	0,78	0,77	0,85	3,6	5	1400	S2	АЕ-2016-10НЦЗ	60	5	ПМЛ 112 102 Н	1100	858
					4Ф100L4СЦ1	1	4	2,4	0,84	0,85	8,5	6,5	1120	S2	АЕ-2016-10НЦЗ	150	12,5	ПМЛ 112 102 Н	1100	2640

– Продовження таблиці 4.4

Центробежний вентилятор Ц4-70 №5	1	7690 м ³ /ГОД	2,1	0,7	АИР 90 L4	1	2,2	1,8	0,81	0,81	5,1	6,5	1335	S1	АЕ-2016-10НЦЗ	60	5	ПМЛ 112 102 Н	1100	1980
Калорифер СФОА 25/0,5	1		23,25	1	АИР 71 В4	1	0,75	0,75	0,75	0,8	1,9	5	1350	S1	КОМПЛЕКТНО			1500	1125	
					ТЭН-2,5 Ц	3	7,5	7,5	-	-	-	-	-	-	S1	КОМПЛЕКТНО			1500	33750
Електронагрівна підлога			54	1	Електронагрівна підлога	1	54	54	-	-	-	-	-	-	КОМПЛЕКТНО			1100	59400	
УФ установка «Промінь»			20,8	1	«Промінь»	18	0,52	0,52	-	-	-	-	-	-	КОМПЛЕКТНО			1500	14040	
Електричне освітлення					Б220-230-100	33	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-				1100	3630	
Всього																			172810,6	

Коефіцієнт потужності на ввіді в споруду для тваринницьких приміщень приймається в залежності від відношення суми номінальних $P_n \Sigma$ (кВт) всіх встановлених двигунів і сумарною встановленою потужністю ΣP всіх споживачів, тобто електроспоживачів та електроприймачів [13].

$$P_n \Sigma / \Sigma P = 153,2 / 164,2 = 0,93.$$

Враховуючи, що $\cos \varphi = 0,75$, отримуємо: $S_{PI} = 126 / 0,75 = 168 \text{ кВА}$.

Розрахунковий струм РП становить:

$$I_{PI} = \frac{S_{PI}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{168 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 255,2 \text{ А}.$$

Визначення центра електричних навантажень.

Картограма навантажень тваринницького відділення являє собою розміщення на плані кіл, площа яких в вибраному масштабі рівна розрахунковій потужності електроприймачів. Вона являє собою наглядне зображення розподілу навантаження відділення та визначення розташування РП.

Розрахунок радіуса кола, площа якого рівна потужності електроприймача у вибраному масштабі здійснюємо за розрахунковою потужністю споживача або групи споживачів за формулою [13]:

$$S_i = m \cdot \pi \cdot R_i^2, \text{ кВА}, \quad (4.9)$$

де m – масштаб потужності, $\text{кВА} / \text{мм}^2$;

R_i – радіус кола, мм .

З виразу (3.9) радіус кола становить: $R_i = \sqrt{\frac{S_i}{\pi \cdot m}}, \text{ мм}$.

Визначаємо центри навантажень для встановлення та раціонального розташування РП – 0,4 кВ.

Координати центру електричного навантаження знаходимо за формулами [13]:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n S_i}, \text{ мм}; \quad (4.10)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n S_i}, \text{ мм}, \quad (4.11)$$

де X_i, Y_i – відповідні координати центрів навантажень окремих споживачів;

Приймаємо m – масштаб потужності, $m = 0,5 \text{ кВА} / \text{мм}^2$.

Виконавши розрахунки отримаємо:

$$x_{РП} = \frac{4152,64}{164,4} = 25,3 \text{ мм} \quad y_{РП} = \frac{7786,2}{164,4} = 47,3 \text{ мм}$$

Назва електроприймачів	Координати центру навантаження		S , кВА	Q , кВАр
	X , мм	Y , мм		
РП	25,3	47,3	164,4	105,6

Конкретне місце розташування РП приймається у відповідності з ПТБ та урахуванням комунікації об'єкту в цілому, з дотриманням положень будівельних норм та правил СНіП.

Проаналізувавши дані розрахунку картограми робимо висновок, що центр навантаження виявився в приміщенні для підготовки кормів на відстані 0,5 м від подрібнювача зеленої маси.

4.3 Обґрунтування електропостачання тваринницького відділення від існуючого джерела 0,38 кВ

Фермерське господарство відноситься до споживачів третьої категорії по надійності електропостачання, отже присутнє одне джерело живлення.

Живлення поступає на шини 10 кВ трансформатора ТМ 400 10/0,4 кВ повітряної лінією від підстанції 35/10 кВ.

Від пунктів ПР-9333 отримує живлення приводи двигунів електричного обладнання тваринницького відділення та іншого силового обладнання.

Об'єкт проектування розміщений на відстані 28 м від існуючої комплексної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ потужністю 400 кВА.

На підстанції присутній вільний фідер, що володіє запасом потужності 180 кВА.

Надійність і безперебійність роботи електроустановок забезпечується завдяки правильній його експлуатації і якісному та своєчасному проведенню ТО і ТР.

Так як фермерське господарство відноситься до третьої категорії споживачів, для яких тривалість перерв це найважливіше завдання щодо раціонального використання електроенергії, оскільки низький коефіцієнт потужності призводить до перевитрати металу на спорудження електричних мереж, збільшення втрат електроенергії і т.д.

Підвищення коефіцієнта потужності електроустановок фермерського господарства будемо здійснювати природними способами, так як застосування штучних методів (наприклад, компенсація реактивної потужності за допомогою конденсаторних батарей) досить дорого і не раціонально.

Для природного підвищення коефіцієнта потужності в господарстві необхідно проводити наступні заходи: вибір електродвигунів з номінальною потужністю, що близька до потужності робочої машини, повне їх завантаження та обмеження холостого ходу, застосування двигунів з більш високим коефіцієнтом потужності.

4.4 Розрахунок мережі живлення розподільчої силової мережі

Система внутрішнього електропостачання свинарника містить кабельні траси 0.4 кВ для живлення електричного обладнання [14].

Вибираємо кабельні траси 0,4 кВ для живлення низьковольтних двигунів.

Приклад розрахунку розглянемо для електродвигуна приводу насоса бака зливу з котла. Вибір здійснюємо по умові нагріву довготривалим струмом [15].

Визначаємо максимальний розрахунковий струм:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max.Д}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{5,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 7,93 \text{ А}.$$

Визначаємо розрахункову товщина проводу:

$$S = \frac{I_{\max}}{J_{ЕК}} = \frac{7,93}{3} = 2,4 \text{ мм}^2,$$

де $J_{ЕК}$ – економічна густина струму для Східної Європи $J_{ЕК} = 3 \text{ А / мм}^2$.

Вибираємо кабель марки ВВГ (4x2,5), з $I_{ДОП} = 10 \text{ А} > I_{НОМ} = 7,93 \text{ А}$.

Вибір перерізу кабелів допоміжних механізмів та освітлення здійснюється аналогічно, результати розрахунку наведені в таблиці 4.6.

Вибір перерізу кабелів для силових щитів також здійснюється аналогічно та його результати наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.6 – Результати вибору перерізу кабелів 0,4 кВ споживачів

Назва споживача	Максимальний струм, А	Струм вставки, А	Допустимий струм, А	Марка кабеля
Дробилка	7,93	16	10	ВВГ - 4x2,5
Коренерізка	1,1	5	2	ВВГ - 4x2,5
Подрібнювач зеленої маси	31,2	50	35	ВВГ - 4x16
Водонагрівач	32,4	40	35	ВВГ - 4x16
Гноетранспортер	7,93	16	10	ВВГ - 4x2,5
Вентилятор витяжний	3,17	7	5	ВВГ - 4x2,5
Електрокалорифер	1,2	3	2	ВВГ - 4x4
Освітлення	7,3	10	8	ВВГ - 4x2,5
	7,7	10	8	ВВГ - 4x2,5
	6,4	8	7	ВВГ - 4x2,5

Таблиця 4.7 – Результати вибору перерізу кабелів 0.4 кВ силових щитків

Назва споживача	Максимальний струм, А	Струм вставки, А	Допустимий струм, А	Марка кабеля
РП	150	200	170	ВРБ - 4x50
ЩО	6	8	10	ВВГ - 4x4

Вибрані кабелі необхідно перевірити на допустиму втрату напруги. Доцільно буде перевірити кабелі, які живлять найбільш віддалених та потужних електроприймачів, так як втрата напруги до них є найбільшою.

Серед низьковольтних – водонагрівачі, що знаходиться на віддалі 60 м від РП.

Втрата напруги визначаємо з виразу [13]:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mi} \cdot r_i + Q_{Mi} \cdot x_i)}{U}, \quad (4.12)$$

де P_{Mi} та Q_{Mi} – відповідно, активна та реактивна потужності, що передаються по даній ділянці лінії;

n – кількість послідовних ділянок;

r_i та x_i – відповідно активний та реактивний опір даної ділянки лінії, що визначається через питомий опір кабелю і його довжиною;

U – напруга в центрі живлення.

Спад напруги в кабельній лінії живлення водонагрівачів складає:

$$\Delta U = \frac{(P_{mp} \cdot r + Q_{mp} \cdot x)}{U} = \frac{(24,1 \cdot 0,175 + 0,75 \cdot 0,051)}{0,4} = 10,6 \text{ В}, \text{ отже:}$$

$$\Delta U = 10,6 < \Delta U_{\text{доп}} = 19 \text{ В}.$$

4.5 Розрахунок та вибір захисного обладнання

Апаратура захисту призначена для включення, відключення і перемикання електричних ланцюгів і електроприймачів, регулювання

параметрів електродвигунів, регулювання параметрів силових, освітлювальних, нагрівальних та інших електроустановок [16].

Захисні апарати призначені для відключення електричних ланцюгів при виникненні в них ненормальних режимів (коротке замикання, перевантаження, різкі зниження напруги та інші).

Апарати керування і захисту вибирають по ряду параметрів [17], основні з яких – номінальний струм і напруга, за кліматичним виконанням, за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища.

Від правильного вибору пускового та захисного обладнання залежить надійність роботи та збереження обладнання в цілому, численні якісні та економічні показники виробничого процесу, електробезпека людей і тварин.

Всі електроустановки повинні бути захищені від струмів короткого замикання, електричні двигуни вимагають також захисту від перевантаження, довільного спрацьовування, роботи при зниженій напрузі і від неповноцінних режимів роботи. Апарати захисту повинні практично миттєво відключати струми короткого замикання і не спрацьовувати при зниженому струмі нормальної тривалості [17].

Найбільшою мірою цим умовам задовольняють автоматичні вимикачі з комбінованими розчеплювачами, які мають тепловий захист від перевантаження та електромагнітний розчеплювач для відключення струмів короткого замикання. У деякі типів автоматів можуть бути вбудовані розчеплювачі мінімальної напруги, що відключають автомат при зниженні напруги в мережі. Переваги автоматичних вимикачів (багаторазовість дії, повнофазність відключення, швидкодія) зумовили їх широке застосування в електроустановках різних призначень [17].

Автоматичні вимикачі вибираємо за такими умовами [17]:

1. За типом, ступенем захисту, кліматичним виконанням, категорією розміщення.
2. За номінальною напругою:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.с.}, \quad (4.13)$$

де $U_{н.а.}$ – номінальна напруга автомата, B ; $U_{н.с}$ – номінальна напруга мережі живлення, B .

3. За струмом автомата:

$$I_{н.а.} \geq I_{роз}, \quad (4.14)$$

де $I_{н.а.}$ – номінальний струм автомата, A .

$I_{роз}$ – розрахунковий струм електроустановки, A .

Розрахунковий струм електроустановки визначаємо за формулою:

$$I_{роз} = \frac{K_з \cdot P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n}, \quad (4.15)$$

де $K_з$ – коефіцієнт завантаження;

P_n – номінальна потужність двигуна, $кВт$;

U_n – номінальна напруга мережі живлення, B ;

$\cos\varphi_n$ – коефіцієнт потужності;

η_n – номінальний ККД установки.

4. За номінальним струмом теплового розчеплювача.

5. За струмом відсічки електромагнітного розчеплювача [17]:

$$I_{н.в} \geq I_{розр.в}, \quad (4.16)$$

де $I_{н.в}$ – номінальний струм відсічки електромагнітного розчеплювача, A ;

$I_{розр.в}$ – розрахунковий струм відсічення електромагнітного розчеплювача, A .

Номінальний струм відсічки електромагнітного розчеплювача знаходимо за формулою:

$$I_{н.в} = K_{кр} \cdot I_{нр}, \quad (4.17)$$

де $K_{кр}$ – номінальне значення кратності відсічення;

$I_{нр}$ – номінальний струм розчеплювача, A .

Для мереж, що живлять електронагрівальні установки, номінальні струми теплових розчеплювачів вибираємо за розрахунковим струмом мережі з урахуванням коефіцієнта запасу, що рівний 1,1 ... 1,2.

В даний час використовуються найбільш досконалі пускачі серії ПМЛ з I_n від 10 до 200 А.

Магнітні пускачі вибираємо за наступними умовами [17]:

1. За ступенем захисту, кліматичному виконанню та категорією розміщення.

2. За номінальною напругою магнітного пускача:

$$U_{n.n} \geq U_m, \quad (4.18)$$

де $U_{n.n}$ – номінальна напруга магнітного пускача, В;

U_m – напруга мережі, В.

3. За номінальним струмом магнітного пускача:

$$I_{n.n} \geq I_{роз}, \quad (4.19)$$

де $I_{n.n}$ – розрахунковий струм електродвигуна, А.

4. За номінальним струмом теплового реле:

$$I_{n.т.р} \geq I_{роз}, \quad (4.20)$$

5. За номінальним струмом неспрацьовування теплового реле:

$$I_{n.n.тр} \geq I_{н.дв}, \quad (4.21)$$

де $I_{н.дв}$ – номінальний струм двигуна, що захищається, А, з наступним регулюванням на номінальний струм двигуна.

Як приклад розглянемо вибір автоматичного вимикача і магнітного пускача для електродвигуна гноетранспортера ТСН-160 з нахиленим конвеєром типу 4А80В4СУ1, з технічною характеристикою:

$$P_n = 1,5 \text{ кВт}, \eta_n = 77\%, \cos \varphi_n = 0,78, U_n = 380 \text{ В}, K_g = 5.$$

Визначаємо розрахунковий струм електродвигуна за (3.15):

$$I_{роз} = \frac{1,5 \cdot 10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,77 \cdot 0,78} = 3,8 \text{ А}.$$

1. Вибір магнітного пускача.

Вибираємо магнітний пускач марки *ПМЛ–113004 Н* на номінальний струм магнітного пускача $10A$, нереверсивними без теплового реле з виконанням за ступенем захисту *IP 54* с кнопками "Пуск" і "Стоп" в допоміжній лінії, в приміщенні зі штучним мікрокліматом, при нечастих включеннях.

2. Вибір автоматичного вимикача.

Визначаємо розрахунковий струм відсічки електромагнітного розчеплювача за формулою (3.17):

$$I_{н.в} = 1,8 \cdot 5 \cdot 3,8 = 34,2 \text{ A}.$$

Визначаємо номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{нр} = 1,25 \cdot 3,8 = 4,75 \text{ A}.$$

Приймаємо номінальний струм розчеплювача $I_{нр} = 5 \text{ A}$.

Стандартний струм відсічки електромагнітного розчеплювача становить:

$$I_{роз..р} = 12 \cdot 5 = 60 \text{ A}.$$

Так як виконується умова $I_{роз..р} \geq I_{нр}$, то автомат з $I_{нр} = 5 \text{ A}$ підходить.

Вибираємо автоматичний вимикач з комбінованим розчеплювачем *AE–2016* з $I_n = 10 \text{ A}$ та $I_{нр} = 5 \text{ A}$ без вільних допоміжних контактів, без додаткових розчеплювачів з регульованим номінальним струмом теплового розчеплювача без температурної компенсації для тваринницьких приміщень – *AE–2016–10НУЗ*.

Вибір апаратів запуску та захисту для інших двигунів проводиться аналогічно і результати за їх вибором наведені в таблиці 4.4.

Шафи керування та освітлювальні щитки вибираються за напругою, умовами навколишнього середовища, способу встановлення та приєднання проводів. Зведені дані розрахунку пуско-регулювального та захисного комутаційного обладнання представлено в таблиці 4.4.

4.6 Розрахунок струмів короткого замикання в установках напругою до 1000 В

Для зниження втрат, які обумовлені виходом з ладу електрообладнання при протіканні струму короткого замикання, а також для швидкого нормального режиму роботи системи електропостачання необхідно визначити струми короткого замикання та проводити вибір електрообладнання, захисну апаратуру та засоби обмеження струмів короткого замикання [17].

В нашому випадку методика розрахунку струмів короткого замикання полягає в тому, що при напрузі до 1 кВ навіть невеликий опір чинить істотний вплив на струм короткого замикання. Тому, в розрахунках будемо враховувати всі опори коротко замкнутого кола, які індуктивні так і активні. Крім того, враховуються активні опори всіх перехідних контактів [17].

Розрахунок струмів короткого замикання в низьковольтній мережі будемо проводити в іменованих одиницях.

Розрахункова схема з параметрами її елементів необхідних для визначення струмів короткого замикання приведено на рис. 4.2.

Для розрахунку беремо дані шин і автоматичних вимикачів [13].

Панелі типу ПСН комплектуються алюмінієвими однополосними шинами прямокутного перерізу розміром 80×10 мм, $r_0 = 0,044$ мОм/м; $x_0 = 0,102$ мОм/м.

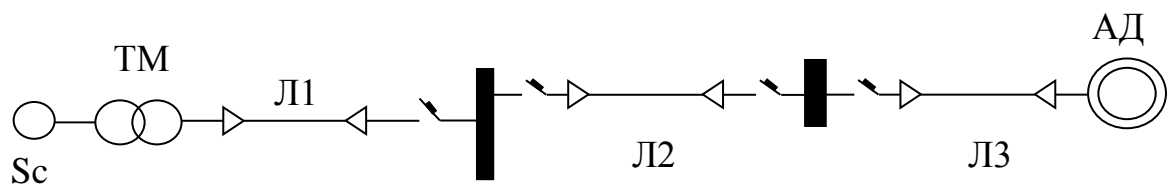


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема для визначення низьковольтних струмів короткого замикання.

На вході в РП – 0,4 кВ встановлено автоматичний вимикач типу АВМ – 20 з параметрами:

$$I_{max} = 250 \text{ A}, I_{ном.РЧ} = 280 \text{ A}, r_A = 0,14 \text{ мОм}; x_A = 0,08 \text{ мОм}.$$

Для живлення РП – 0,4 кВ встановлено автоматичний вимикач типу АВМ – 4 з параметрами:

$$I_{max} = 224,4 \text{ A}, I_{ном.РЧ} = 250 \text{ A}, r_A = 0,65 \text{ мОм}; x_A = 0,17 \text{ мОм}.$$

В якості групового щита РП вибираємо розподільний пункт, що комплектується вимикачем типу А31, серії ПР – 933. На вході встановлено при максимальному струмові: $I_{max} = 224,2 \text{ A}$ автомат-вимикач типу А3140, з параметрами: $I_{ном.РЧ} = 250 \text{ A}, r_A = 0,65 \text{ мОм}; x_A = 0,17 \text{ мОм}.$

Для живлення двигуна приводу подрібнювача зеленої маси встановлено вимикач типу АЕ – 2046 – 10НЦ3 з такими параметрами:

$$I_{ном.РЧ} = 291 \text{ A}, r_A = 7 \text{ мОм}; x_A = 4,5 \text{ мОм}.$$

В опори вимикачів включені опори струмових котушок розчеплювачів і перехідні опори контактів. Дані опорів вибираємо з таблиці [13].

Складаємо та розраховуємо параметри схеми заміщення:

$$r_{л1} = r_{ол1} \cdot l_{л1} = 0,042 \cdot 0,02 = 0,84 \text{ мОм};$$

$$x_{л1} = x_{ол1} \cdot l_{л1} = 0,0149 \cdot 0,02 = 0,298 \text{ мОм};$$

$$r_{и1} = r_{и1} \cdot l_{и1} = 0,044 \cdot 4 = 0,176 \text{ мОм};$$

$$x_{и1} = x_{и1} \cdot l_{и1} = 0,102 \cdot 4 = 0,408 \text{ мОм};$$

$$r_{л2} = r_{ол2} \cdot l_{л2} = 0,206 \cdot 0,085 = 17,51 \text{ мОм};$$

$$x_{л2} = x_{ол2} \cdot l_{л2} = 0,0596 \cdot 0,085 = 5,066 \text{ мОм};$$

$$r_{л3} = r_{ол3} \cdot l_{л3} = 5,17 \cdot 0,03 = 15,51 \text{ мОм};$$

$$x_{л3} = x_{ол3} \cdot l_{л3} = 0,09 \cdot 0,03 = 2,7 \text{ мОм}.$$

В схему вводимо додатковий опір перехідних контактів, для розподільних щитків будемо враховуватися опором $r_{дод1} = 15 \text{ мОм}$, а для РП і на затискачах апаратів $r_{дод2} = 20 \text{ мОм}$. Струм в точці К4 від асинхронного двигуна враховувати не будемо, так як значення струмів визначаємо для вибору захисту (рис. 4.3).

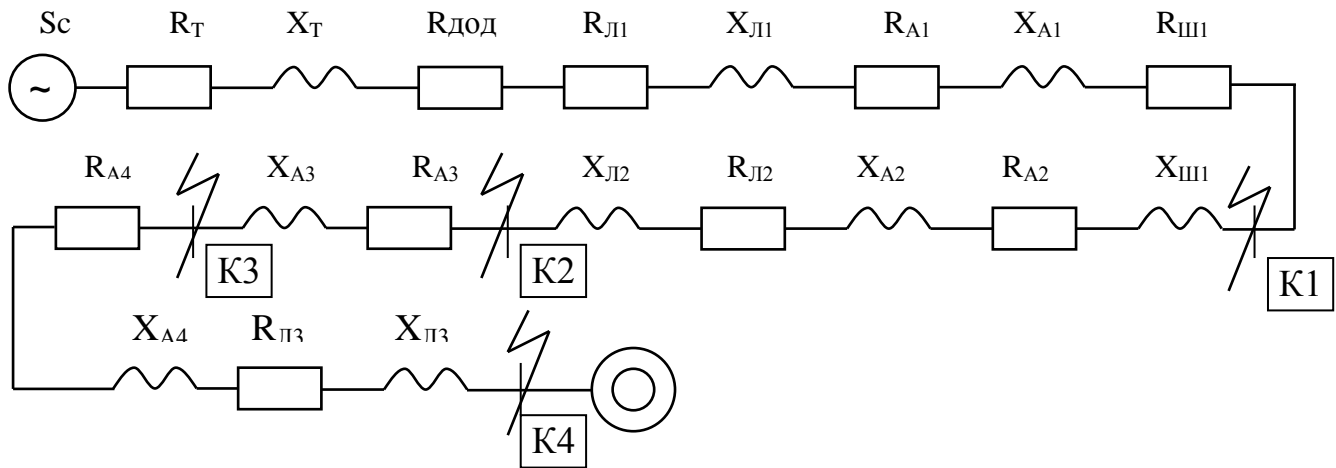


Рисунок 4.3 – Схема заміщення низьковольтного короткого замикання.

Розраховуємо струм короткого замикання для точки К1, згідно виразу [13]:

$$I_K = \frac{U_C}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}} \cdot 10^3, \quad (4.22)$$

де R_Σ – сумарний активний опір до точки короткого замикання;

X_Σ – сумарний реактивний опір до точки короткого замикання;

U_C – середня номінальна напруга ступені, де розглядається коротке замикання.

Визначаємо ударний струм за формулою [13]:

$$i_v = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot K_v, \quad (4.23)$$

де K_v – ударний коефіцієнт, який визначається в залежності від відношення реактивного та активного опорів для установок напругою до 1 кВ.

Попередньо визначаємо та розраховуємо значення опорів до точки К1:

$$R_{\Sigma K1} = r_T + r_{\text{дод}} + r_{J1} + r_{A1} + r_{Ш} = 3,1 + 15 + 0,84 + 0,14 + 0,176 = 19,256 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K1} = x_T + x_{J1} + x_{A1} + x_{Ш} = 13,6 + 0,298 + 0,08 + 0,408 = 14,386 \text{ мОм};$$

$$I_K = \frac{U_C}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\Sigma K1})^2 + (X_{\Sigma K1})^2}} \cdot 10^3 = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{19,256^2 + 14,386^2}} \cdot 10^3 = 9,61 \text{ кА};$$

$$\frac{X_{\Sigma K1}}{R_{\Sigma K1}} = \frac{14,386}{19,256} = 0,75; \text{ тоді } K_v = 1,04;$$

$$i_v = \sqrt{2} \cdot 9,61 \cdot 1,04 = 14,134 \text{ кА}.$$

Дані розрахунку для інших точок проводимо аналогічно, а результати розрахунку зводимо в таблицю 4.8

Таблиця 4.8 – Результати розрахунку струмів короткого замикання напругою до 1000 В

Точка к.з.	$R_{\Sigma},$ мОм	$X_{\Sigma},$ мОм	$R_{\text{доп}},$ мОм	X_{Σ}, R_{Σ}	K_y	$I_K, \text{кА}$	$i_v, \text{кА}$
К1	19.256	14.386	15	0.75	1.04	9.61	14.134
К2	42.416	19.622	20	0.46	1	4.94	7
К3	43.066	19.792	20	0.46	1	4.87	6.89
К4	210.166	26.992	25	0.13	1	1.09	1.54

4.7 Розрахунок пристроїв заземлення та захисту

Оскільки у тваринницькому відділенні відносна вологість перевищує 75% при присутності силової та освітлювальної кабельних ліній, то, згідно ПУЕ – приміщення відноситься до групи приміщення з підвищеною небезпекою [17].

Щоб зменшити небезпеку ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції, приймають ряд технологічних способів забезпечення безпеки, серед яких найбільш респектабельним є захисне заземлення.

Опір одного електрода у вигляді круглого стержня, заглибленого вертикально врівень із землею, визначаємо за формулою [17]:

$$R_e = (0366 \cdot \rho \cdot P_z / l_e) - \lg(4 \cdot l_e / d_e), \quad (4.24)$$

де $\rho \cdot P_z$ – розрахунковий питомий опір ґрунту;

l_e та d_e – відповідно, довжина та діаметр електрода, відповідно;

$$\rho \cdot P_z = K_c \cdot \rho, \quad (4.25)$$

де K_c – коефіцієнт середовища ($K_c = 1,8$); $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

$$R_e = (0366 \cdot 180 / 4,5) - \lg(4,45 / 0,02) = 43,25 \text{ Ом}.$$

Визначаємо еквівалентний опір заземлюючих пристроїв:

$$R_{ez} = R_e / n \cdot \eta_e, \quad (4.26)$$

де η_e – коефіцієнт використання вертикальних стрижнів в заземлювача, $\eta_e = 0,82$;

$$R_{ez} = 43,25 / 10 = 0,82 \cdot 5,27 \text{ Ом}.$$

Опір заземлення горизонтальній смуги довжиною l_n та шириною d покладеної на ребро на глибині t від поверхні землі, визначаємо за формулою:

$$R_n = (0366 \cdot \rho \cdot P_{el} / l_n) - \lg(2 \cdot l_n / d \cdot t), \quad (4.27)$$

де $\rho \cdot P_{el}$ – розрахунковий питомий опір для горизонтальних елементів;

$$R_n = (0366 \cdot 183 / 135) - \lg(2 \cdot 135 / 0,6 \cdot 0,04) = 2,96 \text{ Ом}.$$

$$R_z = R_n / \eta_e, \quad (4.28)$$

де η_e – визначається з [17];

$$R_z = 2,96 / 0,79 = 3,74 \text{ Ом}.$$

Визначаємо загальний опір штучного заземлювача за формулою [17]:

$$R_z \cdot R_e / (R_z + R_e) = 3,74 \cdot 5,27 / (3,74 + 5,27) = 2,19 \text{ Ом}.$$

Згідно ПУЕ опір заземлювача повинне не перевищувати 4 Ом. Отриманий результат задовольняє умову.

Захист від перенапруги.

Блискавкозахист від прямих ударів блискавок і комплекти захисних пристроїв, які призначені для забезпечення збереження будівель і споруд від можливих вибухів, загорянь і руйнувань, що виникли при впливі блискавки, а також, для забезпечення безпеки тварин. Фермерські господарства вимагають захист третьої категорії [16].

При виконанні блискавкозахисту громовідводи слід розташовувати на відстані не менше 4,5 м від стіни ферми, а заземлювачі на відстані не менше 5,5 м.

Стумові відведення з'єднуємо з заземлюючим пристроєм, що не знаходиться під напругою.

Розміри будівлі тваринницького відділення 66×9 м.

Позначаємо висоту даху h_{x_1} , а висоту стіни h_{x_2} , тоді:

$$h_{x_1} = 2,7 + 2,3 = 5,0 \text{ м}; \quad h_{x_2} = 2,7 \text{ м}.$$

Розрахуємо найменшу можливу висоту блискавковідводу за формулою:

$$h_{min} = 0,89 \cdot h_{x_1} + 0,124 \cdot L; \quad (4.29)$$

$$h_{min} = 0,89 \cdot 5,0 + 0,124 \cdot 36 = 8,9 \text{ м}.$$

$$\text{Тоді: } R_g = 21(1 - 2,7 / 0,78) = 13,7 \text{ м}.$$

4.8 Висновки до четвертого розділу

Проведені розрахунки електричних навантажень та вибір захисного обладнання.

На основі нормативних значень освітленості приміщень тваринницького комплексу проведено світлотехнічний розрахунок точковим методом і визначено необхідної кількості та потужності джерел світла.

Проведені розрахунки електричних навантажень системи електропостачання комплексним методом та на основі аналізу максимальних денних й вечірніх навантажень здійснено вибір розподільного пункту й обґрунтовано електропостачання від мережі 0,4 кВ.

На основі проведених розрахунків струмів короткого замикання, здійснено вибір захисного обладнання для зниження втрат, які обумовлені виходом з ладу електрообладнання.

Проведений розрахунок пристроїв заземлення та захисту та обмеження перенапруг в системі електропостачання тваринницького відділення.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Аналіз систем автоматизованих станцій управління водопостачання фермерських господарств

Як показав аналіз джерел [1-3], одним із основних методів зниження втрат електричної енергії є встановлення автоматизованих ліній в технологічних процесах фермерських господарств. Основний напрямок оптимізації енергопостачання фермерських господарств – механізація та автоматизація водопостачання тваринницьких відділень.

Продуктивність праці з водопостачання при автоматизації зростає в 20 разів, суттєво знижуються експлуатаційні витрати.

Для водопостачання тваринницьких відділень, підйому та розподілу води застосовують водяні насосні установки, які через водопровідні мережі з'єднані зі станціями управління [18]. Найбільш поширені в використанні відцентрові та осьові насоси. Їх виконують у моноблоці з електродвигунами та занурюють у воду в трубчасті колодязі діаметром (глибинні насоси) 100 ... 250 мм або розташовують на поверхні землі (артезіанські насоси) [18].

Основною особливістю водопостачання на фермерських господарствах для автоматизації процесів є режими роботи насосного обладнання.

При рівномірному режимі автоматизація водопостачання є неефективна. Як показує практика, такий режим використовується не часто, із-за особливостей технологічних процесів, хоча, отримується максимальне значення ККД насосного відділення.

Використання повторно-короткочасного режиму передбачає велике число включень насосного обладнання та вимагає суттєвого запасу води в резервуарах на протязі доби й чіткого графіку споживання для зниження втрат електричної енергії [18].

В системах водопостачання фермерських господарств виходячи із технологічного процесу використовується нерівномірний режим без

використання напірного бака. Вказаний режим вимагає великих втрат електричної енергії, але є ефективною при малій нерівномірності водопостачання (коефіцієнт нерівномірності 2 ... 3) та використанні частотного електроприводу [18].

На практиці майже у 90 % випадків використовують баштові насосні установки з витратою води до 30 м/год. При зростанні витрати до 65 м/год використовуються двоагрегатні насосні станції з водонапірним котлом. При подальшому зростанні витрати води бажано використовувати з позиції економії енергетичних ресурсів – насосні установки з безпосередньою подачею води в розподільну мережу.

Як показав аналіз [2, 18], в більшості випадках на фермерських господарствах використовують автоматизовані установки з зануреними електродвигунами та баштовими напірними агрегатами. Такі системи дозволяють проводити регулювання як в ручному, так і в автоматичному режимі при продуктивності 0,63 ... 1000 м/год та необхідному діапазоні напору води 12... 680 м [18].

Також використовуються пристрої для автоматичного та дистанційного управління зануреними електричними двигунами потужністю від 1 до 65 кВт на основі насосних та дренажних станцій. У пристрої передбачений захист електродвигуна від перевантажень, коротких замикань і сухого ходу (для двигунів потужністю 4,5 кВт та вище) [18].

5.2 Розрахунок та вибір насоса водопостачання

Визначаємо добове споживання води за формулою [18]:

$$Q_{доб} = q_1 \cdot N_1 + q_2 \cdot N_2 + \dots + q_n \cdot N_n, \quad (5.1)$$

де q_1, q_2, \dots, q_n – добова норма витрати води окремими видами споживачів, м/добу;

N_1, N_2, \dots, N_n – число споживачів відповідного виду.

Використовуючи табличні дані [18] визначаємо добову норму витрати води для напування тварин на відгодівлі з врахуванням водоспоживання гаража за формулою [18]:

$$Q_{доб} = 15 \cdot 300 + 100 \cdot 10^3 \cdot 1 = 104500 \text{ л / добу}.$$

Розраховуємо максимальну годинну витрату води [18]:

$$Q_{max.год} = \frac{K_{доб} \cdot K_{год} \cdot Q_{доб}}{24 \cdot \eta \cdot 10^3}, \quad (5.2)$$

де $K_{доб}$ – коефіцієнт добової нерівномірності витрати води;

$K_{год}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності витрати води ($K_{год} = 2,5$ для ферм з системою автоматичного напування);

η – ККД насосної установки, що враховує втрату води від насоса до споживача. Звідси:

$$Q_{max.год} = \frac{2,5 \cdot 1,3 \cdot 14500}{24 \cdot 0,8 \cdot 10^3} = 17,6 \text{ м / год}.$$

Визначаємо витрату води за секунду за формулою:

$$Q_c = \frac{Q_{max.год}}{3600 + Q_n}, \quad (5.3)$$

де Q_n – додаткова протипожежна витрата ($Q_n = (2,5 \dots 10) \cdot 10^{-3} \text{ м / с}$ [18]).

$$\text{Звідси: } Q_c = \frac{17,6}{3600 + 5 \cdot 10^{-3}} = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ м / с}.$$

Визначаємо розрахунковий напір за формулою:

$$H_p = H_z + H_{тр} + H_c, \quad (5.4)$$

де H_z – геодезичний напір висоти підйому води від нижнього до верхнього рівня, м;

$H_{тр}$ – втрати напору у стягуючому та напірному трубопроводах, м;

H_c – вільний напір, м;

Геодезичний напір необхідно визначити за формулою:

$$H_z = H_{св} - H_{в.с} + H_в, \quad (5.5)$$

де $H_{св}$ – глибина свердловини, м;

$H_{e.c}$ – висота водяного стовпа в свердловині, м ;

H_e – висота вежі, м .

Звідси: $H_z = 60 - 10 + 18 = 68$ м .

Визначаємо втрати напору за довжиною трубопроводу:

$$H_{mp} = \frac{g}{2 \cdot g (\alpha \cdot L / d + \Sigma\beta)} , \quad (5.6)$$

де g – швидкість руху води, м / с ;

g – прискорення вільного падіння, м / с ;

α – коефіцієнт опору, що залежить від швидкості руху води та матеріалу труб (для труб з чавуну $\alpha = 0,02$);

L – довжина трубопроводу, м ;

d – діаметр трубопроводу, м ;

$\Sigma\beta$ – сумарні втрати напору в місцевих опорах (приймаємо за таблицями [18]).

Вільний напір при одноповерхової забудови, у водорозбірних колонок, при виході води з трубопроводів: $H_e = 10$ м .

Визначаємо необхідну швидкість руху води забезпечуючи оптимальний режим:

$$g = \frac{1,27 \cdot Q_c}{d_m^2} = \frac{1,27 \cdot 9,9 \cdot 10^{-3}}{0,06^2} = 3,4 \text{ м / с .}$$

Визначаємо довжину трубопроводу: $L = H_{ce} - H_{e.c} = 60 - 10 = 50$ м .

Звідси: $H_z = 3,4 / 2 \cdot 9,81 (0,02 \cdot 50 / 0,06 + 18,6) = 6,1$ м .

$H_p = 68 + 6,1 + 10 = 84,1$ м .

За максимальною годинною витратою води і за повним розрахунковим тиском вибираємо за насос з дотриманням умов [18]:

$$Q_{виб} \geq Q_{max.zod}, \quad H_{виб} \geq H_p .$$

Вибираємо занурюваний електронасос типу *ЕЦВ 8–16–25* .

Подаємо технічну характеристику насоса:

Подача, $m^3 / год$	21
Напір, m	100
Частота обертання, $хв.^{-1}$	2850

Визначаємо необхідну потужність насоса:

$$P_n = \frac{K_z \cdot Q_{max.год} \cdot H_p \cdot \nu}{3600 \cdot \eta_n \cdot \eta_n \cdot 10^3}, \quad (5.7)$$

де K_z – коефіцієнт запасу, $K_z = 1,1 \dots 1,3$;

ν – питома вага води, H / m ;

η_n – ККД передачі (для прямої передачі $\eta_n = 1$);

η_n – ККД насоса (для відцентрових насосів $\eta_n = 0,4 \dots 0,8$);

$$\text{Звідси: } P_n = \frac{1,3 \cdot 17,6 \cdot 84,1 \cdot 1000 \cdot 9,81}{3600 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 10} = 8,7 \text{ кВт}.$$

За каталогом вибираємо відповідний двигун з дотриманням умови:

$$P_{дв} \geq P_n.$$

За каталогом приймаємо занурюваний електродвигун ПЕДВ 11 – 140.

Подаємо технічну характеристику двигуна:

Потужність, $кВт$	11
Частота обертання, $хв.^{-1}$	2850
ККД, %	83
Номинальний струм, A	25
Напруга живлення, B	380 / 220

Приймаємо автоматизований комплекс типу приймаємо комплексний пристрій типу ЯНН 5111 для управління та захисту двигуна насоса від коротких замикань, перевантажень і сухого ходу двигуна.

Механічна характеристика машин являє собою залежність між моментом опору і кутовою швидкістю, тобто:

$$M = f(\omega). \quad (5.8)$$

В нашому випадку механічну характеристика можна описати рівнянням [18]:

$$M_e = M_{mp} + (M_{он} - M_{mp}) \cdot (\omega / \omega_{ном})^x, \quad (5.9)$$

де M_{mp} – момент запуску механізму, $H \cdot m$; орієнтовно приймаємо $M_{mp} = 0,1M_{сн}$;

$M_{он}$ – момент опору при номінальній умовній швидкості, $H \cdot m$;

x – показник (для вентилятора $x = 2$);

$$M_{он} = P_m / \omega_{ном}, \quad (5.10)$$

де P_m – необхідна потужність двигуна насоса, Bm ;

$\omega_{ном}$ – номінальна кутова швидкість обертання двигуна, $рад / с$:

$$\omega_{ном} = (3,14 \cdot n_n) / 30, \quad (5.11)$$

де n_n – номінальна частота обертання двигуна, $хв.^{-1}$. Звідси:

$$\omega_{ном} = (3,14 \cdot 2850) / 30 = 298,3 \text{ рад} / с;$$

$$M_{он} = 11000 / 298,3 = 36,9 \text{ H} \cdot m.$$

Визначаємо кутову швидкість валу електродвигуна за формулою [18]:

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s), \quad (5.12)$$

$$\text{де: } \omega_0 = (3,14 \cdot n_0) / 30 = (3,14 \cdot 3000) / 30 = 314 \text{ рад} / с.$$

Визначаємо критичну кутову швидкість з виразу:

$$\omega_{кр} = \omega_0 \cdot (1 - s_{кр}) \omega_{кр} = \omega_0 \cdot (1 - s_{кр}), \quad (5.13)$$

де $s_{кр}$ – критичне значення величини ковзання двигуна, що відповідає максимальному обертовому моменту:

$$s_{кр} = s_{ном} \cdot \frac{K_{кр} + \sqrt{K_{кр}^2 - 1 + 2 \cdot s_{ном} (K_{кр} - 1)}}{1 - 2 \cdot s_{ном} (K_{кр} - 1)}, \quad (5.14)$$

де $s_{ном}$ – номінальне значення величини ковзання двигуна, що відповідає номінальному моменту;

$K_{кр}$ – кратність максимального моменту ($K_{кр} = 2,2$).

Номінальне значення величини ковзання визначаємо за формулою:

$$s_{ном} = (n_0 - n_{ном}) / n_0. \quad (5.15)$$

Отримуємо: $s_{ном} = (3000 - 2850) / 3000 = 0,05$;

$$s_{кр} = 0,05 (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1 + 2 \cdot 0,5(2,2 - 1)}) / (1 - 2 \cdot 0,05 \cdot (2,2 - 1)) = 0,24.$$

Визначаємо номінальний обертовий момент:

$$M_n = P_n / \omega_n = 11 \cdot 10^3 / 298,3 = 36,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо критичний обертовий момент:

$$M_{кр} = M_n \cdot K_{кр} = 36,9 \cdot 2,2 = 81,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо пусковий момент двигуна за формулою:

$$M_з = M_{кр} \cdot K_з, \quad (5.16)$$

де $K_з$ – кратність пускового моменту ($K_з = 2$): $K_з = 36,9 \cdot 2 = 73,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Визначаємо обертовий момент двигуна за формулою [18]:

$$M_{ов} = \frac{[2 \cdot M_{max.кр} \cdot (1 + a \cdot s_{кр})]}{s_{ном} / s_{кр} + s_{кр} / (s_{ном} + 2 \cdot a \cdot s_{кр})}, \quad (5.17)$$

де $M_{max.кр}$ – максимальний критичний момент двигуна при номінальній напрузі, $\text{Н} \cdot \text{м}$; a – коефіцієнт ($a = 1$).

Розрахунок механічної характеристики двигуна проводимо за каталожними даними з урахуванням, що мінімальний момент при значенні величини ковзання 0,7 ... 0,8.

Для побудови механічної характеристики насоса використовуємо дані таблицю 5.1.

Таблиця 5.1–Розрахункові дані механічної характеристики насоса

s , в.о.	0	0,05	0,1	0,2	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
ω , рад/с	314	298,3	282,6	251,2	238,6	219,8	188,4	157	125,6	94,2	62,8	31,4	0
$M_{кр}$, Н·м	0	36,9	61,1	80,1	81,2	79,6	73,3	66,2	59,6	53,9	48,9	44,8	41,2

Визначаємо приведений момент інерції системи за формулою:

$$I_{np} = I_p + I_n I_{np} = I_p + I_n, \quad (5.18)$$

де I_p – момент інерції ротора двигуна, $кг \cdot м$ (за каталожними даними $I_p = 0,0033 кг \cdot м$ [18]);

I_n – момент інерції насоса, приведений до валу двигуна, $кг \cdot м$:

$$I_n = (m \cdot R) / 2, \quad (5.19)$$

де m – маса машини (для насоса $m = 0,1 \cdot m_k$, де m_k – каталожна маса, $m_k = 165 кг$); R – радіус робочого колеса, $м$ ($R = D / 2 = 0,125$;

$$m = 0,1 \cdot 165 = 16,5 кг;$$

$$I_n = (16,5 \cdot 0,125) / 2 = 0,13 кг \cdot м;$$

$$I_{np} = 0,0033 + 0,13 = 0,1333 кг \cdot м.$$

Час запуску двигуна насоса визначаємо графоаналітичним за механічною характеристикою двигуна й насоса. Використовуючи механічні характеристики двигуна $\omega = f(M_{\deltaв})$ та насоса $\omega = f(M_p)$.

Розраховуємо графік динамічного моменту [18]:

$$M_{дин} = M_{\deltaв} - M_{o.в} \quad M_{дин} = M_{\deltaв} - M_{o.в}, \quad (5.20)$$

де $M_{\deltaв}$ – обертовий момент двигуна, $Н \cdot м$; $M_{o.в}$

$M_{o.в}$ – момент опору вентилятора, $Н \cdot м$ Н.

Механічну характеристика двигуна будуємо за даними таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахункові дані механічної характеристики двигуна

$n,$ $хв^{-1}$	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	2000	2400	2600	2800	3000
$\omega,$ $рад / с$	21	42	63	84	105	126	147	168	210	252	273	294	315
$M_{o.в}$ $Н \cdot м$	3,85	4,35	5,17	6,32	7,8	9,62	11,75	14,22	20,15	27,39	31,51	35,95	40,72

Графік надлишкового моменту замінюємо ступінчастим з ділянками, на яких динамічний момент постійний і дорівнює середній величині $M_{дин}$.

Тривалість розгону електроприводу на кожній ділянці кутової швидкості (t_i, c) визначається за виразом:

$$t_i = \frac{I_{np} \cdot \Delta W_i}{M_{дин.i}}, \quad (5.21)$$

де ΔW_i – інтервал кутової швидкості на i -ій ділянці, $рад / c$;

$M_{дин.i}$ – динамічний момент на i -ій ділянці, $H \cdot м$;

I_{np} – приведений момент інерції системи, $кг \cdot м$;

Визначаємо інтервал кутової швидкості за виразом:

$$W_i = \Delta W_{i,кін} - \Delta W_{i,поч} \quad \Delta W_i = \Delta W_{i,кін} - \Delta W_{i,поч}, \quad (5.22)$$

де $\Delta W_{i,кін}$, $\Delta W_{i,поч}$ – кінцеве та початкове значення кутової швидкості на i -ій ділянці, відповідно, $рад / c$;

За графіками $M_p, M_{об}, M_{дин}$ знаходимо: $t_n = 6,5$ [18].

Відповідно, допустимий час запуску насоса обчислюємо в залежності від номінальної потужності двигуна насоса (P_n), за виразом [18]:

$$t_{zn} = 4 + 2\sqrt{P_n} = 4 + 2 \cdot \sqrt{11} = 10,5 c.$$

Слід зазначити, що графоаналітичний метод визначення часу запуску двигуна насоса, а саме метод площ є більш точним.

5.3 Розрахунок та вибір електроводонагрівачів

Для проведення технологічного процесу напування тварин у відділеннях фермерського господарства, воду необхідно підігрівати ($10 \dots 15^0C$).

Електроводонагрівач вибираємо за такою умовою [16]:

$$P_{ном\Sigma} \geq P_{роз}, \quad (5.23)$$

де $P_{ном\Sigma}, P_{роз}$ – сумарна встановлена та розрахункова потужності електроводонагрівачів, відповідно, $кВт$;

Розраховуємо потужність електроводонагрівача для циркуляційної системи автоматичного напоювання тварин за формулою:

$$P_{роз} = \frac{K_{\delta} \cdot K_2 \cdot q \cdot c \cdot n \cdot (\tau_2 - \tau_x)}{3,6 \cdot 24 \cdot \eta_6 \cdot \eta_{mm}}, \quad (5.24)$$

де K_{δ} – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання (1,2 ... 1,3);
 K_2 – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання, (1,6 ... 2);
 q – добова норма напування на одну голову, $дм^3 / гол$ (за таблицею [16]); n – число голів;
 τ_2, τ_x – температура гарячої та холодної води, відповідно $^{\circ}C$;
 η_6 – ККД водонагрівача;
 η_{mm} – ККД теплової мережі (для циркуляційної системи автоматичного напоювання $\eta_{mm} = 0,5 \dots 0,7$):

$$P_{роз} = \frac{1,25 \cdot 1,8 \cdot 6 \cdot 300 \cdot 4,19 \cdot (16 - 8)}{3600 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 0,7} = 2,49 \text{ кВт}.$$

Для напування тварин за таблицею [10] з урахуванням $P_{роз} = 2,49 \text{ кВт}$ вибираємо ємнісний бойлер типу УАП–200/0,9 з наступними технічними даними:

Потужність, <i>кВт</i>	6
Продуктивність, <i>л / год (вода)</i>	
<i>кг / год (пара)</i>	100

Розраховуємо потужність ємнісних водонагрівачів для технологічних потреб тваринницького відділення (нагрівання $40 \dots 65^{\circ}C$) за формулою:

$$P_{роз} = \frac{K_3 \cdot m \cdot c \cdot (\tau_2 - \tau_x)}{3600 \cdot T \cdot \eta_6 \cdot \eta_{mm}}, \quad (5.25)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу потужності (1,1 ... 1,2);
 m – маса води, що нагрівається, *кг*;
 T – число годин роботи електроводонагрівача. Звідси:

$$P_{роз} = \frac{1,15 \cdot 2700 \cdot 4,19 \cdot (90 - 8)}{3600 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 0,7} = 16,1 \text{ кВт}.$$

Вибираємо ємнісний бойлер типу *BET* – 800 з наступною технічною характеристикою:

Потужність, <i>кВт</i>	16,5
Продуктивність, <i>л / год (вода)</i>	
<i>кг / год (пара)</i>	120
Температура води або пари, $^{\circ}\text{C}$	85 ... 90

Для напування тварин з каталогу [18] приймаємо автонапувалку типу *ПСС* – 1, в кількості 10 автоматичних напоювачів.

5.4 Розробка структурної схеми автоматичного керування водопостачальною установкою

Для управління занурюваним насосом застосовуємо комплексний пристрій, який має відповідати необхідним вимогам [18], має велику надійність і терміном дії.

У пристрої необхідно передбачити захист електродвигуна від перевантажень, коротких замикань і сухого ходу.

Запропонований пристрій [18] може працювати в автоматичному режимі (на плакаті) за допомогою давачів нижнього та верхнього на рівнів води (*SL2*, *SL1*) або від давача тиску води (*BP*), в якості якого виступає електроконтактний манометр, який встановлюється на напірному трубопроводі.

Ланки керування та захисту від сухого ходу підключаються до блоку живлення *БЖ1*, а ланка захисту від перевантажень та коротких замикань – до блоку *БЖ2*.

Положення перемикача *SA1* встановлює роботу від давачів рівня або від давачів тиску (*положення 1*), або від реле телемеханічного включення та відключення (*положення 4*), або дистанційним керуванням, що відбувається переведенням перемикача *SA1* в *положення 3*, або відключення режиму – переведенням в *положення 2*.

При автоматичному управлінні за рівнем в блоці управління встановлено комірку керування рівнем управління (*KPP*). Перемикач *SA2* встановлюємо в положення *B* (піднімання води) або в положення *Д* (відкачування дренажних вод).

Розглянемо роботу схеми в режимі піднімання води. Якщо вода в баку знаходиться нижче давача нижнього рівня, то контакти *SL1* та *SL2* розімкнені, транзистор *VT8* закритий, а сигнал ввімкнення насоса з *R22* через діод *VD13* та *R6* подається на вентиль транзистора *VT3*, який відкривається з витримкою часу (від 2 до 30 с) та відкриває тріод *VT4*. В результаті спрацювання реле *KV* через пускач *KM* запускається двигун насоса *M*.

При замиканні контактів давача верхнього рівня *SL1*, сигнал закриває транзистори *VT6* та *VT7* і відкриває транзистори *VT11* і *VT12*. На колекторі транзистора *VT12* зростає негативний потенціал, який через діоди *VD14* і *VD8* закриває тріод *VT4*, що призводить до відключення реле *KV* і вимикає двигун насоса *M*, який відключений, поки вода у вежі не опуститься нижче контактів *SL2*.

При автоматичному керуванні за тиском задіяна комірка *KPP* з давачем тиску *BP*. При зниженні статичного напору води, контакти давача тиску *BP* замикаються та подають негативний потенціал живлення, який запускає генератор і лічильник імпульсів комірки *KPP*. При негативному числі імпульсів для встановлення затримки часу на включення двигуна насосу (не більше 15 хвилин), з виходу комірки *KPP* надходить сигнал, який через діод *VD8* відкриває тріод *VT4* та вмикає реле *KV*, пускач *KM* та двигун насоса електронасос *M*.

При роботі двигуна насоса тиск зростає і контакти датчика *BP* розмикаються, але негативний потенціал комірки *KPP* тепер подається через відкритий тріод *VT4* та діод *VD15*.

Задавальний пристрій в комірці *KPP* встановлює час затримки (до 30 хвилин) після закінчення якого, сигнал на виході зникає, тріод *VT4* закривається, і реле *KV* відмикає *KM* та двигун насоса *M*.

При дистанційному ввімкненні ключ *SA1* переводять у *положення 3*, а при телемеханічного – *положення 4*. Тоді, негативний потенціал подається безпосередньо або через контакти *KV2* на базу транзистора *VT3* і відкриває його з тріодом *VT4*.

При дистанційному відімкненні ключ *SA1* переводять у *положення 2*. Тоді, контактами *KV1* негативний потенціал подається на тріод *VT4* і закриває його, а реле *KV* і двигун насоса *M* відключається.

Захист електродвигуна від перевантаження, при аварійних режимах підвищує напругу на змінному резисторі *R*, яка, через ланку затримки за часом *R1–C1* надходить на базу транзистора *VT1* і відкриває його та тріод *VT2*. Через діоди *VD3* та *VD8* негативний сигнал закриває тріод *VT4* та відмикає двигун насоса. Одночасно, засвічується сигнальна лампа *HL1* "*Перевантаження*" та вмикається звуковий сигнал оповіщення про аварійний режим. Ланка зворотного зв'язку в складі резистора *R4* та діода *VD2* вимикає автоматичне повторне включення двигуна насоса.

Захист двигуна насоса від сухого ходу виконано за допомогою давача присутності води *SL3* в свердловині та перетворювача сигналу. При номінальній роботі насоса давач *SL3* у воді та його контакти замкнені. При відсутності води контакти *SL3* розмикаються, транзистор *VT3* закривається, а транзистори *VT9* та *VT10* відкриваються. Негативний потенціал через тріод *VT10*, діоди *VD4* та *VD8* закриває тріод *VT4* та відмикає двигун насоса *M*. Одночасно засвічується лампа *HL2* "*Сухий хід*" та спрацьовує звукова сигналізація. При появі води транзистор *VT5* відкривається, а транзистор *VT9* та *VT10* залишаються відкритими за рахунок зворотного зв'язку через діод *VD12*. Внаслідок цього повторно ввімкнути насос може тільки персонал після усунення причини його відключення.

5.5 Висновки до п'ятого розділу

На основі аналізу систем водопостачання фермерських господарств розроблена система автоматичного управління водопостачальної установки з урахуванням сумарного водоспоживання господарства.

Застосування даного типу станцій управління збільшує термін роботи насосного агрегату, надійність управління всієї системи та повної автоматизації всіх режимів роботи.

6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Зміна технологічного процесу в тваринницьких відділеннях фермерського господарства введенням в виробництво підготовки кормів та зміни системи електропостачання вимагає провести розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат. Введення в дію системи електропостачання тваринницького відділення фермерського господарства, забезпечуючи мінімальні технологічні втрати, вимагає визначення економічного ефекту від проведеної модернізації та розрахунок коефіцієнту ефективності капітальних вкладень разом із терміном окупності.

Величина витрат залежить від ступеня використання встановлених електроприймачів, їх надійності та витрат електроенергії, тобто від режиму роботи системи [3].

В нашому випадку капітальні витрати складають витрати на придбання устаткування підготовки кормів та системи водопостачання, електричного обладнання, засобів автоматики та комутаційного обладнання, кабельної продукції, транспортних витрат, витрат на монтаж. Підставою для складання кошторису є: специфікація на устаткування, прейскуранти цін, цінники на монтаж [19].

Експлуатаційні витрати розраховуємо за статтями собівартості, що змінюються, тобто: амортизаційні відрахування, витрати на утримання технічних лабораторій автоматизації, витрати на електроенергію, витрати на заробітну плату [19].

Методика оцінки економічної ефективності вимагає виконання наступного комплексу робіт [19]:

- вибір об'єкта для порівняння;
- вибір системи показників, які відображають особливості рішень, які аналізуються, і виявлення переваг рішення, яке пропонується порівняно з базовим;
- підготовка і збір вихідної інформації;

– розрахунок і аналіз показників економічної ефективності.

Система показників, необхідних для техніко-економічних розрахунків, виявляється в процесі встановлення переваг інженерних рішень, що розглядаються, порівняно з базовим варіантом. При цьому конкретно визначається, за рахунок чого може бути отриманий економічний ефект.

При визначенні річного економічного ефекту повинно бути забезпечене співвідношення порівнюваних варіантів нової і базової техніки по об'єму виготовленої з допомогою нової техніки продукції (роботи), якісних параметрах, фактору часу, соціальним факторам виробництва і використання продукції [19].

6.1 Розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат

Для введення в дію системи електропостачання тваринницького відділення, необхідно електротехнічне устаткування, кабельна продукція, захисні пристрої (автоматичні вимикача та запобіжники), розподільчі пристрої, світильники та лампи до них (дані по вартості на устаткування та капітальних витрат приведені в таблиці 6.1).

Таблиця 6.1 – Кошторис-специфікація на устаткування

Найменування устаткування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість, грн.	
			одиниці	всього
1	2	3	4	5
Технологічне обладнання				
Вентилятор Ц4-70 № 5	шт.	1	3000	3000
Електрокалорифера установка СФОА-25/0,5	шт.	1	8620	8620
Електрообігрів підлоги	секція	32	342	10944
Дробилка ДЗ-Ф-0,5	шт.	1	2180	2180
Корнерізка И7-КУМ	шт.	1	3500	3500
Роздавач корму МКО-Ф-1	шт.	1	271200	271200
Подрібнювач зеленої маси «Волгарь-5»	шт.	1	5000	5000
Водонагрівач (УАП-200.0,9; ВЕТ-800)	шт.	2	2475; 6748	9223
Опромінювальна установка (УФО) «Промінь»	шт.	1	15400	15400
Електричне устаткування				
Шафа ввідно-розподільча ВРП-1	шт.	1	3897	3897

– Продовження таблиці 6.1

Щит силовий ЩС-1 (RP-6)	шт.	1	1096	1096
Щит силовий ЩС-2 (RP-24)	шт.	1	1526	1526
Щит силовий ЩС-3 (RP-24)	шт.	1	1276	1276
Щит силовий ЩР-1	шт.	1	778	778
Щиток освітлювальний ЩО-1	шт.	1	445	445
Пускач електромагнітний	шт.	7	130,57	914
Світильник ППД-100	шт.	33	122,42	4040
Лампи розжарювання (Б220-100)	шт	33	4,23	140
Вимикач заглиблений для прихованої проводки	шт.	5	48	240
Перемикач заглиблений для прихованої проводки	шт.	7	53,10	372
Розетка не заглиблена для відкритої проводки	шт.	26	9,27	241
Проводи силові марки ПВЗ (6 мм ²)	1000м	0,456	3499	1596
Проводи силові марки ПВЗ (10 мм ²)	1000м	0,306	5472,2	1675
Проводи силові марки ПВЗ (16 мм ²)	1000м	0,46	7738,69	4020
Проводи силові марки ВВГп (2x1,5 мм ²)	1000м	0,2	2070,18	414
Проводи силові марки ВВГп (3x1,5 мм ²)	1000м	0,9	3152,97	2838
Проводи силові марки ВВГп (221,5 мм ²)	1000м	0,11	5315,14	585
Труби вініпластові (д. 20мм)	10м	2,5	29,38	73
Труби вініпластові (д. 25мм)	10м	4,5	36,77	165
Труби вініпластові (д. 32мм)	10м	1,5	53,8	80
Труби вініпластові (д. 40мм)	10м	6	75,79	455
Труби вініпластові (д. 50мм)	10м	0,6	117,19	70
Сталь штабова перфорована. 25x3	м	80	5,25	420
Конструкції для кріплення труб	шт.	19	2,38	45
Коробки перехідні 200x200	шт.	2	49,67	99
Шинна заготівка із алюмінієвої штаби	м	55	42,62	2344
Спуск заземлення із сталі Д=8 мм	м	6	16,3	98
РАЗОМ ВАРТІСТЬ УСТАТКУВАННЯ:				359009
Транспортні витрати, 7,5% від вартості устаткування			359009*7,5/100	26925,67
Будівельно-монтажні роботи (БМР), 10% від вартості устаткування			359009*10/100	35900
Накладні витрати (НВ), 21% від вартості устаткування			359009*21/100	75391,89
Планові накопичення, 8% від БМР і НВ			13503*8/100	8903,35
Вартість капітальних витрат на устаткування			26925,67+35900+75391,89+75391,89	147121
РАЗОМ ВАРТІСТЬ КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ:				506130

В процесі експлуатації обладнання піддається моральному і фізичному зносу. Для повної заміни після закінчення терміну обслуговування зношеного обладнання необхідно кошти. Для цього створюється амортизаційний фонд.

Визначаємо вартість амортизаційних відрахувань [19]:

$$A_{річні} = \frac{K \cdot H}{100\%} \text{ грн.}, \quad (6.1)$$

де K – капітальні витрати, *грн*; H – норма амортизаційних відрахувань ($H = 12\%$):

$$A_{річні} = \frac{506130 \cdot 12}{100} = 60735,6 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на експлуатацію та поточний ремонт [19]:

$$B_{пр} = \frac{K \cdot H_p}{100\%}, \text{ грн.}, \quad (6.2)$$

де H_p – норма відрахувань на експлуатацію і поточний ремонт (H_p складає 6% від вартості устаткування):

$$B_{пр} = \frac{506130 \cdot 6}{100} = 30367,8 \text{ грн.}$$

Заробітна плата персоналу для обслуговування устаткування.

Режим роботи персоналу – двозмінний. Складаємо штатний розклад по підприємству з розрахованим місячним окладом згідно тарифної ставки (робітник I розряду – 1921 грн.) та приймаємо:

Назва посади	Кількість, <i>чол.</i>	Розряд	Місячний оклад, <i>грн.</i>	Професійна майстерність, %	Доплата за нічний (вечірній) час, %	Доплата за святкові дні, %
Черговий електромеханік відділення	1	IV	4087,90	16,0	40,0	3,0
Електромеханік по ремонту та експлуатації	1	IV	4303,00	16,0	40,0	3,0

Фонд заробітної плати складається з основної і додаткової.

Фонд основної заробітної платні складається з тарифного фонду, доплат за роботу в нічний час, святкові дні, надбавка за професійну майстерність.

Фонд додаткової заробітної плати складається з оплачування чергових відпусток робітників, а також на оплату часу на використання державних та суспільних обов'язків. Величину цих доплат можна прийняти в розмірі 11 % до основної. Дані по розрахунку заробітної плати зводимо в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунок річного фонду заробітної платні

група	Кількість	Основна заробітна платня, грн./міс				Додаткова заробітна плата, грн.	Річний фонд зарплатні, грн	Нарахування на зарплату, грн
		Місячний оклад, грн.	Доплата					
			Нічний час	Святковий	Майстерність			
Черговий електромеханік відділення	1	4087,90	1635,16	122,64	654,06	449,67	77997,12	62397,70
Електромеханік по ремонту та експлуатації	1	4303,00	1721,20	129,10	688,48	473,33	87781,32	70225,06
Всього	2	8 390,9	3 356,36	251,74	1 342,54	923,00	165778,44	132922,76

Річні експлуатаційні витрати по експлуатації та обслуговуванню електричного обладнання тваринницького відділення включають в себе такі статті витрат: основна і додаткова заробітна плата; нарахування на заробітну плату; відрахування на амортизацію; затрати на розхідні матеріали; експлуатаційні затрати; інші витрати.

Стаття «експлуатаційні затрати» включає витрати по технічному обслуговуванню мереж і обладнання, що експлуатується господарством. Величину експлуатаційних затрат приймаємо в розмірі 15% основної і додаткової зарплати обслуговуючого персоналу відділення:

$$Z_{EKC} = 0,15 \cdot \Phi_{P14} = 0,15 \cdot 165778,44 = 24866,77 \text{ грн.}$$

Стаття втрат «інші витрати» розраховують 15% від основної зарплати.

$$Z_{IB} = 0,15 \cdot \Phi_{P14} = 0,15 \cdot 160098,48 = 24014,78 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку кошторису річних експлуатаційних витрат зводимо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Кошторис річних експлуатаційних витрат

№	Стаття витрат	Витрати, тис. грн	Відсотки до загального, %
1	Основна та допоміжна зарплата	165,778	21,4
2	Нарахування на заплату	132,922	17,2
3	Експлуатаційні матеріали	30,367	4,0
4	Амортизаційні відрахування	60,735	7,9
5	Матеріали, запасні частини	359,009	46,4
6	Інші витрати	24,014	3,1
7	Разом	772,825	100

6.2 Розрахунок економічної ефективності

Проведемо розрахунок економічної ефективності від реалізації програми [19]. Скористаємося отриманими даними кошторису на устаткування (табл. 6.1) та кошторисом експлуатаційних витрат (табл. 6.2) і введемо позначення:

Витрат на устаткування для впровадження системи електропостачання тваринницького відділення: $K_B = 359009$ грн.

Витрати на виконання будівельно-монтажних робіт: $K_M = 35900$ грн.

Річна заробітна плата персоналу, що бере участь в експлуатації:

$\Phi ОП_{\Sigma} = 165778,44$ грн.

Амортизаційні відрахування: $A_{річні} = 60735,6$ грн.

Витрати на експлуатацію та поточний ремонт: $B_{пр} = 30367,8$ грн.

Інші витрати: $З_{ів} = 24014,78$ грн.

Визначаємо щорічні витрати на експлуатацію системи електропостачання за формулою:

$$C = \Phi ОП_{\Sigma} + A_{річні} + B_{пр} + З_{ів} = 165778,44 + 60735,6 + 24014,78 = 250528,82 \text{ грн.}$$

Одноразові витрати на створення системи електропостачання:

$$K_D = K_B + K_M + K_{II} = 359009 + 35900 + 11300 = 406209 \text{ грн.},$$

де K_{II} – витрати з пов'язані з обстеженням, проектуванням, складанням технічного завдання та узгодженням; $K_{II} = 11300$ грн.

Визначаємо економію витрат від зниження технологічних втрат електроенергії завдяки оптимізації режиму роботи електромережі (електрична мережа, освітлення, устаткування) за формулою [19]:

$$E_{III} = W_{III} \cdot B_E \cdot C_E, \quad (6.3)$$

де W_{III} – плановані втрати в $\text{кВт} \cdot \text{год}$ ($W_{III} = 172810,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$);

B_E – коефіцієнт, що характеризує скорочення технічних втрат в електричних мережах за рахунок оптимізації режиму; $B_E = 0,05$ $B_e = 0,05$;

C_E – вартість $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електроенергії, $\text{грн/кВт} \cdot \text{год}$. Згідно даних Обленерго $C_E = 2,24 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год}$;

$$E_{III} = W_{III} \cdot B_E \cdot C_E = 172810,6 \cdot 0,05 \cdot 2,24 = 19354,78 \text{ грн}.$$

Визначаємо умовну економію трудовитрат персоналу завдяки автоматизації [19]:

$$E_{oc} = \Phi O П_{\Sigma} \cdot F, \quad (6.4)$$

де F – частка робочого часу персоналу, що витрачається на автоматизовані операції; приймаємо: $F = 0,2$;

$$F = 165778,44 \cdot 0,2 = 33155,7 \text{ грн}.$$

Визначаємо річну економію від впровадження системи електропостачання [19]:

$$E_p = E_{III} + E_{oc} = 19354,78 + 33155,7 = 52510,48 \text{ грн}.$$

Визначаємо річний економічний ефект [19]:

$$E = E_p - E_n \cdot K_d, \quad (6.5)$$

де E_n – єдиний нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,1$;

$$E = 52510,48 - 0,1 \cdot 406209 = 51074,34 \text{ грн}.$$

Визначаємо розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

$$K_{E\Phi} = \frac{E_p}{K_d} = \frac{52510,48}{406209} = 0,13.$$

Визначаємо термін окупності капітальних вкладень:

$$T_K = \frac{K_D}{E_p} = \frac{406209}{52510,48} = 7,7 \text{ років.}$$

В результаті проведення техніко-економічних розрахунків отримали, що розрахунковий термін окупності $T_K = 7,7 \text{ років.}$, що менше нормативного терміну окупності капіталовкладень.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Організація безпечної експлуатації електроустановок фермерського господарства

Діючими називають електроустановки, що знаходяться під напругою, або на яких напруги не має, але вона може бути подана шляхом включення вимикача, роз'єднувача, віддільника та іншої комутаційної апаратури. У діючих електроустановках здійснюються [20]:

– оперативне обслуговування, у тому числі:

а) періодичні огляди електроустаткування, збирання приміщень, дрібний ремонт у порядку поточної експлуатації й інших робіт, що не вимагають зняття напруги;

б) оперативні переключення в зв'язку зі зміною схеми режиму роботи електроустановки;

– ремонтні роботи, у тому числі:

а) періодичні ремонти і випробування електроустаткування, що вимагають зняття напруги з всієї електроустановки або з її частини;

б) аварійні ремонти;

в) монтаж або демонтаж електроустаткування.

Робота в електроустановках небезпечна внаслідок того, що людина може бути уражена електричним струмом. Основою безпечної роботи є [20]:

– висока технічна грамотність обслуговуючого персоналу, дисципліна і неухильне виконання ПТЕ і ПТБ.

За ступенем небезпеки і необхідних заходів захисту роботи в електроустановках напругою вище 1 000 В поділяють на наступні групи:

I група. Робота без зняття напруги, виконувана вдалі від струмоведучих частин.

Відключення устаткування не потрібно. Виключено випадкові наближення і дотик до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою, тобто імовірність ураження струмом.

II група. Робота без зняття напруги, виконувана поблизу і на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою. Перед роботою необхідно виконати технічні й організаційні міри захисту, що забезпечують безпеку працюючих. Робота на струмоведучих частинах виконується за допомогою ізолюючих засобів.

III. Робота з частковим зняттям напруги. Напруга знята тільки з того приєднання, на якому ведеться робота, або воно знято цілком з електроустановки, але відкритий доступ у сусіднє приміщення, де струмоведучі частини знаходяться під напругою.

IV. Робота з повним зняттям напруги. З всіх елементів електроустановки напруга вище 1000 В знята. Доступ у сусідні приміщення, де маються, що знаходяться під напругою вище 1000 В частини, закритий.

При провадженні робіт на електроустановках виконуються технічні й організаційні запобіжні заходи для того, щоб виключити випадкову подачу напруги до місця роботи і випадкове наближення або дотик до струмоведучих частин, що осталися під напругою [20].

Персонал, що обслуговує електроустановки фермерського господарства, називається електротехнічним. Оперативний (черговий) персонал здійснює оперативне обслуговування підстанції, виконує огляди й оперативні переключення електроустаткування, підготовку робочих місць для монтажних і ремонтних робіт і організує допуск до цих робіт [20].

Ремонтний і налагоджувальний персонал здійснює поточні, капітальні ремонти і налагодження устаткування. Деяким особам ремонтного і налагоджувального персоналу, що пройшли спеціальне навчання, стажування в змінах і перевірку знань оперативної роботи і схем, можуть бути привласнені права оперативного персоналу, про що робиться запис у посвідченні. У такому

випадку вони відносяться як до ремонтного або налагоджувального, так і до оперативного персоналу [20].

До роботи в електроустановках допускаються тільки ті особи, яким присвоєна відповідна кваліфікаційна група з техніки безпеки. Таких груп п'ять, п'ята група - найвища. Основні вимоги до осіб, що мають кваліфікаційну групу, полягають у наступному [20]:

V група. Необхідно знати схеми й устаткування своєї ділянки, ПТБ як у загальної, так і в спеціальної частинах. Ясно представляти, ніж викликані вимоги цих правил. Вміти організувати безпечне виконання роботи. Знати правила першої допомоги; уміти неї зробити. Уміти навчити персонал правилам техніки безпеки і першої допомоги.

До цієї групи відносяться майстри, техніки, інженери з закінченою фаховою освітою і стажем роботи в електроустановках не менше пів року, а також електрики і електрослюсарі з великим стажем і досвідом роботи в електроустановках.

VI група. Необхідно знати електротехнікові в обсязі технічного, усі розділи ПТБ, знати частину електроустановки, щоб вільно робити переключення, цілком становити небезпеку роботи в електроустановках; знати правила надання першої допомоги і вміти неї зробити; уміти вести нагляд за працюючими членами бригади, організувати безпечне проведення роботи.

Цю кваліфікаційну групу можуть мати працюючі інженери і техніки, що мають стаж роботи в III групі не менш двох місяців, а також оперативний і ремонтний персонал – електрики і електрослюсарі зі стажем роботи в електроустановках не менше 1 року.

III група. Вимоги до цієї групи ті ж, що і до IV, але достатні знання в електротехніці. Стаж роботи потрібно не менше 6 місяців.

II група. Необхідні знання електроустановки, представлення про небезпеки електричного струму. Необхідно знати основні запобіжні заходи і правила подачі першої допомоги. До цієї групи відносяться електрики зі стажем роботи в електроустановках 1 місяця, і практиканти інститутів,

технікумів, училищ, а також особи не електротехнічних спеціальностей, що працюють не менше 6 місяців.

I група. Особи, зв'язані з обслуговуванням електроустановок, але не мають електротехнічних знань, виразного представлення про небезпеки електричного струму і заходах безпеки при роботах в електроустановках. До цієї групи відноситься персонал, що не проходив перевірку знань ПТБ.

7.2 Перевірка опору петлі“ фаза – нуль “

На електроустановках напругою до 1000 В із заземленою нейтраллю для зменшення ризику отримання обслуговуючим персоналом електротравм виконуємо захисне занулення для всіх металевих неструмоведучих частин електрообладнання, які можуть потрапити під напругу в результаті пошкодження ізоляції. Крім того, захисне занулення передбачається для недопущення пошкодження електрообладнання в результаті виникнення однофазного короткого замикання на землю [21].

Аналіз статистичних даних показує, що найбільш ймовірним є однофазне коротке замикання на землю. Тому для надійності його відімкнення засобами релейного захисту при проектуванні мережі 0,38 кВ виконується перевірка петлі “ фаза – нуль “.

До засобів захисту, які повинні відмикати однофазні короткі замикання на землю ставлять наступні вимоги [21].

Струм короткого замикання повинен перевищувати струм вставки комутуючого пристрою в k разів [21]:

– для приміщення з нормальними умовами $k \geq 3$ при захисті запобіжниками та автоматичними вимикачами з тепловим захистом, $k \geq 1,4$ – для автоматичних вимикачів з електромагнітним розчеплювачем, $k \geq 1,25$ – для інших автоматів;

– для вибухонебезпечних приміщень $k \geq 4$ – при захисті запобіжниками;

$k \geq 6$ – при захисті автоматичними вимикачами з тепловими розчіплювачами;

$k \geq 1,4$ – для автоматів з електромагнітними розчеплювачами.

Занулення виконане нульовим проводом перерізом $2,5 \text{ мм}^2$. Розрахунок опору петлі “ фаза – нуль ” проводимо для найбільш віддаленого двигуна.

Розрахункова схема для перевірки опору петлі наведена на рис. 7.1.

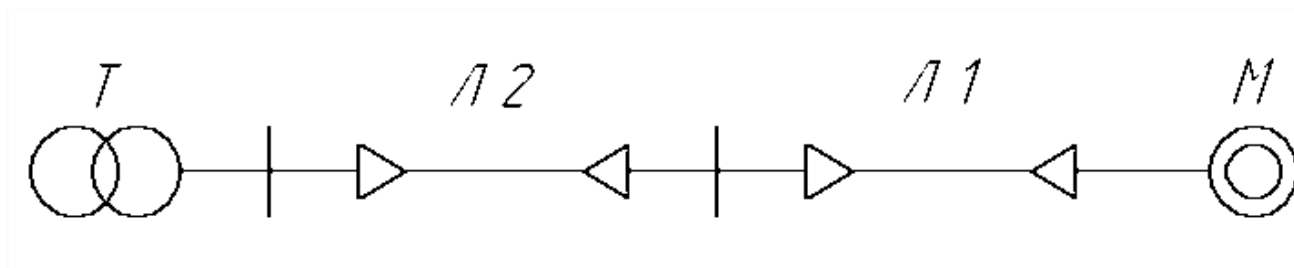


Рисунок 7.1 – Розрахункова схема.

Параметри елементів розрахункової схеми, які необхідні для розрахунку [21]:

$$U_{НОМ\%} = 5,5; \quad r_0 = 0,27 \text{ Ом}; \quad U_{НОМ} = 400 \text{ В};$$

$$S_{НОМ} = 400 \text{ кВА}; \quad x_0 = 0,08 \text{ Ом}.$$

Струм короткого замикання на землю:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\varphi}{\frac{Z_{ТР}}{3} + Z_{\varphi-o}}, \quad (7.1)$$

де U_φ – фазна напруга мережі, В;

$Z_{ТР}$ – опір трансформатора, Ом;

$Z_{\varphi-o}$ – опір петлі “ фаза – нуль, Ом.

Опір петлі “ фаза – нуль:

$$Z_{\varphi-o} = \sqrt{(r_\varphi + r_o)^2 + (x_\varphi + x_o)^2}, \quad (7.2)$$

де r_φ, x_φ – активний та індуктивний опори фазного проводу, Ом;

r_o, x_o – активний та індуктивний опори нульового проводу, Ом.

Так як, для кабельної лінії активний опір набагато більший від індуктивного, то індуктивним опором нехтуємо. В результаті отримаємо:

$$Z_{\varphi-o} = r_{\varphi} + r_o = 2 \cdot 0,27 = 0,54 \text{ Ом.}$$

Опір трансформатора:

$$Z_{TP} = \frac{U_{K\%} \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{НОМ}}, \quad (7.3)$$

де $U_{K\%}$ – напруга короткого замикання, % ;

$U_{НОМ}$ – номінальна напруга трансформатора, В ;

$S_{НОМ}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА .

$$Z_{TP} = \frac{5,5 \cdot 400^2}{100 \cdot 400 \cdot 10^3} = 0,0022 \text{ Ом.}$$

Визначаємо струм короткого замикання на землю:

$$I_K^{(1)} = \frac{400}{\sqrt{3}(0,022 + 0,54)} = 411 \text{ А.}$$

Струм спрацювання автоматичного вимикача, який здійснює захист даного двигуна рівний 250 А. Приміщення, де знаходиться двигун, відноситься до типу відносно вибухонебезпечних, а автомат обладнано електромагнітним розчеплювачем, тобто $\kappa = 1,4$. Робимо перевірку петлі “ фаза – нуль”:

$$I_K^{(1)} = 411 \text{ А} > \kappa \cdot I_{авт} = 1,4 \cdot 250 = 350 \text{ А.}$$

Отже, опір петлі “ фаза – нуль ” відповідає вимогам, які ставляться до захисного заземлення та занулення.

7.3 Стійкість роботи промислових підприємств (об’єктів) в умовах надзвичайних ситуацій

Забезпечення безпеки та захисту населення в Україні, об’єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатися як невід’ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших

функцій центральних органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад [22].

Сучасна Цивільна оборона є державною системою органів управління, сил і засобів, яку створено для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, природного, екологічного і воєнного походження [22].

Вирішальним кроком є прийняття Закону України „Про Цивільну оборону України” від 24 березня 1999 року, в якому держава виступає, як гарант права кожної людини на захист свого життя і здоров’я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, створює систему Цивільної оборони, в якій мета – захист населення від наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру, в статті 8 керівництво підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального та колективного захисту, організовує здійснення еваковиходів, створює сили для ліквідації наслідків НС, виконує інші заходи з ЦО і несе пов’язані з цим матеріальні та фінансові витрати в порядку та обсягах, передбачених законодавством [22].

Введення цих поправок та прийняття відповідних законів необхідне для забезпечення і попередження безпеки працівників при перебуванні їх на території підприємства.

Закон України „Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру” від 8 червня 2000 року визначає стратегічні напрями та засоби вирішення проблеми захисту населення, реальне створення територіальних і функціональних підсистем Єдиної державної системи запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру та реагування на них [22].

Постановою Кабінету Міністрів України № 1099 "Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій" затверджено "Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій". Згідно з цим положенням, за характером

походження подій, що зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють 4 х класи надзвичайних ситуацій: техногенного, природного, соціально-політичного та військового характеру. Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види [22].

Надзвичайні ситуації техногенного характеру – це наслідок транспортних аварій, катастроф, пожеж, неспровокованих вибухів чи їх загроза, аварій з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптового руйнування споруд та будівель, аварій на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення.

Надзвичайні ситуації природного характеру – це наслідки небезпечних геологічних, метеорологічних, гідрологічних, морських та прісноводних явищ, деградації ґрунтів чи надр, природних пожеж, змін стану повітряного басейну, інфекційних захворювань людей, сільськогосподарських тварин, масового ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміни стану водних ресурсів та біосфери тощо.

Надзвичайні ситуації воєнного характеру – це ситуації, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних – речовин токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій.

З-поміж комплексу заходів щодо захисту населення під час надзвичайних ситуацій важливе місце належить організації своєчасного оповіщення. Це – завдання органів цивільної оборони.

Завивання сирени, переривчасті гудки підприємств і сигнали транспортних засобів означають попереджувальний сигнал «Увага всім!». За цим сигналом потрібно увімкнути радіо, радіотрансляційні і телевізійні приймачі для прослуховування термінових повідомлень.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства складають системи електропостачання, будівлі енергетичного господарства, споруди і

будівлі, в яких розміщуються виробничі цехи, верстатне і технологічне обладнання, інженерні і паливні комунікації, окремо розташовані технологічні установки, мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку і управління, складське господарство, різноманітні будівлі і споруди адміністративного, побутового і господарського призначення.

7.4 Вимоги до систем електрозабезпечення фермерського господарства

Електрозабезпечення є основою будь-якого виробництва. Порушення нормальної подачі електроенергії на об'єкт або окремі ділянки виробництва може призвести до повної зупинки роботи об'єкту, в даному випадку – фермерського господарства [21].

Для надійного електрозабезпечення в умовах надзвичайних ситуацій при його проектуванні будівництві і зовнішньому електропостачанні повинні бути враховані основні вимоги, які впливають з завдань цивільної оборони.

Електрозабезпечення повинно проводитись від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива. Великі електростанції потрібно розташовувати одну від одної і від великих міст на відстані, не меншій двох радіусів зон можливих зруйнувань.

Районні понижуючі станції, диспетчерські пункти енергосистем і мережі електропередачі належить розташовувати за межами зон можливих сильних руйнувань.

Постачання електроенергією великих міст і об'єктів, які не перестають працювати в надзвичайних умовах, необхідно передбачати від двох незалежних джерел. При електропостачанні об'єкту від одного джерела повинно бути не менше двох введів з різних напрямів.

Трансформаторні підстанції необхідно надійно захищати, їх стійкість повинна бути не нижчою від стійкості самого об'єкту [22].

Електроенергію на ділянки виробництва належить подавати по належних електрокабелях, прокладених в землі на глибині 0,8–1,2 м.

Крім цього, необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання. Для цього можна використовувати пересувні електростанції на залізничних платформах, автопричепках і інші електростанції, які не включені в енергосистему.

Система електропостачання повинна мати захист від впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху [22].

Електромагнітний імпульс як вражаючий фактор здатний розповсюджуватися на десятки й сотні кілометрів по лініях електропередачі, зв'язку, трубопроводах. Він може впливати на об'єкти енергетики там, де ударна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація втрачають своє значення як вражаючі фактори [22].

Особливо піддаються впливу ЕМІ радіоелектронна апаратура, системи автоматичного регулювання, технологічні захисти, виконані на напівпровідникових та інтегральних схемах, що працюють на малих струмах і напругах, чутливі до впливу зовнішніх електричних і магнітних полів. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електронних схем, викликає коротке замикання, стирає магнітний запис ЕОМ [22].

Напруженість електромагнітного поля всередині залізобетонних будівель і споруд об'єктів енергетики може бути достатня для того, щоб завадити вивести з ладу апаратуру, але такі поля можуть викликати тимчасове порушення роботи автоматичних електронних пристроїв, засобів високоякісного зв'язку, ЕОМ та ін.

Таким чином, ЕМІ ядерного вибуху ефективно вражає електротехнічні і радіотехнічні пристрої, тому при вирішенні завдань підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики у воєнний час необхідно правильно оцінити ймовірність пошкодження наявних електротехнічних та електронних систем у результаті впливу ЕМІ, знайти шляхи і способи боротьби з наслідками такого впливу і захисту від проникнення імпульсів електромагнітної енергії..

При зовнішньому електропостачанні фермерського господарства повинні дотримуватися і виконуватися усі міри безпеки Цивільної Оборони для забезпечення надійного та безперебійного електропостачання. Для цього трансформаторна підстанція повинна бути розміщена так, щоб її пошкодження при будь-яких надзвичайних ситуаціях було мінімальним. Тому підстанцію розміщуємо за межами господарства, а електроенергію від неї до фермерського господарства проводимо кабельними лініями, які прокладаємо назовні в трубах. Також на об'єкті повинні працювати особи, які відповідають за Цивільну Оборону і на яких покладено відповідальність за проведення РіНР [22].

Стійкість електросистеми до ЕМІ оцінюють у такому порядку [22].

1. Виявляють очікувану ЕМІ – обстановку, створювану імовірним ядерним вибухом.
2. Розбивають електронну, електричну систему на окремі елементи, виявляють серед них основні, від яких залежить робота всієї системи об'єкта.
3. Визначають чутливість апаратури та її елементів до ЕМІ, тобто граничні значення наведених напруг і струмів, при яких робота системи ще не порушується.
4. Визначають можливі наведені струми і напруги в елементах системи від впливу ЕМІ.
5. Визначають коефіцієнт безпеки кожного елемента системи і межу стійкості всієї системи об'єкта.
6. Аналізують та оцінюють результати розрахунків і роблять висновки, в яких визначають межу стійкості системи; необхідні інженерно-технічні заходи, які підвищують стійкість вразливих елементів і систем у цілому.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Екологічний стан фермерського господарства

Основною формою сільськогосподарського виробництва є отримання вторинної біологічної продукції на промисловій основі з свиноферми, птахофабрики та ін.

Але при цьому сільськогосподарське виробництво чинить негативний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, тваринництво впливає на навколишнє середовище за наступними напрямками: знищення природної рослинності на пасовищах, забруднення поверхневих вод відходами тваринництва при стійловому утриманні худоби; забруднення ґрунтів і деградація природної рослинності під впливом відходів тваринництва [23].

При розвитку господарств на основі тваринництва виникла проблема утилізації гнойових стоків та гною. Поблизу тваринницьких ферм особливу загрозу навколишньому середовищу представляє скупчення гною, а так само нітратне та мікробне забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод. Забруднення ґрунтів, зниження покриття і вод місцевого стоку біологічними елементами тягне за собою відповідну зміну показників якості фітомаси культур на сільськогосподарських угіддях. Мікробне і загальне забруднення в районі розташування тваринницьких ферм 8...10 разів перевищують природний фон забруднення ґрунтового і снігового покриття [22].

Тому при виборі місця для тваринницьких приміщень і комплексів має бути обґрунтованим можливістю утилізації гною і виробничих стоків та обліком природоохоронних вимог [22].

8.2 Заходи з екології на тваринницьких фермерських господарствах

На території господарства є будівлі і споруди для зберігання і приготування кормів, тваринницьке будівля з вигульними майданчиками і

споруди по зберіганню та переробці відходів і гнойових стоків. Територія ферми огорожена, упорядкована. Для охорони від пилу вона по периметру обкладена висококронними деревами, на території є зелені насадження.

Розташування тваринницької будівлі орієнтовано по сторонах світу, так як ця обставина істотно впливає на створення сприятливого мікроклімату в стійловому приміщенні і достатньої інсоляції сонячної енергії. Вигульні майданчики розташовані біля однієї з поздовжніх сторін тваринницького будівлі.

У приміщеннях створені умови, що відповідають санітарно-гігієнічним вимогам. Температура повітря в тваринницьких приміщеннях у межах 12-14 °С, вологість не перевищує 60-65%. Для створення нормальної повітряного середовища встановлена природна вентиляція, що забезпечує необхідні умови утримання тварин. Природна вентиляція влаштовується прямим провітрюванням через відкриті вікна, двері та ворота. Цей процес проводиться за відсутності худоби в приміщенні, щоб виключити протяги і можливість захворювання тварин. Але цей вид вентиляції доцільний тільки в теплу пору року. Встановлена припливно-витяжна вентиляція на природній тязі, яка працює за допомогою вертикальних шахт у стелі стійловий приміщень, з посиленням тяги за рахунок сили вітру. Планується встановити теплообмінник повітря [23].

Схема автоматизованого водопостачання ферми складається з наступних споруд: водозабору з насосною станцією, розподільної мережі та регулюючих споруд (водонапірної башти і резервуару для зберігання протипожежного запасу води). Крім того, схема доповнюється спорудами з очищення та знезараження води. Тваринницький комплекс забезпечений водою питної якості відповідно до ГОСТ 2874-73. Температура води для напування тварин 5-15 °С. Тепла вода погано втамовує спрагу, а надто холодна зменшує продуктивність худоби і викликає необхідність підвищеної витрати кормів [23].

Гноєсховище знаходиться в 1,5 км від тваринницьких приміщень і розташоване нижче основної території господарства по схилу [23].

Враховуючи, що знезараження рідкого гною повинно бути простим і не вимагати більших витрат, в господарстві застосовують біологічний спосіб зброджування гною в анаеробних умовах. Рослини, що йдуть на корм тваринам, використовуються останніми лише на 30-40%, інша ж частина органічної речовини йде в гній. Гній, гнойова рідота і рослинні відходи, внесені в ґрунт, розкладаються і віддають в атмосферу до 350 тис. ккал тепла на 1 т свіжого гною [23].

Одним з ефективних способів скорочень втрат є метанове зброджування гною в біологічній гумусно-газовій установці, яку планує придбати господарство. Важливою властивістю метанового зброджування є знезараження гною від ряду хвороботворних бактерій, гельмінтів, насіння бур'янів [23].

Склади для зберігання добрив побудовані з цегли і розташовуються на відстані 200м від виробничих будівель. Необхідність складування добрив обумовлена сезонністю їх застосування і нерівномірністю надходження протягом року. Добрива зберігають у складах окремо, розміщують їх за видами та формами в особливих відсіках. На лицьовій стороні відсіку вивішують етикетку із зазначенням назви добрива, вмісту в ньому поживних речовин і часу отримання. Затарені добрива зберігають насипом заввишки 2-3 м. Розсипані по підлозі добрива негайно прибирають [23].

У господарстві суворо дотримується порядок застосування хімічних і біологічних засобів захисту рослин. Відповідно до санітарних правил по зберіганню, транспортуванню і застосуванню пестицидів і мінеральних добрив у господарстві є спеціально побудовані складські приміщення. Своєчасно видаляються і знешкоджуються відходи, виробничі стоки перед скиданням в зовнішню каналізацію нейтралізуються і знешкоджуються на очисних спорудах. Ґрунт є основним засобом виробництва. Основні зміни ґрунту пов'язані з механічним впливом на неї і з внесенням добрив. Оранка міняє профіль ґрунту, призводить до збіднення верхніх шарів [23].

У даному господарстві намагаються дотримувати правила раціонального використання пасовищ, тобто чітко встановлюють терміни випасу, кількість

втрулявання тваринами. Природно випас завдає шкоди ґрунтовому покриву, так як тварини ущільнюють її і відчужують надземні частини рослин. При впливі великої кількості тварин на ґрунт, насичену водою, дернина легко руйнується, верхній шар перетворюється на болотну масу.

У господарстві достатньо уваги приділяють питанням охорони навколишнього середовища. На території є зелені насадження. Проводиться утилізація гною, правильно зберігаються пестициди та добрива. У приміщеннях дотримуються гігієнічні параметри мікроклімату. Освітлення знаходиться на потрібному рівні. Система водопостачання механізована і має очисні споруди. З профілактичною метою на фермі ведеться боротьба з гризунами - переносниками хвороб. У господарстві вживаються заходи, щоб його діяльність не робила шкідливих впливів на навколишнє середовище.

У господарстві необхідно провести наступні дії [23]:

- більше озеленити територію ферми і МТП;
- встановити на виробничих ділянках МТП ємності для збору відпрацьованих паливно-мастильних матеріалів;
- удосконалити систему утилізації гнойових стоків;
- заасфальтувати територію господарства;

Що стосується роботи персоналу, необхідно встановити душові для робочого персоналу, зробити побілку та фарбування стін і стель, утеплити вікна й двері, збільшити безпеку робіт. Таким чином, перераховані вище заходи повинні сприяти збереженню навколишнього середовища і захисту її від забруднень і руйнування, сприяти створенню оптимальних умов існування людського суспільства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У дипломній роботі на підставі проведеного аналізу та технологічних розрахунках вирішено практичне завдання розробки заходів зниження втрат електроенергії в системі електропостачання фермерського господарства на основі модернізації електричного обладнання тваринницького комплексу для забезпечення зниження виробничих втрат.

1. Проведений аналіз технологічних процесів виробництва на підприємстві показав необхідність зниження балансової вартості продукції за рахунок встановлення на свинофермі лінії переробки кормів та встановлення автоматизованої системи водопостачання.

2. Проведений аналіз заходів із зменшення втрат електричної енергії показав, що найбільші втрати припадають на додаткові втрати, які обумовлені несиметричними режимами.

3. На основі нормативних значень освітленості приміщень тваринницького комплексу проведено світлотехнічний розрахунок та визначено необхідну кількість та потужності джерел світла.

4. Проведені розрахунки електричних навантажень системи електропостачання комплексним методом та на основі аналізу максимальних денних й вечірніх навантажень здійснено вибір розподільного пункту та обґрунтовано електропостачання від діючої мережі 0,4 кВ.

5. На основі проведених розрахунків струмів короткого замикання, здійснено вибір захисного обладнання для зниження втрат, які обумовлені виходом з ладу електрообладнання.

6. На основі аналізу систем водопостачанням фермерських господарств запропонована схема автоматичного управління водопостачальною установкою з урахуванням сумарного водоспоживання господарства.

7. Проведені техніко-економічних розрахунки, де, на основі визначених капітальних та експлуатаційних витрат при модернізації встановлено, що розрахунковий термін окупності менший нормативного терміну окупності капіталовкладень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шкрабець Ф.П. Класифікація і структура втрат електроенергії / Ф.П. Шкрабець, Ю.В. Куваєв, Д.В. Ципленков, П.Ю. Красовський // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Вип. 3(32). – 2005. – С.122–124.
2. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
3. Бебко В. Г. Зниження втрат електроенергії у сільському господарстві / В. Г. Бебко, С. Я. Меженний, В. Г. Стафійчук, В. Ю. Юрчук // – К.: Урожай, – 1978. – 128 с.
4. Єгорова О. Ю. Комплексна оцінка якості електроенергії з урахуванням надійності електропостачання в сільських електромережах / О. Ю. Єгорова, М. В. Михалко // Системи обробки інформації. — 2011. — № 5. — С. 41-45.
5. Железко Ю.С. Стратегия снижения потерь и повышения качества электроэнергии в электрических сетях // Электричество. – 1992. – № 5. – С. 6 – 12.
6. Шкрабець Ф.П. Эксплуатационная динамика потерь электроэнергии в системах электроснабжения: монография / Ф.П. Шкрабець, П.Ю. Красовський; М-во образования и науки Украины, Нац. горн. ун-т. – Д. НГУ, 2015. – 152 с.
7. ГНД 34.09.204-2004. Методичні вказівки з аналізу технологічних витрат електроенергії та вибору заходів щодо їх зниження / М-во палива та енергетики України. – Офіц. вид. – К.: ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2004. – 159 с.
8. Методи та засоби зниження технічних втрат електроенергії в елементах систем електропостачання / Д. В. Ципленков, П. Ю. Красовський // Електротехніка та електроенергетика, – 2015. – № 1. – С. 77–82.
9. Сотнік О.В. Дослідження втрат електроенергії в мережах сільських населених пунктів в умовах відхилення напруги / О.В. Сотнік //

Энергосбережение: Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – Харків: ХНТУСГ. – № 12(131). – 2014. С. 22 – 26.

10. Мірошник О.О. Оцінка імовірнісної несиметрії струмів і напруг на основі графіків навантаження комунального-побутових споживачів / О.О. Мірошник . – Харків: ХНТУСГ. – 2017р. – 12 с. Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2017_261_3.

11. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва. За ред. Скорика О.П., Полупанова В.М (авт. Науменко О.А., Бойко І.Г., Грідасов В.І., Дзюба А.І. та інші) Харків ХНТУСГ, 2009. – 429 с.

12. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», – 2016. - 332 с.

13. Бурбело М. Й. Електропостачання промислових підприємств (Курсове проектування) [Текст] : навч. посібник для студ. енергет. спец. / М. Й. Бурбело; Вінницький держ. технічний ун-т. – Вінниця: – 1998. – 103 с.

14. Кігель Г.А., Півняк Г.Г. Електричні мережі систем електропостачання: Друге вид. перероб. і доп. / Г.А.Кігкль, Г.Г. Півняк. – Дніпропетровськ: національний гірничий університет, – 2012. – 318 с.

15. Семчинов А. М. Токопроводы промышленных предприятий [Текст]: научное издание / А. М. Семчинов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, – 1982. – 208 с.

16. Справочник энергетика [Текст]: справочное издание / Н. П. Ливинец, А. Н. Немилостивый. – К.: Техніка, – 2008. – 512 с.

17. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання [Текст]: навч. посібник для студ. електротехнічних спец. вищ. навч. закладів України / П. П. Говоров [та ін.]; Інститут змісту і методів навчання, Харківська держ. академія міського господарства. – К. : – 1996. – 228 с.

18. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

19. Гетьман О.О. Економіка підприємства : [Навчальний посібник] / О.О. Гетьман, В.М. Шаповал– 2 вид. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 488с.

20. Правила улаштування електроустановок: нормативно-технічний матеріал / відп. за вип. Г. Є. Лискова. – Харків: Індустрія, – 2008. – 424 с.

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

22. Безпека життєдіяльності та охорона праці (Практичний курс) [Текст]: навч. посібник / [Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г.] – Кам'янець-Подільський: "Думка", 2010. – 152 с.

23. Сухарев, С.М. Техноекологія та охорона навколишнього середовища [Текст]: навч. посібник / С.М. Сухарев. – Л.: Новий світ-2000, – 2004. – 256 с.