

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Чепіжний А. В.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електрифікації молочно-товарного комплексу
ТОВ «Велетень», м. Глухів, Сумської області з розробкою
автоматизованої системи роздачі кормів».

Виконав:

_____ (підпис)

Гюльна Д.М
(Прізвище, ініціали)

Група:

ЕТЕС 2301ст-2рн

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Чепіжний А.В.
(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

енергетики та електротехнічних систем

_____ **Чепіжний А.В.**

«__» _____ 202__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Тюльпа Дмитро Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Реконструкція системи електрифікації молочно-товарного комплексу ТОВ «Велетень», м. Глухів, Сумської області з розробкою автоматизованої системи роздачі кормів,

керівник роботи: Чепіжний Андрій Володимирович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «24» вересня 2024 року № 3257/ос.

2. Строк подання здобувачем роботи: «15» травня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: нормативні документи, технічні паспорти та технічна характеристика обладнання.

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

Вступ. Виробничо-господарська характеристика об'єкту проектування. Розрахунок і вибір силового електрообладнання. Проектування автоматизації технологічних процесів. Проектування електропостачання об'єкту. Охорона праці. Екологічна експертиза. Економічне обґрунтування проєкту. Висновок. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Розміщення повітряних ліній 0,4 кВ на плані території тваринницького комплексу. Схема електрична розміщення. Розміщення силової проводки на плані корівника на 200 голів. Схема електрична розміщення. Подрібнювач змішувач кормів ІСК-3А. Схема електрична принципова. Подрібнювач змішувач кормів ІСК-3А. Схема електрична з'єднань. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Семерня О.В., ст. викладач		
Економічне обґрунтування	Шашков С.В., к.е.н., ст. викладач		
Нормоконтроль	Чепіжний А.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: «04» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарстві	6.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики та	до 13.09.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 27.09.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 04.10.2024 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Характеристика об'єкту»	до 18.10.2024 р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Розрахунок і вибір силового обладнання»	до 01.11.2024 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Проектування автоматизації технологічних процесів»	до 15.11.2024 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Проектування електропостачання об'єкту»	до 20.12.2024 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Охорона праці»	до 24.01.2025 р.	
10.	Підготовка розділу «Розділ 6. Екологічна експертиза»	до 21.02.2025 р.	
11.	Підготовка розділу 7. Економічне обґрунтування»	до 14.03.2025 р.	
12.	Написання висновків та пропозицій	до 25.04.2025 р.	
13.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
14.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
15.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Тюльпа Д.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Чепіжний А.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тюльпа Д.М. Реконструкція системи електрифікації молочно-товарного комплексу ТОВ «Велетень», м. Глухів, Сумської області з розробкою автоматизованої системи роздачі кормів. Суми : СНАУ, 2025 р.

Кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

У роботі розглянуто питання реконструкції системи електропостачання молочнотоварного комплексу ТОВ «Велетень».

Основною метою проекту є підвищення надійності, енергоефективності та безпеки експлуатації електроустановок за рахунок оновлення електромереж, впровадження сучасних засобів автоматизації та проектування щитів керування.

У процесі розробки було виконано вибір силового та вентиляційного обладнання, розрахунок повітряних і кабельних ліній, підбір трансформатора, розробку схем автоматизації, а також аналіз впливу на навколишнє середовище та економічну доцільність.

Запропоновані рішення дозволяють знизити втрати електроенергії на 12%, забезпечити річну економію понад 190 тис. грн і досягти окупності проекту менш ніж за 6 років. Робота відповідає чинним нормативам і сприяє сталому розвитку агропромислового підприємства.

Ключові слова: роздавач кормів, приміщення для тваринництва, обладнання ферми, автоматизація, лінії електропередачі, трансформатор, система автоматизації, економічний ефект

SUMMARY

Tyulpa D.M. Reconstruction of the electrification system of the dairy complex LLC «Veleten», Glukhiv, Sumy region with the development of an automated feed distribution system. Sumy: SNAU, 2025.

Qualification work in specialty 141 «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics», educational and professional program «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics».

The work considers the issue of reconstruction of the power supply system of the dairy complex LLC «Veleten».

The main goal of the project is to increase the reliability, energy efficiency and safety of operation of electrical installations by updating electrical networks, introducing modern automation tools and designing control panels.

During the development process, the selection of power and ventilation equipment, calculation of air and cable lines, selection of a transformer, development of automation schemes, as well as analysis of the impact on the environment and economic feasibility were carried out.

The proposed solutions allow reducing electricity losses by 12%, ensuring annual savings of over 190 thousand UAH and achieving project payback in less than 6 years. The work complies with current regulations and contributes to the sustainable development of the agro-industrial enterprise.

Keywords: feed dispenser, livestock premises, farm equipment, automation, power lines, transformer, automation system, economic effect

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ.....	9
2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....	11
2.1 Розрахунок і вибір вентиляційної установки.....	11
2.2 Вибір апаратури керування і захисту. Розрахунок силової проводки.....	14
3 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	17
3.1 Розробка принципової електричної схеми.....	17
3.2 Розробка монтажної схеми.....	18
3.3 Розробка схеми підключень.....	19
3.4 Проектування щита керування.....	19
4 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ.....	21
4.1 Електричний розрахунок повітряної лінії напругою 380/220 В.....	21
4.2 Вибір апаратів захисту ПЛ-0,38 кВ і перевірка чутливості захисту.....	27
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	31
6 ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА.....	35
7 ЕКОНОМІЧНЕ ОБІРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	38
ВИСНОВОК.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	42

ВСТУП

Впровадження автоматизації в сільськогосподарське виробництво сприяє підвищенню надійності роботи обладнання, продовженню його експлуатаційного ресурсу, поліпшенню умов праці працівників та зростанню рівня їх безпеки. Крім того, автоматизація робить сільськогосподарську працю більш привабливою, знижує плинність кадрів, зменшує трудові витрати, підвищує обсяги та якість продукції, а також сприяє поступовому стиранню меж між фізичною і розумовою працею, між промисловим і аграрним виробництвом.

Фахівець у сфері автоматизації аграрного сектору повинен володіти глибокими знаннями з технологічних процесів, організації та економіки сільськогосподарського виробництва. Йому необхідно орієнтуватися в роботі механічних, електричних, гідравлічних і пневматичних систем автоматичного управління, зокрема у питаннях електрифікації, автоматизації та комплексної механізації технологічних процесів.

Такий спеціаліст повинен уміти аргументовано вирішувати технічні, технологічні та організаційно-економічні завдання як поточного, так і стратегічного характеру, що спрямовані на підвищення продуктивності та ефективності агровиробництва.

Комплексна автоматизація відіграє важливу роль у народному господарстві, оскільки її реалізація забезпечує значний економічний результат. Наприклад, автоматизовані лінії приготування кормів дозволяють скоротити трудові витрати у 4-5 разів та зменшити собівартість продукції на 30-50 %.

Досягнення вищевказаних результатів потребує:

- системного аналізу міжнародного досвіду в галузі автоматизації аграрної сфери, визначення пріоритетних напрямів та послідовності впровадження автоматизованих систем, а також використання готових промислових рішень для економного застосування серійного обладнання;

- дослідження динамічних і статичних характеристик сільськогосподарських об'єктів, створення їх математичних моделей для забезпечення точного управління;

- проектування нових машин і агрегатів з урахуванням можливості їх подальшої автоматизації та інтеграції в загальну систему управління аграрним виробництвом.

1 ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

Товариство з обмеженою відповідальністю «Велетень» розташоване в північно-східній частині Глухівського району Сумської області. Свою діяльність підприємство розпочало у 2000 році після перетворення колишнього колективного сільськогосподарського підприємства з тією ж назвою.

Головний офіс підприємства знаходиться за адресою: м. Глухів, вул. Матросова, 16. Господарська діяльність охоплює місто Глухів та прилеглі села – Привілля, Годунівку, Полошки і Сліпород. Найближча залізнична станція розміщена на відстані 10 км від основних об'єктів господарства.

Земельний фонд підприємства охоплює площу 7905 га. Основними напрямками агровиробництва є вирощування зернових та зернобобових культур, зокрема гречки, кукурудзи на зерно, вівса, пшениці, соняшнику, сої.

Крім того, господарство спеціалізується на тваринництві, зокрема розведенні великої рогатої худоби молочного напрямку. Загальне поголів'я корів становить 836 голів, серед яких переважає українська чорно-ряба молочна порода. Ця порода виведена шляхом схрещування вітчизняних чорно-рябих тварин із галичинською худобою. Вона поширена по всій території України.

Дорослі корови мають середню живу масу 600–650 кг, а бугаї – 850–1100 кг. Телиці при інтенсивній годівлі досягають 290–300 кг у віці 12 місяців і 400–420 кг у 18 місяців, бугайці – відповідно 380–400 і 500–520 кг. Крім високих надоїв, ця порода характеризується задовільними м'ясними якостями.

Штат підприємства налічує 221 працівника, з яких 181 особа зайнята у сфері рослинництва, а 41 – в тваринництві.

Останні роки позначилися стабільним зростанням ефективності роботи господарства. Зокрема, у 2024 році чистий прибуток склав 102,5 млн грн, що на 68,3% більше порівняно з попереднім роком.

Таким чином, попри економічні труднощі в аграрному секторі України, ТОВ «Велетень» продовжує успішно розвиватися, зміцнюючи як виробничі потужності, так і фінансові результати.

Характеристика об'єкта проектування. Об'єктом, який розглядається у даному дипломному проєкті, є молочнотоварний комплекс, розташований у місті Глухів за адресою: вул. Куйбишева, 12. До комплексу ведуть дороги з асфальтовим та ґрунтовим покриттям, що забезпечують доступність транспорту.

У складі комплексу функціонують наступні виробничі споруди:

- п'ять корівників місткістю по 100 голів кожен;
- два телятники на 200 голів;
- гараж;
- вигульний майданчик;
- два складських приміщення для зберігання сіна;
- адміністративна будівля.

Живлення електроенергією здійснюється від трансформаторної підстанції «Водозабір» (напруга 35/10 кВ). Відстань до об'єкта становить 8 км, а загальна протяжність лінії 10 кВ – 20 км.

2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

2.1 Розрахунок і вибір вентиляційної установки

Під мікрокліматом у приміщеннях для утримання тварин розуміють сукупність фізичних та хімічних характеристик повітряного середовища, що формується всередині цих приміщень. Основними параметрами мікроклімату є температура, вологість, рух повітря, його газовий склад, а також наявність у повітрі пилу та мікроорганізмів. Дослідження доводять, що підтримання належних параметрів мікроклімату, зокрема температури та вологості, забезпечує значну економічну ефективність. При недостатньому температурному режимі зростає витрата кормів і сповільнюється приріст маси у тварин. Умови, за яких тварини утримуються в холодних, вологих, недостатньо вентильованих приміщеннях із протягами, негативно впливають на їхню продуктивність і збільшують витрати кормів на одиницю продукції.

Розрахунок повітрообміну для видалення вуглекислого газу. Потрібний об'єм повітрообміну для усунення надлишку CO₂ обчислюється за формулою:

$$L_{\text{вуг}} = \frac{1,2C_T n}{C_{\text{дп}} - C_3}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (2.1)$$

де C_T - кількість CO₂, який виділяє одна тварина; для корів вагою 600 кг та лактацією 10 л $C_T = 0,158 \text{ м}^3/\text{ГОД}$;

n – кількість голів у приміщенні (100 шт.);

1,2 – поправковий коефіцієнт, що враховує додаткові джерела CO₂ (мікроорганізми, підстилка);

$C_{\text{дп}}$ - гранично допустимий вміст CO₂ у повітрі приміщення (0,0025);

C_3 – концентрація CO₂ у зовнішньому повітрі (0,0003).

$$L_{\text{вуг}} = \frac{1,2 \cdot 0,158 \cdot 100}{0,0025 - 0,0003} = 8186,18 \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

Розрахунок повітрообміну для видалення вологи. Розрахунок обсягу повітря, необхідного для усунення надлишкової вологи, проводиться за формулою:

$$L_{\text{вол.}} = \frac{1,1W_m n}{W_{\text{дп}} - W_з}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (2.2)$$

де 1,1 – коефіцієнт, що враховує додаткові джерела вологи (підлога, годівниці, напувалки);

W_m – кількість пари, що виділяє одна корова масою 600 кг – 404 г/год;

n – кількість тварин;

$W_{\text{дп}}$ – максимально допустимий вміст водяної пари у повітрі приміщення, г/м³;

$W_з$ – вологість зовнішнього повітря, г/м³.

Значення $W_{\text{дп}}$ та $W_з$ визначаються за допомогою формул:

$$W_{\text{дп}} = W_{\text{нас.п}} \frac{\varphi_p}{100}, \text{ г/м}^3, \quad (2.3)$$

$$W_з = W_{\text{нас.з}} \frac{\varphi_з}{100}, \text{ г/м}^3, \quad (2.4)$$

де $W_{\text{нас.п}}$ і $W_{\text{нас.з}}$ – вміст пари при повному насиченні за температур повітря в приміщенні та зовні;

φ_p і $\varphi_з$ – відносна вологість у приміщенні та на вулиці.

$$W_{\text{дп}} = 15,4 \cdot \frac{65}{100} = 10,01 \text{ г/м}^3.$$

$$W_з = 5,98 \cdot \frac{50}{100} = 2,99 \text{ г/м}^3.$$

$$L_{\text{гол.}} = \frac{1,1 \cdot 404 \cdot 100}{10,01 - 2,99} = 6330 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

Розрахунок повітрообміну для відведення надлишкового тепла. Необхідна кількість повітря для видалення надлишкової теплоти розраховується за формулою:

$$L_{\text{O}} = \frac{Q_T n (1 + \alpha \theta_a)}{C(\theta_a - \theta_{\text{с}})}, \quad (2.5)$$

$$L_T = \frac{4400 \cdot 100 \left(1 + \frac{1}{273} 18\right)}{1,283(18 - 3)} = 22878 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

Розрахунок кратності повітрообміну. Максимальна годинна кратність повітрообміну визначається за формулою:

$$K_o = \frac{L_p}{V}, \quad (2.6)$$

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (2.7)$$

$$V = 21 \cdot 48 \cdot 3,5 = 3528 \text{ м}^3.$$

$$K_o = \frac{22878}{3528} = 6,4 \text{ разів/год.}$$

Мінімальна кратність повітрообміну. Для мінімального повітрообміну кратність визначається як:

$$K_{o.\text{мін.}} = \frac{gnm}{V}, \text{ разів/год,} \quad (2.8)$$

$$K_{o.\text{мін.}} = \frac{0,17 \cdot 100 \cdot 600}{3528} = 2,89 \text{ разів/год.}$$

Для підтвердження правильності розрахунків перевіряється умова:

$$K_o > K_{o.\min.}, \quad (2.9)$$

$$3,4 > 2,89$$

Умова виконується.

Вибір вентиляційного обладнання. Виходячи з розрахованого повітрообміну, для забезпечення належного мікроклімату обрано два радіальні вентилятори типу В-Ц4-75-6,3. Їхня сумарна продуктивність становить 23,4 м³/год, що відповідає технічним вимогам проекту [8, табл. 12.10].

2.2 Вибір апаратури керування і захисту. Розрахунок силової проводки

Надійність електропостачання корівника відповідає другій категорії споживачів. Електроживлення надходить від комплектної трансформаторної підстанції до електрощитової, де розміщені силовий та освітлювальний щити.

Силова та освітлювальна мережі є роздільними. Розглянемо приклад розрахунку та вибору апаратури керування і захисту для групової лінії №1, що забезпечує роботу електродвигуна скреперної установки та конвеєра. Електродвигун УС-Ф-170А має наступні технічні характеристики: потужність – 1,5 кВт; швидкість обертання – 2850 об/хв; номінальний струм – 3,31 А; номінальна напруга – 380 В; ефективність – 81%; коефіцієнт потужності – 0,85; кратність пускового моменту – 7,0.

Пусковий струм електродвигуна визначається як:

$$I_n = I_n \cdot K_i, \text{ А}, \quad (2.10)$$

$$I_n = 3,31 \cdot 7,0 = 23,17 \text{ А}.$$

Для керування електродвигунами використовуються магнітні пускачі серії ПМ, вибір яких залежить від напруги живлення, робочого струму двигуна та умов експлуатації.

Електромагнітний пускач обирається за критеріями: номінальна напруга пускача \geq напруга мережі; номінальний струм пускача \geq номінальний струм двигуна; номінальний струм теплового реле $\geq 1/6$ пускового струму.

Цим вимогам відповідає пускач ПМ1-09 з номінальною напругою 380 В, номінальним струмом 9 А та напругою котушки 380 В. Перевірка умов підтверджує його придатність: $380\text{В}=380\text{В}$; $9\text{А}>3,31\text{А}$; $9\text{А}>23,17\text{А}/6=3,86\text{А}$.

Отже, для використання обрано магнітний пускач ПМ1-09.

Аналогічний підхід застосовується для вибору пускачів інших електроприймачів (результати в таблиці 2.10).

Захист електродвигунів від перевантажень забезпечується тепловими реле, вбудованими в пускачі. Критерії вибору теплового реле: номінальна напруга реле \geq напруга мережі; номінальний струм реле \geq номінальний струм двигуна; струм спрацювання реле \geq номінальний струм двигуна.

За цими критеріями обрано теплове реле РТ-1308 з максимальним струмом 25 А та діапазоном регулювання 2,5-4,0 А. Регулятор встановлено на 3,31 А.

Перевірка умов:

$$440\text{В}>380\text{В}; 25\text{А}>3,32\text{А}; 4,0\text{А}>3,30\text{А}$$

Умови виконуються.

Для розподілу електроенергії використовується розподільчий пункт СПМ99-8Н-21У3 з 7 груповими лініями, ввідним рубильником ВР3237, кліматичним виконанням У3, групою умов експлуатації М2, номінальною напругою 380 В, вертикальним робочим положенням та ступенем захисту IP54.

Вибір автоматичного вимикача здійснюється за номінальною напругою ($U_{a,ном} \geq 380V$), номінальним струмом ($I_{a,ном} \geq I_p$) та струмом теплового розчіплювача ($I_{t,p} \geq I_p$).

Прийнято вимикач ВА-2004/30 з номінальною напругою 380 В. Розрахунковий струм лінії $I_p = 3,31$ А. Обрано автомат з номінальним струмом та струмом теплового розчіплювача 15 А, що задовольняє умові $15 A > 3,31 A$.

Спосіб прокладання та марка провідників обираються з урахуванням умов середовища та електробезпеки. Для силової проводки використовуються проводи АПВ в сталевих трубах та кабель АВРГ відкрито. Переріз провідників обирається за умовою допустимого струму ($I_{доп} \geq I_{макс.р}$). Для окремих електроприймачів $I_{макс.р} = I_{ном}$. Для магістралей $I_{макс.р} = K_o \cdot \sum I_n$. Перевірка перерізу на відповідність захисту: $I_{доп} \geq K_3 I_3$.

Для групової лінії №1 підключення електродвигуна до пускача виконано проводом АПВ4 (1x2,5) з $I_{доп} = 19 A > 3,31 A$. Підключення пускача до розподільчого пункту – кабелем.

3 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

3.1 Розробка принципової електричної схеми

Для забезпечення функціонування електродвигуна подрібнювача-змішувача в модифікаціях ИСК-3А застосовується блок керування РУС-5107-23В2В-54У1. Робота мотор-редуктора вивантажувального транспортера в тій же модифікації ИСК-3А контролюється за допомогою блока РУС 5107-03В2Ж-54У1.

Система керування подрібнювачем-змішувачем ИСК-3А передбачає послідовний запуск електродвигунів вивантажувального транспортера та самого подрібнювача-змішувача. Крім того, здійснюється моніторинг навантаження електродвигуна подрібнювача-змішувача (М2) за допомогою амперметра РА, виконаного у пило-бризкозахищеному варіанті. Захист силових кіл від струмів короткого замикання забезпечується автоматичними вимикачами QF1 та QF2, а кіл керування – плавкими запобіжниками FUI – FU4. Електродвигуни захищені від перевантаження тепловими реле КК1 та КК2. Кінцевий вимикач SQ призначений для запобігання активації електродвигуна подрібнювача при від'єднаному приймальному бункері.

Блоки керування подрібнювачем-змішувачем монтуються на вертикальній поверхні на відстані не менше ніж 1,5 метра від агрегату. Допустиме відхилення від вертикалі в будь-якому напрямку не повинно перевищувати 3°. Підключення кабелів до блоків та електродвигунів здійснюється через герметичні сальники. Корпуси блоків керування, електродвигунів та кінцевого вимикача підлягають заземленню.

В процесі налагодження кіл керування перевіряється правильність послідовного запуску електродвигунів, функціонування нульової блокіровки пускачів, а також автоматичне вимкнення електродвигуна подрібнювача-змішувача при знятті приймального бункера.

3.2 Розробка монтажної схеми

Монтажна схема є інструментом, що візуалізує спосіб з'єднання різних механізмів, апаратів та їхніх компонентів.

Створення монтажних схем базується на принципових електричних схемах. Ці схеми використовуються як під час монтажу обладнання, так і в процесі його подальшої експлуатації. Існує три основні методи виконання монтажних схем: графічний, табличний та адресний. Серед них адресний метод є найбільш вживаним.

Адресний (зустрічний) метод полягає у тому, що лінії зв'язку між окремими елементами апаратів не відображаються, а замість цього вказуються їхні адреси.

Нижче наведено основні правила оформлення монтажних схем:

1. Схема з'єднань розробляється окремо для кожного щита, пульта або станції керування.

2. На монтажній схемі повинні бути відображені всі типи апаратів, приладів та обладнання, що були включені до принципової схеми.

3. Позиційні позначення всіх елементів, наявних на принциповій електричній схемі, повинні бути перенесені на монтажну схему.

4. Схема з'єднань виконується без дотримання масштабу для всіх панелей та сторін щита, на яких розміщується обладнання та клемні колодки.

5. У межах контуру кожної панелі (без масштабу) за допомогою прямокутників схематично зображуються всі апарати, встановлені на цій панелі. У середині цих прямокутників графічними символами показуються всі елементи апарата, задіяні у даній схемі. Маркування затискачів здійснюється зліва направо та зверху вниз.

6. Над кожним зображеним апаратом за допомогою дроби вказується його панельний номер. Чисельник дроби складається з двозначного номера монтажної панелі (01-99) та двозначного порядкового номера апарата на цій панелі (01-99). У знаменнику зазначається умовне літерне позначення апарата відповідно до принципової електричної схеми.

7. Клемним колодкам на панелі присвоюється умовне позначення ХТ.

3.3 Розробка схеми підключень

З'єднання щита керування з зовнішнім електрообладнанням виконано в сталій трубі проводом типу ПВ і кабелем ВВП. Приєднання щита до мережі виконано кабелем типу ВВП 4 x 10 який прокладено в землі.

Площі поперечного перерізу кабелю, кількість струмоведучих жил та спосіб монтажу вказано на рис. 3.1.

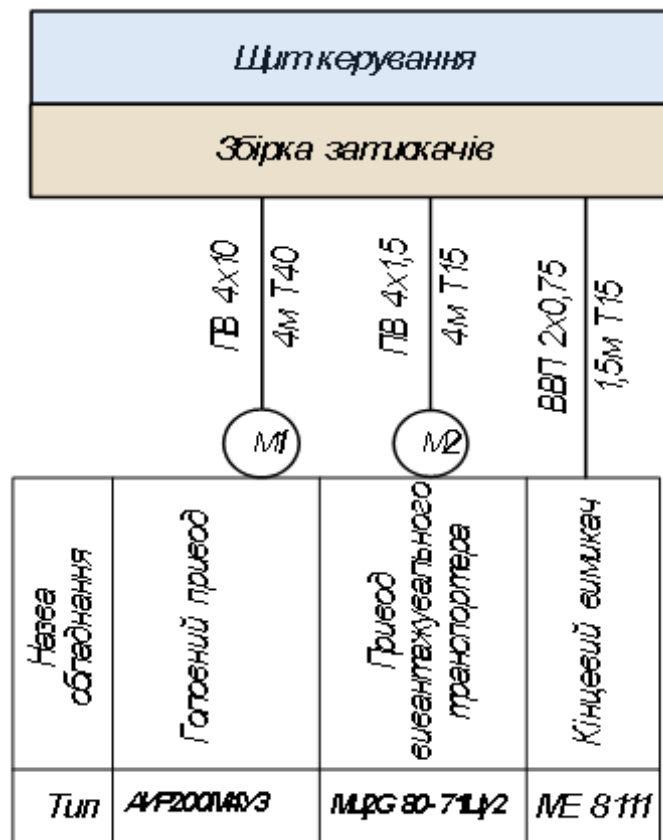


Рисунок 3.1 – Схема зовнішніх підключень до щита керування

3.4 Проектування щита керування

Апарати керування і захисту електродвигунів змонтовані в ящику керування, який встановлюється на спеціальному стояку. Схемою керування передбачено пуск і зупинка двигунів приводу дробарки, а також захист від перевантажень, коротких замикань та ступінь завантаження.

Передбачаємо, що щит буде з одностороннім обслуговуванням, однодверним, навісного виконання каркасного типу МК 450x405x200 IP54.

Комутаційні та захисні апарати (QF, КМ і КК) розміщуємо на внутрішній панелі в ряд на DIN рейку в 2 ряди. Під ними розміщено збірку затискачів горизонтального розташування.

На дверях в верхній частині горизонтально розташовано сигнальні лампи НЛ та амперметр, рядком нижче запобіжники в колах керування FU. Вертикально по осі змонтовано кнопки SB.

Загальний вигляд щита керування зображено на рис. 3.2.

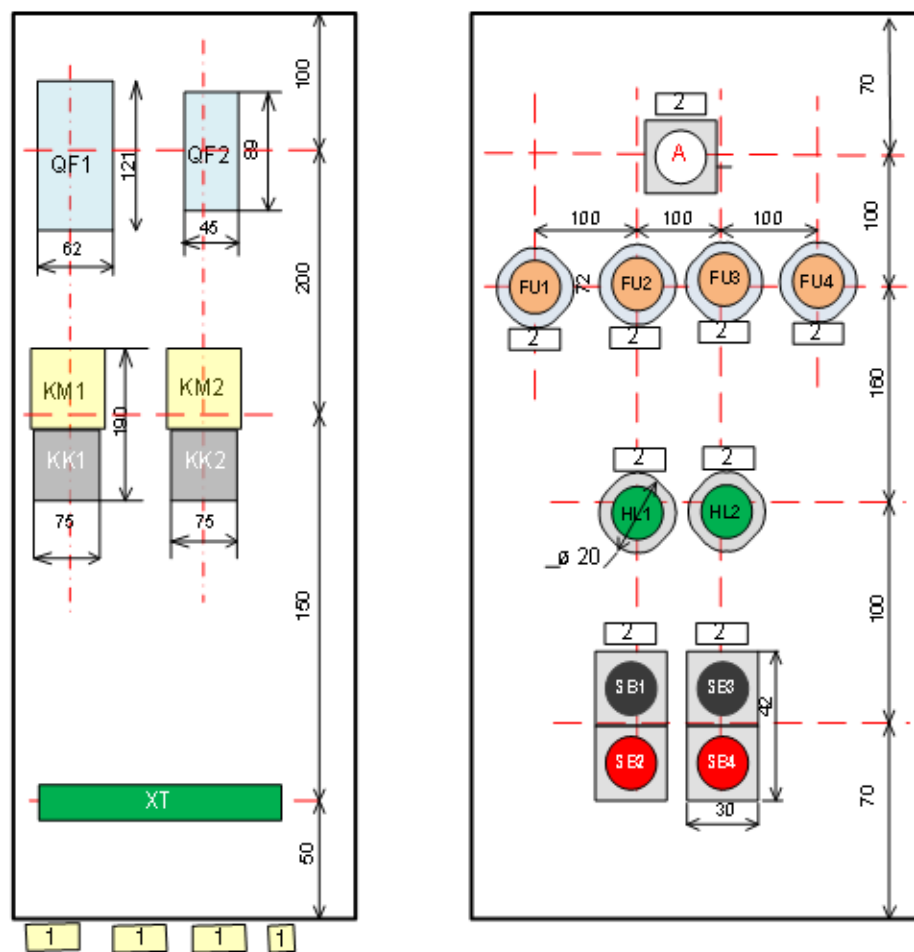


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд щита керування: 1 – кабельні виводи; 2 – рамка для напису

4 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ

4.1 Електричний розрахунок повітряної лінії напругою 380/220 В

Визначення допустимої втрати напруги і вибір оптимальної надбавки силового трансформатора. Для проектованої електричної мережі, відповідно до вимог ГОСТ 13109 та внесених до нього змін (§1 і 2), встановлюються допустимі межі коливань напруги у споживачів: від -7,5% при максимальному (100%) навантаженні до +7,5% при мінімальному (25%) навантаженні.

Для аналізу допустимих втрат напруги в лініях електропередачі розробляється розрахункова схема мережі (рисунок 4.1).

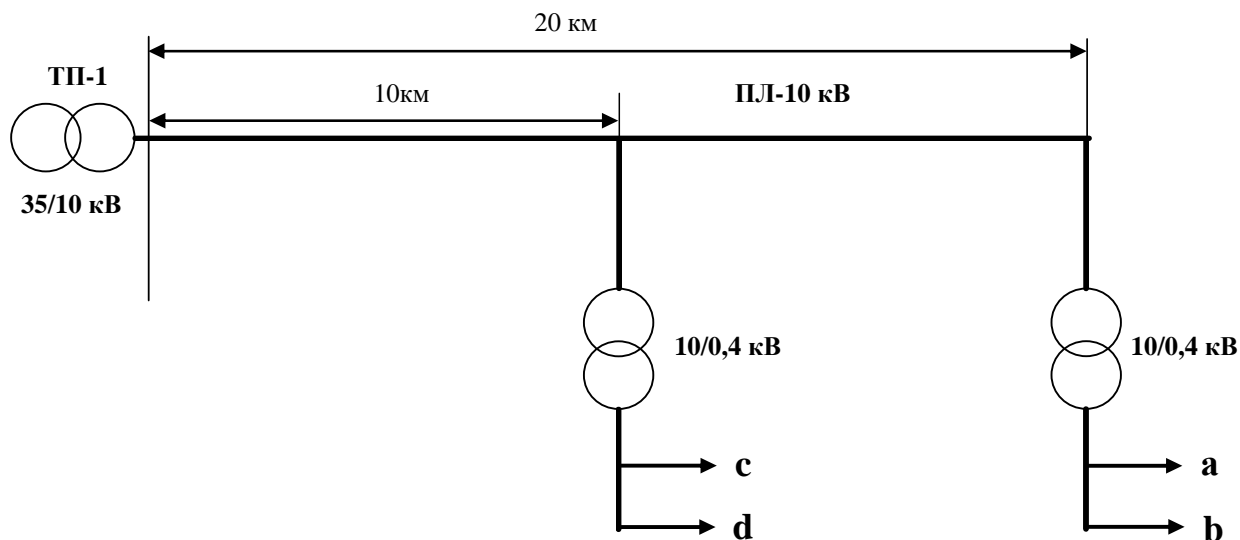


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема для визначення допустимої втрати напруги в лініях

За результатами проведеного обстеження, на шинах 10 кВ підстанції 35/10 кВ рівень напруги становить 0% при 25% навантаженні та +5% при 100% навантаженні.

Стале підвищення напруги в трансформаторі найбільш віддаленої трансформаторної підстанції (ТП-3) приймається на рівні +10%. Втрати напруги

в цьому трансформаторі оцінюються як -4% при 100% навантаженні та -1% при 25% навантаженні. Визначимо величину втрат напруги в лініях 10 кВ та 0,4 кВ:

Максимально допустима сумарна втрата напруги ($\Delta U_{\text{доп}100\%ТП}$) розраховується як сума відхилень напруги на шинах 10 кВ, надбавки напруги в трансформаторі та допустимого відхилення напруги у споживача при максимальному навантаженні:

$$\Delta U_{\text{доп}100\%ТП} = +5 + 10 - 4 - (-7,5) = 18,5\%. \quad (4.1)$$

Згідно з галузевими нормативно-технічними документами (НТПС-95), допустимі втрати напруги в лінії 10 кВ не повинні перевищувати 60-65% від сумарних втрат у лініях 10 кВ та 0,38 кВ. У зв'язку з цим, приймаємо втрату напруги в лінії 10 кВ на рівні 10%, що визначає допустиму втрату напруги в мережі 0,38 кВ як:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 18,5 - 10 = 8,5\%. \quad (4.2)$$

Враховуючи додаткові втрати у внутрішній проводці для ліній 0,38 кВ, остаточно допустима втрата напруги становить:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 8,5 - 2,5 = 6\%. \quad (4.3)$$

Дані, отримані під час розрахунку, заносимо до додатку.

При мінімальному (25%) навантаженні втрата напруги в лінії 0,38 кВ приймається рівною нулю. Відхилення напруги на затискачах найближчого споживача, підключеного до ТП-2, складе:

$$\Delta U_{25\%} = 10 - 1 - 2,5 = 6,5\%. \quad (4.4)$$

Оскільки розраховане відхилення не перевищує встановлених допустимих значень, обрана надбавка напруги є коректною.

Визначимо втрату напруги в лінії 10 кВ до проекрованої підстанції при максимальному навантаженні, враховуючи, що втрата в 10% відповідає довжині лінії в 20 км:

$$\begin{aligned} 10\% - 20\text{км}; & \quad x - 10 \text{ км}; \\ x = 100 \cdot 20 / 10 = 5\% & \quad (4.5) \end{aligned}$$

Приймаємо надбавку напруги в трансформаторі проекрованої ТП-1 на рівні 7,5%. Визначаємо допустиму втрату напруги в мережі 0,38 кВ цієї підстанції:

$$\Delta U_{\text{проект}} = +5 + 7,5 - 4 - 2,5 - (-7,5) = 13,5\%. \quad (4.6)$$

Втрата напруги в зовнішній мережі 0,38 кВ:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 13,5 - 2,5 = 11\%. \quad (4.7)$$

При мінімальному (25%) навантаженні відхилення напруги у найближчого споживача, підключеного до проекрованої ТП-1, становитиме:

$$\Delta U_{25\%} = +7,5 - 1 - 0,5 = +6\%. \quad (4.8)$$

Отримане відхилення знаходиться в межах допустимих значень. На основі проведених розрахунків визначено допустиму втрату напруги в лінії 0,38 кВ:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 11 \%. \quad (4.9)$$

Вибір проводів повітряної лінії напругою 380/220 В. При проектуванні мереж електропостачання для сільських споживачів необхідно враховувати ряд обов'язкових вимог. Зокрема, всі споживачі в сільській місцевості повинні житися напругою 380/220 В із заземленою нейтраллю. Сама лінія виконується п'ятипроводною, включаючи три фазні провідники, один нульовий та один провідник для живлення освітлення.

У випадках невеликого навантаження та відсутності електродвигунів допускається проектування відгалужень з двома (1ф+0) або трьома (2ф+0) провідниками. Для ліній з перерізом провідників 25 мм² і більше економічно доцільно використовувати повнофазну (3ф+0) схему. Важливою вимогою для ліній, що живлять тваринницькі будівлі, є рівність провідності нульового та фазних провідників, незалежно від марки провідника. Втрати напруги в кінці лінії не повинні перевищувати встановлені допустимі значення. Також слід прагнути до мінімізації кількості різних типів використовуваних провідників.

Як було зазначено раніше, допустима втрата напруги для проекрованої повітряної лінії 0,38 кВ не повинна перевищувати 11%.

Вибір оптимального перерізу провідників здійснюється на основі мінімізації приведених річних витрат. Розрахункові значення навантажень для кожної ділянки мережі визначаються з таблиці підрахунку навантажень.

Повна розрахункова потужність (S) на кожній ділянці визначається за формулою:

$$S = P / \cos \varphi \quad (4.9)$$

де P – розрахункова активна потужність на ділянці;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності.

Для кожної ділянки мережі визначається еквівалентна потужність ($S_{\text{екв}}$), що враховує динаміку зростання навантажень:

$$S_{\text{екв}} = k_{\text{д}} \cdot S, \quad (4.10)$$

де k_d – коефіцієнт, який враховує динаміку росту навантажень $k_d = 0,7$.

S – розрахункова потужність на ділянці.

На основі розрахованої еквівалентної потужності для кожної ділянки, використовуючи таблиці інтервалів економічних навантажень, здійснюється вибір основної марки та перерізу провідників.

Розглянемо приклад розрахунку для ділянки ТП–2, де розрахункова активна потужність вдень ($P_{дТП-2}$) становить 16 кВт, а ввечері ($P_{вТП-2}$) – 18,2 кВт.

Відповідні повні розрахункові потужності становлять:

$$S_{дТП-2} = P_{дТП-1} / \cos\varphi = 16 / 0,75 = 21,3 \text{ кВА.} \quad (4.11)$$

$$S_{вТП-2} = P_{вТП-1} / \cos\varphi = 18,2 / 0,85 = 21,4 \text{ кВА} \quad (4.12)$$

Еквівалентні потужності для цієї ділянки складають:

$$S_{екв.д.ТП2} = K_d S_{вТП-2} = K_d S_d = 0,7 \cdot 21,3 = 14,91 \text{ кВА} \quad (4.13)$$

$$S_{екв.в.ТП-2} = K_d S_{дТП-2} = K_d S_{вТП-2} = 0,7 \cdot 21,4 = 14,98 \text{ кВА} \quad (4.14)$$

За більшим із отриманих значень еквівалентної потужності, використовуючи довідкову літературу [11, с. 118], обирається провід типу AsXSn з площею поперечного перерізу фазних та нульової несучої жил 25 мм², а також допоміжної жили 25 мм² для живлення вуличного освітлення. Аналогічні розрахунки проводяться для всіх інших ділянок мережі.

Обраний провід перевіряється на відповідність допустимим втратам напруги. Втрата напруги (ΔU) на кожній ділянці визначається за формулою:

$$\Delta U = \Delta U_{пит} \cdot S \cdot 1 \cdot 10^{-3} \quad (4.15)$$

де $\Delta U_{пит}$ – питомі втрати напруги для вибраних проводів % на $1\text{кВА} \cdot 10^{-3}$;

S – розрахункова потужність на ділянці, кВА;

l – довжина розрахункової ділянки, м.

Наприклад, для ділянки ТП-2:

$$\begin{aligned}\Delta U &= \Delta U_{\text{пит}} \cdot S_{\text{дТП-2}} \cdot l_{\text{ТП-2}} \cdot 10^{-3} & (4.16) \\ \Delta U &= 0,881 \cdot 21,3 \cdot 23 \cdot 10^{-3} = 0,43\%.\end{aligned}$$

Аналогічно розраховуються втрати напруги для інших ділянок, і результати фіксуються в таблиці 2.17. Загальна втрата напруги від початку лінії визначається шляхом послідовного додавання втрат на відповідних ділянках. В результаті розрахунків отримано: для лінії Л-1 $\Delta U = 8,75\%$, для Л-2 $\Delta U = 0,43\%$, для Л-3 $\Delta U = 0,89\%$. Отримані значення втрат напруги не перевищують допустимого значення $\Delta U_{\text{доп}} = 11\%$.

Повна розрахункова потужність у провіднику освітлення (S_{ϕ}) визначається за формулою:

$$S_{\phi} = P_{\phi} / \cos\phi = 1,75 / 0,9 = 2,5 \text{ кВА.} \quad (4.17)$$

де P_{ϕ} – розрахункова потужність фазного проводу на ділянці, кВт;

$\cos\phi$ – коефіцієнт потужності світильників з лампами ДРЛ $\cos\phi = 0,9$.

Вибір потужності силового трансформатора. Визначення необхідної потужності трансформатора здійснюється шляхом підсумовування максимальних навантажень основних ділянок лінії 380/220 В.

Розрахункова потужність денного максимуму визначається як сума повних потужностей денного навантаження на кожній з основних ліній (Л-1, Л-2, Л-3):

$$\begin{aligned}S_{\text{роз.д}} &= S_{\text{д.Л-1}} + S_{\text{д.Л-2}} + S_{\text{д.Л-3}} & (4.18) \\ S_{\text{роз.д}} &= 79,4 + 21,3 + 113 = 213,4 \text{ кВА.}\end{aligned}$$

Сумарна потужність зовнішнього освітлення становить:

$$\sum S_{\phi} = 2,5 \text{ кВт.}$$

Розрахункова потужність вечірнього максимуму обчислюється як сума повних потужностей вечірнього навантаження на лініях Л-1 та Л-2, денного навантаження на лінії Л-3 та сумарної потужності зовнішнього освітлення:

$$\begin{aligned} \sum S_{\text{роз.в}} &= S_{\text{в.Л-1}} + S_{\text{в.Л-2}} + S_{\text{д.Л-3}} + \sum S_{\phi} \\ \sum S_{\text{роз.в}} &= 44,9 + 21,4 + 74,5 + 2,5 = 143,3 \text{ кВА} \end{aligned} \quad (4.19)$$

На основі отриманого значення приймаємо до встановлення трансформатор типу ТМ-250 з наступними технічними характеристиками: номінальна потужність $S_N=250$ кВА; номінальна напруга $U_N=10/0,4$ кВ; опір трансформатора, зведений до напруги 0,4 кВ, $Z_T=0,144$ Ом; втрата потужності холостого ходу – 0,74 кВт; втрата потужності короткого замикання – 3,7 кВт; напруга короткого замикання – 4,5 %.

Для встановлення обраного трансформатора приймаємо комплектну трансформаторну підстанцію типу КТП-250/10/0,4-90-У1.

4.2 Вибір апаратів захисту ПЛ-0,38 кВ і перевірка чутливості захисту

Для захисту лінії приймаємо автоматичні вимикачі серії ВА51-29-14. Номінальний струм автоматичного вимикача вибираємо із умови:

$$I_{\text{навт}} \geq I_p$$

де I_p – розрахунковий струм лінії.

Номінальний струм розчіплювача приймаємо за умовою:

$$I_{\text{н роз}} \geq I_p$$

Після вибору автоматичного вимикача перевіряємо його при однофазному короткому замиканні.

Відповідно з ПУЕ в установках напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю для забезпечення швидкого спрацювання захисту струм однофазного короткого замикання повинен бути не менше ніж у 1,4 рази більше номінального струму розчіплювача при номінальному струмі автомата до 100 А, і не менше ніж в 1,25 рази більше при номінальному струмі автомата вище 100 А.

Виконуємо вибір автоматичного вимикача для захисту лінії. Розрахунковий струм лінії:

$$I_{р.Л-2} = S_{д.ТП-1} / (\sqrt{3} \cdot U_{мер}) = 21,3 \cdot 103 / (\sqrt{3} \cdot 380) = 32,4 \text{ А} \quad (4.20)$$

Для захисту приймаємо автоматичний вимикач ВА51-29-14, $I_{ном.авт} = 63 \text{ А}$, $I_{ном.роз} = 40 \text{ А}$.

$63 \text{ А} > 32,4 \text{ А}$; $40 \text{ А} > 32,4 \text{ А}$. Умови виконуються.

Перевіряємо мережу на спрацювання захисного апарату при однофазному короткому замиканні.

Для визначення струму короткого замикання лінії Л-2 складаємо розрахункову схему.

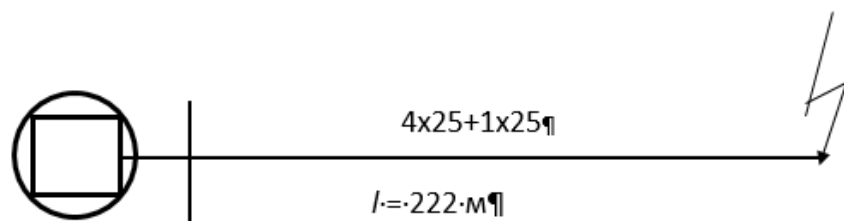


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема для визначення струму однофазного короткого замикання у лінії Л-2

Струм однофазного короткого замикання:

$$I_{(1)кз} = U_{\phi} / \left(\frac{z_m^{(1)}}{3} + z_{\Pi} \right), \quad (4.21)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга, В;

$z_m^{(1)}$ – опір трансформатора струму однофазного короткого замикання, Ом;

Повний опір трансформатора струму однофазного короткого замикання можна визначити за формулою:

$$z_m^{(1)} = \frac{26}{S_{ном}}, \text{ Ом} \quad (4.22)$$

де $S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора, кВ·А

$$z_m^{(1)} = \frac{26}{250} = 0,104 \text{ Ом}$$

z_{Π} – опір петлі фаза-нуль, Ом;

$$z_{\Pi} = 2 \cdot l \cdot \sqrt{r_0^2 + x_0^2}, \quad (4.23)$$

де l – довжина ділянки, км;

r_0 , x_0 – відповідно активний та індуктивний опір проводу, Ом/км, для проводу А_сХSn перерізом 70 мм² $r_0 = 0,444$ Ом/км; $x_0 = 0,097$ Ом/км.

Згідно розрахункової схеми опір петлі фаза-нуль:

$$z_{\Pi} = 2 \cdot l \cdot \sqrt{r_0^2 + x_0^2}, \quad (4.24)$$

$$z_{\Pi} = 2 \cdot 0,222 \cdot \sqrt{0,444^2 + 0,097^2} = 0,199 \text{ Ом}$$

Струм однофазного короткого замикання:

$$I_{(1)кз} = 220 / (0,104/3 + 0,199) = 956 \text{ A.} \quad (4.25)$$

$$956 \text{ A} > 40,5 I_{роз} = 1,25 \cdot 32,4 = 40,5 \text{ A.}$$

Умова виконується.

Аналогічно вибираємо автоматичні вимикачі для інших ліній.

Отже, в результаті розрахунку цього розділу було вибрано трансформатор ТМ–250, перевірено мережі на коливання напруги під час запуску короткозамкнених двигунів. Вибрано апарати захисту для ПЛ-0,38 кВ і перевірено чутливості захисту.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У сучасних умовах ведення аграрного виробництва питання охорони праці мають надзвичайну важливість. Підвищені вимоги до безпеки виникають особливо при роботі з електроустановками, що функціонують у специфічному середовищі молочно-товарного комплексу. Наявність тварин, висока вологість, пил, агресивні пари (аміак, метан), а також постійна присутність обслуговуючого персоналу створюють сукупність небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які необхідно враховувати при проєктуванні, реконструкції та експлуатації електросистем.

Відповідно до вимог Законів України «Про охорону праці», «Про електроенергетику», «Про пожежну безпеку», а також ДБН, ДСТУ та міжгалузевих норм охорони праці, при реконструкції електрифікації молочно-товарного комплексу повинна бути реалізована система комплексного захисту персоналу, обладнання та довкілля.

Нормативна база з охорони праці. Усі заходи з охорони праці в рамках дипломного проєкту базуються на таких нормативно-правових актах:

- Закон України «Про охорону праці»;
- Закон України «Про електроенергетику»;
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ);
- Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС);
- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС);
- Державні санітарні норми щодо мікроклімату, освітлення та шуму на робочих місцях;
- ДСТУ EN ISO 12100:2014 «Безпека машин. Загальні принципи проєктування».

Знання і дотримання вказаних документів є обов'язковим при плануванні і реалізації реконструкції електросистем об'єкта.

Ідентифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Під час виконання електромонтажних робіт та подальшої експлуатації електроустановок

працівники можуть зазнати дії таких небезпечних і шкідливих чинників, що наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Небезпечні та шкідливі чинники

Категорія	Фактор	Потенційний вплив
Фізичні	Ураження електричним струмом	Опіки, фібриляція серця, смерть
Фізичні	Пожежа або вибух	Матеріальні збитки, травмування персоналу
Фізичні	Шум від електродвигунів	Погіршення слуху, підвищена втомлюваність
Хімічні	Пари аміаку, сірководню	Отруєння, подразнення слизових
Механічні	Контакт з обертовими частинами	Травми рук, ніг
Ергономічні	Надмірні фізичні навантаження	Захворювання опорно-рухового апарату
Психофізіологічні	Напружений режим праці	Перевтома, неуважність

Окрему увагу слід звернути на взаємодію електрообладнання з агресивними середовищами – волога, пил, конденсат, що можуть призводити до коротких замикань або корозії струмопровідних елементів.

Заходи електробезпеки. Основною запорукою безпеки при експлуатації електроустановок є правильне проектування, дотримання вимог технічної експлуатації та наявність організаційних заходів. У межах реконструкції передбачено:

- використання вологозахищеного обладнання (ступінь захисту IP44–IP65);
- монтаж електрощитів у окремих приміщеннях із сухим мікрокліматом;
- застосування диференційного захисту (УЗО) з номіналом 30 мА;
- організація надійного повторного заземлення всіх установок;
- маркування кабельних ліній та комутаційних апаратів відповідно до ПУЕ;
- передбачення системи захисту від перенапруг і блискавки.

Працівники, які здійснюють обслуговування, повинні мати відповідну групу допуску (не нижче II за електробезпекою), пройти медогляд, вступний і повторний інструктаж.

Пожежна безпека. Пожежна безпека молочно-товарного комплексу забезпечується такими заходами:

- встановлення автоматичних вимикачів, що захищають від короткого замикання та перевантаження;
- монтаж розеток та розподільчих щитів на висоті не менше 1,5 м над рівнем підлоги;
- використання кабельної продукції з оболонкою, що не підтримує горіння;
- розміщення вогнегасників типу ВВК-5 біля електрощитового обладнання та на входах у приміщення;
- наявність системи пожежної сигналізації;
- навчання персоналу діям у разі пожежі;
- розміщення планів евакуації на видимих місцях.

Обов'язково передбачено щорічне проходження інструктажу з пожежної безпеки працівниками.

Засоби індивідуального захисту. Персонал забезпечується відповідними ЗІЗ відповідно до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Засоби індивідуального захисту

Засіб	Призначення
Діелектричні рукавички	Захист рук від струму
Діелектричні боти/килимки	Ізоляція від струмопровідних поверхонь
Каска	Захист голови від механічних ушкоджень
Комбінезон з антистатичними властивостями	Захист від пилу, електричних полів
Захисні окуляри	При роботі з болгарками, дрилем
Респіратори	При прибиранні пилу або роботі з хімічними речовинами

Працівники повинні пройти інструктаж з правильного використання ЗІЗ та зберігати їх у спеціальних шафах.

Організаційні заходи з охорони праці. Реалізація заходів з охорони праці передбачає:

- призначення відповідального за електрогосподарство (з групою V);
- розробку інструкцій з охорони праці для кожного виду робіт;
- ведення журналу реєстрації інструктажів;
- здійснення періодичних перевірок знань з охорони праці;
- проведення навчань з евакуації та надання домедичної допомоги;
- страхування працівників згідно з чинним законодавством.

6 ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Мета та значення екологічної експертизи. Екологічна експертиза є важливою складовою інженерного проектування, що спрямована на забезпечення екологічної безпеки техногенних об'єктів. У межах реконструкції електрифікації молочно-товарного комплексу особливого значення набуває попередження можливих негативних впливів на довкілля, з урахуванням специфіки виробництва, агроєкосистеми та взаємодії інженерних рішень із природними факторами. Метою екологічної експертизи є аналіз проєктних рішень на предмет відповідності екологічним нормам, ідентифікація потенційно небезпечних впливів на компоненти довкілля, а також розробка заходів щодо їх запобігання або мінімізації.

Законодавчим підґрунтям для проведення екологічної оцінки є:

- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
- Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (ОВД);
- Закон України «Про екологічну експертизу»;
- ДСТУ ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління»;
- Водний кодекс України;
- Земельний кодекс України;
- Санітарні правила і норми (СанПіН), ДБН, ГН та інші.

Загальна характеристика об'єкта реконструкції. Молочно-товарний комплекс є об'єктом підвищеної екологічної чутливості через поєднання біологічних, технічних та енергетичних компонентів. Його функціонування передбачає:

- використання електроенергії для приводу насосів, вентиляторів, доїльного та охолоджувального обладнання;
- освітлення та клімат-контроль у приміщеннях для тварин;
- можливість виникнення відходів (у вигляді відпрацьованих ламп, мастил, кабелів тощо);

- періодичні заміни обладнання, що потребують демонтажних і монтажних робіт.

Реконструкція електросистем передбачає заміну або модернізацію електричних мереж, щитового обладнання, автоматизацію систем керування, підвищення енергоефективності та впровадження відновлюваних джерел енергії (за наявності), що сприятиме зменшенню екологічного навантаження на довкілля.

Аналіз впливів реконструкції на довкілля. Вплив на атмосферне повітря. Реконструкція електрифікації не передбачає прямого забруднення атмосфери, однак супутні процеси можуть мати непрямий вплив:

- використання будівельної техніки (двигуни внутрішнього згоряння);
- утворення пилу під час земляних робіт;
- локальні викиди парів мастильних матеріалів при монтажі або ремонтах трансформаторів.

- Ці впливи є короткочасними та локальними, за умови дотримання будівельних норм і правил не становлять суттєвої загрози атмосферному середовищу. Застосування пилопригнічення, справної техніки та герметизації місць зберігання масел дозволяє уникнути забруднення.

Вплив на водні ресурси. Комплекс не має безпосереднього контакту з поверхневими водними об'єктами. Однак ризик потрапляння забруднень у ґрунтові води наявний у випадках:

- аварійного витоку трансформаторного масла;
- порушення гідроізоляції під час земляних робіт;
- неналежного зберігання рідких відходів (фарби, мастила тощо).

Проектом передбачено:

- облаштування майданчиків з гідроізоляційним покриттям;
- дренажні системи для збору та відведення дощових і талих вод;
- обладнання складських приміщень герметичними ємностями для зберігання технічних рідин;
- маркування та облік усіх небезпечних рідин.

Вплив на ґрунти та земельні ресурси. Під час монтажу нових кабельних ліній відбувається часткове порушення ґрунтового покриву. З метою мінімізації негативного впливу:

- верхній шар ґрунту зберігається для подальшого повернення;
- роботи проводяться у межах санітарно-захисної зони підприємства;
- відновлення зелених насаджень після завершення будівництва.

Загалом реконструкція не передбачає збільшення площі забудови, тому не спричиняє зменшення сільськогосподарських угідь.

Вплив на біосферу та тварин. Прямий вплив електрообладнання на тваринницький сектор може проявлятися у вигляді:

- електромагнітного випромінювання;
- шуму та вібрації;
- освітлення (частота пульсацій, яскравість);
- впливу низькочастотних струмів («блукаючі струми»).

Впроваджуються заходи:

- екранування кабелів та обмеження довжини повітряних ліній;
- використання безшумного електрообладнання;
- встановлення LED-освітлення без ефекту мерехтіння;
- обов'язкове заземлення металевих частин і контроль потенціалів.

Доведено, що грамотна електрифікація покращує умови утримання ВРХ (освітлення, вентиляція, автоматизація доїння), що опосередковано знижує навантаження на біосферу.

Вплив на людину. Усі проєктні рішення мають забезпечувати дотримання гранично допустимих рівнів впливів на працівників:

- шум – до 80 дБ;
- освітленість – від 200 лк;
- електромагнітні поля – відповідно до ГН 6.6.1.1-130-2006;
- мікроклімат – у межах оптимальних зон за ДСН 3.3.6.042-99.

Реконструкція передбачає автоматизацію багатьох процесів, що зменшує кількість ручної праці та покращує умови праці.

7 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

Економічне обґрунтування реконструкції електрифікації молочно-товарного комплексу виконується з метою:

- оцінки доцільності технічних рішень;
- аналізу витрат на реалізацію проєкту;
- визначення терміну окупності інвестицій;
- розрахунку економічного ефекту від впровадження енергоефективних технологій.

Обґрунтування охоплює основні капіталовкладення, зміну експлуатаційних витрат і прибутків від підвищення енергетичної ефективності й надійності електропостачання.

Склад капітальних витрат. Загальна кошторисна вартість реконструкції включає витрати, що наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Витрати

№	Найменування витрат	Сума, тис. грн
1	Демонтаж старого обладнання	25,0
2	Придбання трансформатора ТМ-250	120,0
3	Монтаж комплектної трансформаторної підстанції КТП-250	60,0
4	Повітряна лінія 10 кВ (20 км)	320,0
5	Повітряна лінія 0,38 кВ з освітленням	110,0
6	Вентиляційне обладнання (2 вентилятори ВЦ 4-75)	55,0
7	Щити керування, автоматика	65,0
8	Кабельна продукція та силова проводка	95,0
9	Вартість монтажних робіт	130,0
10	Авторський та технічний нагляд	18,0
11	Непередбачені витрати (5%)	50,0
	Разом:	1 058,0 тис. грн

Річні експлуатаційні витрати до та після реконструкції. До реконструкції:

- Середнє річне споживання електроенергії комплексу: 180 тис. кВт·год

- Тариф: 5,6 грн/кВт·год
- Річні витрати: $180\,000 \times 5,6 = 1\,008\,000$ грн

Після реконструкції:

- Зниження втрат електроенергії – орієнтовно на 12%;
- Нове річне споживання: 158 400 кВт·год
- Вартість: $158\,400 \times 5,6 = 887\,040$ грн

Річна економія на електроенергії: $1\,008\,000 - 887\,040 = 120\,960$ грн

Інші економічні ефекти. Зменшення витрат на обслуговування. За рахунок автоматизації (контролери, блоки РУС): -20% від фонду оплати праці електриків.

Річна економія – орієнтовно 30 000 грн

Зниження аварійності. Менше простоїв обладнання => більше надоїв => збільшення продукції ~ +2%/рік.

Прямий прибуток від додаткової реалізації молока: 40 000 грн/рік

Таблиця 7.2 – Окупність та ефективність інвестицій. Сумарна річна економія

Джерело економії	Сума, грн
Економія електроенергії	120 960
Зменшення витрат на обслуговування	30 000
Додатковий прибуток від продукції	40 000
Разом	190 960 грн/рік

Термін окупності:

$$T = \frac{\text{Капітальні витрати}}{\text{Річна економія}} = \frac{1\,058\,000}{190\,960} \approx 5,5 \text{ років}$$

Чиста приведена вартість (NPV) (ставка дисконтування – 10%):

$$NPV = \sum \frac{E_t}{(1+r)^t} - K$$

(розрахунки за 7 років дають $NPV \approx +180$ тис. грн, тобто інвестиція ефективна).

Висновки. Проведене економічне обґрунтування свідчить про доцільність і ефективність реалізації проекту реконструкції електропостачання молочно-товарного комплексу. Основні переваги:

- річна економія понад 190 тис. грн;
- термін окупності – менше 6 років;
- зростання продуктивності за рахунок стабільної роботи обладнання;
- підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат.

Таким чином, проєкт має як технічне, так і економічне обґрунтування та відповідає принципам сталого розвитку агропромислового комплексу.

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті було виконано повний комплекс інженерних, технічних, організаційних та економічних рішень, спрямованих на реконструкцію системи електрифікації молочно-товарного комплексу ТОВ «Велетень». Об'єктом проєктування став діючий тваринницький комплекс, який потребував удосконалення енергопостачання для підвищення ефективності та надійності його роботи.

У рамках роботи проведено:

- техніко-економічну характеристику господарства та об'єкта реконструкції;
- розрахунок і вибір силового електрообладнання, зокрема вентиляційної системи, електродвигунів, автоматичних вимикачів та пускової апаратури;
- розробку принципових, монтажних та підключальних схем систем автоматизації;
- проєктування системи електропостачання з урахуванням допустимих втрат напруги, вибором силового трансформатора, повітряних ліній 10кВ і 0,38кВ;
- оцінку рівня безпеки та заходів охорони праці згідно з чинним законодавством;
- екологічну експертизу з виявленням і мінімізацією потенційного впливу на довкілля;
- економічне обґрунтування доцільності впроваджених рішень.

У результаті реконструкції:

- забезпечено надійне і стабільне електропостачання тваринницьких приміщень;
- підвищено енергоефективність за рахунок зниження втрат електроенергії на 12%;
- досягнуто річної економії понад 190 тис. грн;
- термін окупності проєкту становить менше 6 років;

- знижено рівень аварійності та покращено умови праці персоналу.

Проект відповідає вимогам нормативної документації, принципам безпечної експлуатації, екологічної безпеки та сталого розвитку агропромислового виробництва. Його реалізація дозволить значно підвищити ефективність функціонування комплексу та забезпечить довгостроковий позитивний ефект для підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., перероблене і доповнене (станом на 21.07.2017). – Міненерговугілля України, 2017. – 617 с
2. Електротехнічні матеріали та вироби. Навчальний посібник. Тимофєєв Ігор Олександрович. Лань, 2021, 268 с.
3. О.Ю. Юрченко, Г.В. Барсукова, А.В. Чепіжний, Г.А. Тимошенко // Монтаж електрообладнання і систем керування. Монтаж щитів керування електричними двигунами // Навчально-методичний посібник для здобувачів освіти 2, 1 с.т. курсів спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» інженерно-технологічного факультету денної та заочної форми навчання, СВО «бакалавр». – Суми: СНАУ, 2023. – 144 с.
4. Козирський В.В. Основи електропостачання [Текст] : підручник / В.В. Козирський, С.М. Волошин. – Київ : Компринт, 2021. – 497 с.
5. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.П. Шевчук, О.В. Мейта. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 167с.
6. Давиденко Л.В. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум [Текст]: навчальний посібник / Л.В. Давиденко, Н.В. Коменда, В.А. Давиденко, М.М. Євсюк – Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022.– 244 с.
7. Named Haggi James M. Fenton. Techno-Economic Assessment of Net-Zero Energy Buildings: Financial Projections and Incentives for Achieving Energy Decarbonization Goals. December 2024. DOI:10.48550/arXiv.2412.00874.
8. Xue Wang, Xiaolei Zhang, Jianqi Song (2023). The analysis of solar energy investment, digital economy, and carbon emissions in China Sec. Solar Energy, 11. Available at: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1183857>

9. Chen, X., Song, C., Wang, T. (2022). Analysis of energy losses and energy consumption law in low-voltage zones. *Journal of Physics: Conference Series*, 1(012016). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2022/1/012016>
10. Carr, D., & Thomson, M. (2022). Non-technical energy losses. *Energies*, 15(6), 2218. <https://doi.org/10.3390/en15062218>
11. Lom, M., & Pribyl, O. (2021). Smart city model based on systems theory. *International Journal of Information Management*, 56, 102092.
12. Humayun, M., Alsaqer, M. S., & Jhanjhi, N. (2022). Energy optimization for smart cities using iot. *Applied Artificial Intelligence*, 36(1), 2037255.
13. Ullah, Z., Naeem, M., Coronato, A., Ribino, P., & De Pietro, G. (2023). Blockchain applications in sustainable smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 97, 104697.
14. Васи́лець С., Васи́лець К., Ільчук В. Оцінювання точності вузла обліку електроенергії при зниженому струмі навантаження. *Modeling, Control and Information Technologies* 2024-12-07. Journal article DOI: [10.31713/MCIT.2024.020](https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.020)
15. Vasylets, S., & Vasylets, K. (2019). Refinement of the mathematical model of frequency converter cable branch with a singlephase short circuit. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(9 (100), 27–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176571>
16. Kholiddinov I. Kh, Musinova Gulasalkhon, Yulchiev M.E., et al. Modeling of calculation of voltage unbalance factor using Simulink (Matlab) // *The American Journal of Engineering And Techonology*. 2020. V.2. № 10. pp. 33-37.
17. Вовк О.Ю. Метод періодичного діагностування асинхронних двигунів/ О.Ю. Вовк, Л.М. Безменнікова, С.О. Квітка // *Праці ТДАТУ*. – 2010. - № 10, Т4. - С. 39-46.
18. Somka O, M. Zagirnyak, V. Prus. Reliability Models of Electric Machines with Structural Defects Proceedigs 2015 16th International Conference on “Computational Problems of Electrical Engineering” CPEE–2015, – Lviv, Ukraine, 2015. – p. 249-251.

19. Somka O., M. Zagirnyak, V. Prus, The methods for accounting the degree of electric machines aging in the assessment of their reliability 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) – Kremenchuk, Ukraine, 2019. – P.194-197
20. Billinton and Ronald N. Allan, “Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques”, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin 181 (Germany), 2008. – 342 p.
21. Matlab, Getting Started Guide, R2011b. The MathWorks, Inc., 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098, USA, 276 p.
22. Сьомка О. О., В. В. Прус Комп'ютеризований діагностичний комплекс для випробувань електричних машин на надійність Науковопрактичний журнал «Електротехніка і електромеханіка» – Харків: Національний технічний університет «ХПІ», 2015. – Вип. 3/2015 – Ст. 27–30.
23. Сьомка О. О., В.В. Прус, С.Є. Дзеніс Обґрунтування впливу процесу старіння на електричні та магнітні властивості шихтованих осердь електричних машин Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Серія: Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії – Х. : НТУ „ХПІ”. - 2016. - № 11 (1183) 2016 – С. 115-122.
24. M. Zagirnyak, V. Prus, Siomka O. Electric machine reliability prediction models taking into account the state of major structural components Proceedings of the abstracts the 15th International Conference on “Computational Problems of Electrical Engineering” CPEE–2014, – Terchova – Vratna dolina, Slovak Republic, 2014. – P. 57
25. O. Somka, V. Prus, A. Nikitina Somka O. The determination of the condition of the windings of electric machines with long mean-time-between failures 2017 International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) – Kremenchuk, 2017. – P. 164-167.
26. M. Zagirnyak, A. Kalinov, and Zh. Romashykhina, “Decomposition of electromotive force signal of stator winding in induction motor at diagnostics of the

rotor broken bars”, Scientific Bulletin of National Mining University, issue 4(154), 2016, pp. 54–61.

27. В. В. Прус, Сьомка О. О. Зміна властивостей електротехнічної сталі під впливом теплових та механічних факторів / Збірник наукових праць XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 8-9 квітня 2015 р. – Кременчук, КрНУ, 2015. – С. 229-230.

28. Somka O. The use of the thermal image control in the current monitoring of electric machines / M. Zagirnyak, V. Prus, O. Somka // Book of digests the 7th Symposium on Applied Electromagnetics SAEM'2018. – Podčetrtek, Slovenia, 2018. – P. 9–10.