

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулога
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту (декан факультету)

Завідувач кафедри

_____ Сергій Блаженко
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Сергій Балюта
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»

на тему: «Розробка СЕП ТОВ «Колос» Мукачівського району та системи контролю навантаження та температури масла силового трансформатора»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ-5-7 ск _____

_____ Лашкай Дмитро Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Чорний Юрій Аркадійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Балюта С.М./

« » 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Лашкай Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи Розробка СЕП ТОВ «Колос» Мукачівського району та системи контролю навантаження та температури масла силового трансформатора
керівник роботи доц. Чорний Юрій Аркадійович
затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» 11.2022 р. № 809-кС
- Строк подання здобувачем роботи 25 січня 2023 року.
- Вихідні дані до роботи План корівника у Мукачівському районі; характеристика споживачів електричної енергії; відомості про джерела живлення; умови проектування
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Характеристика господарства та об'єкта проектування; розрахунок і вибір технологічного обладнання, потужності електродвигунів, освітлення, апаратів захисту і керування, внутрішньої електричної мережі; вибір розподільчих пунктів і щитів керування; розробка принципової схеми керування процесом доїння; складання добового графіка електронавантаження об'єкта і вибір силового трансформатора; перевірка захисних апаратів на спрацювання при струмах однофазного короткого замикання; перевірка можливості запуску найбільш потужного електродвигуна по допустимому зниженню напруги на його затискачах; спецпитання «Системи контролю навантаження та температури масла силового трансформатора»; розділ «Охорона праці»
- Перелік графічного матеріалу
1. Схема розміщення силового електрообладнання. 2. Розрахункова таблиця-схема силової мережі. 3. Схема освітлювальної мережі. 4. Світлотехнічна відомість. 5. Принципова схема керування процесом доїння.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	доц. Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проєкт	11.11.2022 р	
2	Вступ	13.11.2022 р	
3	Характеристика господарства та об'єкта проектування	16.11.2022 р	
4	Розрахунок і вибір технологічного обладнання	20.11.2022 р	
5	Розрахунок і вибір потужності електродвигунів	24.11.2022 р	
6	Розрахунок освітлення	28.11.2022 р	
7	Розрахунок і вибір апаратів захисту і керування	03.12.2022 р	
8	Розрахунок і вибір внутрішньої електричної мережі	07.12.2022 р	
9	Вибір розподільчих пунктів і щитів керування	14.12.2022 р	
10	Розробка принципової схеми керування процесом доїння	18.12.2022 р	
11	Складання добового графіка електронавантаження об'єкта і вибір силового трансформатора	22.12.2022 р	
12	Перевірка захисних апаратів на спрацювання при струмах однофазного короткого замикання	28.12.2022 р	
13	Перевірка можливості запуску найбільш потужного електродвигуна по допустимому зниженню напруги на його затискачах	03.01.2023 р	
14	Специтання «Системи контролю навантаження та температури масла силового трансформатора»	06.01.2023 р	
15	Охорона праці	08.01.2023 р	
16	Список літератури	11.01.2023 р	
17	Оформлення графічної частини проєкту	20.01.2023 р	
18	Оформлення пояснювальної записки проєкту	24.01.2023 р	
19	Здача дипломного проєкту на перевірку	25.01.2023 р	

Здобувач

_____ (підпис)

Лашкай Д.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Чорний Ю.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Лашкай Дмитро Олександрович. Дипломний проєкт на тему:
«Розробка СЕП ТОВ «Колос» Мукачівського району та системи контролю навантаження та температури масла силового трансформатора»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2023

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 13 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проєкту становить 82 сторінки.

До опису надано графічну частину, яка складається із п'яти креслень: схема розміщення силового електрообладнання, розрахункова таблиця-схема силової мережі, схема освітлювальної мережі, світлотехнічна відомість, принципова схема керування процесом доїння.

Розрахунки й аналіз виконані за допомогою методик, що викладені у навчальній, довідниковій, нормативній і науково-технічній літературі.

У результаті виконання проєкту наведено коротку характеристику господарства та об'єкта проектування; виконаний розрахунок і вибрано технологічне обладнання, потужність електродвигунів, освітлення, апарати захисту і керування, внутрішню електричну мережу; вибрано розподільчі пункти і щити керування; розроблено та описано принципову схему керування процесом доїння; складено добовий графік електронавантаження об'єкта і вибрано силовий трансформатор; перевірено захисні апарати на спрацювання при струмах однофазного короткого замикання, а також можливості запуску найбільш потужного електродвигуна по допустимому зниженню напруги на його затискачах. Розглянуто спецпитання щодо застосування системи контролю навантаження та температури масла силового трансформатора.

У розділі охорона праці розглянуті питання охорони праці на об'єкті, охорони навколишнього середовища, протипожежні заходи, надання долікарської допомоги при ураженні людини електричним струмом та розраховано контур захисного заземлення.

Ключові слова: корівник, технологічне обладнання, електродвигун, освітлення, апарати захисту і керування, струм короткого замикання, силовий трансформатор, пункти і щити керування, процес доїння, навантаження силового трансформатора, охорона праці.

Abstract

LASHKAI DMYTRO. Diploma project on the topic: "Development of SEP of "Kolos" LLC of Mukachevo district and load control system and power transformer oil temperature"

National University of Food Technologies, Kyiv -2023

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The attached explanatory note consists of an introduction, 13 chapters and a list of references. The volume of the project is 82 pages.

The graphic part, which consists of five drawings, is included in the description: layout diagram of power electrical equipment, calculation table-diagram of the power network, diagram of the lighting network, light technical information, principle diagram of the milking process control.

Calculations and analysis were performed using the methods described in educational, reference, regulatory and scientific and technical literature.

As a result of the implementation of the project, a brief description of the farm and the design object is provided; calculation was made and technological equipment, power of electric motors, lighting, protection and control devices, internal electrical network were selected; distribution points and control panels are selected; a principle scheme for managing the milking process was developed and described; a daily schedule of the electrical load of the facility was drawn up and a power transformer was selected; protective devices for tripping at single-phase short-circuit currents, as well as the possibility of starting the most powerful electric motor based on the permissible reduction in voltage on its terminals, were tested. Special issues regarding the application of the load and oil temperature control system of the power transformer are considered.

In the labor protection section, issues of labor protection at the facility, environmental protection, fire prevention measures, provision of first aid in case of electric shock are considered, and the circuit of protective grounding is calculated.

Key words: cow shed, technological equipment, electric motor, lighting, protection and control devices, short-circuit current, power transformer, control points and panels, milking process, power transformer load, labor protection.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Характеристика господарства та об'єкта проектування.....	8
2. Розрахунок і вибір технологічного обладнання.....	10
3. Розрахунок і вибір потужності електродвигунів.....	21
4. Розрахунок освітлення.....	27
5. Розрахунок і вибір апаратів захисту і керування.....	33
6. Розрахунок і вибір внутрішньої електричної мережі.....	39
7. Вибір розподільчих пунктів і щитів керування.....	42
8. Розробка принципової схеми керування процесом доїння.....	43
9. Складання добового графіка електронавантаження об'єкта і вибір силового трансформатора.....	46
10. Перевірка захисних апаратів на спрацювання при струмах однофазного короткого замикання.....	50
11. Перевірка можливості запуску найбільш потужного електродвигуна по допустимому зниженню напруги на його затискачах.....	53
12. Спецпитання. Системи контролю навантаження та температури масла силового трансформатора.....	57
12.1. Трансформатори як електроенергетичне устаткування. Завдання й мета діагностики досліджуваного енергоустаткування.....	57
12.2. Допустима температура обмоток сухого трансформатора й вимірювання температури.....	58
12.3. Аналіз перевантажень трансформаторів.....	66

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лашкай Д.О.</i>			Зміст	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					5	
<i>Реценз.</i>						<i>ННПТ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

13. Охорона праці.....	72
13.1. Охорона праці на об'єкті.....	72
13.2. Охорона навколишнього середовища на об'єкті.....	75
13.3. Протипожежні заходи в цеховій електроустановці.....	75
13.4. Надання долікарської допомоги при ураженні людини електричним струмом.....	76
13.5. Розрахунок заземлюючих пристроїв.....	78
Література.....	82

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Електрифікація – це основа для механізації і автоматизації всіх процесів сільськогосподарського виробництва. Використання електроенергії цілеспрямовано впливає на збільшення виходу і поліпшення якості сільськогосподарської продукції, створення умов для успішного розвитку всіх галузей і дає змогу автоматизувати технологічні процеси в сільському господарстві. Щоб забезпечити високоефективну і надійну роботу електроустановок, потрібно оплачувати технічне обслуговування та ремонт. Особливо, це важливо для електроустановок, які зокрема характеризуються наявністю вологи, пилу і хімічно активного середовища та інші фактори, які негативно діють на електрообладнання.

Щорічно електротехнічне обладнання поповнюється новими машинами (автоматичними вимикачами, двигунами, пускозахисною апаратурою). Тому особливого значення набуває зміцнення обслуговування та капітального ремонту електроустановок.

Реалізація усіх цих вимог вимагає від електроперсоналу вдосконалення методів організації і підготовки високоякісних спеціалістів. Впровадження електрифікації і всіх виробничих процесів, вплине на собівартість сільськогосподарської продукції. При створенні всіх належних умов буде досягнуте надійне зберігання продукції і збереження її якості.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лашкай Д.О.</i>			Вступ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					7	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

ТОВ «Колос» знаходиться в с. Макарево Мукачівського району Закарпатської області. Через територію господарства проходить ґрунтова й асфальтова дорога. Господарство розташоване на відстані 12 км від районного центру і 52 км до обласного центру.

Клімат на території господарства помірно – континентальний з нестійким зволоженням, холодною зимою і жарким літом. Середньорічна температура повітря становить $+5^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура становить плюс 38°C , мінімальна мінус 25°C . Опادي розподіляються нерівномірно. Ґрунт на території господарства – суглинок, нейтральної кислотності, місцями трохи підвищеної.

Відносна вологість повітря становить 70%. Вітровий режим характеризується перевагою південно – східних вітрів.

Територія господарства становить 850 га, з них: на озимі культури 380 га, на ярі 120 га, на технічні 200 га, пасовища 50 га, косовиці 100 га.

Виробничий напрямок господарства зерно - м'ясо - молочний. Господарство має молочно - товарну ферму, птахоферму, свиноферму, тракторну бригаду, цех по переробці олії, сої, гречки, столярний цех, слюсарний цех, кормозаготівельний комплекс.

Загальна чисельність працюючих в господарстві 160 чоловік. З них 3 чоловіки входить до електротехнічної служби господарства. В складі Головного техника – електрика і двох електромонтерів.

Автотракторний парк налічує 12 автомобілів, 15 тракторів, 9 зернозбиральних комбайнів, 2 автобуса і кран.

Об'єктом проектування в даному дипломному проєкті являється корівник на 100 голів, який розміщений на незатоплюваній території з підвітряної сторони. Будівля розміщена в помірно континентальному кліматі із зимовою температурою –

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лашкаї Д.О.</i>			Характеристика господарства та об'єкта проектування	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					8	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІП ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

21°C. Будівля забезпечується електроенергією і водопостачанням для пиття, виробничих і протипожежних потреб.

Корівник має такі приміщення: стійлове приміщення, приймальна коренеплодів, фуражна, приміщення для електропривода, інвентарна, доїльний зал, перед доїльна площадка, молочна, лабораторія, службове приміщення, тамбур, електрощитова, вакуум насосна, венткамера, коридор, санвузол, приготування коренеплодів, приміщення для миючих засобів.

Приміщення корівника побудовано з несучими стінами і залізобетону. Підлога із бетону. Покрівля із шиферу. Вікна і двері із дерева. Стіни із сторони приміщень пофарбовані вапном. Вікна, двері, ворота і витяжні вентиляційні шахти пофарбовані масляною фарбою світлих тонів. Всі елементи дерев'яних конструкцій підлягають антисептуванню і фарбуванню вогнегасник вологостійким складом.

Водозабезпечення відбувається від мережі. Подається по трубопроводу діаметром 50 мм, які знаходяться нижче глибини промерзання ґрунту. Внутрішня водопостачальна мережа проектується із труб з розводкою по стінам, по борту годівниць. В молочних блоках вода підводиться до технологічного обладнання.

Розхід води на пожежогасіння приймається 10л/с. зовнішнє пожежогасіння виконується від пожежних гідрантів, які встановлені із пожежних водойм. Джерелом гарячої води служить бойлер.

В приміщенні передбачено механічне прибирання гною в стійловому приміщенні.

Каналізація прокладена із каналізаційних труб діаметром 50-100 мм.

Живлення електроенергією відбувається від підстанції 10/0,4 кВ.

В усіх приміщеннях передбачено загальне робоче освітлення, в стійловому також і чергове освітлення. Живлення внутрішньої мережі відбувається від щита живлення в електрощитовій. Електропроводка виконується на тросу кабелем АВРГ. Силова мережа прокладена кабелем в трубах.

					ДП 2023 141	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Технологія утримання тварин нерозривно пов'язана з великим комплексом виробничих процесів, які для збільшення продуктивності і для зменшення обсягу ручної роботи необхідно механізувати та автоматизувати.

Технологія утримання тварин на промисловій основі містить у собі: умови і способи змісту тварин, послідовність прийомів і операцій готування кормів, водопостачання, обробки і переробки продуктів тваринництва, створення оптимальних умов мікроклімату.

У залежності від господарських і інших конкретних умов на молочнотоварній фермі може застосовуватися наступна система утримання тварин:

- цілорічне стійлове утримання;
- стійлово-пасовищне утримання;
- стійло-табірне утримання.

Для даного господарства найбільш оптимальним є стійлове - пасовищне утримання тварин з доїнням корів у стійлах.

Розрахунок і вибір вентиляційного обладнання та опалювальної установки

Найбільш перспективним є теплообмін системи вентиляції та установки, в яких повітропроводи припливної і витяжної шахти з'єднані, і має місце утилізація тепла. Попередній підігрів холодного припливного повітря здійснюється за рахунок теплого повітря витяжного каналу. Таким чином, ЕТУ забезпечує кількість недостатнього тепла.

Загальний обмін повітря в приміщенні розраховують по максимальній витраті повітря. Необхідній для виведення одного із видів шкідливості в літній, чи перехідні періоди року.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лашкай Д.О.</i>			Розрахунок і вибір технологічного обладнання	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					10	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІП ім. акад. І.С.Гулоого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

Визначаємо витрати повітря по волозі L , м³/гол·год, за формулою

$$L = \frac{W}{\rho \cdot (d_{BH} - d_C)}, \quad (1)$$

де W – кількість вологи, яка виділяється під час дихання, а також шкірою тварин, г/гол·год.

$$W = W_1 + W_2, \quad (2)$$

$$W_1 = W_T \cdot K\varphi \cdot K\theta, \quad (3)$$

де W_T - норма виділення вологи тваринами при відносній вологості повітря 100% і температурі 16 °С, г/гол·год;

$K\varphi, K\theta$ - відповідно коефіцієнти, які враховують зміни виділення вологи в залежності від вологості температури повітря в приміщенні;

W_2 - кількість вологи, яка випаровується з підлоги, стін, стелі і технологічного обладнання, г/гол·год. Згідно літератури [4]

$$W_2 = 0,25 \cdot W_1, \quad (4)$$

d_3, d_{BH} - відповідно допустимі волого утримання повітря всередині приміщення і зовнішнього повітря, г/м³.

$$d_{BH} = d_{BH\text{НАС}} \cdot \frac{\varphi_{BH}}{100}, \quad (5)$$

$$d_{\hat{A}I} = 6\tilde{a}\hat{i}^3$$

$$d_3 = d_{3\text{НАС}} \cdot \frac{\varphi_3}{100}, \quad (6)$$

$$d_C = 1\tilde{a}\hat{i}^3.$$

де $d_{BH\text{НАС}}, d_{3\text{НАС}}$ - відповідно волого утримання внутрішнього і зовнішнього повітря в насиченому стані при розрахункових температурах;

φ_{BH}, φ_3 - відносна вологість внутрішнього і зовнішнього повітря, %

					ДП 2023 141	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_1 = 408 \cdot 100 \cdot 1,24 = 50592 \text{ л/год}.$$

$$W_2 = 0,15 \cdot 50592 = 7589 \text{ л/год}.$$

$$W = 50592 + 7589 = 58180,8 \text{ л/год}.$$

$$L = \frac{58180,8}{1,2 \cdot (6-1)} = 9696,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо витрати повітря по вуглекислоті L_{BK} , м³/гол·год, за формулою

$$L_{BK} = \frac{V_{co2}}{C_1 - C_2}, \quad (7)$$

де $V_{co2} = \sum C_i \cdot n_i$ - кількість вуглекислоти, яка виділяється тваринами в одну годину, л/гол·год;

C_1 - допустимий вміст вуглекислоти в повітрі приміщення, не повинен перевищувати 2.5л/м³;

C_2 - вміст вуглекислоти в зовнішньому повітрі в сільській місцевості; 0,3-0,4л/м³.

$$V_{co2} = 120 \cdot 100 = 12000 \text{ л/год}.$$

$$L_{AE} = \frac{12000}{2,5 - 0,3} = 5455 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо мінімальні втрати повітря L_{min} , м³/гол·год, за формулою

$$L_{min} = \frac{l \cdot m \cdot n_i}{100}, \quad (8)$$

де l - мінімальний повітрообмін на 100 кг розрахункової маси тварини або птиці, м³/год;

m - розрахункова маса тварини, кг.

					ДП 2023 141	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\min} = \frac{17 \cdot 500 \cdot 100}{100} = 8500 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо витрату повітря по надлишку тепла L_T , м³/гол-год, за формулою

$$L_T = \frac{Q'_{TB} \cdot (1 - A \cdot \theta_{BH})}{C_V \cdot (\theta_{BH} - \theta_C)}, \quad (9)$$

де $A = \frac{1}{273} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ - температурний коефіцієнт розширення повітря;

θ_{BH}, θ_C - відповідно температури внутрішнього і зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

C_V - об'ємна теплоємність повітря в приміщенні, дорівнює $1,3 \text{ кДж}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$.

Q'_{TB} - кількість тепла, яке виділяється тваринами, кДж/год;

$$Q'_{TB} = Q''_{TB} - K\theta, \quad (10)$$

де Q''_{TB} - норма тепла, яке виділяється твариною при температурі повітря $16 \text{ } ^\circ\text{C}$, кДж/гол-год;

$$Q'_{0A} = 2380 - 1.03 = 2378.97 \text{ кДж}/\text{м}^3 \cdot \text{год}.$$

$$L_0 = \frac{2378,97 \cdot (1 - 0,0037 \cdot 14)}{1,3 \cdot (10 - (-21))} = 53 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо вентиляційну норму для однієї тварини L , м³/гол-год, за формулою

$$L = n \cdot L_{\max}, \quad (11)$$

$$L = 100 \cdot 53 = 5300 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо кратність повітрообміну K_0 , 1/год, в приміщенні за формулою

$$K_0 = \frac{L}{V}, \quad (12)$$

де V - об'єм приміщення м³;

					ДП 2023 141	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = f \cdot n, \quad (13)$$

де f - питомий об'єм приміщення, $f = 15 \text{ м}^3 / \text{год}$.

$$V = 15 \cdot 100 = 1500 \text{ м}^3.$$

$$\hat{E}_0 = \frac{5300}{1500} = 3.5.$$

Для визначення теплопродуктивності ЕТУ використовується рівняння теплового балансу приміщення.

$$Q_{ТВ} + Q_{ОП} + Q_{М.Е} = Q_{ОГОР} - Q_{В} - Q_{ВИП}, \quad (14)$$

Звідси теплопродуктивність системи опалення $Q_{ОП}$, кДж/год, визначається за формулою

$$Q_{ОП} = Q_{ОГОР} + Q_{В} + Q_{ВИП} - Q_{ТВ} - Q_{М.Е}, \quad (15)$$

де $Q_{ОГОР}$ - тепловтрати через огороження, кДж/год;

$Q_{В}$ - тепловтрати, обумовлені вентиляцією, кДж/год;

$Q_{ВИП}$ - тепловтрати з випарюванням вологи в приміщенні, кДж/год;

$Q_{ТВ}$ - тепло, яке виділяється тваринами, кДж/год;

$Q_{М.Е}$ - тепло, яке виділяється системою місцевого електрообігріву, кДж/год.

Визначаємо витрати тепла огороженням $Q_{ОГОР}$, кДж/год, за формулою

$$Q_{ОГОР} = \sum Q_{ОГРi} + Q_{ДОД}, \quad (16)$$

де $Q_{ОГРi}$ - втрати теплоти через окремі огороження кДж/год;

$Q_{ДОД}$ - додаткові втрати теплоти, кДж/год.

$$Q_{i \text{ м}^2} = 885,6 + 7304 + 58434 + 11000 + 22047 + 5208 = 104878 \text{ кДж/год}.$$

Визначаємо втрати тепла на вентиляцію, $Q_{В}$, кДж/год, за формулою

$$Q_{В} = L \cdot \rho \cdot C_{П} \cdot (\theta_{ВН} - \theta_3), \quad (17)$$

					ДП 2023 141	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де L - визначається згідно виразу (1);

C_{II} - масова теплоємність повітря, яка дорівнює $1,0 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$;

ρ - щільність припливного повітря, дорівнює $1,495 \text{ кг/м}^3$.

$$Q_{\dot{A}} = 9697 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot (14 - (-21)) = 407274 \text{ Вт}.$$

Визначаємо втрати теплоти на інфільтрацію повітря Q_{inf} , кДж/год, за формулою

$$Q_{inf} = 0,3 \cdot Q_{огор}, \quad (18)$$

$$Q_{\dot{r}o} = 0,3 \cdot 104878 = 31463 \text{ Вт}.$$

Визначаємо тепло, яке втрачається з випарюванням вологи в приміщенні $Q_{вип}$, кДж/год, за формулою

$$Q_{вип} = W_{вип} \cdot r, \quad (19)$$

де r - зникаюча теплота випарювання води при атмосферному тиску, рівна $2,45 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}$;

$$Q_{\dot{A}E\dot{I}} = 2,49 \cdot 7589 = 18897 \text{ Вт}.$$

Визначаємо тепло, яке виділяється тваринами $Q_{ТВ}$, кДж/год за формулою

$$Q_{ТВ} = q_i \cdot n_i \cdot a_2, \quad (20)$$

де q_i - кількість вологи, яку виділяє одна тварина або птиця;

a_2 - коефіцієнт, який враховує зміну тепловиділення.

$$Q_{\dot{A}\dot{I}} = 2,53 \cdot 100 \cdot 1,12 = 283 \text{ Вт}.$$

$$Q_{\dot{I}} = 104878 + 31463 + 407274 + 18897 - 283 - 5208 = 557021 \text{ Вт}$$

По величині розрахункової теплопровідності визначається потужність ЕТУ P , кВт, за формулою

					<i>ДП 2023 141</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо стаціонарний кормороздавач РВК–8–74, який має продуктивність, що задовольняє потреби даного корівника. Оскільки даний кормороздавач встановлюється на одному ряду годівниць то приймаємо до встановлення 4 кормороздавача.

Розрахунок і вибір обладнання для прибирання приміщення

У корівнику передбачено встановлення гноєприбирального транспортера.

Визначаємо продуктивність гноєприбирального транспортера Q , кг, за формулою

$$Q = q \cdot N, \quad (24)$$

де Q – вихід гною за добу, кг;

q - вихід гною на 1 тварину, кг;

N - кількість тварин, кг.

$$Q = 30 \cdot 100 = 3000 \text{ кг}$$

З урахуванням умови

$$Q_m \geq Q, \quad (25)$$

Вибираємо гноєприбиральний транспортер типу ТСН – 160 з продуктивністю 4,5 т/добу.

$$4,5t > 3t$$

Отже, умова виконується. Транспортер обрано правильно.

Розрахунок і вибір водопостачальних установок

Для водопостачання корівника запроектована водопостачальна установка з відцентровим насосом.

Проведемо розрахунок потужності водопостачальної установки.

					ДП 2023 141	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо реальне споживання води для корівника $Q_{\text{доб}}$, м³/доб, за формулою

$$Q_{\text{доб}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot N_i, \quad (26)$$

де q_i - добова норма на одну тварину даного виду, л³/д³ ;

N_i - кількість тварин i -го виду.

$$Q_{\text{доб}} = 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ л}^3/\text{д}^3.$$

Визначаємо максимальну добову витрату води $Q_{\text{max.доб}}$, м³/доб, за формулою

$$Q_{\text{max.доб}} = Q_{\text{доб}} \cdot \lambda, \quad (27)$$

де λ - коефіцієнт добової нерівномірності.

$$Q_{\text{max.доб}} = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ л}^3/\text{д}^3.$$

Визначаємо розрахункову продуктивність насоса Q_p , м³/год, за формулою

$$Q_p = \frac{Q_{\text{max.доб}}}{24} \cdot R, \quad (28)$$

де R - коефіцієнт годинної нерівномірності.

$$Q_p = \frac{15}{24} \cdot 2,5 = 1,56 \text{ л}^3/\text{г}^3.$$

Визначаємо повний розрахунковий напір насосної установки за формулою

$$H_p = H_B + H_H + H_D, \quad (29)$$

де H_p - розрахунковий напір установки, м;

H_B - висота всмоктування, м;

H_H - висота нагнітання, м;

H_D - втрати напору по довжині трубопроводу, м.

Відповідно до літератури [3] приймаємо:

- висота всмоктування, $H_B = 20$ м ;

									ДП 2023 141	Арк.
										18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- висота нагнітання, $I_i = 1,5i$.

Визначаємо втрати напору по довжині трубопроводу H_d , м, за формулою

$$H_d = \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \left(\alpha \cdot \frac{l}{d} + \sum \beta \right), \quad (30)$$

де g - швидкість руху води в трубопроводі, м/с;

g - коефіцієнт опору води;

l - довжина трубопроводу, м;

d - діаметр труби, м;

$\sum \beta$ - сума втрат напору у місцевих опорах.

Визначаємо діаметр труби трубопроводу d , м, за формулою

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\max. доб.}}{\pi \cdot g}}, \quad (31)$$

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{3,12/3600}{3,14 \cdot 0,6}} = 0,03i.$$

Тоді,
$$I_a = \frac{06^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(0,02 \cdot \frac{100}{0,04} + 3,05 \right) = 0,97i.$$

$$I = 20 + 15 + 0,97 = 35,97i.$$

З урахуванням умов:

$$Q_p \leq Q_H, \quad (32)$$

$$H_p \leq H_H, \quad (33)$$

Вибираємо насосну установку ВУ-4-90.

Перевіряємо вибрану установку на виконання умов:

$$4i^3 / \tilde{a} \tilde{a} > 1,5i^3 / \tilde{a} \tilde{a}.$$

					ДП 2023 141	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

90і > 36і .

Умова виконується, тому для водопостачання корівника приймаємо водопостачальну установку з заглибленим відцентровим насосом типу

ЕЦВ-5-63-80 та електродвиг уном типу ПЭДВ4,5-100 потужністю 2,8 кВт.

					ДП 2023 141	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Розрахунок і вибір електродвигуна для гноєприбиральної установки

Для розрахунку потужності електродвигуна горизонтального транспортера визначаємо навантаження $\sum F$, H , за формулою

$$\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + F_{x.x}, \quad (34)$$

де $\sum F$ - сумарне навантаження двигуна, Н;

F_1 - сила, пов'язана з переміщенням гною, Н;

F_2 - сила, що виникає в ланцюзі при терті гною о бокові стінки, Н;

F_3 - сила заклинення ланцюга, Н;

$F_{x.x}$ - зусилля холостого ходу, Н.

Визначаємо зусилля холостого ходу $F_{x.x}$, H , за формулою

$$F_{x.x} = 9.81 \cdot m_y \cdot l_y \cdot \Phi_y, \quad (35)$$

де m_y - маса погонного метра ланцюга, кг;

Φ_y - коефіцієнт тертя ланцюга $\hat{O}_y = 0,5$.

$$F_{x.x} = 9,81 \cdot 5 \cdot 110 \cdot 0,5 = 2698H.$$

Визначаємо силу що переміщує гній F_1 , H , за формулою

$$F_1 = 9.81 \cdot m_2 \cdot \Phi_m, \quad (36)$$

де m_2 - маса гною в транспортері, кг;

Φ_m - коефіцієнт тертя гною по дну каналу.

$$m_2 = \frac{N \cdot g}{B}, \quad (37)$$

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лашкаї Д.О.			Літ.	Арк.	Архувів
Перевір.		Чорний Ю.А.				21	
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛІ-5-7ск Розрахунок і вибір потужності електродвигунів		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

де B - кількість прибирань.

$$\delta_a = \frac{30 \cdot 100}{3} = 1000 \text{ м}.$$

$$F_1 = 9,81 \cdot 1000 \cdot 0,97 = 9515,7 \text{ Н}.$$

Визначаємо силу тертя гною по стінці каналу F_2 , H , за формулою

$$F_2 = 0,5 \cdot F_1, \quad (38)$$

$$F_2 = 0,5 \cdot 9515,7 = 4758 \text{ Н}.$$

Визначаємо силу необхідну для переборювання заклинювання гною між стінкою каналу і передком F_3 , H , за формулою

$$F_3 = \frac{l_y}{l_c} \cdot F_{\text{зак}}, \quad (39)$$

де l_y - відстань між скребками, м;

$F_{\text{зак}}$ - сила заклинювання, Н.

$$F_3 = \frac{120}{1} \cdot 15 = 1800 \text{ Н}.$$

Отже,
$$\sum F = 1800 + 2378 + 9515,7 + 4758 = 18452 \text{ Н}.$$

Визначаємо потужність, що необхідна на початку прибирання P_1 , кВт, за формулою

$$P_1 = \frac{\sum F \cdot g}{\eta_n}, \quad (40)$$

де g - швидкість руху ланцюга, м/с;

η_n - ККД передачі.

$$P_1 = \frac{18,5 \cdot 0,18}{0,97} = 3,5 \text{ кВт}.$$

Визначаємо потужність холостого ходу $F_{x.x}$, кВт, за формулою

					ДП 2023 141	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_2 = \frac{F_{x,x} \cdot g}{\eta_n}, \quad (41)$$

$$D_2 = \frac{2,7 \cdot 0,18}{0,97} = 0,5 \text{ \u0430\u0434.}$$

Визначаємо час роботи транспортера на одне прибирання t_p , год, за формулою

$$t_p = 1,05 \cdot \frac{l_y}{g}, \quad (42)$$

$$t_p = 1,05 \cdot \frac{120}{0,18} = 0,3 \text{ \u0430\u0434.}$$

Визначаємо час роботи за добу $t_{p.\u0434\u043e\u0431}$, год, за формулою

$$t_{p.\u0434\u043e\u0431} = \beta \cdot t_p, \quad (43)$$

$$t_{p.\u0430\u0434} = 3 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ \u0430\u0434.}$$

Визначаємо час неробочого стану $t_{3.\u0434\u043e\u0431}$, год, за формулою

$$t_{3.\u0434\u043e\u0431} = 24 - t_{p.\u0434\u043e\u0431}, \quad (44)$$

$$t_{3.\u0430\u0434} = 24 - 1,2 = 22,4 \text{ \u0430\u0434.}$$

Визначаємо період часу між прибираннями t_3 , год, за формулою

$$t_3 = \frac{t_{3.\u0434\u043e\u0431}}{\beta}, \quad (45)$$

$$t_3 = \frac{22,4}{3} = 7,4 \text{ \u0430\u0434.}$$

Визначаємо тривалість вмикання $TB\%$, за формулою

$$TB\% = \frac{t_p}{t_3 + t_p}, \quad (46)$$

$$\u041e\u0410\% = \frac{0,3}{7,4 + 0,3} \cdot 100 = 3,8\%$$

					ДП 2023 141	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q - подача транспортера, кг/с;

h - висота піднімання корму, м;

L - довжина стрічки кормороздавача, м;

K_2 - коефіцієнт запасу потужності по умові пуску;

η_T - ККД транспортера.

$$D_{\text{н.д.}} = \frac{9,81 \cdot 1,4 \cdot 2,78 \cdot 1,15 \cdot 55}{1000 \cdot 0,6} = 4,0 \text{ кВт}$$

Проводимо вибір електродвигуна за умовами:

1. Кліматичне виконання та категорія розміщення: СУ1;
2. По способу захисту від навколишнього середовища: IP 54;
3. По конструктивному виконанню і способу монтажу: IM1081;
4. По роду струму і напруги: $\sim I, 380/220V$;
5. По модифікації: двигун с/г виконання;
6. Режим роботи: тривалий;
7. По потужності: $D_{\text{н.д.}} \geq D_{\text{н.д.}}$.

Відповідно до цих умов вибираємо електродвигун типу АИР112МВ6 потужністю 4,0 кВт.

Характеристики вибраного двигуна заносимо до табл. 3.1 аналогічно вибираємо двигун для насосної установки. Решту двигунів вибираємо і зводимо в табл. 3.1.

					ДП 2023 141	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1. Загальна таблиця робочих машин, електродвигунів і апаратури керування до них

Робоча машина	Електродвигун							Пускова і захисна апаратура					
	Найменування	Марка	Тип	P _н , кВт	n _н , хв ⁻¹	I _н , А	cos φ	К _т	Пускова апаратура			Захисна	
									Магн. пускач	Автомат. вимикач		Тип	I _н , А
Тип	I _н , А												
1.Зернодробарка	КДУ-2	5AM200L6Y3	30	1440	48,1	0,84	7,5	ПМЛ – 420У3	ВА51-29	63	РТЛ 205904 РТЛ 205704	63	
2.Подрібнювач	Волгарь-5	5AM180S4Y3	22	1460	43,1	0,84	7,5	ПМЛ – 420У3	ВА51-29	63	РТЛ 101004	80	
3Транспортер	ТС-40М	5AP180S4Y1	3	1415	6,3	0,83	5	ПМЛ – 160У3	ВА51-25	16	РТЛ 206104 РТЛ 102104	25	
4.Подрібнювач	ИГК-30Б	5AP80B4SY3	30	1440	56,0	0,9	7,5	ПМЛ – 420У3	ВА51-25	63	РТЛ 102104	80	
5.Подрібнювач - мийка	ИКМ-5	5AM132M4Y3	10,5	1455	21,4	0,86	7,5	ПМЛ – 220У3	ВА51-25	25	РТЛ 104104	25	
6.Змішувач	С-12	5AP160S6YC1	15	975	8,6	0,84	6	ПМЛ -220У3	ВА51-29	16,6	РТЛ 104104	25	

4. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ

Розраховуємо освітлення стійлового приміщення методом використання світлового потоку. За такими даними:

Довжина приміщення $A=60\text{м}$,

Ширина приміщення $B=12\text{м}$,

Висота приміщення $h=3,5\text{м}$,

Висота робочої поверхні $h_p=1\text{м}$,

Норма освітлення $\rho_{ст} = 30$, $\rho_c = 50$, $\rho_{п} = 10$.

По галузевим нормам сільськогосподарських приміщень приймаємо нормовану освітленість E , лк, на робочій поверхні для ламп розжарювання 30 лк.

Визначаємо площу освітлювальної поверхні S , м^2 , за формулою Вибираємо світильник НСП 19 – 500/Д6301- УХЛЗ. Світильник з лампою розжарювання косинусного розподілення світла, підвісний, для промислових підприємств, 19 серії, розрахований на 500Вт, для помірного і холодного клімату, модифікований, з категорією розміщення в закритих неопалювальних приміщеннях

Вибираємо коефіцієнт запасу

$$k_s = 1,5$$

Визначаємо розрахункову висоту, H_p , м, що над робочою поверхнею $h_p = 1\text{м}$, за формулою

$$H_p = H - h_n - h_p, \quad (49)$$

де H – висота, м;

h_n - висота підвісу, м;

h_p - висота робочої поверхні, м,

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лашкаї Д.О.</i>			Розрахунок освітлення	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					27	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІП ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

$$H_p = 3.5 - 0.4 - 1 = 2.1 \text{ м}$$

Визначаємо найвигіднішу відстань між світильниками L_{AB} , м, для світильників косинусного розподілення світла з лампами розжарювання

$$L_{AB} = 1.6 \cdot 2.1 = 3.36 \text{ м} \quad (50)$$

де λ_c - найвигідніше світлотехнічне співвідношення. $\lambda_c = 1,6$

Визначаємо кількість рядів n_B , по розміру приміщення за формулою

$$n_B = \frac{B}{L_{AB}}, \quad (51)$$

$$n_B = \frac{12}{3.36} \approx 2.57 \text{ ряди}$$

Приймаємо 3 ряди світильників по розміру приміщення

Визначаємо кількість світильників n_A , в ряду за формулою

$$n_A = \frac{A}{L_{AB}}, \quad (52)$$

$$n_A = \frac{60}{3.36} \approx 11.8 = 12 \text{ світильників}$$

Отже приймаємо, що в ряду 12 світильників

Визначаємо відстань від стін до крайніх світильників за формулою

$$l_c = (0.25 \dots 0.3) \cdot L_{AB} \quad (53)$$

$$l_c = 0,3 \cdot 3,36 = 1,0 \text{ м}$$

					ДП 2023 141	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо дійсну відстань L'_B , м, між рядами за формулою

$$L'_B = \frac{B - 2 \cdot l_c}{n_B - 1}, \quad (54)$$

$$L'_B = \frac{12 - 2 \cdot 1}{4 - 1} = \frac{10}{3} = 3,3 \text{ м}$$

Приймаємо, що відстань між рядами 3,3 м.

Визначаємо відстань між світильниками у ряду за формулою

$$L'_A = \frac{A - 2 \cdot l_c}{n_A - 1}, \quad (55)$$

$$L'_A = \frac{60 - 2 \cdot 1}{18 - 1} = \frac{58}{17} = 3,4, \text{ м}$$

Визначаємо загальну кількість N , світильників за формулою

$$N = n_A \cdot n_B, \quad (56)$$

$$N = 12 \cdot 3 = 36 \text{ шт}$$

Отже, кількість світильників в приміщенні $N=36, \text{шт}$

Визначаємо індекс приміщення i , за формулою використання світлового потоку, вибираємо коефіцієнт η ,

$$\eta = 0,62$$

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (57)$$

$$i = \frac{12 \cdot 60}{2,1 \cdot (60 + 12)} = \frac{720}{151,2} = 4,76$$

Вибираємо індекс приміщення $i=5$

					<i>ДП 2023 141</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо розрахунковий світловий потік $\Phi_{роз}$, лм, однієї лампи за формулою

$$\Phi_{роз} = \frac{E_n \cdot A \cdot B \cdot k_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (58)$$

де $\Phi_{роз}$ - розрахунковий потік лампи, лм;

E_n - освітлення поверхні, лк;

k_3 - коефіцієнт запасу;

A - довжина приміщення

B - ширина приміщення

n - кількість ламп у світильнику

Z - коефіцієнт мінімального освітлення, $Z = 1.15$;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_{роз} = \frac{30 \cdot 60 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{60 \cdot 1 \cdot 0,62} = \frac{32292}{37,2} = 868$$

За показниками світлового потоку вибираємо лампу розжарення БК-215-225-75 потужністю 75 Вт. І світловим потоком 950 Лм

Інші приміщення розраховуємо методом питомої потужності і заносимо в таблицю 2.3

$$S = A \cdot B, \quad (59)$$

$$S = 60 \cdot 12 = 720 \text{ м}^2$$

Для світильника НСП03 з висотою підвісу 2,1м над робочою поверхнею відповідно освітленості знаходимо потужність згідно довідника [1] $W, \text{Вт} \cdot \text{м}^2$,

$$W = 11,4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2 \quad (60)$$

					ДП 2023 141	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так, як не враховано коефіцієнт запасу $k_s = 1,3$, $k'_s = 1,5$, то перераховуємо питому потужність для даного приміщення W' , Вт/м², за формулою

$$W' = 11,4 \cdot \frac{1,5}{1,3} = 13,2 \text{ Вт/м}^2.$$

Визначаємо потужність P , Вт, об'єкта за формулою

$$P = \frac{W \cdot S}{n}, \quad (61)$$

$$D = \frac{13,2 \cdot 720}{2} = 4752 \text{ Вт}.$$

Визначаємо кількість світильників в приміщенні N , шт, за формулою

$$N = \frac{P}{P_{\hat{E}}}, \text{ шт}, \quad (62)$$

де $P_{\hat{E}}$ - потужність лампи розжарювання, Вт.

$$N = \frac{4752}{75} = 44,8 \text{ шт}$$

Отже, приймаємо світильника згідно довідника [1] марки НСП 09 з лампою розжарення БК215 – 225 – 75 , напругою 220 В, потужністю 75 Вт.

Аналогічно проводимо розрахунок інших приміщень корівника і дані зводимо в табл. 4.2.

На чергове освітлення виводимо 4 лампи розжарювання.

Розраховуємо світлотечнічну відомість та заносимо в табл. 4.1.

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1. Світлотехнічна відомість

№	Кількість світильників, шт	Потужність одного світильника, Вт	Загальна потужність групи, Вт	Фаза	№ приміщення на плані
1	31	200	3.202	А	1,5,3,11,14,13,16
2	29	200	3.52	В	1,4,11,2,19,7
3	19	200	3.304	С	12,15,11,10,20,9,8,6,17,18
4	4	200	0,3	А,В	1

Таблиця 4.2. Загальна таблиця навантаження освітлювальних установок

Назва приміщення	Площа, м^2	Встановлена потужність, кВт.
1. Стийлове приміщення	716,5	4,7
2. Приймальна коренеплодів	9,5	0,17
3. Фуражна	28,3	0,1
4.Приміщення для електропривода	22,1	0,1
5.Інвентарна	4,96	0,1
6.Доїльний зал	81,0	1,4
7.Перед доїльна площадка	17,9	0,6
8.Молочна	53,2	0,914
9.Лабораторія	6,8	0,242
10.Службове приміщення	5,7	0,1
11.Тамбур	31,4	0,2
12.Електрощитова	6,9	0,122
13.Лабораторія ПІО	9,1	0,324
14.Мийочна	7,2	0,128
15Вакуумнасосна	7,9	0,14
16Венткамера	20,5	0,275
17Коридор	90,8	0,476
18Санвузол	1,3	0,1
19Готовальня коренеплодів	6,56	0,1
20Приміщення для миючих речовин	4,6	0,1

Визначаємо загальне освітлювальне навантаження за формулою

$$D_{i\bar{n}\bar{a}} = \sum D_{i\bar{o}}, \text{кВт}, \quad (63)$$

$$D_{i\bar{n}\bar{a}} = 15,8 \hat{\Delta} \hat{\Delta}.$$

					Арк.
					32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

5. РОЗРАХУНОК І ВИБІР АПАРАТІВ ЗАХИСТУ І КЕРУВАННЯ

Проведемо розрахунок апаратів для захисту і керування електродвигуном гносприбирального транспортера ТСН – 160. Який має два двигуна серії 5AM112MB6CY3 та 5AM90L6CY2 потужністю відповідно 4 та 2,2 кВт.

Розраховуємо першого двигуна $I_{P,MAX1}$, А, за формулою

$$I_{P,MAX1} = K_3 \cdot I_H, A \quad (64)$$

де K_3 - коефіцієнт завантаження двигуна;

I_H - номінальний струм двигуна, А.

$$I_{P,MAX1} = 0,8 \cdot 9,15 = 7,32 \text{ А.}$$

Визначаємо другого двигуна $I_{P,MAX2}$, А, за формулою

$$I_{P,MAX2} = K_3 \cdot I_H, A, \quad (65)$$

$$I_{P,MAX2} = 0,8 \cdot 5,65 = 4,52 \text{ А.}$$

Визначаємо в лінії $I_{P,MAX3}$, А, за формулою

$$I_{P,MAX3} = K_0 \cdot \sum_{i=1}^{i=n-1} I_{P,MAX} + I_{\text{найб}P,MAX}, \quad (66)$$

де K_0 - коефіцієнт одночасності;

$I_{P,MAX}$ - робочий максимальний струм двигуна, А;

$I_{\text{найб}P,мах}$ - робочий максимальний струм найбільшого двигуна, А.

$$I_{P,MAX3} = 0,8 \cdot (5,65 + 9,15) = 11,84 \text{ А.}$$

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лашкай Д.О.			Розрахунок і вибір апаратів захисту і керування	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Чорний Ю.А.					33	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Проведемо вибір теплового реле для захисту електродвигуна серії 5A100MB6CY3.

Уставка струму для теплового реле при захисті асинхронних двигунів з коротко замкнутим ротором вибирається за співвідношенням:

$$U_a \geq U_M, \quad (67)$$

де U_a - напруга апарата, В;

U_M - напруга мережі, В.

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В} .$$

$$I_{\text{дв}}^2 \geq (1,2\dots 1,3) \cdot I_{\text{н.дв}}^2, \quad (68)$$

де 1,2...1,3 – допустиме перевантаження електродвигуна;

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

$$I_{\text{дв}}^2 = 1,3 \cdot 9,15 = 11,9 \text{ А}.$$

Вибираємо теплове реле з [1] марки РТЛ 1016О4 з межами регулювання 9,5..14 А.

Проведемо вибір теплового реле для захисту електродвигуна серії 5A100L6CY2.

Уставка струму для теплового реле при захисті асинхронних двигунів з коротко замкнутим ротором вибирається за співвідношенням:

$$U_a \geq U_M,$$

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В} .$$

$$I_{\text{дв}}^2 \geq (1,2\dots 1,3) \cdot I_{\text{н.дв}}^2, \quad (69)$$

$$I_{\text{дв}}^2 = 1,3 \cdot 5,65 = 7,34 \text{ А}.$$

					ДП 2023 141	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо теплове реле з [1] марки РТЛ – 101204 з межами регулювання 5,5..8А.

Проведемо вибір магнітного пускача для дистанційного керування трифазним двигуном з коротко замкнутим ротором типу 5А100L6СУ1.

Виберемо магнітний пускач по струму головних контактів за формулою

$$I_H \geq I_{P.MAX}, \quad (70)$$

При чому, номінальний струм береться ближчий по величині до робочого струму електродвигуна.

Звідси:

$$U_{M.П} \geq U_{мер}, \quad (71)$$

$$U_{кот} \geq U_{мер.к}, \quad (72)$$

де $U_{M.П}$ - напруга магнітного пускача, В;

$U_{мер}$ - напруга мережі, В;

$U_{кот}$ - напруга котушки, магнітного пускача В;

$U_{мер.к}$ - напруга мережі керування, В.

Номінальний струм $I_{н.к}$, А, магнітного пускача має бути більший однієї шості частини пускового струму

$$I_{н.к} \geq \frac{I_{пуск}}{6}, \quad (73)$$

$$I_{н.к} \geq \frac{9,15 \cdot 6,0}{6} = 9,15 \text{ А}.$$

Вибираємо магнітний пускач з [1] ПМЛ–12000СУ4В магнітний пускач розрахований на струм 10 А і напругу 380 В, нереверсивний з тепловим реле, із ступенем захисту IP – 00, кліматичним виконанням для помірного клімату, з категорією розміщення в закритих опалювальних приміщеннях.

					ДП 2023 141	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_f = 10\text{A} \geq I_{\text{ДЛ}} = 7,32\text{A}$$

$$U_a = 380\text{В} = U_{\text{мер}} = 380\text{В}$$

$$U_{\text{кот}} = 380\text{В} = U_{\text{мер.к}} = 380\text{В}$$

Отже, умови виконуються, магнітний пускач вибрано вірно.

Проведемо вибір магнітного пускача для дистанційного керування трифазним двигуном з коротко замкнутим ротором типу 5АМ100L6СУ2.

Виберемо магнітний пускач виходячи з умов:

$$I_H \geq I_{P.MAX},$$

$$U_{\text{м.п}} \geq U_{\text{мер}},$$

$$U_{\text{кот}} \geq U_{\text{мер.к}},$$

Номінальний струм $I_{\text{н.к}}$, А, магнітного пускача має бути більший однієї шості частини пускового струму

$$I_{\text{н.к}} \geq \frac{I_{\text{пуск}}}{6}, \quad (74)$$

$$I_{\text{н.к}} \geq \frac{5,65 \cdot 5,5}{6} = 5,2\text{A}$$

Вибираємо магнітний пускач згідно довідника [1] ПМЛ – 12000СУ4В який розрахований на струм 10А і напругу 380В, нереверсивний з тепловим реле, із ступенем захисту IP – 00, кліматичним виконанням для помірного клімату, з категорією розміщення в закритих неопалювальних приміщеннях.

$$I_f = 10\text{A} \geq I_{\text{ДЛ}} = 4,52\text{A}$$

$$U_a = 380\text{В} = U_{\text{мер}} = 380\text{В}$$

					ДП 2023 141	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\text{кот}} = 380\text{В} = U_{\text{мер.к}} = 380\text{В}$$

Отже, умови виконуються, магнітний пускач вибрано вірно.

Виберемо автоматичний вимикач для захисту електродвигунів приводу гноєприбирального транспортера, з таким розрахунком, щоб номінальна напруга U_n , і номінальний струм вимикача перевищували робоче значення напруги $U_{p,дв}$ і струму $I_{p,маx}$ виконавчого пристрою.

Приймаємо наступні умови вибору автоматичного вимикача:

$$U_a \geq U_m,$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.дв},$$

$$I_H^{TP} \geq 1,25 \cdot I_{P,MAX} \quad (2.75)$$

$$I_{спр}^{EM} \leq 1,25 \cdot I_{II}, \quad (76)$$

де I_H^{TP} - номінальний струм теплового розчеплювача, А;

$I_{спр}^{EM}$ - струм спрацювання електромагнітного розчеплювача, А;

$I_{P,MAX}$ - розрахунковий максимальний струм електродвигуна, А;

Визначаємо струм теплового розчеплювача $I_{н.тп}$, А, за формулою (75)

$$I_{н.тп} \geq 1,25 \cdot 11,84 = 14,8\text{А}$$

Визначаємо струм спрацювання електромагнітного розчеплювача $I_{спр.ел.р}$, А, за формулою (76)

$$I_{спр.ел.р} \geq 1,25 \cdot (54,9 + 31) = 108\text{А}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач для двигунів електроприводу гноєприбирального транспортера згідно довідника [1] типу ВА51 – 25340010P30У3 з комбінованим розчеплювачем який розрахований на струм 16А.

					ДП 2023 141	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_a = 380B = U_M = 380B$$

$$I_i^A = 25\text{A} \geq I_i^{\text{ää}} = 11,84\text{A}.$$

$$I_{i.\delta\delta}^2 = 16\text{A} \geq 14,8\text{A}.$$

$$I_{\bar{m}\delta}^{\bar{A}i} = 10 \cdot 16 = 160\text{A} > 108\text{A}.$$

Отже, умова виконується автоматичний вимикач вибрано вірно.

Вибір електрообладнання для інших машин і апаратів робимо аналогічно, дані зводимо в табл. 3.1.

					ДП 2023 141	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ВНУТРІШНЬОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Внутрішні електропроводки повинні відповідати умовам середовища, в якому вони знаходяться. При цьому необхідно враховувати:

- безпеку людей та тварин;
- пожежо- та вибухонебезпечність;
- надійність;
- зручність в експлуатації.

Внутрішні проводки виконані кабелем АВРГ, що прокладений на скобах. Від силового шафа до розподільчих щитів кабелем АВРГ, що прокладений в трубах від розподільчого щита до електроприймачів.

Проведемо розрахунок силової проводки живлення гноєприбиральної установки ТСН-160 за умовою:

$$I_{доп} \geq I_P, \quad (2.77)$$

де $I_{доп}$ - максимально допустима сила струму кабелю, А;

I_P - розрахунковий струм, А.

$$I_P = \frac{\sum P_{об} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi}, \quad (2.78)$$

$$I_P = \frac{6200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,7 \cdot 0,83} = 16 \text{ А.}$$

По максимальному робочому струмові вибираємо поперечний переріз згідно довідника [1] проводу, $S = 2,5 \text{ мм}^2 = 19 \text{ А}.$

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лашкаї Д.О.			Літ.	Арк.	Архувів
Перевір.		Чорний Ю.А.				39	
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					
					Розрахунок і вибір внутрішньої електричної мережі		

Допустимий струм поперечного переріза погоджуємо з захистом електродви-
гуна

$$I_{mp} \leq I_{дон}, \quad (79)$$

де I_{mp} - струм теплового розчеплювача, А.

$$I_{\delta\delta}^2 = 16\text{А} \leq I_{\text{дд}}^2 = 19\text{А}.$$

Вибираємо силовий кабель марки АВРГ1(4х2,5), який розрахований на струм
19А.

Проведемо розрахунок перерізу кабелем АВРГ, що живить електродвигун го-
ризонтального транспортера за умовою (68):

$$I_{\text{дд}}^2 = 19\text{А} > I_p = 7,32\text{А}.$$

Відповідно до довідника [1] вибираємо кабель АВРГ з поперечним перерізом
жили 2,5 і $I^2 = 19\text{А}$.

Проведемо перевірку на узгодження з номінальним струмом розчіплювача те-
плого реле по умові (70):

$$I_{\delta\delta}^2 = 14\text{А} \leq I_{\text{дд}}^2 = 19\text{А}.$$

Отже, умова виконується. Переріз проводу вибрано вірно.

Проведемо розрахунок перерізу, що живить електродвигун похилого транспо-
ртера за умовою (68):

$$I_{\text{дд}}^2 = 19\text{А} > I_p = 4,52\text{А}.$$

Відповідно до довідника [1] вибираємо кабель АВРГ з поперечним перерізом
жили 2,5 і $I^2 = 19\text{А}$.

					ДП 2023 141	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо перевірку на узгодження з номінальним струмом розчеплювача теплового реле по умові (76)

$$I_{\partial\partial}^2 = 8A \leq I_{\text{нн}}^2 = 19A.$$

Отже, умова виконується. Переріз проводу вибрано вірно.

Аналогічно проводимо розрахунок і вибір кабелів для інших електроустановок. Результати заносимо до табл. 3.1.

					ДП 2023 141	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. ВИБІР РОЗПОДІЛЬЧИХ ПУНКТІВ І ЩИТІВ КЕРУВАННЯ

Шафні щити застосовують у виробничих приміщеннях з підвищеним вмістом пилу, з великою вологістю, якщо не виключена можливість пошкодження апаратури, проводки, яка розміщена в щиті, якщо необхідно розмістити допоміжну апаратуру, для захисту обслуговуючого персоналу від дотику до струмоведучих частин, апаратів, затискачів.

В приміщенні електрощитової встановлюємо розподільчі пункти з комутаційною апаратурою, що відповідає умовам навколишнього середовища.

Розподільчі пункти для живлення електроприймачів встановлюємо в приміщенні електрощитової.

Вибираємо розподільчу шафу для силової мережі з довідникової літератури [2] типу СПМ99-954УЗ.

Вибираємо розподільчий щит для силової мережі з довідникової літератури [2] Я5123 4277К54УХЛЗ.

					ДП 2023 141			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лашкай Д.О.</i>			Вибір розподільчих пунктів і щитів керування	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					42	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

8. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ДОЇННЯ

В умовах сучасних великих ферм і особливо тваринницьких комплексів такі трудомісткі процеси, як доїння і первинна обробка молока, повинні бути автоматизовані.

Загальний процес машинного доїння корів об'єднує ряд окремих операцій, автоматизація яких дає значний техніко – економічний ефект. Використання сучасних доїльних машин збільшує продуктивність праці в 4 рази у порівнянні з ручним доїнням. Також при машинному доїнні бактерій в молоці в 15 разів менше, чим при ручному.

Як об'єкт доїльні установки представляють собою складні технологічні системи, на яких реалізуються цілий ряд взаємозв'язаних технологічних процесів і окремих операцій. Це рух і фіксація корів або переміщення апаратів до місця доїння, доїння, збір молока з попередньою очисткою, нормована видача концентрованих кормів, повернення корів, мийка доїльної апаратури.

Але головним, і найбільш складним і відповідальним все ж таки являється доїння.

Керування доїльною установкою за допомогою пристрою, схема якого приведена на рис. 8.1.

При замиканні тумблерного вимикача SA1 доїльна установка вмикається в роботу. При цьому вмикається поляризоване реле KV2 і через його контакти реле KV3 і з'єднувальний електроклапан Y1, який подає вакуум. Одночасно через тумблер SA2 отримує живлення котушка реле KV6, а через його контакти – поляризоване реле KV7, яке підготовлює коло для ввімкнення реле KV8. При замкнутих контактах KV3:2 і KV6:1 через поляризоване реле вмикається реле KV9 і підготовлює коло для реле KV10.

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лашкаї Д.О.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Чорний Ю.А.				43	
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулоого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

**Розробка принципової
схеми керування процесом
доїння**

Коли напруга на конденсаторі С1 досягає визначеного значення, вимикається реле KV2 і KV3, а реле KV10 вмикається і знову підготовлює коло котушки реле KV2.

Поляризоване реле KV4 ввімкнено через контакти датчика – лічильника молока (вхід ДРМ). Як тільки перерив сигналу від датчика стане більше часу затримки на відпускання реле KV4, яке визначається ємністю конденсатора С4 і опором R9, воно вимикається і вимкне реле, що приведе до ввімкнення реле KV2, KV3 і KV5. При цьому залишиться без живлення KV10 і ввімкнеться електромагнітний клапан Y1, почнеться процес додоювання і масаж вимені. Реле KV5 вимкнеться з витримкою часу після закінчення дії клапана Y3, затримка якого утворюється колом конденсатора С5 і діоду VD10. Коли датчик – лічильник пошле сигнал, котушки реле KV4 і KV10 отримають живлення. Але після того як перерив у подачі сигналу з датчика – лічильника стане більше витримки часу, яка визначається параметрами кола конденсатора С4 і резисторами R9 та R10, реле KV4 вимкнеться і вимкне котушку реле KV9 і електромагнітний клапан Y3. Одночасно буде вимкнено реле KV6, яке ввімкне KV8, в результаті чого отримає живлення котушка соленоїду Y2 закінчення доїння і випуск корови із станка.

					ДП 2023 141	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. СКЛАДАННЯ ДОБОВОГО ГРАФІКА ЕЛЕКТРОНАВАНТАЖЕННЯ ОБ'ЄКТА І ВИБІР СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Для розрахунку загального навантаження на ввіді в корівник потрібно знати максимум навантаження в різні періоди доби. Для цього необхідно скласти добовий графік навантаження корівника в якому вказуємо час роботи технологічного обладнання відповідної потужності.

Складаємо табл. 9.1 для складання добового графіка.

Таблиця 9.1. Встановлена потужність корівника

Найменування	$D_o, \text{кВт}$	E_c	$E_{\text{д}}$	$D_t, \text{кВт}$	Час роботи, год
1.Робоче освітлення	15,8	1,0	-	15,8	5-9;16-22
2.Чергове освітлення	2,0	1,0	-	2,0	22-5
3.Гноєприбиральний транспортер	6,2	0,5	0,7	4,4	7-7.30; 14-14.30; 21-21.30.
4.Кормороздавач	4,0	0,5	0,77	2,6	5-6; 11-12 19-20.
5.Електрокалорифер	98	1,0	-	98	24
6.Електрокалорифер	76	1,0	-	76	24
7.Вакуум насос	3	0,7	0,7	3	5-6; 11-12 19-20.
8.Пастеризатор молока	5,5	0,8	0,8	5,5	6-8; 12-14 20-22.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лашкай Д.О.			Складання добового графіка електронавантаження об'єкта і вибір силового трансформатора	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Чорний Ю.А.					46	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛІ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Продовження табл. 9.1

9.Заглиблений насос	4,5	0,7	0,7	4,5	0-4;8-12; 16-20.
10.Танк охолоджувач	5,5	0,8	0,8	5,5	6-8;12-14 20-22
11.Зернодробарка	30	0,8	0,88	27,8	4-5;10-11 18-19.
12.Подрібнювач	22	0,6	0,8	16,5	4-5;10-11 18-19.
13.Змішувач	15	0,6	0,81	11,1	4-5;10-11 18-19
14.Подрібнювач - мийка	10,5	0,8	0,84	10	4-5;10-11 18-19

Як бачимо з графіка, вечірній і денний максимум рині і не можливо вибрати більше. Тому розраховуємо потужність силового трансформатора за формулами

$$S_{\text{дв}(\text{в})} = D_{\text{в.вдв}} / \cos \varphi_{\text{в}}, \quad (80)$$

$$S_{\text{дв}(\text{д})} = D_{\text{д.вдд}} / \cos \varphi_{\text{д}}, \quad (81)$$

де $\cos \varphi_{\text{в}}$; $\cos \varphi_{\text{д}}$ - денний та вечірній коефіцієнт потужності.

$$S_{\text{дв}(\text{в})} = 267 / 0,85 = 314 \text{ кВт.}$$

$$S_{\text{дв}(\text{д})} = 267 / 0,75 = 356 \text{ кВт.}$$

Відповідно до довідкової літератури [1] вибираємо ближче стандартне значення потужності трансформатора $S = 400 \text{ кВт.}$

					ДП 2023 141	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як видно із розрахунків, значення коефіцієнту потужності рівне 0,75. Але допустимий коефіцієнт дорівнює 0,93. Тому необхідно встановити компенсаційну установку для підвищення коефіцієнту потужності.

Визначаємо потужність конденсаторної установки Q_p , квар, за формулою

$$Q_p = P_{i\ddot{a}\ddot{o}} \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2), \quad (82)$$

де Q_p - розрахункова потужність конденсаторної установки, квар;

$tg\varphi_1$ - значення $tg\varphi$, яке відповідає значенню $\cos\varphi$ до компенсації;

$tg\varphi_2$ - значення $tg\varphi$, яке відповідає значенню $\cos\varphi$ після компенсації.

$$Q_p = P_{\text{max}} \cdot K, \quad (83)$$

де K – коефіцієнт, береться з довідникової літератури [2].

$$Q_p = 356 \cdot 0,52 = 185 \text{ квар}.$$

Згідно довідника [2] вибираємо конденсаторну установку типу

АКУ - 0,4 -200 - 20 потужністю - $Q = 200 \text{ квар}$.

Визначаємо коефіцієнт потужності після компенсації за формулою

$$\cos\varphi_2 = tg\varphi_1 - \frac{Q}{P}, \quad (84)$$

де $tg\varphi_1$ - значення, яке відповідає значенню $\cos\varphi = 0,75$;

Q - дійсне значення потужності конденсаторної установки.

$$\cos\varphi_2 = 0,88 - \frac{200}{356} = 0,32$$

Значення $tg\varphi = 0,32$, що відповідає значенню $\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+tg^2\varphi}} = \frac{1}{\sqrt{1+0,32^2}} = 0,95$.

					ДП 2023 141	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ПЕРЕВІРКА ЗАХИСНИХ АПАРАТІВ НА СПРАЦЮВАННЯ ПРИ СТРУМАХ ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

В чотирьох провідних мережах переріз нульового проводу приймається не менше половини перерізу фазного (ПУЕ).

У вибухонебезпечних приміщеннях, житлових домах і приміщеннях сільсько-господарського призначення переріз нульового проводу приймається рівним фазному. Із умов механічної міцності і надійного спрацювання захисного апарату в мінімальний термін.

Проведемо перевірку захисних апаратів згідно розрахункової схеми (рис.10.1):

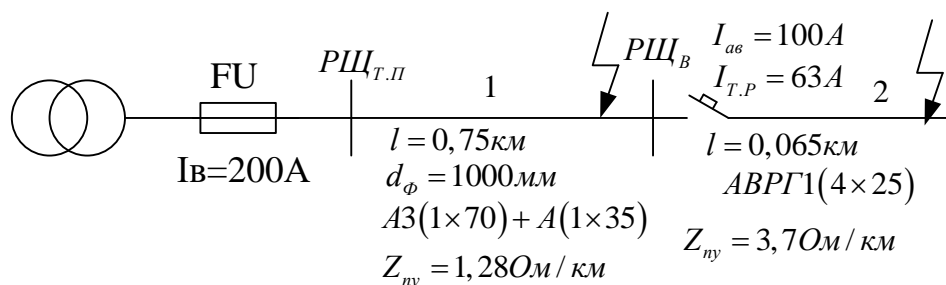


Рис. 10.1. Розрахункова схема ліній

Для перегорання плавкої вставки за мінімальний час при к.з. першої ділянки струм однофазного короткого замикання повинен бути не менше трьохкратного значення струму плавкої вставки запобіжника.

$$I_{к.мін} = 3 \cdot I_{п.в.} \quad (85)$$

$$I_{к.мін} = 3 \cdot 200 = 600 \text{ А}$$

Розрахунковий струм однофазного короткого замикання яке виникло в кінці першої ділянки повітряної лінії $I_{к.з}$, А, визначається із виразу

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лашкаї Д.О.			Перевірка захисних апаратів на спрацювання при струмах однофазного короткого замикання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Чорний Ю.А.					50	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

$$I_{к.з} = \frac{U_{\phi}}{Z_{кз(1)}}, \quad (86)$$

де $U_{\phi} = 220\hat{A}$.

$$Z_{к.з} = \frac{Z_{T.P}}{3} + Z_{n.y(1)} \cdot l_1, \quad (87)$$

де $\frac{Z_{\dot{D}}}{3} = \frac{26}{S_{\dot{D}}}$ для схеми Y/Y .

$$Z_{\dot{e},\zeta(1)} = \frac{26}{400} + 1,82 \cdot 0,075 = 0,2\hat{I} \text{ } \dot{i} .$$

$$I_{\dot{e},\zeta}^2 = \frac{220}{0,2} = 1100\hat{A}.$$

Так як розрахунковий струм $I_{\dot{e},\zeta}^2 = 1100\hat{A}$. то при короткому замиканні в кінці першої ділянки повітряної лінії плавка вставка запобіжника перегорить і захистить лінію.

Для спрацювання автоматичного вимикача при короткому замиканні в кінці другої ділянки необхідно, щоб струм короткого замикання був не менше шестикратного струму теплового розчеплювача автомата. При цьому струм короткого замикання не повинен перевищувати 600А щоб не перегорів запобіжник на силовому щиті ТП.

Розрахунковий струм однофазного короткого замикання в кінці другої ділянки визначається із виразу:

$$I_{к.з(2)} = \frac{U_{\phi}}{Z_{к.з(2)}}, \quad (88)$$

$$Z_{\dot{e},\zeta(2)} = 0,2 + 3,7 \cdot 0,065 = 0,44\hat{I} \text{ } \dot{i} .$$

$$I_{\dot{e},\zeta(2)}^2 = \frac{220}{0,44} = 500\hat{A}.$$

					ДП 2023 141	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як розрахунковий струм $I_{\hat{e},\zeta(2)} = 500\text{A}$.

$$I_{\hat{e},\zeta} > 6 \cdot I_{\text{Д.Д}},$$

$$500\text{A} > 6 \cdot 63 = 387\text{A}.$$

І нерівність справджується то у випадку виникнення короткого замикання в кінці другої ділянки автоматичний вимикач вимкне його, а плавка вставка на ТП не перегорить так, як для цього необхідно трьохкратний струм плавкої вставки запобіжника рівний 600 А.

					ДП 2023 141	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. ПЕРЕВІРКА МОЖЛИВОСТІ ЗАПУСКУ НАЙБІЛЬШ ПОТУЖНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПО ДОПУСТИМОМУ ЗНИЖЕННЮ НАПРУГИ НА ЙОГО ЗАТИСКАЧАХ

Визначаємо величину зниження напруги при запуску А.Д з короткозамкненим ротором по наступним даним:

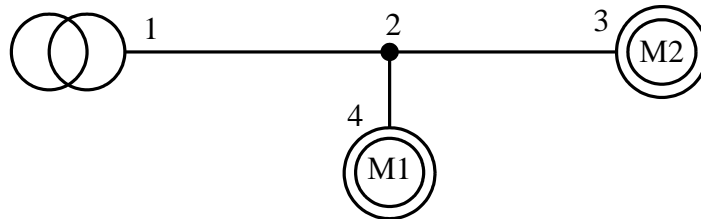


Рис. 11.1. Схема включення

Довжина ділянок: 1-2 – 0,075км

2-3 – 0,015км

2-4 – 0,017км

Параметри електродвигунів:

$$D_{i1} = 30 \text{ kVA}$$

$$D_{i1} = 22 \text{ kVA}$$

$$\eta = 0,875$$

$$\eta = 0,8$$

$$\cos \varphi = 0,87$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

$$K_i = 6,5$$

$$K_i = 6,5$$

$$K_3 = 1$$

$$K_3 = 1$$

$$S_{TP} = 400 \text{ kVA}$$

Схема з'єднання: Y/Y

$$U_{\text{об}} = 10/0,4 \text{ kV}$$

					<i>ДП 2023 141</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лашкаї Д.О.			<i>Перевірка можливості запуску найбільш потужного електродви- гуна по допустимому зниженню напруги на його затискачах</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Чорний Ю.А.				53		
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск			
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Параметри ділянок : 1-2 – повітряна лінія АВРГ 1(3х6+1х4)
 2-3 – кабельна лінія АВРГ 1(3х6+1х4);
 2-4 – кабельна лінія АВРГ 1(3х6+1х4).

Визначаємо номінальний струм двигунів за формулою

$$I = \frac{P \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot U_{H \cdot \cos \varphi \cdot \eta}}, \quad (89)$$

$$I_{(1)} = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87 \cdot 0,875} = 60 \text{ А.}$$

$$I_{(2)} = \frac{22000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,85} = 49,2 \text{ А.}$$

Визначаємо опір двигунів за формулою

$$Z_{\sigma \sigma} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} K_i \cdot I}, \quad (90)$$

$$Z_{\hat{a}\hat{a}(1)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 6,5 \cdot 60} = 0,57 \hat{\Omega}.$$

$$Z_{\hat{a}\hat{a}(2)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 6,5 \cdot 49,2} = 0,68 \hat{\Omega}.$$

Визначаємо опір трансформатора за формулою

$$\frac{26}{S_{TP}} = \frac{26}{400} = 0,07, \text{ Ом} \quad (91)$$

За довідниковою літературою вибираємо питомий опір ліній:

Повітряна лінія: $Z_{\hat{a}\hat{a}} = 1,82 \hat{\Omega} / \hat{\text{в}} \hat{\text{м}}$

Кабельні лінії: $Z_{\hat{a}\hat{a}(2-3)} = 9,88 \hat{\Omega} / \hat{\text{в}} \hat{\text{м}}$. $Z_{\hat{a}\hat{a}(2-4)} = 15,43 \hat{\Omega} / \hat{\text{в}} \hat{\text{м}}$.

Визначаємо повний опір по ділянкам лінії за формулою

					ДП 2023 141	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z = Z_{y0} \cdot l, \quad (92)$$

$$Z_{(1-2)} = 1,82 \cdot 0,075 = 0,14 \hat{I} \text{ } \hat{i} .$$

$$Z_{(2-3)} = 9,88 \cdot 0,015 = 0,15 \hat{I} \text{ } \hat{i} .$$

$$Z_{(2-4)} = 15,43 \cdot 0,017 = 0,26 \hat{I} \text{ } \hat{i} .$$

$$Z_{(1-3)} = Z_{(1-2)} + Z_{(2-4)}, \quad (93)$$

$$Z_{(1-4)} = Z_{(1-2)} + Z_{(2-3)}, \quad (94)$$

$$Z_{(1-4)} = 0,14 + 0,15 = 0,29 \hat{I} \text{ } \hat{i} .$$

Визначаємо зниження напруги на затискачах двигунів при їх запуску за формулою

$$\Delta U \% = \frac{Z_c}{Z_c + Z_{\hat{a}\hat{a}}} \cdot 100. \quad (95)$$

$$\Delta U_{(1)} \% = \frac{0,4 + 0,07}{0,4 + 0,07 + 0,57} \cdot 100 = 45\%$$

$$\Delta U_{(2)} \% = \frac{0,29 + 0,07}{0,29 + 0,07 + 0,68} \cdot 100 = 34\%$$

Що недопустимо.

Приймаємо більший переріз проводу і проводимо повторний розрахунок. Ділянка 2-3 – АВРГ (3x50+1x25); $Z = 2,22 \hat{I} \text{ } \hat{i} / \hat{e}\hat{i} .$

Ділянка 2-4 – АВРГ (3x25+1x16). $Z = 3,7 \hat{I} \text{ } \hat{i} / \hat{e}\hat{i} .$

Визначаємо опір кабельних ліній по ділянкам:

$$Z_{(2-3)} = 2,22 \cdot 0,015 = 0,03 \hat{I} \text{ } \hat{i} .$$

$$Z_{(2-4)} = 3,7 \cdot 0,017 = 0,06 \hat{I} \text{ } \hat{i} .$$

					ДП 2023 141	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{(1-3)} = 0,14 + 0,03 = 0,17 \hat{I} \text{ .}$$

$$Z_{(1-4)} = 0,14 + 0,06 = 0,2 \hat{I} \text{ .}$$

Визначаємо зниження напруги на затискачах при запуску двигунів:

$$\Delta U_{(1)} \% = \frac{0,17 + 0,07}{0,17 + 0,07 + 0,57} \cdot 100 = 29\%$$

$$\Delta U_{(2)} \% = \frac{0,2 + 0,07}{0,2 + 0,07 + 0,68} \cdot 100 = 28\%$$

Отже, втрати напруги не перевищують допустимі значення. Кабелі вибрано вірно.

					ДП 2023 141	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. СПЕЦПИТАННЯ. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ТЕМПЕРАТУРИ МАСЛА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

12.1. Трансформатори як електроенергетичне устаткування. Завдання й мета діагностики досліджуваного енергоустаткування

Силовий (розподільчий) трансформатор – самий складний і відповідальний компонент електричної мережі. На сучасний момент у Україні встановлено й функціонує дуже багато силових (розподільчих) трансформаторів потужністю 25 кВА - 6300 кВА.

Трансформатор – це статичний пристрій, що має дві або більше обмотки, призначений для перетворення за допомогою електромагнітної індукції однієї або декількох систем змінної напруги й струму в одну або кілька інших систем змінної напруги й струму, що мають зазвичай інші значення при тій же частоті, з метою передачі потужності.

Значення трансформаторів як в електроенергетиці в цілому, так і в повсякденному житті кожної людини важко переоцінити, вони застосовуються повсюдно.

Виділимо основні параметри силових трансформаторів, які необхідно контролювати:

а) Гази, розчинені в маслі, і вологовміст масла. Збільшення обсягу розчинених газів у маслі веде до зниження ізоляції через теплове перевантаження ізоляції, а також розрядних процесів. Такі параметри можна визначити за допомогою хроматографічного аналізу проби масла, які відбираються протягом тривалого проміжку часу. Вологість для силового устаткування, що перебуває в робочому стані є дуже небезпечним явищем.

б) Струм, напруга, потужність. Перераховані параметри характеризують навантаження трансформатора, а також є вхідними величинами для моделей теплового балансу трансформатора.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лашкай Д.О.</i>			<i>Спецпитання. Системи контролю навантаження та температури масла силового трансформатора</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					57	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

в) Комутаційні й атмосферні перенапруги. Перенапруги характеризують навантаження системи ізоляції. А несправності, що виникають, служать факторами, що підтверджують або спростовують утворення дефекту.

г) Часткові розряди. Збільшення рівня розрядної активності служить причиною зниження характеристик твердої ізоляції, що веде до пробою й короткого замикання.

д) Температура масла. Визначення температури масла характеризують результативність системи охолодження трансформатора, а також є вхідними величинами для розрахунку найбільш нагрітої точки обмотки трансформатора.

12.2. Допустима температура обмоток сухого трансформатора й вимірювання температури

Загальна характеристика досліджуваного параметра обмоток сухого трансформатора й вимірювання температури

Сухі трансформатори призначені для роботи при підвищеній температурі (від 150°C), у порівнянні з масляними. Сухі трансформатори призначені для роботи за підвищеної температури (від 150°C), порівняно з масляними. Незважаючи на збільшене тепловідведення за допомогою олії, кількість тепла та температура для роботи на 100°C нижче, порівняно з прискореним масляним пробоем. Перевагами є відсутність рідин, пожежна безпека (ПБ) та ефективне відведення тепла сердечника через поверхню.

Електричні трансформатори, як і всі подібні прилади, нагріваються при роботі. Найчастіше пристрій виходить із ладу. При експлуатації обов'язково враховується гранично допустима робоча температура обмоток сухого трансформатора. КПД трансформатора й інших електричних приладів – менше 100%. Для невеликих пристроїв потужністю 10 Вт становить від 80%. Для силових трансформаторів показник починається від 99,5%. Теплові втрати мають місце в обмотках і магнітопроводі.

					ДП 2023 141	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки сухий електричний трансформатор має не 100% ККД, в ході роботи струм, що протікає по обмоткам, нагріває їх. Крім цього, магнітопровід починає нагріватися з вихровими струмами та витрачає енергію на перемагнічування. Допустима температура сухих трансформаторів у нормальному режимі взаємопов'язана з ізоляцією обмотки:

- нанесенням на провід електротехнічного лаку - 70 ° С;
- обмоткою провідника бавовняною ниткою – 105°С;
- використанням скловолокна замість нитки бавовняної – 180 °С;
- нагріванням трансформаторів з масляним охолодженням до 80 °С.

Згідно з діючих стандартів, за кліматичним виконанням, температурні показники повітря для охолодження сухих трансформаторів становлять 1-4. Для сухих негерметичних трансформаторів показник дорівнює 3-4. У середньому температура повітря за добу не перевищує 30 °С. Отже, температура повітря в середньому за 1 рік не перевищує 20 °С.

Вибір способів зниження температури електричних трансформаторів безпосередньо пов'язано з потужністю і рівнем напруги в пристрої. Робота в умовах гранично допустимої температури призводить до того, що ізоляція зношується, а масло швидко «старіє», і цього не слід допускати. Система трансформаторного моніторингу з визначенням показників призначена для безперервного контролю параметрів в оперативному режимі, управління системою охолодження і контролю роботи. Вимірювання температури обмотки трансформатора дозволяє виявити дефекти або небезпечні робочі режими до моменту пошкодження проти аварійних ситуацій та зміни стратегії профілактичних робіт, що проводяться періодично. Прилади, за допомогою яких вимірюється допустима температура нагріву обмоток трансформатора, повинні забезпечувати:

- відповідність конструкції вимогам умов експлуатаційних умов з механічної та кліматичної точки зору;
- підвищену точність та достовірність вимірювань з приведенням до точних показників та надійність у роботі;

					ДП 2023 141	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- легкість у процесі встановлення приладу на трансформатор та просте обслуговування при роботі;

- зниження експлуатаційних витрат за допомогою моніторингу теплових режимів та зовнішнього огляду приладу працівниками.

Опір ізоляції трансформаторів сухого різновиду при температурі обмоток 20–30 °С номінальною напругою до 1 кВ становить понад 100 МОм.

Не менш важливо, щоб прилади, що дозволяють вимірювати необхідні показники, показували підвищену стійкість до перешкод, були правильно запрограмовані і мали надійну сигналізацію.

Вимір температури й вібрації обмоток силових трансформаторів за допомогою бездротових датчиків

Важливою функцією систем моніторингу силових трансформаторів є прямий контроль температури обмоток у найбільш нагрітій точці, що має більшу точність у порівнянні з непрямими методами контролю по температурі верхньої зони трансформатора. Такий прямий контроль дозволяє достовірно оцінювати поточні теплові режими роботи трансформатора з точки зору швидкості старіння основної ізоляції обмоток.

Практично єдиним способом прямого контролю температури найбільш нагрітої зони силового трансформатора дотепер було використання оптоволоконних датчиків температури, що монтуються безпосередньо на обмотці. Оптоволоконні датчики забезпечують необхідну точність вимірювання температури й можуть безпечно монтуватися на елементах трансформатора, що перебувають під високою напругою.

Найбільш істотним недоліком використання в системах моніторингу силових трансформаторів оптоволоконних датчиків для контролю температури найбільш нагрітої точки обмотки є їхня висока вартість.

Для прямого контролю температури найбільш нагрітої точки обмоток силових трансформаторів фахівцями фірми ДИМПУС розроблені спеціалізовані бездротові датчики контролю температури марки BDM/T. Необхідна кількість датчиків може

					ДП 2023 141	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бути встановлена на обмотці силового трансформатора в процесі його виготовлення на заводі.

Конструктивні особливості датчиків марки BDM/T:

- компактні розміри (22x35x50 мм), що дозволяють кріпити датчики безпосередньо на обмотках трансформатора;
- герметичний силіконовий корпус, стійкий до впливу масла й високих напруг;
- повністю бездротове виконання, що дозволяє безпечно встановлювати датчики на струмоведучих елементах, що перебувають під високою напругою;
- живлення вбудованої електроніки датчика здійснюється від електромагнітного поля, що виникає навколо провідників обмотки трансформатора, на якій встановлений датчик – датчик автоматично починає працювати при включенні трансформатора й відключається при виводі трансформатора з роботи;
- датчик контактено вимірює температуру обмотки трансформатора в точці його установки;
- передача інформації з датчика про вимірювану температуру обмотки виконується за допомогою стандартного бездротового інтерфейсу Bluetooth;
- додатковою функцією датчика BDM/T є вимірювання вібрації обмотки в точці його установки. У вбудованому в датчик мікропроцесорі розраховується СКЗ вібраційного сигналу і його спектральний склад, що дозволяє коректно контролювати конструктивний стан і якість пресування обмотки;
- для прийому інформації від датчиків марки BDM/T використовуються спеціалізовані приймачі марки WDM-T, WDM-TI, або звичайний смартфон з інтерфейсом Bluetooth; приймач WDM-TI відрізняється від WDM-T тим, що він має інформаційний екран;
- приймач інформації WDM-T (один на трансформатор) встановлюється на зовнішній поверхні бака трансформатора, поблизу високовольтних введів, це робиться для того, щоб використовувати вводи як антени, що введені всередину бака трансформатора;

					ДП 2023 141	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- у більших силових трансформаторах, у яких може бути змонтовано багато датчиків температури BDM/T, деякі віддалені від високовольтних введів і всередині обмотки іноді необхідно встановлювати спеціалізовану прийомну антену, що вводить всередину бака або зовні на радіопрозорій крищі;

- інформація від приймачів WDM-T по інтерфейсу RS-485 передається в систему моніторингу для контролю й подальшого аналізу;

- сигнали від датчиків температури можна приймати й контролювати за допомогою стандартного смартфона; ця функція доступна при періодичних інспекціях високовольтного устаткування експлуатаційним персоналом у процесі його роботи;

- датчики встановлюються на обмотках трансформатора на заводівиготовлювачі; кількість установлюваних у трансформаторі датчиків практично не обмежена;

- установка датчиків найчастіше не вимагає модернізації корпусу бака трансформатора, у самому складному випадку доробка бака зводиться до установки радіопрозорого вікна;

- використання датчиків BDM/T дозволяє додатково контролювати якість опресування обмоток трансформатора;

- вартість одного датчика BDM/T не перевищує 150-200 умовних одиниць, що дозволяє знизити загальну вартість системи контролю температури обмоток трансформатора в 15-20 разів у порівнянні з оптоволоконною системою контролю температури;

Датчики марки BDM/T є універсальними й можуть бути використані для контролю температури й вібрації високовольтного устаткування інших типів:

- вимірювання температури шин високовольтних КРУ й контактів вимикачів різного виконання й марок;

- контроль вібрації й температури лобових частин високовольтних електродвигунів і генераторів;

- контроль температури проводів високовольтних ліній електропередачі;

					ДП 2023 141	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- контроль вібрації й температури елементів практично будь-якого високовольтного устаткування, що перебуває під робочою напругою.

Тепловізійний ІК-контроль маслонеповнених трансформаторів

Прилади для безконтактного дистанційного контролю температури набувають все більшого поширення в енергетиці при оцінці теплового стану електрообладнання та його струмопровідних частин. Інфрачервоний метод контролю температури є складовою системи технічного експлуатаційного контролю електроустаткування.

Слід брати до уваги, що результати ІЧ-діагностики, що характеризують тепловий стан об'єкта, що контролюється, багато в чому залежать від його конструкції, локального розташування джерела тепловиділення, інтенсивності тепловиділення, кваліфікації оператора, зовнішніх впливів. Отримані результати необхідно порівнювати з аналогічними, отриманими з інших фаз або на ідентичному устаткуванні.

Певною мірою, ІЧ-діагностика є основним індикаторним засобом оцінки стану енергетичного об'єкта, який зумовлює проведення додаткових заходів для визначення місця та характеру осередку тепловиділення. До таких додаткових заходів належать: вимірювання ізоляційних характеристик об'єкта, аналіз складу газів в маслі, визначення рівня часткових розрядів, визначення залежності інтенсивності тепловиділення від режиму роботи та інші.

Використання для оцінки стану обладнання значень бракувальних нормативів за температурою нагріву повинно розглядатися лише як допоміжний критерій для прийняття рішення про необхідність залучення додаткових джерел інформації: облік динаміки тепловиділення, його характеру (загальне чи локальне), виявлення місця розташування осередку тепловиділення за побудованим термопрофілем або тривимірним зображенням, проведення дефектації обладнання.

Процес дефектації обладнання передбачає:

- оцінку небезпеки виявленого чи передбачуваного дефекту щодо виявленої теплової аномалії та прогнозування його розвитку;

					ДП 2023 141	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- визначення обсягу рекомендованих багатопараметричних вимірювань для передбачуваного виду дефекту;
- облік похибок, які можуть виникнути під час діагностичних вимірів;
- підготовку рекомендацій щодо подальшої експлуатації обладнання (аварійний стан об'єкта, його моніторинг із залученням додаткових засобів контролю, частіший контроль у процесі експлуатації).

Матеріали, що застосовуються при виготовленні трансформаторів, за складом та характером їх призначення можна умовно розділити на групи: провідникові, ізолюючі та магнітні. При роботі під навантаженням частина енергії, що видається, переходить у теплову.

Виділення тепла в струмопровідних частинах відбувається внаслідок опору провідників струму, що протікає по них. Крім того, в струмопровідних частинах і в невідповідних металевих елементах можуть виникати вихрові струми, що також сприяють тепловиділенню. У магнітних матеріалах тепло виділяється внаслідок магнітного гістерезису. В ізоляції, що знаходиться під напругою, тепловиділення обумовлено так званими діелектричними втратами.

Одночасно з виділенням тепла в устаткуванні відбувається процес його відведення із зовнішньої поверхні. Це може відбуватися природним шляхом або за допомогою примусових засобів охолодження. Тепловий режим і температурні характеристики обладнання, що проектується, зазвичай задаються в залежності від класу нагрівостійкості ізоляційних елементів, що стикаються зі струмопровідними частинами, від призначення матеріалів, від режиму та умов експлуатації та інших факторів.

Рідкі ізоляційні матеріали (трансформаторне масло) широко використовуються в електротехніці. Електрична міцність трансформаторного масла підтримується в межах 80 - 200 кВ/см при випробуванні у стандартному розряднику. Значне зниження пробивної напруги масла відбувається з його забрудненням або зволоженням навіть у малих кількостях (соті частки відсотка).

Тверді ізоляційні діелектрики складаються з органічних та неорганічних матеріалів. До твердих діелектриків належать: волокнисті матеріали (дерево, папір,

					ДП 2023 141	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

картон), шаруваті пластики (бакеліт, гетинакс), керамічні матеріали (порцеляна, скло), мінеральні речовини (слюда). Електрична міцність твердих діелектриків значно вища, ніж рідких, але залежить від виду, роду та стану матеріалів. Основні дефекти твердої ізоляції: забруднення, зволоження, розшарування, втрата електричної та механічної міцності, старіння, незворотні хімічні процеси (деструкція) та ін. Дефекти ізоляції бувають поширеними чи зосередженими. Зосереджені дефекти, якщо вони мають підвищену провідність, є локальними джерелами підвищеного тепловиділення.

Локальні тепловиділення у провідниках – струмопровідних системах та контактних з'єднаннях, обумовлені низкою причин. У контактних з'єднаннях, виконаних зварюванням, це підрізи, каверни, непровари, шлакові та газові включення, перепали металу, нерівності з'єднаних провідників та ін. Дефекти контактних з'єднань, виконаних пайкою, пов'язані з неправильним підбором наконечників, непропаєм, наявністю каверн. У дефектних контактних з'єднаннях, виконаних опресовуванням, спостерігається неправильний підбір наконечників, неповне введення жили в наконечник, недостатній ступінь опресування, неспіввісність та асиметрія дроту та гільзи. Контактні з'єднання, виконані за допомогою болтів, найчастіше мають дефекти через шайби при з'єднанні мідної жили з плоским виведенням з міді або сплаву алюмінію, відсутності тарілчастих пружин, прямого під'єднання алюмінієвого наконечника до мідних виводів обладнання в приміщеннях з агресивним або вологим середовищем.

У магнітних матеріалах додаткові тепловиділення, в тому числі і локального характеру, можуть бути з наступних причин: старіння міжлистової ізоляції магнітопроводу, замикання між окремими пластинами або пакетами магнітопроводу, неякісне складання та стяжка пакетів, нарізка пластин магнітопроводу поперек осі прокату заземлення магнітопроводу. Зазначені дефекти виявляються і традиційними методами технічного контролю, проте це пов'язано з необхідністю виведення обладнання з роботи. Найбільшою мірою зазначені вище умови проведення термографічного контролю відносяться до маслонаповнених вимірювальних трансфор-

					ДП 2023 141	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

маторів, що мають порівняно невеликий обсяг паперово-масляної ізоляції, недостатній ступінь герметизації та тривалий період експлуатації.

12.3. Аналіз перевантажень трансформаторів

Характеристика перевантажень трансформаторів

Допускається тривала робота трансформаторів (при потужності не більше номінальної) при напрузі на будь-якому відгалуженні обмотки на 10% вище від номінального для даного відгалуження. При цьому напруга на будь-якій обмотці повинна бути не вищою за найбільшого робітника. Для масляних трансформаторів допускається тривале перевантаження струмом будь-якої обмотки на 5% номінального струму відгалуження, якщо напруга на відгалуженні не перевищує номінального.

Крім того, для трансформаторів залежно від режиму роботи допускаються систематичні навантаження, значення та тривалість яких регламентуються типовою інструкцією з експлуатації трансформаторів та інструкціями заводів-виробників. В аварійних режимах допускається короточасне перевантаження трансформаторів понад номінальний струм при всіх системах охолодження незалежно від тривалості і значення попереднього навантаження і температури охолоджуючого середовища в допустимих межах.

Допустимі тривалі навантаження сухих трансформаторів встановлюються заводською інструкцією. Включення в мережу трансформатора (реактора) повинно здійснюватись поштовхом на повну напругу. Трансформатори, що працюють у блоці з генератором, можуть включатися разом з генератором підйомом напруги з нуля.

Для вирівнювання навантаження між паралельно працюючими трансформаторами з різною напругою короткого замикання допускається в невеликих межах зміна коефіцієнта трансформації шляхом перемикання відгалуджень за умови, що жоден із трансформаторів не буде перевантажений.

Пристрої регулювання напруги під навантаженням (РПН) трансформаторів повинні працювати в автоматичному режимі. За рішенням технічного керівника,

					ДП 2023 141	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допускається встановлювати неавтоматичний режим. В цьому випадку регулювання напруги ведеться при необхідності шляхом дистанційного перемикання РПН з пульта управління (якщо в нормальному режимі коливання напруги в мережі знаходяться в межах, які відповідають вимогам споживачів електроенергії). Не допускається перемикання пристрою РПН трансформатора, що знаходиться під напругою, вручну (ручкою). Перемикаючі пристрої РПН трансформаторів дозволяється включати в роботу при температурі верхніх шарів масла мінус 20°C і вище (для занурених резисторних пристроїв РПН) і мінус 45°C і вище (для пристроїв РПН з реакторами, що обмежують струм, а також для перемикаючих пристроїв з контактором на опорному ізоляторі поза баком трансформатора та обладнаним пристроєм штучного підігріву). Експлуатація пристроїв РПН має бути організована відповідно до положень інструкцій заводів-виробників.

Під здатністю навантаження трансформатора розуміють властивість трансформатора нести навантаження понад номінальне за певних умов експлуатації – попереднього навантаження трансформатора, температурі охолоджуючого середовища.

Силовий трансформатор здатний працювати у різних режимах:

а) режим циклічних навантажень.

Режим навантаження із циклічними змінами (зазвичай цикл дорівнює добам), який визначають з урахуванням середнього значення зносу за тривалість циклу. Режим циклічних навантажень може бути режимом систематичних навантажень або тривалим аварійних перевантажень.

б) режим систематичних навантажень.

Режим, протягом частини циклу якого температура охолоджуючого середовища може бути більш високою і струм навантаження перевищує номінальний, проте з точки зору термічного зносу (відповідно до математичної моделі) таке навантаження еквівалентне номінальному навантаженню при номінальній температурі охолоджуючого середовища. Це досягається за рахунок зниження температури охолоджуючого середовища або струму навантаження протягом решти циклу.

					ДП 2023 141	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При плануванні навантажень цей принцип може бути поширений на тривалі періоди, протягом яких цикли зі швидкістю відносного зношування ізоляції більше одиниці компенсуються циклами зі швидкістю зношування менше одиниці.

в) режим тривалих аварійних перевантажень.

Режим навантаження, що виникає внаслідок тривалого виходу з експлуатації деяких елементів мережі, які можуть бути відновлені тільки після досягнення постійного значення перевищення температури трансформатора. Це не звичайний робочий стан, і передбачається, що він виникатиме рідко, проте може тривати протягом тижнів або навіть місяців і спричинити значне термічне зношування. Тим не менш, таке навантаження не повинно бути причиною аварії внаслідок термічного пошкодження або зниження електричної міцності ізоляції трансформатора.

г) режим короточасних аварійних перевантажень.

Режим надзвичайно високого навантаження, спричинений непередбаченими впливами, які призводять до значних порушень нормальної роботи мережі, при цьому температура найбільш нагрітої точки провідників досягає небезпечних значень та в деяких випадках відбувається тимчасове зниження електричної міцності ізоляції. Однак на короткий період часу цей режим може бути кращим за інші. Можна припускати, що навантаження такого типу будуть виникати рідко. Їх необхідно якомога швидше знизити або на короткий час відключити трансформатор, щоб уникнути його пошкодження. Допустима тривалість такого навантаження менше теплової постійної часу трансформатора і залежить від досягнутої температури до перевантаження; зазвичай тривалість навантаження становить менше півгодини. Відповідно до діючих стандартів розподільчі трансформатори в режимі систематичних навантажень можуть працювати з навантаженням до 1,5.

Захист трансформаторів від перевантажень

Для захисту від перенапруги трансформаторів використовуються запобіжники. При аварійному відключенні одного із трансформаторів, кілька аналогічних пристроїв вводяться в роботу й компенсують номінальна напруга в мережі, завдяки чому вдається уникнути аварійної ситуації.

					ДП 2023 141	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Види захисту силових трансформаторів:

- запобіжники й трифазні вимикачі;
- газовий захист;
- автоматичний релейний захист;
- диференціальний захист.

Запобіжники й трифазні вимикачі. Даний вид захисту застосовується для контролю в потужних розподільчих мережах. Запобіжники й трифазні вимикачі здійснюють захист від грозових стрибків напруги. Дуже ефективні в умовах виробництва для захисту й стабілізації напруги.

Газовий захист (рис. 12.1). У стандартних захистах силових трансформаторів є газові реле, що складаються із двох відділень. Перше відділення служить для контролю нагнітаючого газу з масла, установлюється над розширювальним баком. Коли рівень газу, що проходить через масло, доходить до максимуму, реле починає випускати газ. Даний процес відбувається у вигляді невеликих вихлопів або поступового відкриття клапанів. Сигналізатором рівня газу служить поплавець.

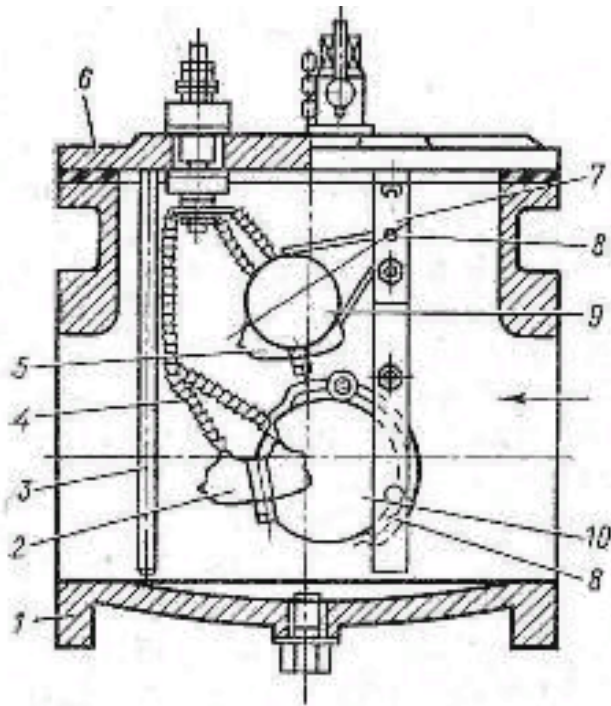


Рис. 12.1 Газове реле поплавкового типу:

1 - корпус, 2, 5 - контакти, 3 - стержень, 4 - ізоляція виводів, 6 - кришка,
7 - рамка, 8 - вісь, 9 - верхній поплавець, 10 - нижній поплавець

										Арк.
										69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Індикатор може не тільки показувати рівень, але й контролювати прохідність газів, а також діагностувати роботу трансформатора в цілому.

Друге відділення реле підключається до масляного контуру трансформатора й з'єднує його вертикальні канали, відкриваючи шлях для газу, що піднімається.

Мембрана в розширювальному баку є індикатором зміни тиску. Підвищення тиску масла стискає мембрану, діафрагма починає рухатися. Рух діафрагми може спровокувати зміна атмосферного тиску. При русі діафрагми спрацьовує спеціальний клапан, що відключає трансформатор і що короткозамикач. Мембрана газового реле досить тендітна деталь, що перестає коректно працювати при мінімальному відхиленні або пошкодженні (має потребу в повній заміні).

Реле захисту трансформатора являє собою невелику ємність із маслом суміщеною зі сполучною трубкою, що виходить із головного резервуара пристрою. Реле використовуються в таких установках як трансформатори дугової плавки, морська техніка й т.д. Реле захищають трансформатори від коротких замикань. Реле захисту складаються із двох елементів: резервуара й поплавця. Поплавець рухається нагору або вниз залежно від рівня масла, на поплавці встановлюється ртутний вимикач.

Нижній елемент реле складається з перегородки ртутного індикатора. Даний елемент кріпиться напроти входу реле в трансформатор таким чином, що при надходженні масла з високим тиском відбувається його витиснення.

Принцип дії релейного захисту досить простий. Ртутний індикатор відключає трансформатор від мережі коли падає рівень масла в баку трансформатора. Рівень масла подає у випадку різних несправностей, таких як порушення ізоляції, поломка сердечника й ін. (рис. 12.2).

					ДП 2023 141	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. ОХОРОНА ПРАЦІ

13.1. Охорона праці на об'єкті

Оперативний персонал – це чергові або інші особи, які позмінно здійснюють оперативне перемикання і поточний нагляд за електроустановками, а оперативно - ремонтний персонал, допущений до оперативних перемикань після спеціального навчання.

Кваліфікація оперативного (або оперативно – ремонтного) персоналу, який одноособово обслуговує електроустановки напругою до 1000 В, або старшого зміни повинна бути не нижче III групи. Кожний з цих людей може самостійно оперувати вимикачами та іншою комутаційною апаратурою, крім випадків, коли це робиться з приставної драбини :тут повинен бути помічник, що має II кваліфікаційну групу. Вмикати і вимикати пускову апаратуру верстата або виробничого механізму дозволяється працівникам, що працюють на них, або особам, які обслуговують ці машини (токаря, доярка) після інструктажу і практичного навчання на робочому місці електриком (їм присвоюють I кваліфікаційну групу). Цим особам дозволяється також замінювати лампи, обтирати і очищати освітлювальну, пускову і захисну апаратури, а також електродвигуни при обов'язковому знятті напруги.

Представникам оперативного персоналу дозволяється одноособово відкривати для огляду дверці розподільних щитів, пультів керування, пускових пристроїв, але не можна знімати під час огляду захисні пристосування щитів, збірок, тролей, попереджувальні плакати, проникати за огорожу, торкатися струмопровідних частин і усувати несправності, коли для цього треба наблизитись до частин , що перебувають під напругою. Про помічені несправності роблять запис в експлуатаційному журналі і повідомляють начальника. Проте деякі роботи, перелічені нижче, оперативний персонал має право виконувати в порядку поточної експлуатації.

Усі роботи в діючих електроустановках, крім оперативної, щодо заходів безпеки поділяються на 4 категорії:

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лашкаї Д.О.</i>			Охорона праці	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сірик А.О.</i>					72	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

д) знімають постійні захисні пристосування струмопровідних частин і переконаються у відсутності напруги в кожній фазі відносно землі. Показчик напруги (вольтметр) безпосередньо перед перевіркою відсутності напруги теж перевіряють;

е) накладають на вимкнені струмопровідні частини переносний заземлюючий (занулюючий) провідник, заздалегідь приєднаний до заземлення (до нульового проводу).

При цьому користуються діелектричними рукавицями або спеціальними штангами. Потім заземлення надійно прикріплюють до струмопровідних частин струбцинами або іншими затискачами. Струмоведачі частини заземлюють на всіх фазах з усіх боків, з яких до місця роботи можна помилково подати напругу, але місце встановлення заземлень може бути відокремлене від струмопровідних частин, на яких проводять роботи, вимкненими вимикачами, знятими запобіжниками, демонтованими шинами;

ж) на місці робіт вивішують плакат: «**Працювати тут!**».

Усі операції в установках напругою до 1000 В може виконати один представник оперативного персоналу, який допускає до роботи (він повинен мати кваліфікацію не нижче III групи). Щоб випадково не подати напругу на місце робіт апаратами з дистанційним керуванням, треба або вийняти з гнізд патрони плавких запобіжників у колах дистанційного керування цими апаратами, або від'єднати кінці котушки, що вмикається. Напруга може потрапити на місце робіт внаслідок зворотної трансформації, тому всі силові, вимірювальні або будь-які спеціальні трансформатори, з'єднані з електроустановкою, яке підготовлюють до ремонту, вимикають з боку вищої і нижчої напруги.

Коли працюють без переносних заземлень, потрібні додаткові заходи, що запобігають помилковій подачі напруги до місця робіт: механічне замикання приводів вимкнених апаратів, зняття запобіжників, вставляння ізолюючих прокладок між контактами рубильників.

Якщо ж все це не можна зробити, то від'єднують живильну лінію від розподільчого щита або на місці робіт.

					ДП 2023 141	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дуже часто пожежі на виробництві спричинені необережним поводженням з вогнем. Під цим, як правило розуміють паління в недозволених місцях, пожежі через виникнення коротких замикань, перевантаження електродвигунів, освітлювальних та силових мереж внаслідок великих місцевих опорів. Струм короткого замикання залежить від потужності джерела струму, відстані від джерела струму до місця замикання та виду замикання.

Струмові перевантаження виникають при ввімкненні до мережі додаткових споживачів струму або при зниженні напруги в мережі. Тривале перевантаження призводить до нагрівання провідників, що може викликати їх займання.

Завдання та види пожежної охорони.

Основними завданнями пожежної охорони є:

- 1) Здійснення контролю за дотриманням протипожежних вимог;
- 2) Запобігання пожежам і нещасним випадкам на них;
- 3) Гасіння пожеж, рятування людей та надання допомоги у ліквідації наслідків аварії, катастроф і стихійного лиха.

пожежна охорона поділяється на державну, відомчу, сільську та добровільну.

У разі виявлення пожежі кожний громадянин зобов'язаний:

- негайно повідомити про це телефоном пожежну охорону за номером 101;

Вжити заходів до евакуації людей, гасіння пожежі, збереження матеріальних цінностей.

13.4. Надання долікарської допомоги при ураженні людини електричним струмом

Перша допомога при нещасних випадках – це комплекс заходів, спрямованих на відновлення або збереження життя і здоров'я потерпілого. Нещасні випадки, як правило, відбуваються в місцях, де медичний персонал відсутній і швидко повідомити про те, що трапилося, в медичну установу досить скрутно або неможливо.

					ДП 2023 141	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий опір, Ом, розтіканню струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах

$$R_{розр.в.г} = \frac{R_{розр.в} \cdot R_{розр.г}}{R_{розр.в} + R_{розр.г}} = \frac{4 \cdot 57}{4 + 57} = 3,7.$$

Вибираємо матеріал та поперечний переріз з'єднувальних провідників. За табл. 7.8 [9] вибираємо голі мідні $S_M = 4 \text{ мм}^2$ або алюмінієві $S_A = 6 \text{ мм}^2$ провідники.

Вибираємо матеріал та поперечний переріз магістральної шини. За табл. 7.8 [9] приймаємо сталеву шину товщиною $\delta_c = 4 \text{ мм}$ і перерізом не менше $S = 100 \text{ мм}^2$.

					ДП 2023 141	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Довідник сільського електрика. За редакцією В.С.Олійника. Видання друге, доповнене і перероблене. К. Урожай. 1982. 296с.
2. О. М. Мороз, В. Є. Соловов. Методичний посібник для вибору шаф і ящиків управління. Харків 2007. 43с.
3. Бородин И. Ф., Недилько Н. М. Автоматизация технологических процессов. М. Агропромиздат. 1986. 368с.
4. О. М. Мороз, В. Є. Соловов. Методичний посібник для розподільчих щитів і силових розподільчих пунктів. Харків 2007. 47с.
5. Поворотный В.Ф. Методические указания по рас чету электрических нагрузок в сетях 0,38...110 кВ сельскохозяйственного назначения. Минск 1994. 69с.
6. Л.І. Спаська. Методичні вказівки для виконання курсового проекту «Теплопостачання тваринницького приміщення». Харків 2001. 36с.
7. Охорона праці в галузі: Метод. вказівки до викон. розрахунково-граф. роботи „Розрахунок заземлюючого контуру” для студ. спец. 7.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання” напряму 0906 „Електротехніка” денної та заоч. форм навчання /Уклад.: В.М.Фалес, Є.С.Богданов, А.М.Литвиненко. – К.: НУХТ, 2004. – 27 с.
8. Шестеренко В.Є. «Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств» - Вінниця, «Нова книга», 2004 р.
9. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник /За ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. – Львів, Афіша, 2000 – 352 с.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лашкай Д.О.			<i>Література</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Чорний Ю.А.					82	
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛІ-5-7ск		