

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 631.171:621.311

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

проф., д.т.н.

вчене звання, науковий ступінь

/КАПЛУН В.В./

підпис

„_____” 2023 р.
число місяць рік

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

доц., к.т.н.

вчене звання, науковий ступінь

/ОКУШКО О.В./

підпис

„_____” 2023 р.
число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ТРАНСФОРМАТОРІВ ТИПУ ТМ КОНТАКТОРІВ РПН
МАРКИ КНОА 110/1000»

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва)
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Савченко В.В.

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Коробський В.В.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Зборщик Д.М.

(ПІБ)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

к.т.н., доцент

/ОКУШКО О.В./

науковий ступінь, вчене звання

підпис

ПІБ

2023 року

число

місяць

рік

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Зборщук Денис Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Вдосконалення технологій технічного сервісу трансформаторів типу ТМ, контакторів РПН марки КНОА 110/1000»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “06” 03 2023 р. № 324 “С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2023.10.30

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи:

- Результати науково-дослідницької роботи кафедри ЕЕЕ.
- Публікації співробітників кафедри ЕЕЕ.
- Результати навчально-дослідницької практики.
- Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.
- Нормативні документи: ПУЕ, ПТЕЕС та ПБЕЕС, ДСТУ, ДБН тощо.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Аналітична частина. Стан експлуатації електротехнічного обладнання Менського РЕМ ПАТ «Чернігівобленерго».
- Технологічна частина. Експлуатація енергетичного обладнання.
- Електротехнічна частина. Проектування сервісної бази станції технічного обслуговування.**
- Розробка питань електропостачання та енергозбереження.
- Дослідницька частина. Технології технології обслуговування, ремонту та модернізації обладнання споживчих трансформаторів
- Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Перелік графічного матеріалу (за потреби) _____

Дата видачі завдання “10” 03 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Коробський В.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Зборщик Д.М.

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Магістерська робота: 104 с., 18 рис., 25 табл., 30 джерел.

Об'єкт дослідження – технологічне обладнання сервісної бази з обслуговування і ремонту силового електрообладнання та систем електропостачання, що забезпечують електроенергією споживачів (зокрема контактор РІНН типу КНОА 110/1000).

Предметом дослідження є фізико-механічні процеси, що відбуваються в системі електрообладнання і, які призводять до несправностей; фізико-хімічні процеси що відбуваються при розмикання сильнострумних контактів контактора перемикача відгалуження.

Методи дослідження та апаратура: розрахунково-аналітичний. Теоретичні дослідження стану електрообладнання базуються на загальній теорії перехідних процесів та теорії математичного моделювання і теорії інформації.

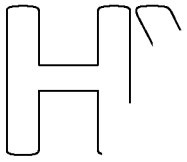
Мета роботи – продовження експлуатаційних характеристик технічного обладнання трансформаторних підстанцій за рахунок модернізації вже існуючих конструкцій електроапаратів і підвищенням рівня їх ремонтпридатності та покращення їх експлуатаційних характеристик. Вдосконалення технологічних процесів на сервісній базі з технічного обслуговування і ремонту силового електрообладнання.

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблені цитання електрифікації технологічних процесів на сервісній базі з обслуговування і ремонту електрообладнання, проведено вибір силового електрообладнання, пускозахисної та освітлювальної апаратури, а також розглянуто комплекс заходів з обслуговування та модернізації обладнання трансформаторів.

Ключові слова: трансформаторна підстанція, регулятор напруги, контактор, система електропостачання, сервісна база, трансформатор, розривний контакт, гумово-металевий шарнір.

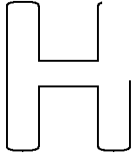
НУБІП України

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ



ТМ – трансформатор масляний;

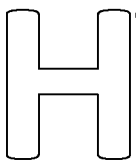
ТМВМ - трансформатор масляний з витим магнітопроводом;



ТМГ – трансформатор масляний герметичний;

РЕМ – район електричних мереж;

ПБЗ – пристрій для здійснення перемикачів відгалужень обмотки вищої напруги без збудження (перемикачів без збудження);

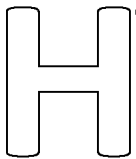


РПН – регулювання під напругою;

РК - розривні контакти;

ГМШ - гумово-металевий шарнір;

Система ПЗР і ТО - система планово-запобіжних ремонтів і технічного обслуговування;

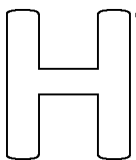


ТО – технічне обслуговування;

ПР - поточний ремонт;

КР – капітальний ремонт;

ккд – коефіцієнт корисної дії;



у. о. – умовні одиниці з обслуговування і ремонту електрообладнання;

НВА – низьковольтна апаратура;

НТД – нормативно-технічна документація.

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	4
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	12
СТАН ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕНСЬКОГО РЕМ ПАТ "ЧЕРНІГІВ ОБЛЕНЕРГО".....	12
1.1 Технічна характеристика та показники виробничо–господарської діяльності Менського РЕМ.....	12
1.2 Стан електрифікації господарства РЕМ.....	15
1.3 Характеристика об'єкту проектування.....	17
РОЗДІЛ 2.....	19
ПРОЕКТУВАННЯ СЕРВІСНОЇ БАЗИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ СЛУЖБИ...	19
2.1 Аналіз існуючої сервісної бази району електричних мереж.....	19
2.2 Обґрунтування і вибір сервісної бази з обслуговування і поточного ремонту електротехнічного обладнання.....	19
2.3 Визначення складу ділянок сервісної бази і розрахунок площі ділянок.....	21
РОЗДІЛ 3.....	24
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	24
3.1 Технологічні процеси на сервісній базі з обслуговування та ремонту силового електрообладнання.....	24
3.2 Вибір технологічного обладнання.....	25
3.3 Порядок організації монтажу, налагодження та зладі в експлуатацію.....	27
РОЗДІЛ 4.....	30
РОЗРАХУНКИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОПРОВОДІВ ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	30
4.1 Перевірка електродвигунів приводу технологічного обладнання на відповідність параметрам мережі живлення і умовам навколишнього	30

середовища.....	30
4.2 Вибір пускозахисних апаратів та низьковольтних комплектних пристроїв керування.....	37
4.3 Розрахунок електричного освітлення та освітлювальної мережі.....	40
РОЗДІЛ 5.....	46
РОЗРОБКА ПИТАНЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ...	46
5.1 Розрахунок електричних навантажень та вибір силового трансформатора.....	46
5.2 Розрахунок лінії 0,38 кВ.....	50
5.3 Розрахунок лінії 10 кВ.....	52
5.4 Перевірка можливості пуску і нормальної роботи асинхронних електродвигунів.....	53
5.5 Перевірка апарату захисту на максимальну вимикаючу здатність....	57
РОЗДІЛ 6.....	59
ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ СПОЖИВЧИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	59
6.1 Будова трифазного масляного трансформатора.....	59
6.1.1 Основні елементи трансформатора.....	59
6.1.2 Обмотки.....	61
6.2 Аналіз основних конструкційних і експлуатаційних факторів, що впливають на роботу електричних контактів контактора перемикача відгалуження обмоток трансформатора.....	66
6.3 Методи діагностики і моніторингу стану електричних контактів.....	69
6.4. Вибір моделі контактора перемикача відгалуження обмоток трансформатора.....	71
6.5 Рекомендації щодо обслуговування механізму приводу перемикача відгалуження обмоток трансформатора.....	77
6.5.1 Збільшення початкової швидкості розмикання дугогасильних контактів.....	77
6.5.2 Зниження перехідного опору шляхом зміни характеру взаємодії контактних поверхонь.....	83
6.6 Рекомендації з технічного обслуговування контактора.....	85

РОЗДІЛ 7	87
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	87
7.1 Перелік основних нормативних документів	87
7.2 Аналіз стану безпеки праці	88
7.2.1 Організація роботи з безпеки праці та аналіз рівня і причин травматизму	88
7.2.2 Аналіз умов праці на сервісній базі РЕМ	89
7.3 Розробка заходів по усуненню небезпечних і шкідливих виробничих факторів	90
7.3.1 Перелік технічних та організаційних заходів для усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів	90
7.3.2 Вибір індивідуальних засобів захисту	90
7.4 Розрахунок заземлювального пристрою споживчої трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ	91
7.5 Захист від перенапруг	96
7.6 Пожежна безпека	98
ВИСНОВКИ	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	101
ДОДАТКИ	105

ВСТУП

НУБІП України

Більшість електрообладнання, встановленого на українських фермах, використовується у виробничому секторі. По відношенню до потужності це 70..80%, по відношенню до споживання електроенергії близько 80% і залежить від організації підприємства. Наприклад, на м'ясо-молочних фермах частка електродвигунів для тваринництва становить 50%, на рослинницьких – 25%, на дочірніх – 25%. Частка станцій 10/0,4 кВ по галузях становить 45, 35 і 20% відповідно.

Досвід експлуатації електрообладнання в країнах з високим рівнем доходу показує, що основним способом забезпечення високої надійності роботи електрообладнання є впровадження системи технічного обслуговування та ремонту електрообладнання. Він включає організаційні та організаційно-технічні заходи з планування, підготовки, проведення та обліку необхідних видів робіт з технічного обслуговування (ТОР) і поточних ремонтних робіт (РР).

Неможливо експлуатувати системи передачі, розподілу та споживання енергії за допомогою трансформаторів. Важливою частиною будь-якого трансформатора є струмоведуча частина, яка зазвичай представлена у вигляді обмотки.

Споживчі підстанції з масляними трансформаторами типу ТМ і ТМВМ найбільш поширені в електромережах 6...35 кВ, що обслуговують сільську місцевість. До останніх розробок трансформаторного виробництва відносяться трифазні масляно-герметичні трансформатори типу ТМГ, які повністю відповідають світовим стандартам. Трансформатори виготовлені з гофрованих баків і повністю заповнені трансформаторним маслом, яке не контактує з повітрям. Герметичність роз'ємних з'єднань забезпечується використанням герметичних ущільнювачів зі спеціальної гумокоркової суміші. Це істотно уповільнює процес старіння масла, оскільки гідратація, окислення і шлакоутворення практично виключаються. Температурні коливання в обсязі

масла компенсуються глибоким вакуумом при заливці масла, що забезпечує повне видалення повітря з обмоток і ізоляційних частин активної частини.

Останнім часом на вітчизняному ринку з'явилися сухі трансформатори струму з ізоляцією «Резиблок», використання яких має сенс у випадках, коли використання звичайних масляних трансформаторів неприпустимо; потенційна небезпека витoku масла, пожежа та вимоги щодо захисту навколишнього середовища.

Трансформатори можуть бути виготовлені за будь-якою з наступних схем і груп зв'язку обмоток: Y/Yn-0; Y/Zn-11; Y/ Δ -11; Δ /Yn-11; Yn/ Δ -11; Y/Y-0.

Регулювання напруги забезпечується трансформаторним обладнанням, що постачається.

– Обмотка високої напруги без пристрою з'єднання гілок збудження - ЛПЗ, що дозволяє змінювати передавальне число від номінального значення;

– Регулятор навантаження, пристрій РПН, який безперервно перемикає гілки обмотки високої напруги з відповідною зміною передавального числа порівняно з номінальним значенням.

Технічні умови на трансформатори масляні загального призначення потужністю від 1000 до 80 000 кВА класами напруги до 35 кВ включно регламентуються ДСТУ 2105-92.

Стандарт на трансформатори визначає показники надійності трансформаторів.

– Протягом 24000 годин роботи ймовірність безаварійної роботи з ймовірністю надійності 0,8 не менше 0,96;

– Термін служби до звільнення не менше 25 років.

З параметрів трансформатора особливої уваги заслуговують втрати спокою $P_{\text{нх}}$ і втрати при короткому замиканні $P_{\text{кз}}$, які вказуються в паспорті (бланку) і на заводській табличці.

Зростання вартості електроенергії вимагає зниження двох видів втрат, що в основному досягається при виготовленні силових трансформаторів. Слід зазначити, що за останні 30 років втрати в трансформаторах скоротилися в

середньому на 50%. За оцінками, заміна приблизно 200 000 застарілих силових трансформаторів за поточними тарифами на електроенергію могла б заощадити понад 25 мільйонів доларів США щорічно.

Аналіз літературних джерел свідчить про масове використання електромобілів і пристроїв, термін служби яких давно перевищив норму. Для вимикачів від 110 кВ вони становлять більше 40%. Схожа статистика

Дані Інституту електроенергетики показують, що 60% силових трансформаторів використовуються більше 25 років. За даними компанії АТ «Енергія України», частка електрообладнання підстанцій 110/220 кВ, що

працюють 25 і більше років, становить не менше 40%. Тому найближчим часом можна очікувати зниження надійності енергосистем, якщо не будуть введені в експлуатацію удосконалені вимикачі та не будуть своєчасно та якісно проведені профілактичні роботи на довгостроковому обладнанні.

В Україні через складність фінансування масштабного технічного переоснащення стоїть завдання розширення експлуатаційних характеристик обладнання, яке експлуатується багато років. Цього можна досягти шляхом модернізації існуючих конструкцій електрообладнання та підвищення простоти

їх обслуговування. Враховуючи все вищесказане, розробка засобів підвищення ефективності та експлуатаційної надійності трансформаторів є актуальною та перспективною задачею.

Мета роботи - Продовження експлуатаційної характеристики технічного оснащення підстанцій шляхом модернізації існуючих конструкцій електрообладнання, підвищення рівня їх ремонту та покращення експлуатаційних характеристик. Удосконалення технологічних процесів при обслуговуванні та ремонті електрообладнання.

завдання Магістерська робота була вирішена на основі аналізу виробничо-господарської діяльності збутового регіону «Черніговобленерго» м. Мена та завдань відділу ЕЕЕ.

- аналізувати робочий стан електрообладнання РЗУ;

досліджувати стан електрообладнання та процедури технічного обслуговування та рекомендувати їх покращення шляхом покращення технічної підтримки;

- дослідження фізичні та механічні процеси, пов'язані з обслуговуванням і ремонтом трансформаторів, і зокрема процеси, пов'язані з розмиканням сильнострумівих контактів; Контактторний перемикач обмоток трансформаторів споживачів

Об'єкт дослідження- технологічне обладнання Сервісна база з обслуговування та ремонту електроприладів та систем енергопостачання споживачів електроенергією (зокрема пристроїв РПН КНОА (110/1000)).

Предмет дослідження є фізико-механічні процеси, які відбуваються в системі електротехнічних пристроїв і призводять до несправностей; фізико-хімічні процеси, що відбуваються при розмиканні сильнострумівих контактів Контакттор для перемикача РПН.

Методи дослідження та обладнання: обчислювально-аналітичний. Теоретичні дослідження стану електротехнічних пристроїв базуються на загальній теорії перехідних процесів, а також на математичному моделюванні та теорії інформації.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1: АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ СТАН ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЗАТ «МЕНСЬКИЙ РЕМ» «ЧЕРНІГОВОБЛЕНЕРГО».

1.1 Технічна Характеристика та показники виробництва та економіки Діяльність Менського РЕМ

ЗАТ «Черніговобленерго» – енергетична компанія України. Належить до підприємств стратегічного значення, є складовою частиною об'єднаної енергетичної системи України та спеціалізується на передачі та постачанні електроенергії на території м.

Чернігова та Чернігівської області. Це на площі понад 18,1 тис. км² обслуговує понад 618 000 приватних клієнтів і більше 13 000 промислових компаній. До складу підприємства входить 16 регіональних відділень та локацій.

Менський РЕМ знаходиться в Мені, по вул. Титаренко Сергій, д. 53. Основним видом діяльності Менського РР є постачання електричної енергії за регульованим тарифом, а також надання інших послуг населенню та юридичним особам.

- Перевірка, встановлення, ремонт та заміна приладів обліку електроенергії;
- підключення будинків до електромереж;
- Будівельно-монтажні та електромонтажні роботи (будівництво та реконструкція електростанцій, влаштування під'їздів у житлових будинках, встановлення виносних коробок обліку електроенергії, ремонт кабельних мереж та повітряних ліній);

- Надання технічних умов на приєднання електромереж.

Проектно-дослідні роботи, узгодження проектної документації;

- Дозвіл на експлуатацію електричних систем.
- Облік та контроль роботи в галузі безпеки електричних мереж;
- Технічне обслуговування електросистем учасників;
- Лабораторні роботи (пошук та локалізація пошкоджень кабельних ліній, опору контуру заземлення, вимірювання заземлення електрода носія, вимірювання опору та потужності обмоток машин, приладів, опору ізоляції, випробування високою напругою, вимірювання напруги пробою та ін.).

Зараз в компанії Менський ТЗО працює 48 працівників.

Висококваліфікована команда інженерів і техніків компанії постійно шукає шляхи підвищення надійності енергопостачання та розробляє нові шляхи підвищення продуктивності праці.

Найважливіша інформація базується на даних технічного звіту Менський РЕМ на розподільчих електричних мережах у 2022 році (Додаток А.2)

До цієї зони енергопостачання входять споживачі шістьнадцяти населених пунктів Мінської області. Рельєф на даній ділянці дещо пересічений, є ліси, але повітряні лінії електропередач знаходяться поблизу доріг. Агропідприємства,

розташовані в зоні електропостачання, займаються зерновим господарством і тваринництвом. Є першокласні споживачі. Є як малі, так і великі тваринницькі ферми.

Площа водозбору характеризується наступними кліматичними умовами, які повторюються кожні 10 років:

- в залежності від товщини крижаної стіни - 2-й період;
- за швидкістю вітру - 2 період;
- Грозових годин на рік - 80...100.

Клімат Регіону, в якому розташована компанія, помірно-континентальний, м'який і має достатню вологість. Зарік на арсали випадає 500—600 мм опадів, особливо влітку, тобто в червні — липні. Середньорічна температура +7,2 °С. Температура найтеплішого місяця (липень) +22,5 °С, найхолоднішого (січень) -6 °С. Осінь часто

буває теплою і сухою. Перший ранній заморозок — 16 вересня, а перший пізній — 27 жовтня. Тривалість безморозного періоду в середньому 185 днів. Літо характеризується великою кількістю сонячних днів. Тип ґрунту: підзолисто-кислий, супіщаний.

В цілому кліматичні умови і тип ґрунту в помірному кліматичному поясі сприятливі для вирощування зернових культур, садівництва і садівництва. У

2021 році загальний валовий збір зерна в області склав 49 тис. тонн. Урожайність зерна після обробки становила 54 т/га, кукурудзи — 77,8 т/га.

Відомості про землекористування водозбірної території наведено в таблиці. 1.1:

Таблиця 1.1

Структура землекористування в районі

земельна площа	Неглибоко, правда?
Загальна площа землі	69057
Зони загального сільськогосподарського використання	51511
з них ріллі	35113
пасовища	9641
Луг	6757
Лісова зона	3330
Приватні маєтки, сади та городи	4012

Також компанія Менський ТЗ має гараж, обладнаний фран-балкою для виконання робіт з обслуговування та ремонту, три склади, електрозварювальний пункт, токарний цех, кузню, автозаправну станцію та автопракторний парк. Наявні склади та енергетичні потужності МТП, розташованих на підприємстві, наведені в таблиці. 1.2.

Таблиця 1.2

Енергетичні можливості Менський РЕМ:

№	Прізвище:	одиниця:	Натовп:	Продуктивність, кВт
1:	Транспортні засоби, включаючи:			
	- Вантажні перевезення	ПК.	10:00 ранку	1310
	- Легкові автомобілі (включаючи мікроавтобуси)	ПК.	6:00 ранку	450
	- Спеціальні (вишки, допоміжні машини)	ПК.	4:	1000
2:	Трактори в тому числі:			
	- Наслідки	ПК.	2:	150:
	- на колесах	ПК.	6:00 ранку	480

Розводка внутрішнього освітлення вищевказаної зони здійснюється за допомогою кабелю АППВ. Поточна провідка виконується за допомогою кабелів AVRГ і проводів АРРВ в трубах. Внутрішня електропроводка адміністративної будівлі ПП виконується кабелями марок АПВ, АППВ та кабелями марки АВРГ різного

перетину. Зовнішнє освітлення операційних здійснюється за допомогою світлодіодних ламп.

Компанія Мінський РЕМ забезпечує надійним енергопостачанням ряд важливих установ Мінської області, в основному в місті Мена, зокрема: Елеватори: 103 тис.

Потужність 1050 т/добу по переробці насіння соняшнику на спеціальний жом та олію.

Крім того, у 2018 році введено в експлуатацію котельню, яка стала альтернативним джерелом енергії та дозволила економити природний газ за рахунок використання енергії спалювання лушпиння соняшнику; Ця установка може виробляти пару (до 26 тонн пари/год) та альтернативну електроенергію (до 2,55 МВт/год).

1.2 Стан електрифікації галузі розподільних мереж

Технічний стан електричних мереж. Надійність об'єктів електричних

мереж визначається здатністю протягом тривалого часу зберігати їх технічні параметри та забезпечувати виконання об'єктами своїх технологічних функцій.

Однією з найважливіших складових надійності мережі, окрім надійності схеми та роботи, є експлуатаційна надійність окремих елементів. Час роботи пристрою

з урахуванням фізичного зносу визначає його потенційну здатність виконувати

свої функції. Термін служби основного електрообладнання підстанцій (трансформаторів, вимірювальної та комутаційної апаратури) згідно з ТУ підприємств-виробників не більше 25 років. Електропередавальні компанії

подовжують термін служби, але це призводить до значних витрат на ремонт та

експлуатацію такого застарілого обладнання. Тому поступова заміна застарілих

приладів новими та сучасними є актуальним питанням. На даний час стан

енергомереж Мінської ОТГ характеризується середнім фізичним та моральним

зносом обладнання. Ситуація ускладнюється тим, що на підстанціях

розподільної мережі існують вузькі місця, які ще не відпрацювали свій ресурс

через: «старіння» металоконструкцій, Пристрої із застарілими засобами

релейного захисту, автоматики, електропроводки та ін. Живлення району

енергоцентрами здійснюється через електричні мережі класами напруги 110, 35

та 10(6) кВ. Всього на території Чернігівської області знаходиться 45 одиниць ПС 110 кВ, з них 36 знаходяться на балансі ПАТ «Чернігівобленерго» та 9 одиниць – на балансі інших організацій (з них 5 тязових підстанцій).

Виконувати всі види технологічних процесів в керованих компаніях Менський РЕМ. Встановлено 22 143 електродвигуни загальною потужністю приблизно 45 тис. кВт.

Електропостачання Мінської області здійснюється по ВЛ-35. Кількість підстанцій та електрообладнання на підпорядкованій території Менський РЕМ знаходяться в таблиці. А.2.

Енергозбереження ресурсів при передачі електроенергії відбувається за рахунок:

- вибір оптимальних параметрів енергетичного обладнання електричних мереж;

- використання теплоізоляційних приміщень підстанції для зменшення втрат тепла;

- Використання автоматичного регулювання температури повітря в приміщенні;

- використання багатофункціональних електронних лічильників активної та реактивної енергії.

Все залізобетонне електрообладнання підприємства в справному стані. ПЛ 0,38 кВ будують на опорах існують також дерев'яні опори. Лампи ДРЛ і світлодіодні лампи забезпечують зовнішнє освітлення. Всі житлові будинки електрифіковані. Виробництво та втрати електроенергії Менського РЕМ за 2022 року наведено в таблиці. 1.3.

Технічне обслуговування електрообладнання здійснюється спеціалістами Менського РЕС. За винятком деякого імпортного технологічного обладнання, виробництво переважно вітчизняне. Пускозахисна апаратура складається з електромагнітних пускачів типів ПМА, ПМЕ ПАЕ, ПМЛ, електротеплових реле типів ТРН, РТТ, РТЛ та автоматичних вимикачів типів АП-50, АЕ2000, ВА51,

ВА 2000 (виробництва АСКО УкрЕМ). До складу електрообладнання району входять асинхронні електродвигуни АО, АО2, 4А, АІР та ін.

Таблиця 1.3

Виробництво та втрати електроенергії у 2022 році

Прізвище:	Одна тисяча кВт/год
Виробництво електроенергії на власних підстанціях	
В зовнішнім живленні	246676
навіть на кордоні	173393
Випущена електроенергія.	
- для виробничих потреб	139714
- для освітлення та побутового споживання сільського населення	48577
- Зв'язок, культура, торгівля, ресторани та установи	33670
- Втрати електроенергії в електричних мережах, трансформаторах і перетворювачах	14705
астро публікується.	231970

1.3 Специфікація об'єкта проектування та вихідні дані проектування

Предметом магістерської роботи є основи ефективності силових електроніки та систем електропостачання.

У торговій зоні Мінська працює сервісний пункт поточного ремонту та обслуговування електрообладнання.

Рівень електрифікації виробничо-технологічних процесів на станції знаходиться на низькому рівні. Станція не має дільниці діагностики електрообладнання (особливо сучасного вітчизняного та зарубіжного обладнання), що ускладнює своєчасне проведення технічного огляду та обслуговування. Поточні ремонтні роботи проводяться на застарілому технічному обладнанні. Поточні ремонтні роботи проводяться в тупиках, обладнаних застарілим обладнанням. Відсутнє блокування технологічних пристроїв витяжними системами.

Проте в цілому ступінь електрифікації виробничо-технологічних процесів у цеху недостатньо високий. Електрифіковані та автоматизовані технологічні процеси: освітлення, вентиляція, сушіння, водопостачання, тепlopостачання в

холодну пору року. Тому магістерська робота спрямована на комплексну електрифікацію виробничо-технологічних процесів бази обслуговування.

Лінія 0,38 кВ КТП, що живить станцію на території Менського РЕМ, виготовляється з кабелем ААШВ 3х25. Допустиме струмове навантаження

даного кабелю 115 А, фактичне струмове навантаження 72 А. Це означає, що

існує реальна можливість передачі ліній великої потужності. При підготовці магістерської роботи враховуються кліматичні умови, навколишнє середовище та умови в приміщеннях кожної станції. Ці умови впливають на вибір

електрообладнання, тип електропроводки та ін.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2:

ПРОЕКТУВАННЯ ОБСЛУГОВУВАЛЬНОЇ БАЗИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОСЕРВІСУ

2.1 Аналіз існуючої бази обслуговування електромережевого району

У Мінському розподільчому районі створено і активно працює електротехнічна служба. До недоліків можна віднести:

- відсутність сучасної сервісної бази;
- недостатнє забезпечення запасними частинами та ремонтними матеріалами;
- недостатня кількість кадрів і низька дисципліна.

Ці дефекти гарантують, що стандартні електроприлади мають фактичний термін служби, гарантований виробником.

Нарешті, недоліки в організації енергосервісу (електропослуг) призводять до подорожчання сільськогосподарської продукції.

Метою цього розділу є розробка пропозицій щодо вибору технологічного обладнання для ремонтно-технічної бази.

2.2 Обґрунтування та вибір бази послуги та поточний ремонт електроустаткування

Проектними та науково-дослідними інститутами розроблено низку базових і обслуговуючих проектів об'єктів енергетики, частина з яких затверджена як типові.

Найпоширенішими є типові проекти пунктів технічного обслуговування та ремонту електроенергетичних систем ферм з 4200 умовними ремонтами на рік (18060 год./год./рік) і 2100 умовними ремонтами на рік (9030 год./год./рік).

Річна трудомісткість у сільському господарстві з обслуговування та ремонту енергетичного обладнання становить 9083,74 люд.-год./рік. Тому

типовий проект вибрано на 2100 умовних ремонтів на рік із річною трудомісткістю 9030 людино-годин на рік.

Зазначена сервісна база призначена для обслуговування електротехнічного, теплового, енергетичного та холодильного обладнання, поточного ремонту, раптових пошкоджень та усунення несправностей, сушіння, гідроізоляції та фарбування, підготовки та монтажу, усунення несправностей та зварювання.

Постійному ремонту підлягають менші електроустановки, а також окремі вузли та збірні вузли різних типів електроприладів і джерел живлення.

Сервісна база включає наступні виробничо-допоміжні напрямки:

1. Спеціальна стоянка ІЖ-27-15. Бухта пропонує спеціалізоване обслуговування та дрібний ремонт автомобілів. Є оглядова яма, металообробний верстат, стелажні секції для зберігання запчастин і слюсарного інструменту, ручний гідравлічний підйомник.

2. Область малювання. Призначений для фарбування електрообладнання після технічного обслуговування та ремонту (при необхідності). В приміщенні є фарбувальна камера, шафа для малярних інструментів, фарборозпилювач та ін.

3. Дренаж і суха зона. Призначений для вакуумування та сушіння обмоток асинхронних електродвигунів, трансформаторів, автотрансформаторів та інших видів виробів. Є стелаж, сушильна шафа, мийка, копильня та ін.

4. Місця зберігання. Призначений для зберігання інструментів, монтажних пристосовувань, запасних частин і обладнання, що пройшло технічне обслуговування або ремонт або було розібрано для обслуговування або ремонту.

5. Ремонтно-монтажна кімната. Це основна виробнича зона. На ньому виконується більша частина розбирання пристрою, виявлення несправностей, чищення та чищення. Типовий проект включає монтаж баласту, освітлювальної арматури, електродвигунів, паро- і водоприймачної арматури, а також ремонтно-налагоджувальних стендів, випробування засобів автоматизації, мийки, монтаж кранів та іншого навісного обладнання.

6. Ділянка конструктивної підготовки. Прості роботи проводяться на деталях і вузлах, що потребують ремонту, а також свердильно-шліфувальні, зварювальні та інші роботи.

7. середовище існування.

8. Диплом магістра.

9. Вентиляційне приміщення. Він оснащений витяжним вентилятором для видалення пилу та шкідливих випарів із цеху.

10. Електророзподільний щит, містить точки розподілу електроенергії та щити освітлення.

Персонаж: Він є Поділ основної та другорядної зон сервісної бази наведено в таблиці 2.1.

2.3 Визначити склад секцій бази обслуговування та розрахувати площу секцій

Ремонтна база повинна забезпечувати:

- Технічне обслуговування електрообладнання згідно з переліком заходів системи охорони та обслуговування;
- Зберігання матеріалів і запасних частин в кількості, необхідній для безперебійного обслуговування або поточного ремонту.
- Вести технічну документацію, засоби захисту, інструмент та обладнання.

Для проведення ремонтних робіт необхідно забезпечити такі ділянки:

- ремонт і монтаж;
- порожні конструкції;
- розфарбовувати;
- вбирання і сушіння;
- Придатний склад

Персонаж: Він є Проектування основної та другорядної зон сервісної бази

Таблиця 2.1

Прізвище:		Категорія території
-----------	--	---------------------

	Площа, м ²	в залежності від обставин Безпосередня близькість Навколишнє середовище	за ступінь Враження електричний Ураження електричним струмом	за ступінь Вогнестійкий	з точки зору надійності Блок живлення
Паркувальний бокс ДЖ-2715	54.1:	сухий	без підвищення безпеки	В:	III
Область малювання	11.5	сухий	без підвищення безпеки	а	II:
Дренаж і суха зона	17.6:	сухий	з підвищенням ризику	а	II:
У складі:	34.7:	сухий	без збільшення ризику	В:	II:
Ремонтно-монтажна кімната	67.3:	сухий	з підвищенням ризику	В:	II:
Структурована торгова зона	35,5:	сухий	з підвищенням ризику	В:	II:
диплом магістра	9.3:	сухий	без підвищення безпеки	Д:	III
середовище існування.					
- Кімнати спецодягу	18,0:	сухий	без підвищення безпеки	Д:	III
- Душ	5:25 ранку	особливо мокрий	з підвищенням ризику	Д:	III
- Передня кімната	10.4:	сухий	без підвищення безпеки	Д:	III
- Ванна кімната	9:00 ранку	мокрый	без підвищення безпеки	Д:	III
Вентиляційне приміщення	56,0:	сухий	з підвищенням ризику	В:	II:
Електрична диспетчерська	10,0:	сухий	з підвищенням ризику	В:	II:

Загальна виробнича площа кожного місця визначається за формулою:

$$V_{os} = P \cdot f_p + F_{ob}, \quad (2.1)$$

де P – кількість робочих станцій або стандартних пристроїв на одну робочу станцію;

f_p :- питома площа на одне робоче місце, м²; $v_i=17$ м²;

Трейлер:- загальна площа контуру, зайнята технологічним і допоміжним обладнанням, м².

Визначаються необхідні площі розміщення виробництва.

1. Ремонтно-монтажне приміщення.

$$P=3, f_p=17 \text{ м}^2, F_{ob}=13,25 \text{ м}^2;$$

$$F_{d1}=3 \cdot 17 + 13,25 = 64,3 \text{ м}^2.$$

2. Структура закупівельної зони.

$$P=2, fp=17 \text{ м}^2, Fob=5,3 \text{ м}^2;$$

$$Fd2=2 \cdot 17 + 5,3 = 39,3 \text{ м}^2.$$

3. Дренажно-сушильне приміщення.

$$P=1, fp=17 \text{ м}^2, Fob=4,3 \text{ м}^2;$$

$$Fd3=1 \cdot 17 + 4,3 = 21,3 \text{ м}^2.$$

4. Зона фарбування.

$$P=1, fp=9 \text{ м}^2, Fob=2,7 \text{ м}^2;$$

$$Fd4=1 \cdot 9 + 2,7 = 11,7 \text{ м}^2.$$

5. Композиція.

$$Fd5=34,7 \text{ м}^2.$$

6. Інженерна фірма – Email

$$Fd6=9,3 \text{ м}^2.$$

7. Вентиляція приміщення. $Fd7=56 \text{ м}^2$, вентилятори встановлені в двох кімнатах 35 м^2 та 21 м^2 .

8. Зона робочого одягу.

$$P=11, fp=1 \text{ м}^2, Fob=7 \text{ м}^2;$$

$$Fd8=11 \cdot 1 + 7 = 18 \text{ м}^2.$$

9. Душ.

$$Fd9=9 \text{ м}^2.$$

10. Ванна кімната.

$$Fd10=5,25 \text{ м}^2.$$

11. Електричні вимикачі.

$$Fd11=10 \text{ м}^2.$$

12. Барабан.

$$Fd12=10,4 \text{ м}^2.$$

Площі ділянок № 5...12 вибираються відповідно до площ цих ділянок за типовим проектом. Пояснення до площі можна знайти в презентаційному матеріалі та в графічній частині роботи (Додаток А).

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕНЕРГОПРИЛАДІВ

3.1 Технологічні процеси технічного обслуговування та ремонту систем

електроенергетики в сервісній базі

технології. Технічне обслуговування, поточний ремонт електричних систем.

Технологічний процес ремонту включає наступні технологічні операції:

база постачання;

розбирання;

Очищення та миття вузлів і агрегатів;

недосконалість;

Ремонт зношених деталей і вузлів;

продуктивність;

колекція

монтажні та післяремонтні випробування;

фарбування та сушіння;

Проїзд до ремонтного складу або місця установки.

Процес ремонту починається з праїня. У процесі технологічного ремонту миття та очищення здійснюють у декілька етапів: зовнішнє миття, миття збірних агрегатів, Очищення окремих деталей у спеціальних машинах

На початку ремонту апарат частково розбирають на вузли для повторного миття, потім конвеєром транспортують у мийну, а потім повністю розбирають.

Контейнери з деталями з відділення розбирання блоків і миття деталей направляються в дефектоскопію.

Метою перевірки дефектів є підтвердження фактичного технічного стану деталей і вузлів і прийняття правильного рішення про можливість їх подальшого використання.

Контейнери переміщуються із зони виявлення дефектів у зону складання. Метою даної

роботи є підготовка комплектів деталей для складання агрегату. Зібрані та перевірені вузли та вузли фарбують і подають на конвеєр.

Деякі вузли перед остаточним монтажем монтують і виробовують у зібраному вигляді в окремих частинах основи. На місці фарбування проводяться роботи з підготовки поверхні до фарбування та відбувається сам процес фарбування.

3.2 Вибір технологічного обладнання

Сервісна база має сучасне технологічне обладнання, що забезпечує виконання широкого спектру технологічних операцій з технологічного обслуговування та ремонту електрообладнання.

Технологічне обладнання ремонтно-монтажного приміщення повинно забезпечувати можливість ефективного і якісного виконання робіт з розбирання, миття вузлів і деталей, виявлення дефектів і транспортування вузлів і вузлів на відповідні ремонтні ділянки.

Монтаж обладнання на окремих ділянках здійснюється з урахуванням порядку механізації ремонтно-транспортних робіт. Ремонтно-монтажні роботи проводяться в спеціалізованих місцях.

Пересувна електротехнічна лабораторія ENL на базі пікапа Ланос або Таврія використовується для налагодження електроприладів, приладів та засобів автоматизації. Джерело живлення зовнішня мережа 220В/380В; Кількість працівників 2 працівники.

Лабораторія оснащена інструментами та приладами, які дозволяють вимірювати опір ізоляції обмоток електричних машин та інших пристроїв, випробовувати силові кабелі напружено до 10 кВ, вимірювати опір постійному струму та визначати зв'язок

контурів заземлення та заземлювального обладнання. Група обмоток трансформатора і полярність обмоток електромобілі тощо.

Мостові (балочні) крани використовуються для демонтажу двигунів, трансформаторів та інших важких вузлів.

Для проведення оглядових і несправних робіт і комплектування замовлень використовуються операційно-вимірвальні стенди, столи, шафи і вимірвальна апаратура. Інструменти та пристрої для виявлення та сортування дефектів деталей.

На відділенні металообробки та машинобудування проводяться роботи по механічній обробці деталей та деякі роботи по ремонту деталей. нестандартне обладнання, технологічне обладнання та інструмент

Технологічне обладнання дільниці включає токарний верстат, універсальний фрезерний верстат і вертикально-свердильний верстат.

Зварювання і зварювання металів є найпоширенішими технологічними процедурами при проведенні ремонтно-механічних робіт. Для цієї роботи в основному використовується дугове зварювання. Крім того, в ковальсько-зварювальному цеху ведуться роботи з відновлення штампованих деталей, підготовки нових деталей та їх окремих частин.

Пневматичні кувальні молоти застосовуються для виконання різноманітних зварювальних робіт на плоских і фасонних планках. Для нагріву деталей використовують ковальсько-нагрівальні печі.

На місці збору врожаю проводяться ремонтно-монтажні роботи, пов'язані з очищенням та налагодженням електрообладнання. Локація обладнана очисними станціями для електроприладів та різного тестового обладнання. До обладнання для діагностики електрообладнання відносяться спеціальні стенди для перевірки і налагодження електрообладнання, універсальний випробувальний стенд для сільських електриків (RUISTE) або більш сучасний прилад.

Монтаж технологічного обладнання на базі наведено в додатку А, характеристика основного технологічного обладнання, встановленого на ділянках і ділянках бази, наведена в таблиці. 3.1

Таблиця 3.1

Електроприлади та основні прилади для профілактики та ремонту електроприладів

№ Зарплата	Ім'я пристрою:	Тип, ГОСТ	Розміри: мм:	натов П. ПК.	Мебльована Продуктивність, кВт
1:	2:	3:	4:	5:00 ранку	6:00 ранку
1:	салон	K0.00.000.СІТЕРр. В-Ва:	1832x920x1726	1:	
2:	водяний пістолет	СО-71А		1:	
3:	сушарка	СНОП-3,5Х3,5 35/343	1400x350	1:	40:00
4:	сушарка	ЦЕП-282А		1:	7.5
5:00 ранку	Умивальник (портативний)	ОМ-1316	1250x620x960	2:	
6:00 ранку	Сигарета Dry tank	SHV.00.000.СІТР	1530x1270x2560	1:	
7:	Мобільний гвинтовий підйомник	ГОСТ 1106-74		1:	
8 год ин	Тримач для розігріву каструль	ОКС-1513	1360x500x850	1:	тридцять
9:00 ранку	Промивний пристрій для глибинних насосів	ОРГ-4990	1200x500x1000	1:	3.5:
10:00 ранку	Мийна установка		1000x500x1000		3.72:
оди надцять	Стандарт ремонту баласту		1540x900x1270	1:	4.5:
12:00 полудень	Ремонтно-випробувальна станція систем випромінювання та освітлення	ЕЗ7N,000. Агроніом ВНИИПЕМ.	1600x900x1300	1:	2.2:
2:00	Портативний гаражний компресор	Модель 1136В2			1.5:
03:00	Стенд машини для монтажу	ЕЗ6ВВНИИПЕМ фермер		1:	

	асинхронного двигуна			00	
4:00 дня	Стояча розетка	E40H ВНИЦЕМ агроном	510x260x600	1:	тридцять
17:0 0	Металообробний верстат	5105 000. ГОСНТЕ	1500x600x600	6:00 ранку	
6:00 вечо ра	Настільний дріль	НС-12А		1:	0,6:
19:0 0	Гідравлічний прес	2153 Ми		1:	0,8:

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Продовження табл. 3.1:

1:	2:	3:	4:	5:00 ранку	6:00 ранку
8:00	Металевий монтажний стіл	OPF 1468-01 ВІТАСМО!	1200x800x600	1:	
9:00	кран	0,5-51,45-6-2201.380 ГОСТ 7890-76.		1:	1.23
22:00	Журавель	ОПТ-1153		1:	0,87
11:00	Трансформатор припадає мідні дроти	ОС3-3105	400x500x500	1:	3.0:
24:00	Електрозварювальний стіл	ОКС-7523	1100x750x715	1:	
25:00	Переносний зварювальний трансформатор	ТД-300-2У2 5157000	640x490x715	1:	19.4:
26:00	Чорново-шліфувальний верстат	ЗВ534	1000x665x1230	1:	4.6:
27:00	Монтаж системи пиловідведення	ЗІЛ-900М		1:	1.5:
28:00	Гідравлічний трубогіб	РТГ-2		1:	

3.3 Процедури встановлення, усунення несправностей та експлуатації

Організація та виконання монтажних робіт на електрообладнанні повинні здійснюватися згідно із затвердженим проектом відповідно до ЦУЕ, ППЕ та ППБ, ДБН, ДСТУ та інших нормативних документів.

Електричні електроприлади, проводи, кабелі, кріплення товарів обов'язкові після перевірки комплектної поставки та відповідності повним заявам виробника переданою монтажною компанією. Електромонтажне підприємство подає проектну-кошторисну документацію та технічну документацію виробничих організацій у порядку та строки,

встановлені «Правилами підяду та капітальних споруд» та «Положенням про взаємовідносини між головними підрядними та субпідрядними організаціями».

Сучасна технологія електромонтажних робіт вимагає їх виконання в два етапи.

Перший етап передбачає роботи з монтажу закладних деталей у будівельні конструкції, підготовку електропроводки та заземлення, а також встановлення та кріплення вузлів і блоків поза зоною монтажу. Монтаж мереж по підготовлених трасах;

Другий етап передбачає роботу зі збірними компонентами та блоками, монтаж ламп і підключення проводів і кабелів до електрообладнання. Після завершення

монтажу електрообладнання передається електромонтажному підприємству для налагодження замовника та підприємству для введення в експлуатацію відповідно до законодавства.

Повідомлення про готовність електрообладнання до умов роботи замовлення спільно передається від енергобудівельної та замовної організацій до генпідрядника. У

цьому випадку необхідно надати такі документи:

комплект робочих креслень для електротехнічних частин;

Закони та протоколи щодо електромонтажу та усунення несправностей.

Пакет із заводськими документами.

Порядок приймання та введення в експлуатацію електроустаткування визначається інструкцією.

РОЗДІЛ 4:

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ

4.1 Перевірка електродвигунів приводів технологічних пристроїв на відповідність параметрам потужності та умовам зовнішнього середовища

Підбір електричних опор здійснюється згідно з діючими нормами технологічного проектування ДБН, ДСТУ та ін.

Для контролю параметрів електродвигуна використовуються вентиляційні пристрої, а саме електродвигун, що приводить в рух витяжний вентилятор Ц4-70 No5, який знаходиться в зоні фарбування.

Характеристики вентилятора.

- Подача $L=4055,2$ м³/год;
- Тиск $p = 58,5$ кг/м²;
- Швидкість 1420 об / хв.

Оскільки швидкість вентилятора $n = 1420$ об/хв, слід вибрати двигун із синхронною швидкістю $n_c = 1500$ об/хв. Рівень екологічності електродвигуна

IP54.

Навантаження електродвигуна стабільне, режим роботи електродвигуна тривалий: S1. Конструкція електродвигуна відповідає ГОСТ 2479-79; Прийнято IM1001 – ножний двигун з двома підшипниками, циліндричним валом, будь-яке положення в просторі.

Установлена потужність електродвигуна вентилятора з урахуванням запасу становить:

$$P_c = (K_z \cdot L \cdot p \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}) / (3600 \cdot \eta_v \cdot \eta_n); \quad (4.1)$$

де K_z – коефіцієнт запасу пускової потужності для електродвигунів потужністю до 2 кВт, $K_z = 1,2 \dots 1,5$;

P – негативний тиск, $P = 58,2$ мм вод.ст., ст.;

L_d – Номінальна потужність вентилятора, $L_d = 4055,2 \text{ м}^3/\text{год}$;

η – коефіцієнт потужності вентилятора (ККД), $\eta_v = 0,6 \cdot 15$;

η_v – ККД трансмісії, $\eta = 1$, тому що вентилятор знаходиться на валу двигуна.

Так

$$P_c = (1,2 \cdot 4055,2 \cdot 58,5 \cdot 9,8 / 10 \cdot 3) / 3600 \cdot 0,6 \cdot 1 = 1,29 \text{ кВт.}$$

Номінальна потужність вибирається в умови: $P_{ном} \geq P_c$.

Двигун живиться від трифазної мережі 50 Гц. Виходячи зі швидкості, двигун вибирається на основі швидкості, яка повинна становити 930...1420 об/хв для забезпечення необхідного тиску та витрати.

Був обраний загальнопромисловий електродвигун наступної більшої потужності AIR80V4 U3.

Технічний паспорт електродвигуна: $P_{н.дв.} = 1,5 \text{ кВт}$; $I_n = 3,6 \text{ А}$; $\eta = 77\%$;

$\cos \phi = 0,83$; $n_n = 1395 \text{ об/хв}$.

Отже, для двигуна $P_n = 1,5 \text{ кВт}$:

- Пусковий момент $M_{start}/M_n = 2,0$;
- $M_{min}/M_n = 1,6$ мінімальний кратний момент;
- кратне максимальному моменту $M_{max}/M_n = 2,2$;
- Кратність пускових моментів $I_{start}/I_n = 5$;
- Момент інерції ротора двигуна $J_{дв} = 0,0033 \text{ кгм}^2$.

Обраний електродвигун перевіряється на сумісність з робочою машиною, тобто відцентровим вентилятором Ц4-70 №5.

Вибраний електродвигун (випробуваний в умовах пуску) при зниженій напрузі -7,5% і розкіді його параметрів по ГОСТ 123-73.

Графоаналітичним методом визначається час пуску електродвигуна та перевіряється нагрів електродвигуна під час пуску.

Механічні властивості вентилятора розраховуються за такою формулою:

$$M_s = M_{s0} + (M_{sn} - M_{s0}) \cdot (\omega / \omega_n)^x \quad (4.2)$$

де M_{s0} – момент тертя Нм, який не залежить від зміни швидкості;

M/SN :- момент статичного опору вентилятора на номінальній швидкості, Нм;
 ω – поточне значення кутової швидкості, 1/с;
 ωv :- номінальна кутова швидкість, 1/с;

X :- Коефіцієнт, що характеризує ступінь залежності статичного моменту опору від швидкості, для вентиляторів $x = 2,15$.

$$M_{сп} = 9550 \cdot P_{н/сп} = 9550 \cdot 1,32 / 1395 = 9,0 \text{ Нм}; \quad (4,3)$$

$$\omega' = (2\pi v) / 60 = (3,14 \cdot 1395) / 60 = 146 \text{ 1/с}; \quad (4,4)$$

$$M_s = 0,15 M_{сп} = 0,15 \cdot 9,0 = 1,35 \text{ Нм}; \quad (4,5)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю. 4.1.

Таблиця 4.1

Розрахунок механічних властивостей вентилятора

ω , 1/с	0	3,14	62,8	94,2	125,6	148,7	157
Часи Нм	1:34	1,68	2,7	4,37	6,73	8,9	9,8
	ночі			ранку			

Для визначення механічних властивостей двигуна критичне ковзання визначається за такою формулою:

$$s_{кр} = \frac{s + \sqrt{\frac{\mu_{кр}-1}{\mu_1-1}}}{1 + \sqrt{\frac{\mu_{кр}-1}{\mu_1-1}}} \quad (4.6)$$

де $\mu_{кр}$ – кратне максимальному моменту, $\mu_{кр}=2,2$;

μ_1 :- відношення між максимальним кратним крутним моментом і кратним пусковим моментом: $\mu_1 = \mu_{кр} / \mu_0 = 2,2 / 2,0 = 1,1$;

SN :- Значення номінального ковзання, $sn=0,08$.

Тоді критичне значення ковзання дорівнює:

$$s_{кр} = \frac{0,08 + \sqrt{\frac{0,08 \cdot 2,2 - 1}{1,1 - 1}}}{1 + \sqrt{\frac{0,08 \cdot 2,2 - 1}{1,1 - 1}}} = 0,15$$

Природні механічні властивості двигуна побудовані за каталожними даними електродвигуна [12]. $f(n)$ з п'ятьма характерними точками (рис. 3.1).

1 бал – хід відпочинку: $M1 = 0; s1 = 0;$

Точка 2 – Номінальний режим роботи $M2 = Mn; s2 = sn;$

$$Mn = 9550 \cdot Pn \cdot dv / nn, \quad (4.7)$$

де Mn – номінальний крутний момент електродвигуна Нм;

$Pn \cdot dv$:- номінальна потужність електродвигуна, кВт;

nn :- розрахункова частота обертання електродвигуна, об/хв.

$$sn = (nc - nn) / nc, \quad (4.8)$$

де sn – номінальне ковзання двигуна;

nc :- Синхронна швидкість, об/хв.

Якщо замінити дані формулами (4.7) і (4.8), то отримаємо:

$$Mn = 9550 \cdot 1,5 / 1395 = 10,1 \text{ Нм};$$

$$sn = (1500 - 1395) / 1500 = 0,08.$$

Точка 3 – точка максимального моменту: $M3 = Mmax; s3 = smax = scr.$

$$Mmax = k \cdot Mn = 2,2 \cdot 1,92 = 4,22 \text{ Нм}; \quad (4.9)$$

$$Mmax = 4,22 \text{ Нм}; scr = 0,45.$$

4 бали – мінімальна точка моменту; $M4 = Mmin; s4 = 0,7.$

$$Mmin = k_{min} \cdot Mn = 1,6 \cdot 10,1 = 16,16 \text{ Нм}; \quad (4.10)$$

5 Одиниця – Початковий крутний момент агрегату: $M5 = Mstart; s5 = 1.$

$$Mstart = 2 \cdot 10,1 = 20,2 \text{ Нм}.$$

Отримано дані для побудови штучної механічної характеристики $M'dv =$

$f(\omega)$ при зниженні напруги на записачах споживача на -7,5% $U_{п}$ за стандартом.

Використовується така формула:

$$M' = (0,925)^2 M, \quad (4.11)$$

де M - відповідні значення крутного моменту електродвигуна Нм.

Ми отримуємо:

$$M'_{ном} = (0,925)^2 \cdot 10,1 = 8,7 \text{ Нм};$$

$$M'_{max} = (0,925)^2 \cdot 22,22 = 19,1 \text{ Нм};$$

$$M'_{min} = (0,925)^2 \cdot 16,16 = 13,9 \text{ Нм};$$

$$M'_{старт} = (0,925)^2 \cdot 20,2 = 17,3 \text{ Нм}.$$

Другий штучний механічний параметр $M'dv \equiv f(\omega)$ визначається відхиленням моменту. Згідно ГОСТ 183-74.

$$\Delta M_{кр}(\mu\alpha\xi) = -10\%; \Delta M_{\mu\nu} = -20\%; \Delta M_{старт} = -15\%.$$

ніж:

$$M'_{max} = 0,9 \cdot M_{max} = 0,9 \cdot 22,22 = 17,2 \text{ Нм};$$

$$M'_{min} = 0,8 \cdot M_{min} = 0,8 \cdot 16,16 = 11,12 \text{ Нм};$$

$$M'_{старт} = 0,85 \cdot M_{старт} = 0,85 \cdot 20,2 = 14,7 \text{ Нм};$$

$$M'n = Mn = 10,1 \text{ Нм}.$$

Розрахункові дані для розрахунку механічних характеристик електродвигуна АИР80В4У3 наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Розрахункові дані для проектування механічних властивостей електродвигуна

$\omega, \text{ s}^{-1}$	78,5:	72,2:	43,1:	23,5:	0:	Характерне ім'я
S :	0:	0,08	0,45	0,7:	1:	
$M, \text{ Нм}$	0:	10,1:	22,22:	4:16 вечора	20,2:	звичайно $M = f(\omega)$
$M, \text{ хм}$	0:	8,7	19,1:	13,9	17,3	штучний, при $U = -7,5\%$
$M, \text{ хм}$	0:	6,3:	17,2:	11,12	14,7	штучний, з відхиленням моменту $\square M$

На основі цих характеристик будується динамічна характеристика $M_{din} =$

$f(\omega)$;

$$M_{din} = M'dv - \text{жінка(4.12)}$$

Тривалість пуску електродвигуна t_p визначається за допомогою динамічної характеристики $M_{din} = f(\omega)$ (рис. 4.1.).

Для цього характеристичну криву рівня розрізу розбивають по осі ординат і графічно для кожної ділянки визначають середнє значення динамічного моменту.

При цьому час роботи електродвигуна.

$$t_i = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad (4.13)$$

де t_i – час пуску двигуна в i -му перерізі, с.

$$\Delta t_i \approx j_{i\delta} \frac{\Delta \omega_i}{\Delta M_{i\delta}}, \quad (4.14)$$

де j_{pr} – приведений момент інерції вала електродвигуна, кгм^2 ;

ω_i – частота обертання в i -й секції, рад/с;

$\Delta M_{i\delta}$ – середній динамічний момент в двотавровому перерізі, Им (рис. 4.1).

Момент інерції, приведений до валу двигуна, визначається за формулою:

$$J_{pr} = J_{dovr} + J_{vent}, \quad (4.15)$$

де J_{dv} – момент інерції двигуна, кгм^2 ; Для двигуна АІР80В4У3 – $J_{dv} = 0,0033 \text{ кгм}^2$,

J_{vent} – момент інерції вентилятора, кгм^2 ; $J_{vent} = 0,009 \text{ кгм}^2$.

$$J_{pr} = 0,0033 + 0,009 = 0,0123 \text{ кгм}^2 = 0,123 \text{ Нм}^2$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3. Час пуску електродвигуна $t_p = \Delta t = 1,12 \text{ с}$.

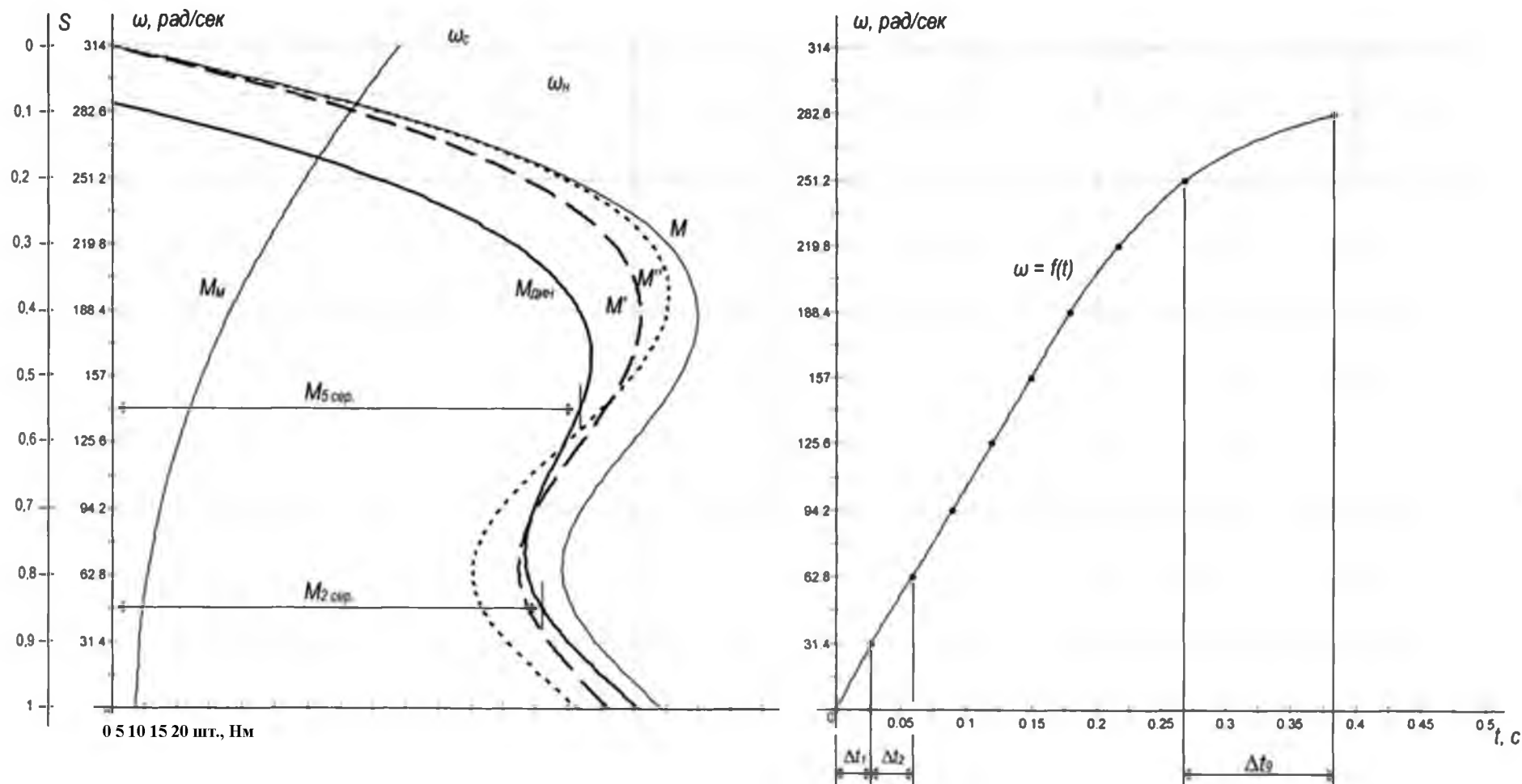


Рис. 4.1. Механічні властивості електродвигуна AD 80V4S1U3 і фанат.
 Визначення часу роботи електродвигуна графоаналітичним методом.

Таблиця 4.3

Розрахунок часу роботи двигуна

$\Delta j, \text{Hm}$	0,123	0,123	0,123	0,123	0,123
$\Delta \square, 1/c$	15,0:	15,0:	15,0:	15,0:	15,0:
M_{din}, Hm	11.1:	9:9	11.3:	10.9:	4.5:
$\dot{I}_{ли}, \text{див}$	0,16:	0,18:	0,16:	0,16:	0,46:

Клас термічного опору ізоляції двигуна В [12], що відповідає допустимій температурі нагріву обмотки статора 130 °С. Нагрів двигуна при запуску визначається за формулою:

$$Q = Q_{Навк} + Vt \cdot t_n \quad (4,16)$$

де $K_{навк}$ - температура навколишнього середовища, °С.

Vt - Швидкість зростання температури, $Vt=5,9^\circ\text{C}$.

$$Q = 25 + 5,9 \cdot 2,323 = 38,7^\circ\text{C}.$$

Виходячи з цього значення, нагрівання електродвигуна під час роботи не становить ризику для ізоляції.

4.2 Вибір пускових і низьковольтних регулюючих пристроїв

Контрольно-охоронна апаратура, прийнята на базі обслуговування, повинна відповідати вимогам ПУЕ і ПТЕ [1, 2]. Для одного з електродвигунів, встановлених у ремонтно-монтажному приміщенні, перевіряється та підбирається протипускова апаратура.

Паспортні дані електродвигуна АИР80В4У3: $P_{н.дв.} = 1,5 \text{ кВт}$; $I_n = 3,6 \text{ А}$; $\eta = 77\%$; $\cos \phi = 0,83$; $n_n = 1395 \text{ об/хв}$.

Умови вибору вимикача в ланцюзі живлення двигуна:

- 1) $U_{аит} \square U_{мережі}$; Відключитися від мережі;
- 2) $V_{х. авт. вихід} \square V_{х. дв}$;
- 3) $E_{s.r.} \square V_{.дв}$;

4) $I_{ел.м.розр}$ (вихід) $I_{неспр}$;
У наведених нерівностях.

$U_{auth}, U_{двд}$ - номінальні напруги вимикача і мережі В;

$I_{н.авт.вим}, I_{н.дв}$ - номінальні струми вимикача або електродвигуна, А;

$I_{с.р}$ - струм тепловиділення, А;

$I_{инеспр}$ - струм замикання електромагнітного розблокування, А;

$I_{порізи}$ - Струм комутації електромагнітного розніплювача, АА

Вибрані комутаційні дані VA47G29-34. $U_{авт}=500В$; $I_{н.авт.вим} = 16 А$;

$I_{с.р}=4 А$.

Тоді: $I_{н.ер}=1,1 \cdot 1,15 \cdot 1,25 \cdot 3,6 = 27,3 А$;

$I_{різання} = 12 \cdot I_{с.р} = 12 \cdot 4 = 48 А$

Огляд умов виборів.

1. $U_{авт} = 500В > U_{мер} = 380В$;

2. $I_{н.авт.вим} = 16 А > I_{роб} = 3,6 А$;

3. $I_{с.р} = 4 А > I_{роб} = 3,6 А$;

4. $I_{е.тв} = 48 А > 27,3 А$.

5. Розробка автоматичного триполюсного вимикача з електромагнітним

відключенням надструму. без допоміжних контактів. Клас захисту корпусу

вимикача IP30.

Повна назва перемикача: VA47G29-34U3V.

Для дистанційного керування роботою двигуна був обраний електромагнітний пускач серії PML, який відповідає наступним умовам вибору:

1. U_{start} скасування мережі;

2. Вхід для початківців. Вхід двигуна;

3. $I_{с.р}$ $I_{н.дв}$;

$I_{наг.сл}$ $I_{н.дв}$: з подальшим регулюванням струму спокою на двигуні.

4. глибини;

5. $U_{сат} = U_{к.к}$;

де $U_{шт}$ - номінальна напруга пускача В;

Вхід для початківців. - Номінальний пусковий струм, А;

$I_{с.р}$ - номінальний струм теплового реле, А;

Указ, Велика Британія - напруга котушки або ланцюга керування, В.

Розглянемо умови відбору.

1. $U_{start} = 660 \text{ В} > U_{мер} = 380 \text{ В};$

2. $I_{n.start} = 10 \text{ А} > I_{n.dv} = 3,6 \text{ А};$

3. $U_e = 10 \text{ А} > I_{n.dv} = 3,6 \text{ А}.$

4. Стартер з електротепловим реле, необоротний; Клас захисту IP54, з кнопками «Пуск» і «Стоп»; Кліматичний варіант О.

5. $U_{com} = 220 \text{ В} = U_{k.k} = 220 \text{ В}.$

Повна назва пускача ПМЛ - 1220.04В.

Реле електричне теплове РТЛ-1007.06 з діапазоном уставки номінального струму холостого ходу 2,6...4 А. Номінальний струм реле 25 А.

Отже, умови відбору виконано.

Розрахунок внутрішніх електричних мереж веде до вибору перетину струмопровідних жил проводів і кабелів відповідно до допустимого тривалого струму. Номінальний струм - 3,6 А. Розподільча мережа реалізована за допомогою кабелю АВРГ 1 (4x2,5). Допустимий постійний струм кабелю АВРГ перерізом 2,5 мм² становить 19 А \square 22 \square .

Тоді виконується умова $I_{tr.add.} = 19 \text{ А} > I_{s.r.} = 3,6 \text{ А}.$

Залежно від стану довгостроково допустимі струми кабелів з номінальними даними захисних пристроїв.

$$I_{tr.add.}/I_{n.sr} > 1.$$

ВА47Г29-34У3В для електродвигуна та комутаційної розподільної мережі.

$$19/4 = 4,75 >> 1.$$

Іншими словами: умова виконана.

Для інших отримувачів електроенергії внутрішні розподільні мережі відбираються таким же чином і результати відбору узагальнюються в проектно-монтажній таблиці, що додається до презентаційного матеріалу.

Виходячи з умов зовнішнього середовища, вибирають кількість груп електроприймачів, їх потужність, головний розподільний пункт і групові розподільні пункти. Головний розподільний пункт - комплектний розподільний

пункт РР 8501-096П21U3 з шістьма комутаторами ВА47G29-34; Групові розподільчі пункти - ПР8501-067П21У3 з шістьма вимикачами ВА 47Г 29-34 на вихідних лініях.

Дані про вибір точок роздачі заносяться в розрахунково-монтажну таблицю і план ділянки (презентаційні документи).

4.3 Розрахунок електроосвітлення та освітлювальної мережі

Використання штучного освітлення дозволяє людям виконувати звичайну діяльність, навіть якщо природного освітлення недостатньо. В основних приміщеннях передбачені такі види освітлення:

- робоче освітлення, загальне та місцеве
- портативний.

Напруга мережі для робочого освітлення - 220 В, напруга живлення для ламп - 220 В, для мобільного освітлення - 36 В.

Освітлення приміщення відповідає нормам. Лампи зі світлодіодними лампами забезпечують робоче освітлення. Переносне освітлення здійснюється лампами РП 6-2/36, трансформатором комутаційним.

Щит освітлення оснащений сімома автоматичними вимикачами ВА47-2912 типу ОЩЕ 25-6.

Мережі групового освітлення створюються за допомогою кабелів АВРГ, які встановлюються на кронштейнах і тросах уздовж будівель. Провід АВРГ прокладається в сталевих трубах. Тип освітлення зони: функціональне. Для ремонтно-монтажної зони буде запроваджено комбіновану систему освітлення, а для всіх інших – єдину систему загального освітлення.

Для гідроізоляції, сушіння та фарбування приміщень приймаємо вибухові лампи зі світлодіодними лампами в якості джерела світла; в туалеті, душі, вентиляційній кімнаті, коридорі, електротехнічній - подовжені світильники OPAL-SL зі стрічковими світлодіодними лампами G13; а для інших приміщень незахищені витягнуті світильники OPAL-SL зі стрічковими світлодіодними лампами (найкраще співвідношення ціна-якість).

Розрахунок освітлення проводиться для ремонтно-монтажної зони. Розрахунок проводиться методом коефіцієнта світлового потоку з подальшою перевіркою точковим методом. Для приміщень: електрощитова, гардеробна, туалетна, душова, коридор, веранда методом питомої потужності.

Світловий потік, розрахований для всього приміщення, визначається за такою формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (4.17)$$

де Φ - розрахунковий світловий потік лампи, лм;

E - нормоване освітлення, лк;

S - площа приміщення, м²;

Φ - коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z=1,15$;

Негідний: - запас запасу для ламп розжарювання $k = 1,15$;

N - кількість ламп, шт.;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

У промислових приміщеннях рекомендується встановлювати витягнуті світильники зі світлодіодними стрічками рядами, паралельними довгій стороні приміщення. Беручи до уваги конічний розподіл світла використовуваних ламп ORAL-SL, припускаємо, що відносна відстань між рядами ламп становить $\approx 1,4$.
Потім отримуємо відстань між рядами світильників.

$$L = Np, \quad (4.18)$$

де L - відстань між світильниками, м;

PS - проєктна висота, м.

$$Np = H - (k \cdot c \cdot n + h_{sv}), \quad (4.19)$$

$$h_{sv} = 2,2 \text{ м};$$

$$PS = 0,8 \text{ метра.}$$

Тоді $Np = 6 - (0,8 + 2,2) = 3,0 \text{ м}$, $L = 1,4 \times 3,0 = 4,2 \text{ метра}$

Кількість рядів світильників.

$$Np = (B-2l)/L + 1, \quad (4.20)$$

де B - ширина приміщення, м; $H=5,7$ м;

Y - довжина від зовнішнього світильника до стіни, м;

$$l = (0,8 - 0,5) L = 0,3 \cdot 4,2 = 1,26 \text{ м,}$$

$$N\delta = ((5,7 - 2 \cdot 1,26) / 4,2) + 1 = 1,76 \text{ шт.}$$

$N\delta \neq 2$ рядки приймаються. Кількість ламп в ряду.

$$N_c = ((A - 2N\delta \cdot L) / L) + 1, \quad (4.21)$$

де A - довжина приміщення, м; $A=14,7$ м.

$$N_c = ((14,7 - 2 \cdot 1,26) / 4,2) + 1 = 3,9 \text{ шт.}$$

Приймає $N_c=4$ шт.

Визначається фактична відстань між лампами.

$$L_{fs} = (A - 4 \cdot l) / 4 = ((14,7 - 4 \cdot 1,24) / 4) = 2,43.$$

де l_0 - довжина лампи, м; $l_0=1,24$ метра.

Загальна кількість ламп: $N=N_p/N_0=24/8=3$ шт.

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу лампи, коефіцієнтів відбиття та індексу приміщення.

$$i = A \cdot B / (A \cdot B + V) = 14,7 \cdot 5,7 / (3 \cdot (14,7 + 5,7)) = 1,36. (4.22)$$

З урахуванням матеріалів стелі, стін і підлоги прийняті такі значення коефіцієнтів відбиття: $\rho_1 = 70\%$ - стелі, $\rho_2 = 50\%$ - стіни, $\rho_3 = 30\%$ - підлоги;

Згідно з таблицями [13] η - коефіцієнт використання світлового потоку: η

$= 0,43$.

Якщо замінити дані формулою (2.17), то отримаємо:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,36 \cdot 67,3 \cdot 1,7}{8 \cdot 0,43} = 8392,9 \text{ лм.}$$

Приймаються лампи типу ЄВРОСВЕТ52 Вт алюмінієва світлодіодна стрічка Oral SL на 2835 мікросхем, 6400K, 1200 мм, з яких світловий потік $F_1 = 4500$ лм.

Сумарний світловий потік ламп розжарювання.

$$F_s = 2 F_1 = 2 \cdot 4650 = 9300 \text{ лм.}$$

Відповідно до ДБН В.2.5. – 23 – 2003, освітленість, створювана додатковим місцевим освітленням на столах і машинах, повинна становити 300 люкс для освітлення та 2600 люкс для люмінесцентних ламп.

Для місцевого освітлення використовуються лампи МЛ-2х80, які встановлюються на стіну і створюють світлову пляму розміром 600х1000 мм і освітленістю 800 лк.

Освітлення другорядних приміщень розраховується методом питомої потужності за формулою:

$$P = \square S/N, \quad (3,23)$$

де P – потужність лампи, Вт;

\square – питома потужність загального рівномірного освітлення, Вт/м²;

N :- кількість ламп, шт.;

S :- площа приміщення, м².

Розраховується освітленість вентиляційної кімнати.

Спочатку знімаються 3 лампи типу NSP 02, для них використовуються світлодіодні лампи типу MEGALAMP потужністю 12 Вт. Норма освітленості вентиляційної кімнати $E=40$ Люкс $\square 15$. Коефіцієнт відбиття стелі, стін і підлоги однаковий: $\rho_1=50\%$, $\rho_2=30\%$, $\rho_3=10\%$, Площа - $S=32$ м².

Визначається індекс приміщення.

$$i = A \cdot B / (A + B) = 5,8 \cdot 5,5 / (2,5 \cdot (5,8 + 5,5)) = 1,13.$$

Згідно з таблицями значення \square визначається, знаючи площу кімнати, висоту світильників, освітленість робочої поверхні та коефіцієнти робочої поверхні: $\square = 11$ Вт/м² . ніж.

$$P = 11 \cdot 32 / 1,3 = 117,3 \text{ Вт.}$$

Приймаються світлодіодні лампи МЕГА ЛАМПА Потужність 12 Вт. Таким же чином виконуються розрахунки освітлення для інших приміщень. Результати розрахунку заносяться до відомості освітлення (табл. 4.4).

Живлення світильників здійснюється від РП ОЦВ 25-6 через мережеві вимикачі груп ВА47-29-12.

Перетин проводів підібрано для групи № 4, яка забезпечує живлення ламп ПВЛІМ. Для групи $P_{\text{rust}} = 0,86$ кВт.

Номинальний струм групи (з урахуванням втрат баласту люмінесцентних ламп):

$$I_{\text{gr}} = 1000 \cdot 0,9 \cdot P / U \cdot \cos\phi = 860 \cdot 0,9 / 220 \cdot 0,85 = 3,7 \text{ А.} \quad (3,24)$$

Розрахунок внутрішніх електричних мереж веде до вибору перетину проводів і кабелів виходячи з допустимого тривалого струму;

Додати імпр > Інше

Електропроводка виконана на кабелі з 2-ма (1x2,5) проводами через'єднання, переріз струмоведучого проводу $2,5 \text{ мм}^2$ $I_{\text{gr.add}} = 19 \text{ А} < 22 \text{ А}$.

Для інших груп розрахунок ведеться так само і результати розрахунку зводяться до розрахунково-монтажної таблиці освітлювальної мережі (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

ЛИСТ ОСВІТЛЕННЯ

№ п/п	Прізвище: Кімната	Характеристика Кімната		Коефіцієнт відбиття поверхні, %			Неумо що позбу тися полег шення , в порядку	Тип лампи Кількість і потужність ламп	Натовп: лампа Прізвиська	Варіанти джерел світла			Це все Мебльов ана Продукт ивність, кВт
		Площа, м2	Екологічний клас	Обкла динка ρ1	стіни ρ2	нижче- Про токоли ρ3				тип:	Відп овідн ий мела нхоль к, Q:	світло струм, я	
1:	Бокс для спецавто	54.1:	P-Іо:	50	три дця	10:0 0	80:	Опал СЛ 1x52	6:00 ранку	світлодіоди:	52:	2340	0,48
2:	Область малювання	11:5	V-Іо:	70:	50	10:0 0	200	Опал СЛ 1x52	2:	світлодіоди:	52:	2340	0,16:
3:	Приміщення для сушіння та сушіння	17.4:	V-Іо:	50	три дця	10:0 0	200	Опал СЛ 1x52	3:	світлодіоди:	52:	2340	0,24
4:	У складі:	тридцять	P-Іа:	50	три дця	10:0 0	три дця	NSP02:	4:	МЕГА ЛАМПА	9:00 ранк	1450	0,4:
5:0 0 ра	Ремонтно-монтажна кімната	67.3:	P-Іа:	70:	50	10:0 0	200	Опал СЛ 1x52	10:00 ранку	світлодіоди:	52:	2340	1:04 ночі
6:0 0	Структурована торгова зона	34.8:	P-Іа:	50	три дця	10:0 0	200	Опал СЛ 1x52	6:00 ранку	світлодіоди:	52:	2340	0,576
7:0 0 ра	диплом магістра	10,0:	нормальн о	50	три дця	10:0 0	100	Опал СЛ 1x52	2:	світлодіоди:	52:	2340	0,16:
8 год	гардероб	16.5:	нормальн о	50	три дця	10:0 0	три дця	Опал СЛ 1x52	2:	світлодіоди:	52:	2340	0,16:
9:0	ванна кімната	3.0:	сирий	50	три	10:0	три	NSP02:	2:	МЕГА	5:00	790	0,08
10: 00	Дусьєва	2:25 ночі	сирий	50	три	10:0 0	8:00 ранку	NSP02:	2:	МЕГА ЛАМПА	5:00 ранку	790	0,08
од	барабан	2.4:	нормальн	50	три	10:0	10:0	NSP02:	1:	МЕГА	9:00	460	0,06:
12: 00	Вентиляційне	32:00	нормальн	50	три	10:0 0	75:	NSP02:	3:	МЕГА ЛАМПА	12:0 0	2340	0,45
13: 00	Електрична диспетчерська	8:25 ранку	нормальн о	50	три дця	10:0 0	8:00 веч	Опал СЛ 1x52	1:	світлодіоди:	52:	1450	0,08

РОЗДІЛ 5: РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ І ВИБІР ДЖЕРЕЛЕННЯ

5.1 Розрахунок електричних навантажень і вибір силового трансформатора

Розрахунок електричних навантажень здійснюється методом впорядкованих діаграм (корисної кількості пантографів). Для електричних мереж розрахункові навантаження – це найбільш імовірні навантаження, які триватимуть не менше 30 хвилин.

Ефективна кількість споживачів струму – це кількість однорідних споживачів з однаковою потужністю та режимом роботи, яка визначає однакоє значення розрахункового максимуму як групи споживачів з різною потужністю та режимом роботи. Залежно від коефіцієнта згідно з таблицею [5] визначається коефіцієнт P :

$$P = \frac{\sum P_y \cdot n_1}{\sum P_y}, \quad (5.1)$$

де $\sum P_y$ – сумарна встановлена потужність споживачів, кВт.

n_1 – кількість споживачів, потужність яких становить більше половини встановленої потужності;

$\sum P_y \cdot P_1$ – сума встановлених потужностей споживачів, потужність яких перевищує половину потужності найбільш потужного споживача електроенергії.

Визначено поглинаючу здатність поверхні опорної сили. Значення коефіцієнта використання та коефіцієнта потужності визначаються згідно з даними [1] і [5] залежно від типу робочої машини та виду роботи. Результати заносяться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

НУБІП України

Розрахунок основних споживачів електроенергії

Ім'я пристрою:	Натовп:	$\Sigma P:Q,$ кВт	конфл ікт кварта л	Кікор	Рав. см., кВт	оскількиф:
Пароочисник	1:	2.2:	0,37	0,3:	0,66	0,87
Стационарна станція мастила	6:00 ранк у	7.7:	3.5:	0,5:	3:85	0,74
Електромеханічний масляний насос	1:	0,55	0,5:	0,5:	0,3:	0,71
прилад КИУ-5	1:	5.5:	13:00	0,4:	22:0 0	0,59
пральна машина	1:	7:5	2.7:	0,6:	4.5:	0,86
Пункт розбирання та складання електродвигунів	1:	7:5	1.8:	0,4:	3:	0,86
шліфувальний верстат	1:	0,55	0,17:	0,3:	0,165	0,7:
Машина для ремонту статора	1:	1:65 годин	0,5:	0,3:	0,5:	0,7:
Стенд для випробувань електродвигунів	1:	45:00	10.2:	0,4:	6:00 вечо ра	0,87
Стандарт для регулювання відкриття газовий насос	1:	1.5:	0,4:	0,4:	0,6:	0,83
Таблиця зволоження	2:	0,74	0,21:	0,3:	0,2:	0,69
Зварювальний інвертор	2:	0,5:	0,12:	0,3:	0,15	0,77
Мостовий зварювальний трансформатор	1:	2:00	17:00	0,3:	4.2:	0,41:
Апарат контактного зварювання МТ-22А	1:	16:3	8.1:	0,3:	6:00 ранк у	0,94
Для пайки трансформаторних проводів	1:	40.3:	29.5:	0,3:	40.3:	0,8:
Компресорна установка	1:	0,33	0,28	0,4:	0,22:	0,71
пристрій UK&S	1:	3.4:	2.8:	0,3:	1.5:	0,92
Напівпровідниковий випрямляч	1:	22:00	0,59	0,4:	0,88	0,83
Електричний пальник	1:	1.6:	-	0,8:	1:28 годи н	1:
Електричні вібраційні ножиці	1:	40:00	-	0,8:	3.2:	1:
Вертикально-свердильний верстат	1:	0,38	0,55	0,3:	0,11:	0,5:
Комбінований автомобіль	1:	02:32 ранку	1:18 ночі	0,5:	1:16 ночі	0,7:
Вертикальний токарний верстат	1:	4:52 ранку	1.4:	0,4:	1.8:	0,78
Будьте доступні для діагностики ЕО	1:	3:	0,65	0,32	0,96	0,83
Пристрій для вимірювання опору ізоляції	1:	7:5	1.78:	0,48	3.1:	0,86
Пневматичний молоток	1:	7.0:	2.2:	0,4:	2.8:	0,79
Електричний млин	1:	7:5	3.6:	0,6:	4.5:	0,81
	1:	1.1:	0,25	0,4:	0,44	0,87

Чорново-шліфувальний верстат	1:	4.0:	1:03 ночі	0,4:	1.6:	0,84
кран	3:	11:37 ранку	7.6:	0,5:	5,685	0,6:
Електричний підйомник	2:	9.2:	2.6:	0,49	2.7:	0,59
Лебідка електрична	1:	5.5:	1.67:	0,49	2.7:	0,85
полегшення	1:	6136	-	0,8:	4.9:	0,59
вентиляція	1:	9:24 ранку	8.3:	0,75	6.93:	0,64
Відцентровий вентилятор	1:	0,18:	0,16:	0,75	0,135	0,64
Загальний вхід:		290	122,85		156,9:	

На в'їзді в район долини встановлено 45 пантографів. Визначається

співвідношення p .

$$p = \frac{\sum P_y \cdot \Pi_l}{\sum P_y} = \frac{40/1}{290} = 0,19; \quad (5.2)$$

$$\Pi' = \frac{\Pi_l}{\Pi} = \frac{1}{45} = 0,022. \quad (5.3)$$

$P'e = 0,3$ можна знайти в літературі [5]. Визначається ефективна

кількість пантографів.

$$P'e = T_{opt} P = 0,3 \times 45 = 14.$$

Максимальний коефіцієнт заповнення визначається з тієї ж таблиці: $P_e =$

14.

$$k_{\phi} = 0,54, \text{ кілометри} = 1,24.$$

Визначаються складові сумарного максимального навантаження:

$$P_{zo} = \sum R_{\phi} \text{ квадратних кілометрів} = 290 \cdot 1,24 \cdot 0,54 = 194,18 \text{ кВт} \quad (5,4)$$

$$Q_{zo} = P_{zo} \operatorname{tg} \phi = 194,18 \cdot 0,32 = 62 \text{ кВар} \quad (5,5)$$

Повне максимальне навантаження протягом півгодини.

$$S_{30} = \sqrt{P_{zo}^2 + Q_{zo}^2} = \sqrt{194,18^2 + 62^2} = 203,8 \text{ кВА} \quad (5,6)$$

Визначається продуктивність інших споживачів, що живляться від нашої підстанції. У цьому випадку використовується РУМ-10 і дані зводяться в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2

Проектний податок на споживчий внесок

клієнт	холодильні камери	Адмінбудівля, їдальня	Паркінг на 30 машин
вулиця	6:00 ранку	65:	45:00
Рев	2:	66:	8:00 вечора
Натовп:	1:	1:	1:

Додавання навантажень лінії підстанції здійснюється методом

надбавки. Розрахунок проводиться в табличній формі (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Зведення розрахункового навантаження

Власність	Добове навантаження, кВт				Завантаження ввечері			
	<i>RDB:</i>	<i>RDN:</i>	<i>P_{дн}</i>	вулиця	<i>RGB:</i>	<i>P_{вн}</i>	<i>ДР(P_{вн})</i>	<i>Рев</i>
Рядок 1: 0-1	194,18	-	-	194,18				
Рядок 2: 0-1	65:	-	-	65:	66:	-	-	66:
Правило 3: 0-1 0-2	6:00 ранку 45:00	- 6:00 ранку	- 3.6:	6:00 ранку 48.6:	2: 8:00 вечора	- 2:	- 1.2:	2: 21.2:

Активна потужність, розрахована на основі добового максимуму, призводить до:

$$P = P_{дб} + P(P_{дн1}) + P(P_{дн2}) = 194,18 + 33 + 44,5 = 271,68 \text{ кВт. (5,7)}$$

Визначається повна розрахункова потужність трансформатора.

$$S_p = \frac{P}{\cos \phi} \quad (5,8)$$

Тут $\cos \phi$ – коефіцієнт потужності трансформатора 10/04 кВ з виробничим навантаженням, $\cos \phi = 0,7$.

$$S_p = \frac{271,68}{0,7} = 368 \text{ КВ А.}$$

Підстанція 400 кВА вибирається виходячи з економічних інтервалів і допустимих навантажень системи (табл. 41 [5]).

Підстанція має лічильники електроенергії та фотореле для автоматичного керування зовнішнім освітленням. Технічні дані ПС 10/0,4 кВ наведені в таблиці 5.4.

ЗТП 10/04 встановлюється в центрі електричних навантажень з урахуванням зручності монтажу та живлення ліній 0,38 кВ, а також простоти монтажу та експлуатації.

Таблиця 5.4

Технічні характеристики підстанції 10/0,4 кВ

Трансформаторний тип	ТМ400
Номинальна напруга, кВА	400
<i>Оптп</i> , кВ	0,4:
<i>чий?</i> , кВ	10:00 ранку
Схема підключення обмоток	Y/YN-0
<i>Дрх.х.</i> , кВт	0,74
<i>ДРк.с.</i> , кВт	3.7:
<i>Велика Британія</i> , %	4.5:
<i>І к.з.</i> , %	2.3:

4.2 Розрахунок лінії 0,38 кВ

Розрахунок лінії 0,38 кВ призводить до визначення площі поперечного перерізу проводів лінії і падіння напруги кожної лінії.

Оскільки ферма розташована в кліматичній зоні з товщиною крижаної стіни 10 мм, територія віддалена від вітру і ЗТП знаходиться в центрі електричних навантажень, використовуються залізобетонні опори і дроти з алюмінієвими провідниками. Схема мережі 0,38 кВ наведена в додатку А.

Розраховано допустиме падіння напруги 0,38 кВ. Розрахунки зведені в таблицю 5.5.

Втрати в лінії 0,38 кВ складають 4,5% або 17,1 В. Для ПД 0,38 кВ переріз лінії вибирається з урахуванням діапазонів економічних навантажень.

Еквівалентне навантаження кожної ділянки труби дорівнює:

$$p_{\text{розд.}} = S_{\text{рес.}} \cdot K_d \quad (5,9)$$

де K_d – коефіцієнт динаміки зростання навантаження, $K_d = 0,7$;

$S_{\text{товарний}}$ – максимальне розрахункове навантаження, кВА.

Таблиця 5.5

Розрахунок допустимих втрат напруги 0,38 кВ

Елементи мережі		Режим роботи	
		100%	25%
Шина 10 кВ		-2:	-1:
Лінія 10 кВ		-2:	-0,5
ТП 10/0,4 кВ	Постійний бонус	+5	+5
	Регульована премія	+2,5	+2,5
	втратити	-4:	-1:
Лінія 0,38 кВ		-4,5:	-1,125
Зі споживачем		-5:	+3825
Прийнятний для споживача		-5:	+5

При еквівалентному навантаженні і в залежності від регіону кліматичних умов за допомогою табл. 45 [8] вибрано переріз магістральних проводів і кількість проводів у кожній секції. Фактична втрата напруги визначається для кожної ділянки лінії

$$\Delta U_{\phi, \%} = \frac{\sqrt{3} \sum_{\text{max}_i} I_{\phi} (r_{0i} \cos \phi_i + x_{0i} \sin \phi_i)}{U_n} \cdot 100\%, \quad (5.10)$$

де $I_{\text{max}_i} = \frac{S_{\text{розр}}}{\sqrt{3} U_n}$ – максимальний струм секції, А;

r_{0i}, x_{0i} – питома активність або реактивність відрізка лінії, Ом/км;

l_i – довжина i -го відрізка, км;

U_n – номінальна напруга мережі, В.

Результати розрахунків заносимо в таблицю. 5.6 і табл. 5.7. Як показують розрахунки, реальні втрати напруги в кабелях нижче допустимих, тобто перерізи кабелів підібрані правильно.

Таблиця 5.6

Вибір перерізу дроту

№ лінії	Розріз лінії	RR:, кВт	сержант. кВ А	SL:, кВА	Кабель
1:	0-1	194,18	203,8:	142,66	3А95+А95
2:	0-1	65:	92.9:	65,03:	3А50+А50
3:	0-1	6:00 ранку	8:57 ранку	5.9:	3А50+А50
	1-2:	48.6:	69,4:	48.5:	3А50+А50

Таблиця 5.7

Визначення фактичного падіння напруги

Розріз лінії	Я:, км	Sp, кВА	RR:, кВт	Cp, квар	r0, Ом/км	P:, Ом	x0, Ом/км	X:, Ом	Втрати, %	
									в корпоративному житті	Від ТП
Лінія номер 1 0-1	0,03:	203,8:	194,18	62:	0,3:	0,009	0,36	0,0108	1.67:	1.67:
Лінія номер 2 0-1	0,07	92.9:	65:	66.4:	0,576	0,04:	0,36	0,027	2.9:	2.9:
Лінія номер 3 0-1	0,05	8:57 ранку	6:00 ранку	6.1:	0,576	0,029	0,36	0,08	0,19:	0,19:
	1-2:	0,05	69,4:	48.6:	48.6:	0,576	0,029	0,36	0,08	1:56 ночі

5.3 Розрахунок лінії 10 кВ

Розрахунок лінії 10 кВ веде до вибору перетину жил або жив струмоведучих кабелів. У нашому випадку кабельна лінія прокладена до

підстанції, тому перетин струмопровідних жил вибирається відповідно до довгостроково допустимого струму для кабелю (до нагрівача).

$I_{\text{так далі}} \geq I_{\text{обчислюється максимум}}$

(5.11)

де $I_{\text{максимальний розмір}}$ - максимальний номінальний струм підстанції,

AA

$$I_{\text{макс. розр.}} = \frac{S_{\text{розр.}}}{\sqrt{3} \cdot U'}$$

(5.12)

де S зараховує. - розрахована максимальна потужність підстанції, взята з

попередніх розрахунків, які розраховув $S; = 368 \text{ кВА};$

ООН: - Номінальна напруга, $U_n = 10 \text{ кВ.}$

$$I_{\text{макс. розр.}} = \frac{368}{\sqrt{3} \cdot 10} = 21,27 \text{ А.}$$

Атестований силовий кабель ААШВ-10 (3x25) перерізом 25 мм^2 , для якого допустимий постійний струм струмоведучих жил становить 90 А.

Оскільки умова та інші додаткові розраховані \geq та макс. виконуються ($90 \text{ А} > 21,27 \text{ А}$), кабель вибрано правильно.

5.4 Перевірка пускової здатності та нормальної роботи асинхронних електродвигунів

Величина допустимого падіння напруги на затискачах електродвигунів визначається умовами експлуатації. Необхідно, щоб пусковий момент електродвигуна був більше моменту різання робочої машини. Істи.

$$M_{\text{start}} = M_{\text{р. working machine}} + M_{\text{надл.}} \quad (5.13)$$

де $M_{\text{старт}}$ - пусковий момент електродвигуна;

$M_{\text{надл.}}$ - занадто високий крутний момент, необхідний під час запуску,

$M_{\text{істер.}} = (0,2 \dots 0,3) M_{\text{інер.}}$ Мінімальна робоча машина, Приклад (5.14)

де $M_{\text{р. раб. маш.}}$ - момент руху робочої машини.

Крутний момент асинхронного електродвигуна пропорційний квадрату напруги на з'єднаннях. Допустиме значення напруги, від якого залежить здатність пуску електродвигуна, визначається за формулою:

$$\Delta U_{\text{доп}} = \left(1 - \sqrt{\frac{M_{\text{эр}} + M_{\text{надл}}}{M_{\text{пуск}}}}\right) \cdot 100\% \quad (5.15)$$

Падіння напруги визначається при запуску найдовшого електродвигуна від стенду для розбирання та складання підвіски візків тракторів АП-132 С4У3, технічні дані якого наведені в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8

Технічні дані електродвигуна АПР 132 С4У3

$RN:=7,5 \text{ кВт}$	$nn:=1440 \text{ об / хв}$	$M_{\text{start}}/M_n:=2,0$
$M_{\text{max}}/M_n:=2,2$	$\eta:=0,875$	$\epsilon=15,1 \text{ А}$
$I_{\text{пуск}}/I_n:=7,5 \text{ А}$		$\cos \varphi:=0,86$

Пуск електродвигуна і нормальна робота електродвигуна можливі при дотриманні таких умов:

$$\Delta U_{\text{факт}} \% \leq \Delta U_{\text{д}} \% \quad (5.16)$$

Зниження напруги на клеммах стартера.

$$\Delta U_{\text{факт}} \% = \Delta U_{\text{факт.л}} \% + \Delta U_{\text{тр}} \% = V_{\text{шнн}} \% - V_{\text{надб.тр}} \% \quad (5.17)$$

$\Delta U_{\text{надб.тр}} \%$ - підвищення напруги на трансформаторі;

$V_{\text{шнн}} \%$ - Відхилення напруги на шині первинної обмотки трансформатора; за нашу роботу. $V_{\text{надб.тр}} \% = 7,5$; $V_{\text{шнн}} \% = 4$;

$$\Delta U_{\text{факт.л}} \% = \Delta U_{\text{л1}} \% + \Delta U_{\text{л2}} \% + \frac{z_{\text{л}}}{z_{\text{л}} + z_{\text{дв}}} \cdot 100\% \quad (5.18)$$

де $\Delta U_{\text{л1}} \%$ - На підставі попередніх розрахунків втрата напруги в ПЛ передбачається: $\Delta U_{\text{л1}} = 1,67\%$;

$\Delta U_{\text{л2}} \%$ - Втрата напруги в кабельній лінії;

$\Delta U_{л2} \% = \frac{I_{\max} \cdot \sqrt{3} \cdot l \cdot r_0 \cdot \cos \phi}{U_H} \cdot 100\% \quad (5,19)$
 де r_0 – питомий активний опір кабельної лінії; $r_0 = 30 \cdot 1/185 = 0,16$ Ом/км;
 l – Довжина кабелю, км.

$$\Delta U_{л2} \% = \frac{308,8 \cdot 1,73 \cdot 0,021 \cdot 0,16 \cdot 0,7}{380} \cdot 100\% = 1,25\%$$

Розрахункова схема мережі 10 кВ наведена на рис. в 5.1.

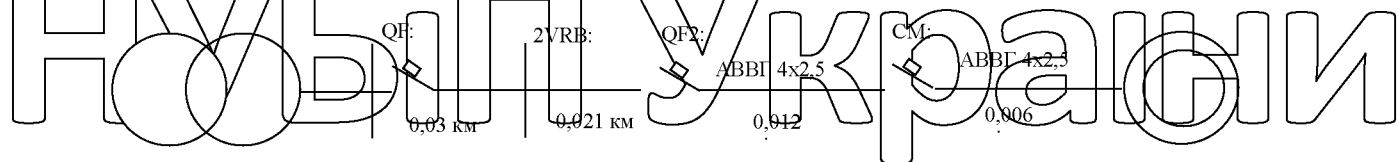


Рис. 5.1. Проектна схема мережі 10кВ.

$Z_{дв}$ – Загальний опір двигуна при КЗ, Ом;
 $Z_{л}$ – Опір лінії при короткому замиканні, Ом;

$$Z_{дв} = \frac{U}{I_{пуск} \cdot \sqrt{3}} = \frac{380}{7,5 \cdot 15,1 \cdot 1,73} = 1,94 \text{ При } (5,20)$$

$Z_{л} = \sqrt{R_{л}^2 + X_{л}^2} \quad (5,21)$
 де $R_{л}^2$, $X_{л}^2$ – Активна лінія або реактивний опір (квадрат), Ом.

$$R_{л} = r_{01} \cdot l_1 + r_{02} \cdot l_2 + r_{03} \cdot l_3 + r_{04} \cdot l_4 = 0,3 \cdot 0,03 + 0,16 \cdot 0,021 + 12 \cdot 0,012 + 12 \cdot 0,006 = 0,26 \text{ ДО}$$

$X_{л} = 0,36 \cdot 0,03 = 0,0108 \text{ ДО}$
 $Z_{л} = \sqrt{0,26^2 + 0,0108^2} = 0,26 \text{ ДО}$
 $\Delta U_{факт.л} \% = 1,25 + 1,67 + \frac{0,26}{0,26 + 1,94} \cdot 100\% = 14,7\%$

Втрата напруги в трансформаторі $\Delta U_{тр} \%$ При пуску двигуна з урахуванням

інших пантографів, підключених до трансформатора, розраховується за формулою:

$$\Delta U_{тр} \% = \frac{100}{S_K} \cdot \sqrt{(R_{фак} \cdot \cos \phi_{пуск} \cdot S_{дв} + S_{нов} \cdot \cos \phi_{нав})^2 + (R_{фак} \cdot \sin \phi_{нав} \cdot S_{дв} + S_{нов} \cdot \sin \phi)^2}, \quad (5,22)$$

де S_K – потужність короткого замикання. Трансформатор, кВА;

$S_{наук}$ – сумарна потужність пантографів без цього двигуна.

α – середньозважений коефіцієнт потужності інших споживачів електроенергії;

Видання- коефіцієнт потужності конкретного двигуна при запуску.

$$S_k = \frac{S_n \cdot 100\%}{U_{к.з.}\%} = \frac{250 \cdot 100}{4,5} = 5556 \text{ кВА}, \quad (5,23)$$

де $U_{с.с.}\%$ – напруга короткого замикання трансформатор;

$$\cos\phi_{\text{пуск}} = \frac{\eta_n \cdot \cos\phi_n \cdot (M_{\text{пуск}} + 0,025R_t^2)}{(1 - S_n) \cdot R_t}, \quad (5,24)$$

де η_n , $\cos\phi_n$, S_n – ККД, коефіцієнт потужності або значення ковзання електродвигуна;

$$\cos\phi_{\text{пуск}} = \frac{0,875 \cdot 0,86 \cdot (2,2 + 0,025 \cdot 7,5^2)}{(1 - 0,03) \cdot 7,5},$$

$$R_{\text{факт}} = \frac{100 \cdot R_t}{100 + U_{к.з.}\% \cdot R_t} \cdot \frac{t_{\text{дв}}}{Z}, \quad (5,25)$$

де Z - загальний опір ланцюга обмотки мережа - двигун, Ом;

$$Z = \sqrt{(R_n + R_{\text{дв}})^2 + (X_{\text{дв}} + X_n)^2}, \quad (5,26)$$

$R_{\text{дв}}$ і $X_{\text{дв}}$ є активними і реактивними компонентами резистора короткого замикання електродвигун, Ом;

$$R_{\text{мот}} = Z_{\text{мот}} \cos\phi_{\text{старт}} = 1,94 \cdot 0,373 = 0,72 \text{ Ом}, \quad (5,27)$$

$$X_{\text{мотор}} = Z_{\text{мотор}} \sin\phi_{\text{старт}} = 1,94 \cdot 0,93 = 1,8 \text{ Ом} \quad (5,28)$$

$$Z = \sqrt{1,8^2 + 0,72^2} = 2,1 \text{ Ом};$$

$$S_{\text{дв}} = \frac{P_n}{(\eta \cdot \cos\phi)} = \frac{7,5}{0,875 \cdot 0,86} = 9,9 \text{ кВА};$$

$$R_{\text{факт}} = \frac{100 \cdot 7,5}{100 + 4,5 \cdot 7,5} \cdot \frac{1,94}{2,1} = 14,2 \text{ До}$$

Прийнято $S_{\text{нат}} = S_n - S_{\text{дв}} = 203,8 - 9,9 = 193,9 \text{ кВА}$; $\cos\phi_n = 0,7$. ніж.

$$\Delta U_{\text{тр}}\% = \frac{100}{5556} \cdot \sqrt{(14,2 \cdot 9,9 \cdot 0,373 + 193,9 \cdot 0,7)^2 + (14,2 \cdot 9,9 \cdot 0,93 + 193,9 \cdot 0,7)^2} = 4,9\%;$$

Зниження напруги на клеммах електростартера.

$$\Delta U_{\text{факт}}\% = 14,7 + 4,9 + 4 - 7,5 = 16,1\%.$$

Допустимий перепад напруги при розгоні електродвигуна визначається:

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_n}{n_y} = 9550 \cdot \frac{7,5}{1440} = 49,2 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (5,29)$$

$$M_{\text{старт}} = \mu \cdot M_n = 2 \cdot 49,2 = 98,4 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{наодл}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot 49,3 = 9,68 \dots 14,76 \text{ Нм}.$$

Величина моменту зсуву взята з літератури [11]: $M_{\text{зр}} = 19 \text{ Нм}$.

Тоді допустиме падіння напруги становить:

$$\Delta U_{\text{доп}} \% = \left(1 - \frac{19+14}{984}\right) \cdot 100\% = 42\%$$

Отже умова $\Delta U_{\text{доп}} \% > \Delta U_{\text{факт}} \%$ Це було зроблено.

Тому завести двигун в цих умовах цілком реально.

5.5 Перевірка пристрою захисту на максимальну комутаційну здатність

У мережах 0,38 кВ пристрої захисту випробовуються на максимальну комутаційну здатність залежно від обставин.

$$I_{\text{гран.із.}} > I_{\text{з.}} \quad (3), \quad I_{\text{гран.із.}} > I_{\text{сврейський}} \quad (5,30)$$

де $I_{\text{гран.із.}}$ - обмежений струм підключення пристрою, кА;

$I_{\text{сврей-}}$ трифазний струм короткого замикання. спіраль $= \sqrt{2} \cdot I_{\text{з.}} \quad (3)$, н/д;

$I_{\text{з.}} \quad (3)$ - Струм трифазного короткого замикання, кА.

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma}^2 + (X_{\Sigma})^2}} \quad (5,31)$$

де $U_{\text{л}}$ – погонна напруга, В;

R_{Σ}, X_{Σ} - відповідно активна та реактивна складові мережі трифазного

КЗ опір, Ом;

$$R_{\Sigma} = R_{\text{т}} + R_{\text{л}}; \quad X_{\Sigma} = X_{\text{т}} + X_{\text{л}}; \quad (5,32)$$

де $R_{\text{т}}, X_{\text{т}}$ – відповідно активна та реактивна складові опору

трансформатора при трифазному КЗ, Ом;

$R_{\text{л}}, X_{\text{л}}$ - відповідно активна та реактивна складові опору проводів до точки короткого замикання, Ом.

Значення $Z_{\text{т}}, R_{\text{т}}$ і $X_{\text{т}}$ визначаються за формулами:

$$Z_{\text{т}} = \frac{U_{\text{к.з.}} \% \cdot U_{\text{л}}^2}{100 \cdot S_{\text{н}}}, \quad R_{\text{т}} = \frac{\Delta P_{\text{н}} \cdot U_{\text{л}}^2}{S_{\text{н}}^2}, \quad X_{\text{т}} = \sqrt{Z_{\text{т}}^2 - R_{\text{т}}^2}, \quad (5,33)$$

де $S_{\text{н}}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$\Delta P_{\text{н}}$ - Трансформатор з втратою короткого замикання, В;

$\Delta P_{\text{н}}$ - Трансформатор з втратою короткого замикання.

Перевіряється вимикач ВА47Г29-34, що входить до комплекту електродвигуна дроботерки.

Зістав. вим. = 3 кА.

ніж.

$$R_T = \frac{3700 \cdot 400^2}{250000^2} = 0,0095 \text{ Ом};$$

$$Z_T = \frac{4,5 \cdot 400^2}{100 \cdot 250 \cdot 10^3} = 0,029 \text{ Ом};$$

$$Z_T = \sqrt{0,029^2 - 0,0095^2} = 0,0274 \text{ Ом};$$

$$RL := 0,03 \times 0,3 - 0,31 \times 0,021 = 0,015 \text{ Ом};$$

$$XL := 0,03 \times 0,36 = 0,01 \text{ Ом};$$

$$R\Sigma := 0,015 + 0,0095 = 0,11 \text{ Ом};$$

$$X\Sigma = 0,01 + 0,0274 = 0,0374 \text{ Ом};$$

$$Z_\Sigma = \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2} = \sqrt{0,11^2 + 0,0374^2} = 0,116 \text{ Ом};$$

$$I_{к.з}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,006} = 1993 \text{ А};$$

$$I_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1993 = 2790 \text{ а}$$

Оскільки умова Play off > Іс.п. (3) виконується, автоматичний вимикач відповідає умові випробування на максимальну комутаційну здатність.

РОЗДІЛ 6: ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ І МОНДРІЗАЦІЯ СПОЖИВЧОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Будова трифазного масляного трансформатора

6.1.1 Основні елементи трансформатора. Силкові трансформатори

призначені для загального призначення (для живлення звичайних мереж або електроприймачів) і спеціального призначення (для живлення мереж електроприймачів, що відрізняються певними умовами експлуатації, схемами навантаження або режимами роботи, наприклад, промислові електротермічні печі для виплавки сталі), та інші метали). . , перетворення систем АС-DC, електрична тяга на залізничному транспорті тощо). До спеціальних силових трансформаторів відносяться також зварювальні трансформатори.

Силкові трансформатори поділяються на масляні, у яких обмотки разом з магнітною системою занурені в ємність з трансформаторним маслом для поліпшення ізоляції струмоведучих частин і охолодження трансформатора, і сухі, в яких охолоджуючим середовищем є повітря, і газ, або твердий діелектрик.

Автотрансформатори також застосовуються в електричних мережах. На відміну від звичайних силових трансформаторів, первинна та вторинна обмотки гальванічно (електрично) з'єднані одна з одною за допомогою електромагнітного з'єднання.

Масляний трансформатор типу ТМ (рис. 6.1) складається з магнітопровода, на якому розміщені обмотки високої (ВН) і низької (НН) напруги, бака і кришки з роз'ємами. З'єднання обмоток високої та низької напруги та ізоляторів розміщені на кришці, яка кріпиться до бака гвинтами та ущільнюється гумовою прокладкою з низьким опором. На кришці також знаходиться кришка перемикача та розширювач. Трансформатор оснащений сталевими роликами для переміщення під час монтажу та ремонту.

Перемикач використовується для зміни числа витків в первинній обмотці і, таким чином, коефіцієнта трансформації і в той же час регулювання вторинної напруги трансформатора в певних межах.

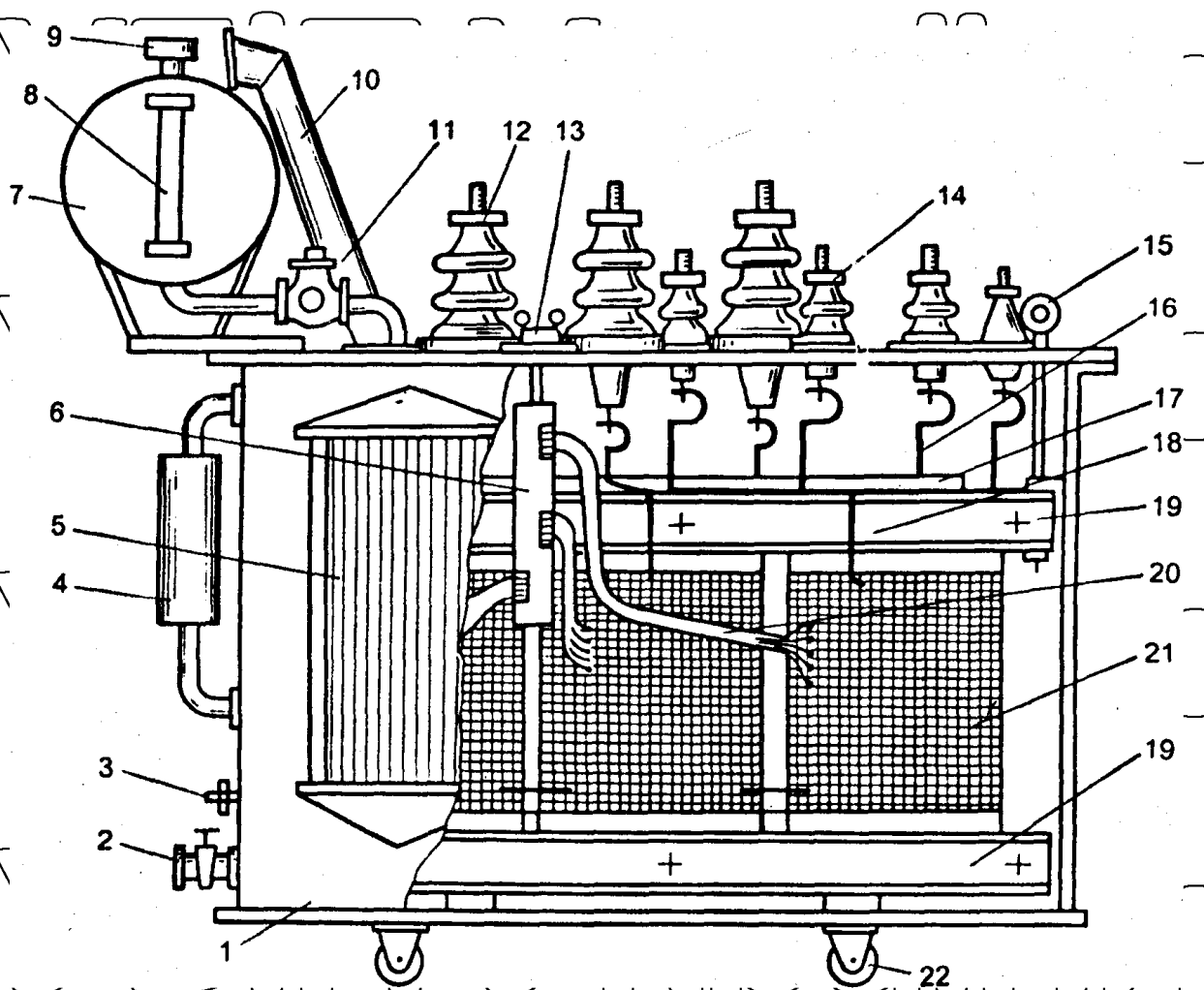


Рис. 6.1. Будова масляного трансформатора потужністю 1000...6300 кВА напругою 35 кВ.

1 - танк; 2 - клапан; 3 - гвинт заземлення; 4 - термосифонний фільтр; 5 - радіатор; 6 - перемикач; 7 - розтяжки; 8 - маслоіндикатор; 9 - осушувач повітря; 10 - вихлодна труба; 11 - тазове реле; 12 - вхід ВН; 13 - двигун розподільного пристрою; 14 - вхід НН; 15 - транспортний гак; 16 - промивний клапан ЛН; 17 - сердечник; 18 - кран намотування ВН; 19 - стержнева балка (верхня і нижня); 20 - регулювання тілок обмоток високої напруги; 21 - обмотка ВН (НН всередині); 22 - Циліндр автомобіля

Регулювання напруги здійснюється трансформаторним обладнанням

- Обмотка високої напруги без пристрою відгалуження збудження - ПБЗ (рис. 6.2), що дозволяє змінювати коефіцієнт трансформації від номінального на 2,5% в межах 5% (положення -5; -2,5; 0; +2,5; +5);

- навантажений регулятор - несучий відвод (рис. 6.3), який здійснює безперервне перемикавання гілок обмотки високої напруги з відповідною зміною коефіцієнта трансформації порівняно з номінальним значенням (показано: способи реалізації «відводу» під навантаженням): 1) $\square 6 \times 1,67\%$; 2) $\square 6 \times 1,5\%$; 3) $\square 4 \times 2,5\%$; 4) $\square 2 \times 2,5\%$.

Бак трансформатора містить магнітопровід з обмотками і трансформаторне масло. Малі трансформатори струму мають баки з плоскими стінками; Для трансформаторів потужністю понад 40 кВА циркуляційні труби (трубчасті баки) приварюють до бака в один або кілька рядів. Є також оребрені резервуари (з вертикальними ребрами для повітряного охолодження). Якісні трансформатори оснащені знімними радіаторами. До верхньої частини бака приварені гаки для підйому трансформатора. У нижній частині бака є гвинт заземлення та кран для зливу масла.

Розширювач являє собою зварний сталевий циліндр, встановлений на кронштейнах і з'єднаний з баком трубою. Рівень масла в резервуарі перевіряється через контрольну трубку або прозору вставку. У верхній частині розширювача маслозаливний отвір відкритий і закритий різьбовою пробкою. Для вільної циркуляції повітря встановлена дихальна трубка, нижній кінець якої захищений отвором і сітчастою кришкою. Разом з повітрям у розширювальний бак (а отже, в масло) можуть потрапити частинки пилу та бруду, а також пара та волога, які конденсуються на стінках. Є збірна ємність із пробкою для видалення забрудненого масла та вологи. Температуру масла в трансформаторі контролюють ртутним термометром або температурним сигналізатором.

6.1.2 Пакети. Провідник, який колись охоплює сердечник магнітного кола і в якому під дією магнітного поля трансформатора виникає ЕРС,

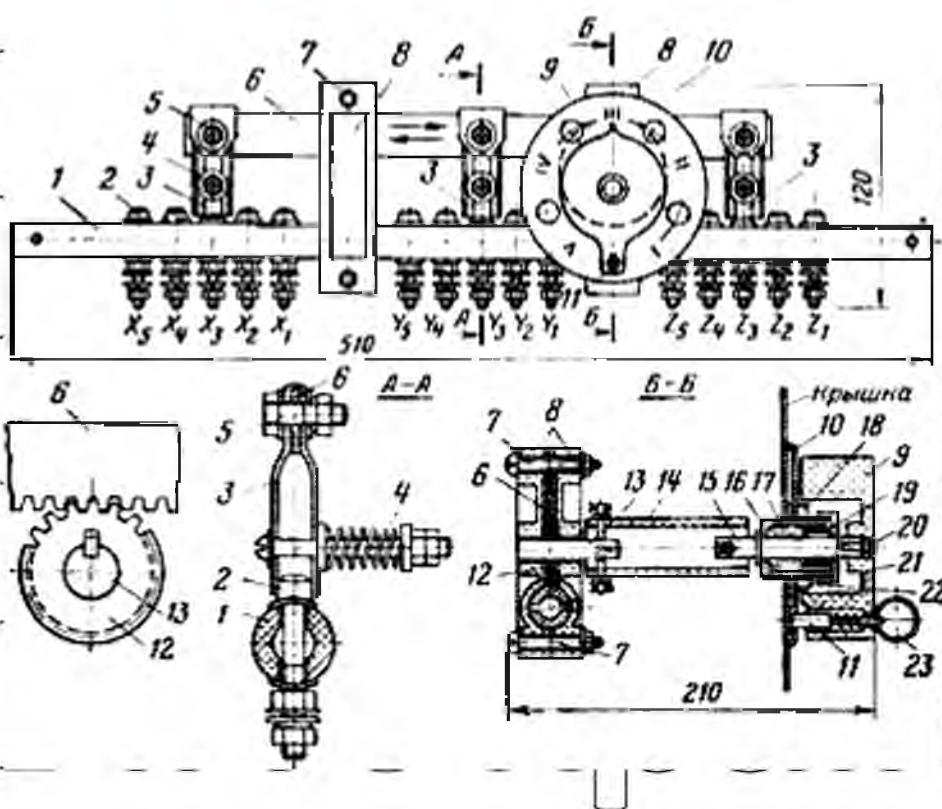


Рис. 6.2. Пристрій для комутації обмотки високої напруги силового трансформатора без збудження

(РПН тусеничний типу ВОН-10/63-65)

- 1 - паперова бакелітова трубка; 2 - твердий контакт; 3 - рухомий контакт; 4 - пружина; 5 - гвинт;
 6 - полиця; 7 - гвинт; 8 - носій; 9 - ковпачок; 10 - покажчик рівня; 11 - затискач; 12 - шестерня;
 13, 15 - хвилі; 14 - паперова бакелітова трубка; 16, 19 - куці; 17 - сальник; 18, 21 - волоський горіх;
 20, 22 - гвинти; 23 - подзвонити.

НУБІП України

називається переломним моментом. Розряд є основним елементом обмотки і складається з однієї або кількох паралельних гілок.

Обмотки трансформатора відрізняються взаємним розташуванням на стрижні, напрямком і типом намотування, числом витків, класом напруги і схемою з'єднання кінців обмотки. Початок і кінець обмоток низької напруги трифазних трансформаторів позначають літерами а, б, в (початок) і х, у, з (кінець), обмоток високої напруги — А, В, С і X, Y, Z або обмотки середнього напруги є A_m або B_m , C_m і X_m , Y_m , Z_m .

За взаємним розташуванням прутків обмотки поділяються на зосереджені та змінні (рис. 6.4).

Концентричні обмотки включають обмотки, які мають форму циліндрів і розташовані концентрично (один всередині одного) на магнітопроводі, і чергуються обмотки, які чергуються в осьовому напрямку на магнітопроводі.

Вкладену обмотку зазвичай поділяють на симетричні групи, кожна з яких складається з однієї або кількох частин обмотки високої напруги та частин обмотки низької напруги, розташованих по обидві сторони від неї. Паралельні ланцюги легко утворюються з окремих груп при великих струмах.

Рис. 6.4. Концентричні (а) Поперемінні (б) Розташування обмоток і обмоток.

Найбільш поширеною є концентрична обмотка. Зазвичай обмотка низького напруги розміщується на стрижні першою, але можливі й інші варіанти, де спочатку розміщується обмотка середнього напруги, контрольного РО або навіть обмотка високого напруги.

Залежно від конструкції і типу обмотки розрізняють циліндричні обмотки (одношарові або багатшарові), спіральні і гвинтові. У спеціальних трансформаторах з великими вторинними струмами також використовуються одно- або двообмоткові пластини та колективні обмотки.

Ряд витків, намотаних на циліндричну поверхню, називається шаром намотування. Один шар може мати від одного до кількох десятків витків, а виток може містити до шести-восьми і більше паралельних проводів.

Обмотка, що складається з шару витків на циліндричній поверхні без перерв, тобто впритул один до одного, називається циліндричною, а обмотка, що складається з двох (і більше) концентрично розташованих шарів, - двошарової (багатошарової) циліндричної обмотки (Малюнок 6.5)

Рис. 6.5 – Циліндричні обмотки.

а – одношаровий, б – двошаровий, в – багатошаровий круглий дріт, 1 – прямокутні витки дроту; 2 – спільні вирівнювальні кільця; 3 – паперовий бакелітовий циліндр; 4 – кінець намотування внутрішнього шару; 5 – вертикальні плити; 6 – глітки внутрішньої обмотки.

Як обмотки низької напруги в трансформаторах потужністю менше 630 кВА використовуються одно- та двошарові циліндричні обмотки. Багатошарова циліндрична обмотка зазвичай намотується з круглого дроту. Звивисті криві щільно упаковані з переходами від шару до шару. Перший шар намотується на рулон паперу-бакеліту 3. Між наступними шарами вставляється кабельний папір.

Для поліпшення охолодження між деякими шарами обмотки роблять осьовий канал з прокладками з електрокартону або бука. Такі багатошарові циліндричні обмотки використовують як високоевольтні обмотки масляних трансформаторів потужністю до 400 кВА на напругу до 35 кВ.

6.2 Аналіз ключових конструктивних і робочих факторів, що впливають на роботу електричних контактів контактора перемикача РПН трансформатора

Як у нашій країні, так і за кордоном моніторинг роботи енергетичних систем показує, що, особливо в країнах СНД, постійно спостерігається тенденція відставання технічного рівня експлуатації електрообладнання від сучасних

технічних вимог. Масове використання протягом тривалого часу електричних машин і приладів, які відпрацювали свій нормальний термін експлуатації [25, 26, 27, 28]. Наприклад, більше 40% цього припадає на серії автоматичних вимикачів напругою 110 кВ і вище. Подібна статистика доступна для інших типів автоматичних вимикачів. У цьому відношенні енергетичні системи інших країн, Європи та Америки, не є винятком. За даними Інституту електроенергетики США, принаймні 60% силових трансформаторів, що використовуються в країні, експлуатуються більше 25 років. За даними компанії АТ «Енергія України», частка електрообладнання підстанцій 110/220 кВ, що працюють 25 і більше років, становить не менше 40%. З урахуванням цих особливостей стає зрозумілим, що збільшення кількості довгострокових апаратів потребує заходів щодо підвищення надійності розподільних пристроїв, контролю режимів роботи та забезпечення безпеки енергосистем.

Виходячи з сучасних досліджень [28], можна прогнозувати різке зниження надійності енергосистем у найближньому майбутньому, якщо не буде впроваджено вдосконалену розподільну апаратуру та не вжито профілактичних заходів щодо довгострокового обладнання. вчасно та якісно.

В Україні через складність фінансування масштабного технічного переоснащення першочерговим завданням є розширення експлуатаційних характеристик обладнання, яке експлуатується протягом багатьох років. Цього можна досягти шляхом модернізації існуючих конструкцій електрообладнання та підвищення зручності їх використання [27]. Така робота не повинна будуватися на сліпому повторенні існуючої елементної бази, на вдосконаленні конструкції інших пристроїв і оптимізації режимів їх роботи. Основним інструментом у цьому питанні має стати аналіз конструктивних особливостей електрообладнання, заснований на комплексному розумінні теорії їх бізнес-процесів і засобів діагностики.

Загалом стан комутаційного апарату визначається станом його роз'єднувальних контактів (RC), на які впливають їх конструктивні особливості, схеми підключення, властивості матеріалів контактів і умови робочого

середовища. Проте в науково-технічній літературі з контактних з'єднань проблема неприцездатності сильнострумкових відривних контактів представлена не повністю і потребує подальшої розробки.

На практиці ці збої не є систематичними і їх важко передбачити, оскільки вони є наслідком поєднання таких руйнівних факторів [28]:

- Корозія внаслідок фізико-хімічних процесів або дугового розряду;
- Ерозія внаслідок перенесення металу між контактами при проходженні електричного струму високої щільності;
- Знос внаслідок механічного впливу при закриванні;
- Структурні зміни контактних матеріалів при електротермічному нагріванні.

В основі методики дослідження працездатності РЦ лежить теоретичне дослідження процесу їх роботи, включаючи задачі моделювання та пошук оптимальних значень основних експлуатаційних факторів.

Основними причинами виходу з ладу силових вимикачів є їх зношеність, яка обумовлена наступними факторами:

- механічні удари, пошкодження вібрацією та перенесення металу;
- електротермічні процеси на контактних поверхнях.
- хімічні процеси на контактних поверхнях і навколишньому середовищі.

Замикання контакту завжди супроводжується ударною взаємодією. У потужних сильнострумкових РЦ множинні зіткнення призводять до пластичних деформацій, зміщення поверхневих шарів, пошкодження кристалічної решітки та зміни структури контактних матеріалів. Зовнішнім проявом цих процесів є розкладання, розкриття, розтріскування та відшарування матеріалу. Контактні матеріали з високою міцністю, жорсткістю та ударостійкістю менш чутливі до цих процесів, які також називають механічним зносом. Однак дуже твердий контактний матеріал погано стирається один об одного і має підвищений опір тертю.

Ступінь нагріву струмоведучих контактних частин в електродвигуні перемикача крокового перетворювача є характеристикою їх робочого стану.

Відомо, що неминучі втрати струму в контактних парах проявляються в підвищенні температури комутаційних апаратів і навколишнього середовища. Чим більше сила струму, що протікає через контакти, тим більше ефект виділення «джоулів» тепла.

Крім збільшення контактного опору і зношування контактних пар внаслідок підвищення температури, під час роботи РК спостерігаються значно посилені електротермічні процеси. Завдяки високому і концентрованому виходу енергії дуга може домінувати над усіма іншими контактними процесами. Його робота супроводжується цілеспрямованим виділенням або транспортуванням металевих частинок і відбувається під впливом енергії. Крім того, завдяки сильній іонізації контактного проміжку дуга має певну інерційність і певний час зберігає час горіння. Умови утворення і тривалість горіння дуги залежать від матеріалу контактних частин, значень напруг і струмів, складу і забрудненості середовища, стану контактних поверхонь, наявності контакту і індукції, окремі елементи схеми тощо.

Дуги спричиняють плавлення та випаровування матеріалу, коли контакти закриті, набагато менше, ніж коли контакти розімкнені. Тому процеси, що відбуваються при розмиканні високореактивних контактів, мають вирішальне значення для їх терміну служби. При сильному шумі і відносно невеликому перемиканні загальний знос контактів безпосередньо залежить від кількості розмикань.

При струмах в десятки і сотні ампер і досить ефективному гасінні дуги (наприклад, внаслідок магнітного вибуху) дуга на контактах носить дискретний характер і дугова ерозія зачіпає лише окремі ділянки робочої поверхні. При великих струмах на робочій поверхні утворюються мікрочастинки розплавленого металу, з яких, крім випаровування, інтенсивно виходять частинки розплавленого контактного матеріалу. Енергія, що доставляється циліндром дуги до контактної поверхні, виникає лише під час тривалих дугових розрядів (секунд або довше). Однак час горіння дуги в справно працюючому розподільному пристрої не повинен перевищувати 0,01–0,03 с [39].

6.3 Методи діагностики та контролю стану електричних контактів

В основному причини пошкодження електричних контактів контактора чейнджера обмотки трансформатора носять як експлуатаційний, так і конструктивний характер.

Багато факторів, узагальнених у групі контактних конструктивних і технологічних причин, є не стільки результатом неправильних оцінок у проектуванні чи технології виробництва контактних частин; Ці причини зазвичай зникають із збільшенням виробничого досвіду, але є результатом неповного розуміння того, як працюють вищезгадані контактні системи. В основному це пов'язано з відсутністю засобів і методів діагностики стану РК.

Основна складність оцінки руйнівної дії факторів експлуатації на контакти полягає в тимчасовому характері виділення енергії при перемиканні. Цей процес проявляється різким підвищенням температури і динамікою механічних і фізико-хімічних реакцій, а також зміною властивостей контактних поверхонь і середовища. Вимірювання температури контактних поверхонь за таких умов є технічно складним, а отримані результати часто викликають сумніви.

Сучасні методи вимірювання температури засновані на використанні контактних і безконтактних датчиків. Контактні датчики (термопар, терморезистори, термометри) більш поширені через їх дешевизну і простоту.

Однак вони пред'являють жорсткі вимоги до установки на місці проведення досліджень і підключення пристроїв реєстрації та обробки даних. Датчики обмеження контакту (термофарбові наклейки та датчики зі сплаву з пам'яттю форми) також використовуються обмежено. Вони прикріплюються до контрольованих об'єктів або пристроїв і активуються при досягненні критичної температури.

Методи безконтактного вимірювання температури фіксують інфрачервону (ІЧ) енергію об'єкта. Вони вважаються дуже продуктивними і можуть встановлюватися в важкодоступних або небезпечних для людей місцях. Ці

датчики включають ІЧ-термометри, пірометри, ІЧ-сканери зображень і волоконно-оптичні термометри. На практиці ж точність вимірювань багато в чому залежить від дотримання ряду умов.

Крім того, робота безперервних електричних контактів часто тісно пов'язана з горінням дуги і дуговими процесами, що вимагає розгляду методів боротьби з цими явищами.

Оцінка функції контактів електричного вимикача має велике практичне значення. Це відображається в оцінці залишкового ресурсу контактора, запланованих датах ремонту та розподілі витрат на технічне обслуговування парку замінного обладнання.

Тому необхідно оцінити вплив основних конструктивних та експлуатаційних факторів на стан розривних контактів у процесі відключення під час роботи контакторного вимикача та розробити практичні рекомендації щодо підвищення ефективності роботи контакторних контактних систем.

6.4. Вибір моделі перемикача РПН трансформатора

Важливо, щоб конструкція обладнання відповідала рівню завдань дослідження. У нашій роботі таким пристроєм є вимикач навантаження з швидкодіючим механізмом важільного типу (перемикачем). Основною вимогою до роботи контактора є забезпечення певної послідовності швидких перемикачів, синхронно з контакторним вимикачем. Контактор є найважливішою частиною в конструкції носія навантаження силових трансформаторів і автотрансформаторів, і його вихід з ладу еквівалентний виходу з ладу силового трансформатора.

Досвід експлуатації показує, що основною причиною виходу з ладу контакторів є деструктивна зміна пробою контактів, викликана дією струмів відключення (сотні і тисячі ампер) внаслідок теплових процесів. Температурні процеси і періодичні довго- і короткочасні впливи призводять до руйнування контактних матеріалів, збільшення контактного опору і зношування контактних поверхонь. Крім того, підвищення контактної температури призводить до

збільшення контактних зусиль в механізмах з'єднання, що призводить до зниження швидкості з'єднання комутаційних апаратів і неузгодженості руху їх з'єднань. Вплив інших факторів незначний.

Конструктивно перемикачі РПН виготовляються під навантаженням за двома традиційно сконструйованими кінематичними схемами: підпружинений виконавчий механізм, розчіплювач і розчіплювач. Схема «перемикач» часто використовується в конструкціях перемикачів для більш високих струмових навантажень. Приклад такої конструкції, контактор місцевого виробництва КНОА 110/1000, показаний на малюнку 6.6, а його основні характеристики наведені в таблиці 6.1.

Рис. 6.6. Загальний вигляд розетки КНОА 110/1000 (а) та дугогасних контактів зі слідами деструктивних змін (б).

1 – штатив із закріпленими контактами; 2 – подвійний скельний з'єднання з чотирма ланками; 3 – пружинний механізм; 4 – рухомі контакти.

НУБІП України

Таблиця 6.1

Основні параметри пристрою РПН КНОД/110/1000

№ Зарплата	Назва параметра	мат
1:	Номинальна напруга, кВ	110
2:	Номинальний струм, А	1000
3:	Ресурс механічної зносостійкості, щонайменше тисячі переходів	500
4:	Ресурс на електричну зносостійкість контакти, що переривають струм, щонайменше тисячі переходів	50
5:00 ранку	Проміжок часу одного фіксоване положення до іншого, другий	$3,8 \pm 20\%$
6:00 ранку	Кількість перемикачів перед заміною масла в контакторі, щонайменше тисячі переходів	50

Основною контакторного механізму є подвійне іскрове з'єднання з чотирма кільцями, до поворотних важелів якого прикріплені рухомі контакти (основний, допоміжний і дугові). Їх перехід з одного стійкого стану в інший відбувається за допомогою швидкого пружинного механізму. На схемі показано покроковий процес відключення контакторного механізму (рис. 6.7). На рисунку 6.7 позиція № 1 відповідає стабільному робочому положенню механізму контактора, включаючи всі контактні групи. Позиція номер 2 вказує на початкову фазу перемикачів, в якій головні контакти розмикаються і весь струм проходить через допоміжні та дугові контакти. Подальше розмикання допоміжних контактів призводить до відключення дугогасних контактів до максимального навантаження і проходженню струму через резистор К1 (поз. №3). На цьому етапі між поверхнями допоміжних контактів (К2) з ємністю створюється дуга;

НУБІП України

де $P_{\text{вк}} = I_{\text{дк}}^2 R$, (6.1)

де $P_{\text{вк}}$ - відключаюча здатність допоміжних контактів,

R :- Опір в ланцюзі контакту дуги.

$I_{\text{з}}$ - зарядний струм.

НУБІП України

Позиція №4 називається «міст», на цьому етапі замикаються гасять контакти обох дуг і включається фаза обмотки управління. Величина циркулюючого струму обмежена величиною резисторів $K1$ і $K2$ в ланцюзі замкнутої фази;

НУБІП України

де $I_{\text{с}} = \frac{U_{\text{ст}}}{\Sigma R}$, (6.2)

де $I_{\text{с}}$ - струм, що протікає в колі;

тому- рівень напруги;

ΣR - сума опорів.

НУБІП України

Подальший рух контакторного механізму призводить до розмикання дугових контактів на одному плечі (поз. № 5) і супроводжується дуговим процесом зі струмом;

$$P_{\text{д}} = U_{\text{в}} (I_{\text{ц}} - \frac{I_{\text{н}}}{2}), \quad (6,3)$$

НУБІП України

де $P_{\text{д}}$ - відключаюча здатність на контактах дуги,

$U_{\text{в}}$ - випромінювання:- відновлюється напруга в контактному розриві;

$$U_{\text{в}} = I_{\text{н}} R + U_{\text{ст}}. \quad (6,4)$$

НУБІП України

Максимальна потужність дуги досягається, коли регулювання зменшується (вниз) (струми додаються). Позиції 6 і 7 вказують на послідовне замикання допоміжних і головних контактів. Позиція номер 7 (дзеркальне відображення позиції номер 1) відповідає стабільному положенню контактора після процесу активації.

НУБІП України

Аварійні ситуації в роботі контакторного механізму супроводжуються пошкодженням контактів. Наприклад, через порушення синхронності в роботі контактної системи дуга контактів $K2$ не встигає піти до замикання

короткозамикаючих контактів. Це означає, що замість звичайного «мосту», де циркулюючий струм обмежується двома послідовно з'єднаними резисторами R_1 і R_2 , «аварійний міст» формується з резистора. Циркуляційний струм тоді відповідає струму повного навантаження, що збільшує час горіння дуги при розмиканні контактів і тягне за собою ризик короткого замикання у фазі відключення.

Аналіз роботи контактора показує, що, вивчаючи його конструкцію, можна розглядати роботу двох типів розривних контактів, які включають струм як без навантаження, так і з навантаженням, пов'язаним з дуговими процесами. В цілому робота цього пристрою дуже схожа на комплекс робочих факторів, характерний для більшості сильнотимових комутаційних апаратів. Ці процеси можна спрощено розділити на кілька основних типів (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Вплив експлуатаційних факторів на стан електричних контактів

Процеси, що викликають деструктивні зміни контактних поверхонь	Фізична природа корозійних факторів	Результати впливу корозійних факторів
1. Електричний	Напруга струму	Підвищений нагрів, зварювання, електротермічна ерозія, підвищений контактний опір
2. Теплові	Екологічна теплова енергія	Розплавлення контактів, зношування, руйнування контактних матеріалів, підвищення контактного опору
3. Фізико-хімічні	Фізико-хімічні реакції між поверхнями контактних матеріалів і навколишнім середовищем	Утворення поверхневих плівок, підвищення контактного опору і контактної температури, корозія контактних поверхонь
4. Механічний	Стиснення, зміщення, контактні сили на контактних поверхнях	Зношування, деформація, зварювання, зміна контактного опору та контактної температури

6.5 Рекомендації щодо обслуговування приводів перемикачів відводів трансформатора

6.5.1 Збільшення початкової швидкості розмикання дугових

контактів. Розглянемо модернізацію та вдосконалення конструкції перемикача

обмоток трансформатора на прикладі контактора – КНОА 110/1000. Як уже зазначалося, кінематична схема являє собою важільну систему: подвійне коромисло з чотирма перекладинами. Рухливість ланок механізмів забезпечується

шарнірними з'єднаннями, виконаними у вигляді звичайних циліндричних

плоских підшипників (сталеві вали, що обертаються в бронзових втулках). Рухомі

контакти пристрою встановлені на коромислах, маса яких на два порядки перевищує масу інших рухомих елементів двигуна, що дозволяє не враховувати

вплив на рух контактів інших кілець. Відповідно до принципу Даламбера, рух

рухомих контактів, встановлених на важільній системі, можна описати складним

рівнянням динамічної рівноваги, яке неможливо розв'язати та оптимізувати

точно. З цієї причини вивчення закону руху при терті необхідно проводити експериментальними методами. Були проведені експерименти на

випробувальних стендах (лабораторія КРУ ВІТ) для моделювання умов роботи

навантаженого КРУ з відводами. Досліджено вплив швидкості руху контакту на

тривалість дуги руху. На тестовому прикладі приладу РНТ-20 продемонстровано залежність тривалості дугового розряду від типу руху контактів при розмиканні.

Виявилось, що різні діаграми руху (1, 2, 3 на рис. 6.8) відповідають різним часом

дуги 0,13, 0,085 і 0,065 с відповідно. Підкреслено, що найкращі властивості руху

ізоляційних контактів мають ті, які мають найбільшу швидкість на початкових етапах розмикання.

Як показують експерименти, такий контактний рух важко реалізувати на практиці через опір суглобових вузлів системи при початку руху. З цього

випливає, що зменшення впливу контактних сил на роботу механізму на початкових етапах руху контактної системи дає реальну можливість покращити

кінематику руху її контактів.

Рис. 6.8. Діаграми контактних рухів стрільців (відстань – час) [29].

1, 2, 3 - особливості положення рухомих контактів при розмиканні з різними початковими швидкостями руху

Експериментальне підтвердження цього факту було досягнуто в ході порівняльних випробувань перемикача РПН КНОА 110/1000 під навантаженням до і після переобладнання.

Конструктивні зміни захисного механізму (рис. 6.9) передбачають заміну шарнірних з'єднань у точках кріплення маятника на резинометалеві шарніри (РМЗ). Як відомо, ГМС являють собою коаксіально розташовані циліндричні елементи, які не торкаються один одного, а простір між ними заповнений еластомерним матеріалом (наприклад, гумою). Така конструкція дозволяє елементам шарнірного механізму переміщатися без тертя між собою. ГМС надійно працює за складних силових навантажень і високодинамічних умов спокою до руху, а також за температур трансформаторного масла в баку контактора. Реакція зміщення нанесених полімерних шарів

Сила поширюється набагато швидше, ніж переміщення поверхонь кочення металу від стану спокою до металевої качалки.

На контактній системі механізму обертання контактора (між частинами 71 і 11 на рисунку 6.9) був встановлений реостатний датчик для реєстрації швидкості

погіршення контакту під час експерименту. Тип датчика та схема з'єднання з реєструючим пристроєм показані на рисунку 1. 6.10 а, б. Відповідно до схеми отриманий сигнал від датчика (R:D) подається на реєструючий пристрій і містить

тензорезисторний підсилювач (ТП) і світлопроменевий осцилограф (ОСС), де

гальванометр Г1 фіксував переміщення розривних контактів, а гальванометр Г2 фіксував момент замикання контактів, обрив. Блок живлення (ПІ) з урахуванням резисторів R1, R2, R3 зберігав струм в ланцюзі датчика в межах 2А.

На першій пробній ділянці було зафіксовано зміщення контактів з існуючою конструкцією з'єднувальних вузлів (рис. 6.10). Отримана осцилограма

(рис. 6.11) наочно показує нерациональний характер руху контакту при розмиканні. Особливо це помітно на початковій фазі процесу відкриття ($T1 - T2 = 0,03$ с), яка є дуже повільною. Насправді ця фаза контактного руху займає

принаймні половину загального часу циклу. Навпаки, остання фаза руху $T2 - T3$ надзвичайно швидка, створюючи ефект замикання контакту.

Другому етапу випробувань передувала модернізація контакторного механізму шляхом встановлення електроприводу в місцях кріплення поворотного

важеля. На місце знятих бронзових барабанів в уха встановили гумові втулки і запресували стрижні. Після модернізації запис осцилограми руху контактів

показав чіткі зміни в характері їх руху (рис. 6.11.б). Про збільшення динаміки на початковій фазі контактного руху свідчить відрізок траєкторії $T1 - T2 = 0,008$ с,

який після завершення модернізації був майже втричі швидшим, ніж на першому етапі експерименту. На основі середніх значень осцилогра процесу розмикання

контакту побудовано залежності руху контакту.

Рис. 6.10. Зовнішній вигляд датчика на контактах (а) і схема експериментальної установки (б).

Р:р: - Відображення руху; UT - підсилювач напруги; OSC - світлопроменевий осцилограф; ІС - джерело живлення; R1, R2, R3 - додаткові резистори; G1, G2 - гальванометри.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Рис. 6.11. Осцилограми руху контакту до (а) і (б) після розміщення ГМШ.

Експериментально доведено, що встановлення головного двигуна в шарнірних вузлах контакторного механізму на початковому етапі призводить до збільшення швидкості розмикання контактів. Це призводить до збільшення швидкості дуги і зниження доставки енергії до контактних поверхонь.

6.5.2. Зменшення контактного опору шляхом зміни типу взаємодії

контактних поверхонь. На основі аналізу пружнопластичного характеру взаємодії контактних поверхонь показано, що зусилля, спрямовані по дотичній до контактної поверхні, сприяють зниженню контактного опору крихких контактів.

На практиці це означає, що механізм захисту повинен забезпечувати замикання контактів під дією як перпендикулярних, так і тангенціальних сил на контактній поверхні. Що стосується конструкції базової моделі, то цю проблему можна вирішити з мінімальними втратами, встановивши ексцентрикові вали на шарнірні точки кріплення маятників. Схема такої модернізації наведена на рис. на 6.12.

На малюнку 6.12 показано, що, на відміну від існуючої конструкції механізму, де рух рухомих контактів, встановлених на коромислі, відбувається по дузі кола, обертання навколо ексцентричних осей змушує контакти рухатися по еліптичній траєкторії. При цьому при замиканні на контакти діє не тільки сила, перпендикулярна до поверхні контакту, а й тангенціальна сила, що, очевидно, сприяє позитивному впливу на опір контакту при даному виді струмового навантаження.

Для оцінки характеру взаємодії між контактними поверхнями в реальних умовах необхідно враховувати низку факторів (механічні властивості контактних матеріалів при робочій температурі, конфігурацію та мікрогеометрію контактних поверхонь, механічні та адгезійні властивості поверхневих плівок) тощо). Як наслідок, ми не можемо точно представити аналітичну модель контактною взаємодії [34]. Проте сучасні методи математичного моделювання з

використанням комп'ютерної техніки вже дають змогу наочно зобразити картину фрикційної взаємодії твердих тіл з урахуванням пружно-пластичного характеру деформації, реологічних і трибологічних властивостей контактуючих матеріалів (коефіц. тертя, знос). тощо). У багатьох галузях науки пакети комп'ютерних програм, засновані на кінцево-елементному аналізі (наприклад, ANSYS, Consol Multiphysics), успішно використовуються для вирішення контактних задач.

Рис. 6.12. Контактна важільна система до (а) і (б) після встановлення ексцентрикових валів

Для розрахунку використовувалися наступні вихідні дані: механічні властивості матеріалів контакту (твердість, модуль пружності, коефіцієнт Пуассона), сили замикання (взяті з паспорту контактора або отримані вимірюванням), геометричні параметри тіл контакту (вибрані). Елемент з монтажного креслення контактора).

Результати обробки даних, розраховані на ПК, відображаються у вигляді діаграм напружень і переміщень контактних поверхонь. Отримані діаграми показали, що в зосереджених зонах максимального напруження спостерігається пластична деформація, яка, на думку Р. Холма, забезпечує руйнування поверхневих плівок і утворення чисто металевих контактів. Крайові зони поверхні тертя відносяться до зон пружної деформації і є основними центрами перехідного опору.

6.6 Рекомендації з обслуговування контактора

Як найважливіша частина навантаженого перемикача РПН, контактор повинен працювати протягом тривалого часу без перерв. Запорукою надійної

роботи контактора є регулярне якісне обслуговування (ТО). Перелік і частота виконання цих робіт регулюється інструкцією виробника.

Графік технічного обслуговування контактора включає:

- Введення кругової діаграми роботи контактора для виявлення порушень допусків кутів замикання та розмикання групи контактів;

- Перевірка загального стану контактного механізму (включаючи стан пружинного механізму, вузлів підвіски та кріплення тросів);

- Перевірка стану контактних з'єднань і при необхідності регулювання або заміна;

- Оцінка стану масла в баку контактора за параметрами електроізоляції (напруга пробоя і вологість) і ступінь забруднення.

Результати ТО порівнюються з параметрами, наведеними в нормативних документах. Якщо виміряне значення не стандартизоване, воно порівнюється з результатами попередніх випробувань або аналогічних випробувань подібних пристроїв. Якщо відхилення перевищують допустимі або якщо є підозра, що контактор не працює належним чином, негайно вживаються коригувальні заходи.

Порядок заміни контактів і регулювання сили їх затиску повинен суворо відповідати заводським інструкціям. Очищення обгорілих контактних поверхонь не дозволяється, оскільки це спричиняє додатковий знос контактів і скорочує термін їх служби.

Гроби масла відбираються з контейнера контактора під час роботи трансформатора або відразу після вимкнення. Під час заміни масла відпрацьоване масло з бака контактора повністю зливається, а механізм і бак контактора очищаються від шламу і висушуються перед заливкою чистого масла.

Незважаючи на те, що план робіт з технічного обслуговування контактора в основному відображає позитивний досвід експлуатації пристрою РПН під навантаженням, все ж є моменти, які потребують уточнення. Це стосується як недооцінки факторів несправності контактора, так і надмірної обережності під час його експлуатації. Зокрема, не зовсім виправдана практика перевірки стану контактів за середньою температурою. Він більше підходить для оцінки стану

рухомих контактів, ніж для оцінки пошкоджених контактів. Важливість контактної температури під час перемикання, коли ризик виходу з ладу контактної системи найбільший, продовжує залишатися без уваги. Впровадження методики вимірювання температури поверхні ізоляційних контактів дозволить підвищити точність оцінки робочого стану контактора.

Частота заміни трансформаторного масла зазвичай обумовлена втратою діелектричних властивостей. З цієї причини показники забруднення нафти продуктами термічного розкладання мають другорядне значення для оцінки стану нафти. Вважається, що сам процес забруднення маслом істотно не впливає на

роботу контактора. Проте продукти термічного розкладання масла в баку контактора (в основному частинки сажі) протягом певних годин роботи можуть інтенсивно осідати на елементах контакторної системи. Це призводить до збільшення контактного опору і втрат енергії в мережі. З цієї причини

рекомендується враховувати періодичність заміни і очищення мастила бачка контактора не більше 15000 циклів перемикань. В даний час, за різними даними, це число коливається в межах від 5000 до 20 000 циклів.

При аналізі кінематики рухомих контактів під час розмикання необхідно аналізувати не тільки середню швидкість розмикання контактів, а й початкову швидкість їх розмикання. Заходи щодо збільшення початкової фази руху ізолюючих контактів позитивно впливають на працездатність контактора.

РОЗДІЛ 7:

ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА В ПРОМИСЛОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

7.1 Перелік основних нормативних документів

1. Закон України "Про охорону праці". Постановою Верховної Ради України від 21.11.2002 р. № 229-IV із змінами та доповненнями від 25.11.2003 р. № 1331 - IV, від 23.12.2013 р. № 1334 - IV, від 23.12.2013 р. № 20 2013. 228.

2. Постанова Верховної Ради України від 24 лютого 1994 р. "Про забезпечення санітарно-гігієнічного та епідеміологічного благополуччя населення".

3. ССБІП ДОТУ 2293-93. «Система стандартів охорони праці. Терміни та визначення».

4.
2272-93 Протипожежний захист. Терміни та визначення.

5. ГБН А 3.1-3-94. Передача в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів.

6. Єдина система показників обліку умов і безпеки праці. Затверджено рішенням Держпромконтролю України від 31 березня 1994 року № 27.

7. НАПБ А.01.001-95. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС України від 22 червня 1995 року No 400, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 14 липня 1995 року за No 219/95.

8. ДНАОП 0.00-4.12-94. Типове положення про навчання, інструктажі та контроль знань працівників з охорони праці, затверджене наказом Держнаглядохоронпраці України від 04.04.94 № 30, зареєстроване в Міністерстві юстиції України 05.12.94. під № 95/309.

9. Положення про виявлення та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах і організаціях. Постанова Кабінету Міністрів України від 10 серпня 1993 р. No 623.

10. ДНАОП 0.00-4.26-96. Вимоги щодо порядку забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 1996 р. за № 667/1692. Набрал чинності 29 листопада 1996 року.

11. ДНАОП 0.03-3.30-96. Встановити санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29 серпня 1996 р. за № 488/1513. Набрало чинності 29 листопада 1996 року.

12. ГKD 34.03.103-96. Система управління охороною праці в Міненерго. Положення затверджене Міністерством енергетики України 24 квітня 1996 року.

13. ГKD 34.12.102-95. Навчання, навчання та перевірка знань з охорони праці та експлуатації обладнання працівників підприємств, установ та організацій Міненерго України. Посада:

14. Правила безпечної роботи з інструментом та обладнанням. ДНАОП 1.1.10/1.04.-01. Держенергонагляд України. – К. Форт, 2001. – 176 с.

7.2 Аналіз стану охорони праці

7.2.1 Організація охорони праці та аналіз рівня і причин травматизму. Безпека всього персоналу, який використовує дане обладнання у виробничому процесі, залежить від рівня кваліфікації та правильного виконання основних вимог електробезпеки при монтажі та експлуатації електрообладнання.

Враховується протипожежний та блискавкозахист, які тісно пов'язані з охороною праці, оскільки пожежі на виробництві та грозові розряди становлять небезпеку не лише для майна, а й для життя людей.

Нині в господарстві велика увага приділяється охороні праці, створені оптимальні умови праці. На кожному виробництві є особа, відповідальна за охорону праці та протипожежний стан. Навчання та інструктажі з питань охорони праці проводяться регулярно перед початком роботи та в процесі роботи. Щороку електрики здають іспит з техніки безпеки, на підставі якого їм присвоюють групу безпеки.

Люди, які працюють із шкідливими речовинами, проходять регулярні медичні огляди. Працівники забезпечуються спеціальним одягом та засобами

захисту. Однак порушення безпеки все ще трапляються, що часто призводить до травм і зниження продуктивності.

Тому у сфері послуг необхідно приділяти більше уваги охороні праці та навчанню людей та посилити контроль відповідальних осіб за дотриманням правил безпеки праці. Сервісна база має підсобні та виробничі приміщення, що забезпечують комфортні умови для роботи та відпочинку персоналу.

7.2.2 Аналіз умов роботи бази обслуговування торгової зони. На основі Виникають такі небезпечні та шкідливі умови та виробничі фактори:

- Наявність рухомих машин і механізмів;
- Збільшення запиленості та загазованості повітря.
- Підвищення рівня шуму на робочому місці;
- висока вологість;
- можливість дотику до струмоведучих частин.

Будівлі та території бази обслуговування можна розділити на декілька категорій залежно від типу середовища, ступеня небезпеки ураження електричним струмом, вибуху та пожежі, а також вогнестійкості конструкцій.

Вентилятор типу Ц4-70 №2 використовується для видалення вологи в області зовнішнього миття та демонтажу, а також для припливно-витяжної вентиляції транспортних засобів. З метою безпеки пральна машина оснащена автоматичним вимикачем ZOUP-25 або Diffele. Для усунення запиленості в ремонтно-діагностичному приміщенні також розроблена вентиляція, вентилятор типу Ц4-70 №4.

Існує ризик ураження електричним струмом у зоні обслуговування та діагностики, оскільки вона має бетонну підлогу. Для усунення цього ризику використовується ламінат.

Для захисту людей від прямого дотику до струмоведучих частин їх ізолюють електроізоляторами та прикріплюють попереджувальні знаки та плакати.

Для захисту від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції обладнання застосовують захисне заземлення і забезпечують працівників ізолюючими засобами захисту.

7.3 Розробка заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

7.3.1 Перелік технічних і організаційних заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Організаційно-технічні заходи, спрямовані на усунення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, спрямовані на:

- Необхідний захист від проникнення обертових частин машини, огорожі.
- Запобігання вибуху при накопиченні небезпечних кількостей парів у

просторах поглинання, пресування та синтезу контактних металокерамічних поверхонь;

- видалення шкідливих газів із приміщення, на яке розрахована система витяжки;

- Захист від дотику до струмоведучих частин електрообладнання; Для цього встановлюється захисна основа і заземлюються металеві частини пристрою.

- Захист території від прямих ударів блискавки. У планах – встановити громовідвод на даху ділянки;

- Забезпечити пожежну безпеку, забезпечити пожежними кранами та показчиками;

- Забезпечення необхідного освітлення робочого місця.

7.3.2: Підбір засобів індивідуального захисту. Розрахунок засобів індивідуального захисту, необхідних для нормальної роботи проєктованих електроустановок, проводиться згідно з вимогами нормативного документа ТП 5-86. Дані розрахунку зведені в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1

Розрахунок необхідної кількості засобів захисту для майстерні (на 1 рік використання)

Назва продукту:	Марка або тип	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Натовп:
Індикатори напруги	УНН-10	ТУ-34-3031-75	2:
Лічильник підтвердження	Ц-91	ТУ-25-04-856-76	3:
Рукавички діелектричні	Департамент оборони	ТУ-38-106330-79	3:
Мобільне обґрунтування	1041-11041	ТУ-16-538232-84	2:
Знак ізольовані	К-1000	ТУ-34-133807-85	3:
Рятувальний круг	VM:	ТУ-39062-84	3:
Плакати та знаки безпеки	-	ГОСТ 124026-86	4:
Інструменти з ізольованими ручками	КСМИ-2	ТУ-34-28-10072-80	3:
маска	ПС-1	ТУ-6-10-2080-86	2:
аптечка	-	ГОСТ 11516-83	2:

7.4 Розрахунок заземлювального пристрою ПС 10/0,4 кВ.

Розраховано пристрій заземлення ПС 10/0,4 кВ.

Попередні дані для розрахунку.

- $\rho_1 := 260 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $\rho_2 = 190 \text{ Ом}$;
- висота верхнього шару ґрунту $h_1 = 2,8 \text{ м}$;
- Довжина вертикальних брусків $l = 7 \text{ м}$;
- Діаметр прутка $d = 0,012 \text{ м}$;
- Глибина установки керна $t = 0,8 \text{ м}$;
- Середньорічна тривалість гроз 60 годин;
- Залізобетонна основа поверхню $\text{ПІС} = 50 \text{ м}^2$;
- Довжина кабельної траси $L_{cl} = 15 \text{ км}$;
- довжина прямої $L_{pl} = 140 \text{ км}$.

Рис. 7.1. Схема мережі 0,38 кВ з повторним заземленням.

рек визначається :

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot l}{\rho_1 \cdot (t + k \cdot l - h_1) + \rho_2 \cdot (h_1 - t)}, \quad (7.1)$$

де $k=1$ при $\rho_1 > \rho_2$;

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{260 \cdot 190 \cdot 1 \cdot 7}{260 \cdot (0,8 + 1 \cdot 7 - 2,3) + 190 \cdot (2,3 - 0,8)} = 206 \text{ ДО М.}$$

Опір фундаменту розраховується за формулою:

$$R_{\text{фс}} = 0,3 \text{ м}^2, \quad (7,2)$$

$$R_{\text{фс}} = 0,3 \times 206 = 61,8 \text{ Ом.}$$

Допустимий опір заземлення лінії.

$$R_{\text{ол}} = 0,1 \text{ г.}, \quad (7,3)$$

$$R_{\text{л}} = 0,1 \times 206 = 20,6 \text{ Ом.}$$

Допустимий опір заземлення ТР

$$R_{\text{трд}} = 0,04 \text{ ркв.}, \quad (7,4)$$

$$R_{\text{адд}} = 0,04 \cdot 206 = 8,24 \text{ Ом.}$$

Розрахунок системи заземлення мережі 0,38 кВ.

Стійкість до природного ґрунту.

$$R_{\text{уп}} = \frac{0,5 \cdot R_{\text{екв}}}{\sqrt{S}}, \quad (7,5)$$

$$\text{де } \rho_{\text{екв}} = \rho_1 \cdot \left(1 - e^{-\alpha \frac{k_1}{\sqrt{S}}}\right) + \rho_2 \cdot \left(1 - e^{-\beta \frac{k_2}{\sqrt{S}}}\right),$$

$\alpha; \beta$ – коефіцієнти, для $\rho_1 > \rho_2$ $\alpha=3,6$; $\beta=0,1$.

вুলція - допустимий опір заземлення;

- повний опір заземлення;

Кількість штук:-

Стійкість до

штучного

заземлення;

R_{пр} - Стійкість до природного ґрунту.

Рис. 7.2 – 0,38 кВ мережвий еквівалент підключення.

$$R_{\text{пр}} = \frac{0,5 \cdot 239,4}{\sqrt{50}} = 17 \text{ Ом};$$

$$\rho_{\text{эф}} = 260 \cdot \left(1 - e^{-3,6 \frac{2,8}{\sqrt{50}}}\right) + 190 \cdot \left(1 - e^{-0,1 \frac{\sqrt{50}}{2,8}}\right) = 239,4 \text{ ДО м.}$$

Розраховано опір повторних заземлень.

$$R_{11} := 20,6 \text{ Ом}; R_{12} = 15,45 \text{ Ом}; R_{13} = 20,6 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{пов}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3} = \frac{20,6 \cdot 15,45 \cdot 20,6}{20,6 \cdot 15,45 + 15,45 \cdot 20,6 + 20,6 \cdot 20,6} = 6,2 \text{ ДО}$$

Визначається еквівалентний опір.

$$R_{\text{екв}} = \frac{R_{\text{пов}} \cdot R_{\text{пр}}}{R_{\text{пов}} + R_{\text{пр}}} = \frac{6,2 \cdot 1,7}{6,2 + 1,7} = 4,54 \text{ ДО}$$

Оскільки $R_{\text{екв}} = 4,54 \text{ Ом} < R_{\text{адд}} = 8,4 \text{ Ом}$, опір штучного заземлювача вважається максимально допустимим: $R_{\text{ст}} = 61,8 \text{ Ом}$. Таким чином, із таким співвідношенням, як $R_{\text{екв}}$ і $R_{\text{адд}}$, штучне заземлення було б неможливим, але правила цього вимагають.

Розрахунок системи заземлення мережі 10 кВ.

Визначається допустимий опір ґрунту

$$R_{\text{д}} = \frac{125}{I_{\text{з.з.}}}, \quad (7,7)$$

де $I_{\text{з.з.}}$ - Несправний струм заземлення.

Рис. 7.3. Підключення до мережі 10 кВ.

$$I_{\text{з.з.}} = \frac{U_{\text{ф}}(L_{\text{пл}} + 25 \cdot k_{\text{пл}})}{350} = \frac{10 \cdot (1,40 + 25 \cdot 15)}{350} = 10 \text{ а}$$

$$R_{\text{д}} = \frac{125}{19} = 6,57 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом.}$$

Опір системи штучного заземлення визначається за формулою:

$$R_{\text{дт(10)}} = \frac{R_{\text{д(10)} \cdot R_n}{R_n - R_{\text{д(10)}}} = \frac{6,6 \cdot 17}{17 - 6,6} = 10,79 \text{ ДО}$$

При порівнянні $R_{\text{рс(10)}}$ і $R_{\text{рс(0,4)}}$ для розрахунку приймається менше значення: $R_{\text{рс(10)}} = 10,79 \text{ Ом}$.

Визначено опір поширенню струму стрижня.

$$R_{\text{ст}} = \frac{K_s \cdot \rho_{\text{екв}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4h+l}{4h-l} \right) \quad (7,8)$$

де K_s – сезонний коефіцієнт, $K_s = 1,5$;

H – відстань від поверхні Землі до центра полюса,

$$H = t + 0,5 \cdot l = 4,3 \text{ метра.}$$

$$R_{\text{ст}} = \frac{172 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,7} \cdot \left(\ln \frac{2,7}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 4,3 + 7}{4 \cdot 4,3 - 7} \right) = 46 \text{ ДО}$$

Кількість вертикальних смуг визначається за формулою:

$$n = \frac{R_{\text{ст}}}{R_{\text{доп}}} = \frac{46}{10,79} = 4,3 \quad (7,9)$$

Підходить для 8 вудилищ.

Малюнок 7.4. Схема контуру заземлення підстанції.

Визначено опір поширенню струму горизонтального шару.

$$R_p = \frac{k_c \cdot \rho_{\text{ст}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2l_g^2}{b \cdot t} \quad (7,10)$$

де b – ширина горизонтальної смуги, $b = 0,4 \text{ м}$;

$\rho_{\text{ст}}$ – еквівалентний опір горизонтального заземлювача (розраховується інтегруванням);

l_g – Довжина горизонтального заземлювача, $l_g = 5 \text{ м}$.

Розрахунок рек здійснюється з використанням даних еквівалентного опору двошарового заземлення $\rho_{гг}/\rho_2$ для розрахунку опору простого горизонтального заземлювача, $\rho_1/\rho_2 = 1$; $h_1 = 3$ м; $l_g = 5$ м; обл./ $\rho_2 = 1,69$.

$$1. \rho_1 / \rho_2 = 2; h_1 = 3 \text{ м}; l_g = 5 \text{ м}; \rho_{гг} / \rho_2 = 1,89;$$

$$2. \rho_1 / \rho_2 = 2; h_1 = 5 \text{ м}; l_g = 5 \text{ м}; \rho_{гг} / \rho_2 = 1,93;$$

$$\frac{\rho_{гг}}{\rho_2} = 1,69 + \frac{1,93 - 1,89}{5 - 3} \cdot (3,5 - 3) = 1,9;$$

$$\frac{\rho_{гг}}{\rho_2} = 1,69 + \frac{1,9 - 1,89}{2 - 1} \cdot (1,6 - 1) = 1,8;$$

$$\rho_{гг} = 190 \cdot 1,8 = 342 \text{ ОМ};$$

$$R_{штг} = \frac{2 \cdot 342}{2 \cdot 3,14 \cdot 36} \cdot \ln \frac{2 \cdot 36^2}{0,04 \cdot 0,8} = 34,19 \text{ Ом};$$

$$q_{штг} = \frac{1}{R_{штг}} = \frac{1}{34,19} = 0,03 \text{ СМ}.$$

Опір штучного заземлювача визначається за формулою:

$$R_{шт} = \frac{1}{\eta \cdot (n_B \cdot q_B + n_{гг} \cdot q_{гг})} \quad (7.11)$$

де η – коефіцієнт використання складного заземлювача у формі прямокутника замкнутий контур, визначений на основі довідкової літератури.

$$1. \rho_1 / \rho_2 = 1; n = 8; u/l_b = 0,4; a/l_b = 1; \eta = 0,442.$$

$$2. \rho_1 / \rho_2 = 3; n = 8; u/l_b = 0,4; a/l_b = 1; \eta = 0,557.$$

$$\eta = 0,442 + \frac{0,557 - 0,442}{3 - 1} \cdot (1,6 - 1) = 0,48.$$

Для визначення η використовують також метод інтегрування.

$$R_{шт} = \frac{1}{0,48 \cdot (6 \cdot 0,02 + 8 \cdot 0,03)} = 6,43 \text{ ДО}$$

Оскільки $R_{шт} = 6,43 \text{ Ом} < R_d = 6,57 \text{ Ом}$, цей розрахунок правильний.

7.5 Захист від перенапруги

Територія зони розподілу, в якій розташована база обслуговування, відноситься до території із середньорічною тривалістю 60...80 гроз на рік, що відповідає $n = 9$ показників на 1 км².

Для захисту від хвиль високої напруги застосовуються такі заходи:

- На стороні вищої напруги (10 кВ) встановлено лічильники типу РС-10 для захисту підстанцій від перенапруг
розрядники РВН-0,5 призначені для захисту підстанцій від перенапруг 0,38 кВ.

Відповідно до РД-34.21.122-87 сервісна база відноситься до III категорії блискавкозахисту в зоні Б.

Щоб захистити базову частину від прямих ударів блискавки, рекомендуємо встановити громовідвод. Очікувана кількість прямих ударів блискавки визначається за формулою:

$$N = [(III + 6 \cdot h_x) \cdot (L + 6 \cdot h_x) - 7,7 \cdot h_x^2] \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (7.12)$$

де B - ширина будівлі, $B = 18$ м;

L - довжина будівлі, $L = 48$ м;

h_x - висота даху будівлі, $h_x = 9,5$ м;

N - Середня кількість збитків від шторму становить $1 \text{ км}^2/\text{рік}$;

$$N = [(18 + 6 \cdot 9,5) \cdot (48 + 6 \cdot 9,5) - 7,7 \cdot 9,5^2] \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,064.$$

Використовується 4 спалахи на відстані 11 м один від одного. Висота найвищої точки даху h_{x1} і висота стіни h_{x2} : $h_{x1} = 9,5$ м; $h_{x2} = 6,5$ м. Вказано значення $h_c = h_{x1} = 9,5$ м і визначено мінімальну висоту блискавковідводу.

$$X_{\text{ммм}} = 0,89 \cdot h_c + 0,124 \cdot L; \quad (7.13)$$

$$X_{\text{ммм}} = 0,89 \cdot 9,5 + 0,124 \cdot 11 = 9,8 \text{ м.}$$

Тоді $N = 1,5$; $h = 14,7$ м, тобто більше висоти даху. Але на рівні даху ми отримуємо:

$$r_{x2} = 14,7 \cdot (1 - 3/6,5) = 7,9 < 9 \text{ м.}$$

Це означає, що частина даху на такій висоті не потрапляє в охоронну зону. Висота громовідводу збільшена до 13 м.

$$r_0 = 1,5 \cdot 13 = 19,5 \text{ метрів;}$$

$$r_{s'x} = 19,5 \cdot (1 - 3/6,5) = 10,5 \text{ м} > 9 \text{ м.}$$

Перевіряється захищений кут даху, відстань якого найближче до краю будівлі на плані блискавковідводу:

$$\sqrt{2^2 + 3,05^2} = 3,65 \text{ М.}$$

Радіус захисту наступний.

$$r'_{x2} = 1,5 \cdot \left(13 - \frac{0,3}{0,92}\right) = 19,01 > 9 \text{ М.}$$

Перевіряється захист верхньої точки даху

$$r_x = 1,5 \cdot \left(13 - \frac{0,5}{0,92}\right) = 18,68 > 9 \text{ М.}$$

Заземлювач блискавковідводу складається із стрижнів діаметром 12 мм.

7.6 Протипожежний захист

Вибухонебезпечні характеристики території бази обслуговування наведені в таблиці. 2.1. Оскільки деякі зони є вибухонебезпечними та пожежонебезпечними, для забезпечення пожежної безпеки вживається ряд заходів, а саме:

- використання спеціального обладнання;
- захист електричних мереж від перевантаження та короткого замикання;
- заземлення корпусів електрообладнання у вибухонебезпечних середовищах;
- Використання систем аварійного відключення акумуляторних систем при вмісті водню в повітрі вище норми,
- Використання систем пожежної сигналізації;
- обладнати базу необхідними технічними засобами пожежогасіння, розрахунок яких наведено в таблиці. 7.2.

У магістерській роботі також передбачена комбінована система промислового та протипожежного водопостачання з єдиним зовнішнім джерелом живлення. На вході встановлені крани з перепускною лінією. У разі пожежі клапан байпасної лінії повинен залишатися відкритим, щоб злити воду.

Розрахункова витрата води на зовнішнє пожежогасіння 15 л/с. Пожежні крани встановлюються за допомогою рукавів у спеціальних шафах на висоті 1,35

м від землі. Встановлено пожежні крани, щоб кожну пожежну точку в будівлі можна було поливати двома спринклерами.

Таблиця 7.2

Розрахунок необхідної Кількості вогнегасників

№ Зарплата	Найменування пожежної техніки та засобів	Установка:	тип:	Натовп:
1:	Пінний хімічний вогнегасник	на кожній панелі та всередині неї	ОХП-10	тридцять
2:	Вуглекислотний вогнегасник	на кожній панелі та всередині неї	ОУ-5	03:00
3:	Писати:	на вогняному екрані	-	10:00 ранку
4:	Відро	на вогняному екрані	-	10:00 ранку
5:00 ранку	Гачок	для майстерні	-	10:00 ранку
6:00 ранку	Кошик	для майстерні	-	10:00 ранку
7:00 ранку	Пісочниця:	для майстерні	-	10:00 ранку

Розрахункова витрата води на гасіння внутрішньої пожежі 5 л/с (2 форсунки по 2,5 л/с). Протипожежний стан контролює директор бази.

Особливість пожежогасіння полягає в тому, що під час гасіння пожежі необхідно евакуувати транспортні засоби, агрегати та вузли. У цьому випадку струмені води будуть спрямовані як на топковий пристрій, так і на пристрій, що знаходиться поруч. Слід остерігатися паливних баків і паливно-мастильних матеріалів в автомобілях.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи проведено аналіз енерготехніки розподільної мережі, розроблено питання електрифікації технологічних процесів бази обслуговування, в тому числі підбір апаратури керування та захисту – електромагнітного пускача Тип ПМЛ, з електротепловим реле типу РТЛ, автоматичним вимикачем ВА 47Г29-34 і комплексними апаратами 8.

Перевірено параметри електроприводних двигунів базового технологічного обладнання та обрано асинхронний електродвигун серії АІР. ○○

Розводка освітлення виконується на кабелі через кабель АВРГ. Цит освітлювальний типу ОЩВ 25-6 з вимикачами ВА 47-29-12. Використовуйте енергоефективне освітлення подовжені світильники зі світлодіодною стрічкою OPAL-SLG13., а для решти кімнат незахищені подовжені світильники OPAL-SL зі стрічковими світлодіодами та світлодіодні лампи типу MEGALAMP.

Удосконалено технологію обслуговування та ремонту трифазних масляних трансформаторних систем і запропоновано модернізацію контакторів КНДА 110/1000 Сенсорний вимикач обмоток трансформатора споживача. Впровадження вищевказаної сервісної технології та модернізація контакторів дозволить продовжити термін служби трансформаторів на 10..15% та підвищити надійність електропостачання в сільській місцевості на 8..10%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергетику». В редакції від 1 липня 2010 року №2388-VI.

2. Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, № 15, ст.126).

3. Закон України №555-IV від 20.02.2003р «Про альтернативні джерела енергії».

4. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТТЕБС). Затверджено Наказ Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 №258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості №91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012).

6. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказ Держнаглядохоронраці від 09.01.98 №4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за № 93/2533/ДНА ОПО.00.-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ШП „Фірма Гранмна”, 2001. – 117 с.

7. Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.96 №28 у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 №910. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2005 р. за №1399/11679.

8. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий /Госагропром СССР - М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 191 с.

9. ДБН А.2.2. – 1 – 2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.

10. ДБН А.2.2. – 3 – 2012 Склад та зміст проектної документації.

11. ДБН В.2.5 – 23 – 2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.

12. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

13. Марченко О.С. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / О.С.Марченко, О.В.Дацишин, Ю.М.Лавриненко, та ін.; За ред. О.С. Марченка. – К.: Урожай, 1995. – 416с.

14. Червінський Л.С. Електричне освітлення та опромінення: Посібник / Л.С.Червінський, Л.О.Сторожук. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. – 214 с.

15. Філіпенко А.С. Основи наукових досліджень. Конспект лекцій: Посібник / А.С.Філіпенко. – К.: Академвидав, 2004. – 208 с.

16. Довідник сільського електрика. В.С Олійник, В.С.Гайдук, В.Ф.Гончар та ін.; За ред. В.С Олійника. 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1989. – 264с.

17. Клюев А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / А.С.Клюев, Б.В.Газзов, М.Б.Миндин, С.А.Клюев; Под ред. А.С.Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.

18. Справочник по проектированию электрических сетей / И.Г.Карпетян, И.М.Шапиро, Д.Л.Файбисович. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2012. – 376 с.

19. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч./ В.В.Козирський., В.В.Каплун, С.М.Волошин –К.: Аграрна освіта, 2011. – 448 с.

20. Овчаров В.В. Аналітичне дослідження залежності температури обмоток силового трансформатора у функції температури масла і кратності сили струму / В.В.Овчаров, Л.М.Безменнікова // Праці ТДАТА. – Випуск 32, Мелітополь: ТДАТА, 2005. – С.39– 43.

21. Безменнікова Л.М. Аналіз пошкоджень силових трансформаторів сільських підстанцій / Л.М.Безменнікова. // Праці ТДАТА. – Випуск 19, – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – С.129 – 133.

22. Аппараты и электрические устройства переменного тока на напряжения свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы

и методы испытания. ГОСТ 8024-90. – [Чинний від 1991-01-01], - М.: Издательство стандартов, 1990. – 18 с. – (Межгосударственный стандарт).

23. Korobskiy, V.V., Mrachkovskiy, A.M. New aspects of creation of environmentally friendly composite materials for contact systems of electric equipment in the agriculture sector: Volume 671, 2018 – Issue 1: 1th International Conference on Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials (ICEPOM-11): Part 2. Molecular Crystals and Liquid Crystals. Published online: 03 Jun 2019. P. 35 – 40. (<http://dx.doi.org/10.1080/15421406.2018.1542083> Scopus).

24. Energy-efficient electrotechnical complex of greenhouses with regard to quality of vegetable production (Conference Paper). Korobiichuk, I. Lysenko, V. Reshetiuk, V. Lendiel, T. Kamiński, M. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85009509079&origin=resultlist&sort=plf-f&src=s&sid=479b59dc3c3235c0f075562c135b6944&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2857192955547%29&relpos=2&citeCnt=11&searchTerm=>.

25. Алексеев Б.А. Система непрерывного контроля состояния крупных силовых трансформаторов / Б.А. Алексеев // Электрические станции. -2000. - №8. -С. 62-71.

26. Баранов М.И. Приближенный расчет электрической эрозии металлических электродов высоковольтных силовых искровых коммутаторов / М.И. Баранов // Тех. электродинам. – 2004. – №5. – С.11 – 14.

27. Бородай И.А. Вопросы динамики контактов устройств РПН с токоограничивающими сопротивлениями / Бородай И.А. // Электротехническая промышленность. -1970. -Вып. 4. – С. 14–17.

28. Брон О.Б. Прогнозирование поведения замкнутых контактов при длительной эксплуатации в различных средах / О.Б.Брон, В.Е.Фридман, М.Е.Евсеев // Электротехника. – 1998. - №2 – С. 5–7.

29. Грабко В.В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина IV. Трансформатори / В.В.Грабко, М.П.Розводюк, С.М.Левицький //Навчальний посібник. – Вінниця, ВНТУ, 2008. – 219 с.

30. Порудоминский В.В. Устройства переключения трансформаторов под нагрузкой / В.В.Порудоминский. – М.: Энергия, 2004. – 288 с.

ДОДАТКИ

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні