

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Проект системи електропостачання вагоноремонтного депо

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТс-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Куманьов Д. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Бабюк С. М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 22 » січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Куманьову Денису Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи електропостачання вагоноремонтного депо

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » січня 2024 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Головна сема електричних з'єднань ТП 110/10 кВ, значення реактивних опорів мережі 110 кВ, паспортні дані на трансформатори та вимикачі, що використовуються на даній підстанції, технічна документація на мікропроцесорний блок захисту, графіки навантаження підстанції

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

План розміщення обладнання та силової мережі. План освітлювальної мережі. Однолінійна схема електропостачання цеху. Розрахунок струмів короткого замикання. Релейний захист, автоматика та сигналізація. Типова структура АСКОВЕ промислового підприємства. Захист асинхронних електродвигунів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 23 січня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2024	
2	Аналітичний розділ	28.02.2024	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2024	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2024	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2024	
6	Висновки	10.06.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2024	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2024	

Студент

_____ (підпис)

Куманьов Д. О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабюк С. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Куманьов Денис Олександрович. Проект системи електропостачання вагоноремонтного депо.

Стор. – 62; рис. - 3; табл. - 3; джерел - 17; додатків - - .

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проекту системи електропостачання вагоноремонтного депо

Виконано проектування системи електропостачання ремонтного цеху по ремонту пасажирських вагонів. Проведено розрахунок електричних навантажень цеху, виконано вибір та розрахунок розподільчої мережі цеху та комутаційного обладнання, числа і потужності трансформаторів цехової трансформаторної підстанції, конденсаторних батарей.

Також запропонована автоматична схема захисту електричних двигунів від перевантаження і перегріву, що дозволить здійснювати контроль по напрузі до 10 кВ.

Електрообладнання встановлене у цеху відповідає дійсним режимам роботи, однак за технічними даними обладнання вибране із значним запасом по потужності.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СТРУМ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, ПОТУЖНІСТЬ, НАПРУГА, ТРАНСФОРМАТОР, ЦЕНТР ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ВИМИКАЧ, КАБЕЛЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Сучасні технології енергозабезпечення промислових підприємств	8
1.2 Загальна інформація про вагоноремонтне депо	9
1.3 Аналіз стану виробництва у ремонтному цеху пасажирських вагонів	10
1.4 Обґрунтування актуальності даного напрямку розробки	12
1.5 Висновки до розділу 1	13
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Графіки електричних навантажень	15
2.2 Конструктивні виконання електричних мереж	16
2.3 Навантаження цеху для ремонту пасажирських вагонів	20
2.4 Визначення розрахункових навантажень цеху. Визначення розрахункових навантажень діляниць	22
2.5 Розрахунок освітлювального навантаження	27
2.6 Розрахунок потужності розподільчих пунктів	31
2.7 Розрахунок центру електричних навантажень	32
2.8 Вибір і розрахунок розподільчої мережі підприємства та вибір для цієї мережі комутаційного обладнання	34
2.8.1 Вибір перерізу жил кабелів та проводів .	34
2.8.2 Вибір захистів електричної мережі.	36
2.8.3 Вибір автоматичних вимикачів для розподільних пристроїв	37
2.8.4 Кабельна лінія і її захист	38
2.9 Висновки до розділу 2	39

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	40
3.1 Вибір трансформатора	40
3.1.1 Потужність і тип трансформатора	40
3.1.2 Схема, технічні характеристики і умови експлуатації трансформатора	41
3.1.3 Захист трансформаторів	42
3.2 Розрахунок компенсації реактивної потужності	43
3.3 Розрахунок струмів к.з. в мережі до 1 кВ	45
3.4 Розрахунок струмів при однофазних замиканнях на землю	49
3.5 Висновки до розділу 3	52
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Засоби та заходи по електробезпеці на підприємстві	54
4.2 Заходи з пожежної безпеки	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61

ВСТУП

У сучасному світі, де технології та транспорт є важливою складовою економічного розвитку, забезпечення надійного та ефективного електропостачання виробничих об'єктів стає однією з ключових задач. Зокрема, вагоноремонтні депо, які відіграють важливу роль у транспортній інфраструктурі, потребують сучасних та надійних систем електропостачання для забезпечення безперебійної роботи та збереження якості виконуваних ремонтних робіт.

Високий рівень технічної складності і специфіка виробничого процесу вагоноремонтного депо вимагають особливої уваги до питань забезпечення необхідного рівня електропостачання. Сучасні технології у сфері електричної інженерії та автоматизації дозволяють розробляти та впроваджувати інтелектуальні системи, спрямовані на оптимізацію використання енергії, підвищення надійності та забезпечення ефективності електропостачання.

Складність питань проектування систем електропостачання промислових підприємств полягає в оптимальному, раціональному та ефективному вирішенні цієї проблеми. Важливо враховувати різноманітні аспекти, такі як надійність, безпека, вартість, енергоефективність та відповідність стандартам.

Для вирішення цих завдань необхідно враховувати такі фактори:

1. Потужність: Розрахунок потужності системи електропостачання враховує вимоги виробничих процесів, обладнання та інші фактори.
2. Резервування: Важливо забезпечити резервні джерела живлення для уникнення відключень через аварії або планові роботи.
3. Заземлення: Правильне заземлення системи є ключовим для безпеки персоналу та обладнання.
4. Автоматизація: Використання автоматичних систем керування може спростити управління електропостачанням.

Загалом, розробка систем електропостачання вимагає комплексного підходу та врахування багатьох факторів для забезпечення надійності та

ефективності.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка проекту системи електропостачання для вагоноремонтного депо, спрямованої на вдосконалення існуючих енергетичних процесів та забезпечення стабільної роботи всіх систем, що входять до складу депо. Актуальність даного дослідження полягає в необхідності підвищення рівня автоматизації, зменшення споживання енергії та забезпечення екологічно чистого виробництва у сфері ремонту та обслуговування залізничного рухомого складу.

Для досягнення поставленої мети, робота буде зосереджена на вивченні сучасних технологій енергозабезпечення, аналізі вимог вагоноремонтного депо до електропостачання та розробці оптимального проекту системи, що враховує специфіку виробничих процесів та енергетичні вимоги депо.

Ця кваліфікаційна робота має на меті сприяти підвищенню рівня технічної та енергетичної ефективності вагоноремонтного депо, а також внести свій внесок у розвиток сучасних технологій енергозабезпечення в транспортній галузі.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Сучасні технології енергозабезпечення промислових підприємств

Сучасні технології енергозабезпечення промислових підприємств є ключовим елементом стратегічного розвитку та оптимізації виробничих процесів. З урахуванням глобальних тенденцій до сталого розвитку та необхідності зменшення впливу виробництва на навколишнє середовище, сучасні технології спрямовані на підвищення енергоефективності, використання відновлюваних джерел енергії та автоматизацію систем енергозабезпечення.

Однією з важливих сучасних технологій є використання систем сховища та управління енергією. Це дозволяє ефективно вирівнювати піки споживання, зберігати електроенергію в періоди низького споживання, а також максимально використовувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітрова енергія.

Інтелектуальні системи керування та моніторингу грають важливу роль у підтримці оптимального функціонування енергетичних мереж промислових підприємств. Автоматизація процесів управління споживанням енергії дозволяє точно прогнозувати та регулювати потребу в електроенергії, зменшуючи витрати та вплив на довкілля.

Застосування енергоефективних технологій у виробничих процесах, таких як когенерація, використання високоефективних обладнань та технологій зменшення енерговитрат, є також важливим етапом у створенні стійких та конкурентоспроможних виробничих систем.

Особливу увагу приділяється інтеграції відновлюваних джерел енергії. З впровадженням сонячних панелей, вітрових турбін та інших альтернативних джерел енергії промислові підприємства можуть знижувати залежність від традиційних джерел та сприяти зменшенню викидів в атмосферу.

У контексті сучасних технологій енергозабезпечення важливим стає також аспект кібербезпеки. Забезпечення захисту систем енергозабезпечення від кібератак та недобросовісного втручання важливо для забезпечення безперебійності виробничих процесів та недопущення можливих ризиків для енергетичної інфраструктури підприємства.

Таким чином, сучасні технології енергозабезпечення промислових підприємств орієнтовані на створення стійких, енергоефективних та екологічно чистих систем, що сприяють не лише зниженню витрат, а й створенню сприятливого екологічного відбитку виробництва.

1.2 Загальна інформація про вагоноремонтне депо

Вагоноремонтне депо призначене для здійснення планових деповських ремонтів парку пасажирських вагонів, а також комплектування та ремонту вагонних деталей та вузлів.

Пасажирське вагонне депо розміщене на пасажирській технічній станції поряд із ремонтно-екіпірувальним пунктом, який забезпечує кращі та безпечніші умови для підготовки та ремонту пасажирських вагонів.

Відповідно за характером виконуваних робіт та призначенням, депо спеціалізується на виконанні ремонтів суцільнометалевих вагонів.

Така спеціалізація депо дозволяє:

- підвищити відповідальність за якість проведених ремонтів та виконаних робіт;
- спростити облік та планування виробництва;
- впровадити механізовані та автоматичні потоково-конвеєрні лінії на ремонт окремих деталей та складання вузлів;
- скоротити номенклатуру деталей та вузлів, які підлягають ремонту;
- скоротити деякі відділення та дільниці;
- створити потрібний технологічний запас матеріалів та деталей вагонів при зменшенні їх номенклатури;

- зменшити час простою у ремонті, а також підвищити продуктивність праці;
- зменшити собівартість та трудомісткість ремонту;
- підвищити кваліфікацію робітників, які керують роботою конвеєрних та автоматичних ліній.

Цех одержує електропостачання від власної станційної трансформаторної підстанції, що розташована на відстані 1,3 км від головної понижувальної підстанції (ГПП) залізничного вокзалу. ГПП підключена до енергомережі, яка розташована на відстані 15 км.

Споживачі електроенергії даного вагоноремонтного депо відносяться до II і III категорій по надійності електропостачання.

Технологічне обладнання ремонтного цеху (депо), яке розглядається у дипломному проекті, розташоване на площі 1600 м².

1.3 Аналіз стану виробництва у ремонтному цеху пасажирських вагонів

Профіль діяльності вагоноремонтного депо:

- технічне обслуговування та ремонт вантажних вагонів безпосередньо на місці;
- перевезення вантажів у внутрішньому, міждержавному та міжнародному сполученнях;
- виготовлення необхідних деталей для ремонту вагонів для підрозділу;
- технічне обслуговування та ремонт вантажних вагонів, відчеплюючи їх;
- огляд вагонів;
- фарбування вагонів;
- реконструкція вагонів.

Вищим органом управління ремонтного депо є начальник залізничної дороги. Керування поточною діяльністю депо здійснюється начальником

вагонного депо станції, він вирішує всі питання діяльності цеху, йому підпорядковуються всі працівники та робітники вагонного депо. Недоліки в цеху – це те, що у ньому немає спеціального відділу який би перевіряв продуктивність працівників та якість їх праці. Переваги в тому, що структура дуже грамотно побудована.

В ремонтному цеху надаються послуги ремонту вагонів, а саме таких типів пасажирських вагонів як:

- 1 – купейний;
- 2 – плацкартний;
- 3 – міжобласний⁴
- 4 – ресторан;
- 5 – службовий;
- 6 – приватний.

Пасажирські вагони, що поступають у вагоноремонтне депо, мають бути цілком технічно справними для того, щоб при найменшій потребі могли бути підготовлені і відправлені в рейс в мінімально стислий термін.

Усі вагони, які поступають до вагоноремонтного депо, повинні підлягати ретельній перевірці технічного стану всього внутрішнього та зовнішнього обладнання, вузлів та частин, а також зовнішньому і внутрішньому очищенню та мийці. Усі несправності, які виявляються, повинні бути усунутими. Необхідно злити воду із систем опалення та водопостачання Дефлектори витяжної вентиляції повинні бути щільно закритими. Електричне обладнання вагонів обов'язково вимикається.

Технічне обладнання вагоноремонтного депо повинно забезпечувати:

- виконання поточних ремонтів відчіпних вагонів;
- контроль технічного стану і безвідчіпний ремонт вагонів;
- проведення усіх необхідних робіт, які виконуються перед постановкою вагонів на тривалий простій;
- миття та санітарна обробка вагонів;

- утримання всіх пасажирських вагонів в збереженні, та постійній технічній справності і;
- своєчасну підготовку і подачу вагонів, які повністю екіпіровані на посадку пасажирів у відправку в рейс з потягом.

Кількість колій вагоноремонтного депо визначається в залежності від його категорії. На кожній колії простою встановлюється по два склади потягів.

Окрім колій, для простою пасажирських вагонів у вагоноремонтному депо передбачаються колії для екіпірування, та колія для газової дезінфекції. Задля під'їзду вантажних автомобілів якомога ближче до вагонів на міжколіях монтується транспортний шлях з твердим покриттям.

1.4 Обґрунтування актуальності даного напрямку розробки

Основною метою, що переслідувалась при розробці даного проекту було створення і забезпечення економічних та надійних умов електропостачання ремонтного цеху пасажирських вагонів для проведення необхідного технологічного процесу.

Актуальним на сьогодні є питання енергозбереження. В Україні Енергозбереження визнано пріоритетним напрямком державної політики і розглядається, як довгострокова та чітко спланована програма дій.

На сьогоднішній час сучасне ремонтування досягло неабияких широт. В результаті цього створюються все нове і нове обладнання, прилади та верстати для забезпечення науково-технічних потреб людства. В загальному технічний прогрес вимагає надійного та якісного обладнання, яке здатне забезпечити надійність та безпеку роботи людини на даному підприємстві в цілому.

На сучасному етапі розвитку науки і техніки великих досягнень здобула галузь машино- та верстатобудування та розробка електрообладнання: трансформаторів, компенсуючи пристроїв реактивної потужності, комутаційного обладнання, розрядників, що привело до збільшення випуску

деталей та інших технічних одиниць різного роду. А це в свою чергу привело до швидкого зростання матеріально-технічного рівня життя людей.

Метою даної розробки є модернізація електропостачання у ремонтному цеху вагоноремонтного депо. На даному етапі розвитку перед керівниками ремонтного цеху постала велика проблема – застаріле електрообладнання. При купівлі нових машин великих потужностей почала псуватися ізоляція в кабелях. Звісно ж потрібно і компенсуючий пристрій який би компенсував реактивну потужність (до цього часу реактивна потужність не компенсувалася). Потрібно встановити кабелі, які живлять розподільчі пристрої і електроустановки, а також автомати які знаходяться безпосередньо в розподільчих мережах.

Особливо актуальною є модернізація електропостачання саме на початку літнього періоду, оскільки за річними спостереженнями найбільш високий попит спостерігається саме у літній період. Тобто, ремонтному цеху пасажирських вагонів потрібно працювати на всі 100%, щоб задовольнити попит оцінювачів ремонтних робіт.

1.5 Висновки до розділу 1

У даному розділі були розглянуто сучасні технології енергозабезпечення промислових підприємств. Впровадження сучасних технологій енергозабезпечення допомагає підприємствам знижувати витрати, підвищувати продуктивність та забезпечувати стійкий розвиток, орієнтовані на створення стійких, енергоефективних та екологічно чистих систем, що сприяють не лише зниженню витрат, а й створенню сприятливого екологічного відбитку виробництва.

Дано загальну інформацію про вагоноремонтне депо. Вагоноремонтне депо призначене для здійснення планових деповських ремонтів парку пасажирських вагонів, а також комплектування та ремонту вагонних деталей та вузлів.

Основною метою даної кваліфікаційної роботи було створення і забезпечення економічних та надійних умов електропостачання ремонтного цеху пасажирських вагонів для проведення необхідного технологічного процесу.

Актуальність даної теми полягає у необхідності підвищення якості ремонту пасажирських вагонів і, як наслідок, необхідності модернізації і реконструкції системи електропостачання, а також у потребі відповідності розроблюваної системи вдосконаленому технологічному процесу, що планується впровадити у новому цеху.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Графіки електричних навантажень

Графіки електричних навантажень необхідні для вибору силових трансформаторів, пристроїв релейного захисту та автоматики, електричних апаратів і струмопроводів, компенсувальних пристроїв, також для розрахунку втрат електричної енергії.

Маючи кількість споживачів, їх максимальну потужність та номер типового графіку навантаження, який задаємо у відносних одиницях.

У кваліфікаційній роботі потрібно побудувати добовий графік електричного навантаження трансформаторної підстанції за активною (P), реактивною (Q), та повною (S) потужностях, а також річний графік електричного навантаження ТП за тривалістю активної потужності.

За відомими значеннями кількості n і потужності P споживачів на заданому класі напруги визначимо значення сумарного максимального навантаження:

$$P_{MAX1} = \sum_{i=1}^n n \cdot P_i = 9 \cdot 108,1 = 0,973 \text{ МВт};$$

$$P_{MAX2} = \sum_{i=1}^n n \cdot P_i = 15 \cdot 200,4 = 3 \text{ МВт};$$

$$P_{MAX3} = \sum_{i=1}^n n \cdot P_i = 33 \cdot 247,18 = 8,15 \text{ МВт};$$

$$P_{MAX4} = \sum_{i=1}^n n \cdot P_i = 1 \cdot 30 = 0,03 \text{ МВт};$$

$$P_{MAX5} = 0,01 \text{ МВт};$$

$$P_{\max osv.} = \frac{K_o \cdot P_{osv.} \cdot N}{1000}.$$

Значення P_{\max} приймамо за 100% типового графіку електричного навантаження і у відповідності до цього визначимо дійсне значення потужності

кожної сходинки графіку.

Для побудови добового графіку за реактивною потужністю визначимо значення максимальної реактивної потужності Q_{max} :

$$Q_{MAX} = P_{MAX} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{MAX} = 22,4 \cdot 0,3 = 6,72 \text{ МВАр}$$

Згідно отриманого значення Q_{max} пропорційно до сходинок типового графіка визначимо значення реактивної потужності Q на всіх інших інтервалах часу. Виконаємо побудову добового графіку повної потужності S :

$$S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2}$$

Побудова річного графіку електричних навантажень за тривалістю проводиться на основі добових графіків літньої та зимової доби. У кваліфікаційній роботі потрібно побудувати річний графік електричних навантаження за тривалістю за активною потужністю P . З метою спрощення будемо вважати, що літній та зимовий добові графіки електричного навантаження співпадають.

2.2 Конструктивні виконання електричних мереж

У залежності від прийнятої схеми електропостачання й умов навколишнього середовища цехові електричні мережі виконуються шинопроводами, кабельними, лініями і проводами.

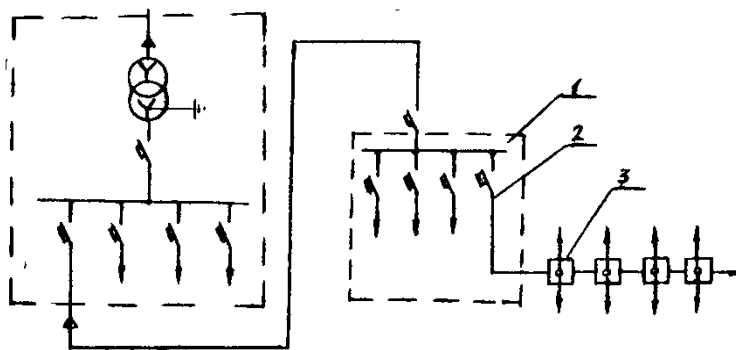
Як головні магістралі використаємо комплектний магістральний шинопровід типу ШМА-68-4000 на струм до 4000 А . Шинопровід ШМА – 68 – 4000 виконаний закритим – з шинами, вмонтованими в металевий короб, і мають малу кількість відгалужень.

Розподільча магістраль виконується комплектним шинопровідом серії ШРА – 73 – 630 , на струм до 630 А .

Для освітлювальних мереж використовуємо освітлювальні шинопроводи серії, ШОС-73-63, до 63 А.

Стійки, підвіски і кронштейни, призначені для кріплення розподільчих

шинопроводів, спуски для живлення електроприймачів і самі шинопроводи, підвішені на висоті 2,5 м від рівня підлоги, іноді є причиною аварій у результаті пошкодження їх кранами, крім того, не задовольняють вимогам виробничої естетики. Тому поряд із шинопроводами стали використовувувати магістралі з утопленими в підлогу розподільними коробками або з надпідлоговими розподільними коробками, розташованими на деякій відстані один від одного і призначеними для живлення електроприймачів. Утоплені в підлогу розподільчі коробки або надпідлогові розподільчі колони служать для виконання відпайок від живильної лінії до електроприймачів і називаються модульними, а живильні лінії, що з'єднують групу модульних коробок (колонок) із силовими розподільчими пунктами – модульними магістралями. На рис.2.1 показана схема живлення електроприймачів ремонтного цеху модульною магістраллю.



1 – силовий пункт; 2 – модульна магістраль; 3 – відгалужена коробка

Рисунок 2.1 – Схем а модульної електромережі ремонтного цеху пасажирських вагонів.

Модульна мережа застосована у ремонтному цеху пасажирських вагонів бо вона рекомендована для приміщень з нормальним навколишнім середовищем і частою заміною технологічного обладнання. Ці мережі більше всього виправдовують себе на металообробних ділянках з великою щільністю обладнання

Модульну магістраль необхідно розташувати вздовж прольотів корпуса ремонтного цеху. Відстань між модульними коробками (колонками) рекомендується приймати рівною 2...3 м.

Модульні магістралі виконуються чотирипроводними кабелями із алюмінієвих проводів марки АПВ перетином до 35 мм^2 , що прокладаються в сталевих трубах діаметром 40 мм. Для резервування модульних магістралей прокладається резервна труба такого ж діаметру.

Основним елементом модульного розведення є модульна коробка, що проста у виготовленні й експлуатації. В даний час доцільно використовувати модульні коробки типу КМ-4 і розподільчі колонки на струми до 100 А. Для відгалужень від модульних коробок (колонок) використовуються одножильні алюмінієві проводи перетином $4(1 \times 4) \dots 3(1 \times 10) + (1 \times 6) \text{ мм}^2$, що прокладаються в сталевій трубі діаметром 25 мм.

Прокладка кабелів здійснюється на стінах, колонах, у трубах, каналах, блоках. Цехові мережі виконуються також проводами, прокладеними відкрито, у сталевих і пластмасових трубах..

План ремонтного цеху пасажирських вагонів із вказівкою розташування технологічного обладнання і електроприймачів дозволяє наочно уявити собі конструктивне виконання цехової електричної мережі. Знання необхідних відомостей про конструкцію будови ремонтного цеху (розміщення колон, стін і перегородок), розміщення технологічного обладнання, характеристики приміщень (нормальні, вологі, пожежонебезпечні та ін.) дозволяє технічно грамотно розставити електрообладнання, вибрати спосіб прокладки .

Електричне обладнання, розподільчі пункти, шинопроводи, тролейні лінії і цехові мережі зображуються на планах відповідно до ДЕСТ 2.754-74. При цьому допускається проводити лінії освітлювальної мережі (а іноді і силової) через контури технологічного обладнання. Розподільчу силову мережу, яка прокладається в трубах, виконують найкоротшим шляхом. У нанесених на план електроприймачів у чисельнику вказують його номер, а в знаменнику – значення номінальної потужності. Над лінією силової мережі, яка йде до електроприймачів, позначається марка провода, кабелю, і спосіб прокладання. Відповідно до ДСТУ 2.754-74 прокладку в металевих трубах позначають буквою Т, у пластмасових – П, у металорукавах – М. Виконання плану силової

мережі показаний у графічній частині дипломного проекту.

На плані електричного освітлення нормовану освітленість вказують підкрепленим числом, потужність ламп світильника записується в чисельнику, а висота підвісу світильника над підлогою – в знаменнику та вказується тип світильника: СД-2-ДРЛ-250. Надписи на лініях живлячої мережі наносяться наступним чином:

$$\frac{a - б - в - г}{д - е - ж - и}$$

де a – розрахункове навантаження, кВт;

$б$ – розрахунковий струм, А;

$в$ – довжина ділянки, м;

$г$ – момент;

$д$ – втрата напруги, В;

$е$ – марка провода;

$ж$ – переріз провода, мм²;

$и$ – спосіб прокладки.

Живлячі і групові мережі наносяться більш товстими лініями, притому число проводів в групових лініях (більше двох) позначаються числом засічок, які наносяться під кутом 45° до лінії. Мережі аварійного освітлення наносяться на плані штриховою лінією.

Деякі надписи у групових ліній даються на кресленні в умовних позначеннях, наприклад, 1, 3, 5, 7 – АПРТО-4(1×4)-Т20, що означає: 1,3,5,7 – номери груп з загальним нулем; АПРТО – марка провода; 4(1×4) – кількість і переріз; Т-20 – спосіб прокладки сталевна труба з умовним проходом 20мм). Якщо на план силової і освітлювальної мережі нанести позначення і надписи, не передбачені ДСТУ, то на вільному полі креслення дається відповідна розшифровка цих позначень.

План розміщення обладнання з нанесенням силової мережі та план освітлювальної мережі ремонтного цеху пасажирських вагонів зображені у графічній частині пояснювальної записки.

2.3 Навантаження цеху для ремонту пасажирських вагонів

Відомості про електричні навантаження ремонтного цеху пасажирських вагонів знаходяться у табл. 2.1 .

Таблиця 2.1 – Дані електричних навантажень ремонтного цеху

№ з/п	Назва обладнання	Кількість. одиниць	Потужність. кВт
1	2	3	4
Інструментальна ділянка			
	Координатне відділення		
1	Верстат оброблювальний VE4	1	20
2	Верстат оброблювальний VE7/50HE	1	31
3	Верстат координатно-розточувальний A450	1	7.5
4	Верстат координатно-розточувальний MP3K	1	4
5	Верстат заточувальний настільний	1	1.6
6	Кран опорний електричний $Q = 1.0$ Тс	1	3.2
Відділення електроерозійної обробки			
7	Верстат електроерозійний	1	15
8	Дистилятор	1	4.8
9	Верстат електроерозійний	1	21
Механічна ділянка			
10	Пи́ла ножовочна 8Б72К	1	1.7
11	Верстат поперечно-стругальний 7Д36	1	9
12	Верстат довбальний 7417	1	4
13	Правильно-відрізаний автомат	1	2.8
14	Прес ексцентриковий кривошипний	1	3
15	Верстат поздовжньо-стругальний 7Ф210	1	84
16	Барабан галтувальний	1	1.8
17	Верстат горизонтально-фрезерний 6Р82Ш	1	12
18	Верстат універсально-фрезерний F400	1	15
19	Верстат універсально-фрезерний F315E	1	14
20	Верстат токарно-гвинторізний 16Б16КП	1	13.4
21	Верстат токарно-гвинторізний 1К62	1	12.6
22	Стенд випробування абразивного інструменту	1	20
23	Верстат плоскошліфувальний 3Д725	1	4.1
24	Верстат згинальний	1	3
Ремонтна ділянка			
25	Верстат плоскошліфувальний ПШ-1	1	30
26	Верстат вертикально-фрезерний F400	1	15
27	Верстат поперечно-стругальний 7М36	1	7.5

продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
28	Верстат зубофрезерний 5К32А	1	13.5
29	Верстат зубодовбальний 5М150П	1	26
30	Верстат токарно-гвинторізний 16К20П	1	25.7
31	Ножиці	1	3
32	Верстат відрізний	1	2.82
33	Верстат вертикально-свердлильний 2М125	1	2.32
34	Машина згинальна	1	3.5
35	Прес гідравлічний	1	4
36	Верстат радіально-свердлильний 2Л53У	1	3
37	Верстат радіально-свердлильний 2М55	1	8
38	Верстат фрезерно-відрізний 8Б66	1	7
39	Верстат круглошліфувальний А11/0-350	1	6
40	Верстат плоскошліфувальний 3Л722Д	1	30
41	Верстат внутрішньо шліфувальний 3А227П	1	7
42	Верстат шліфувальний 3М182	1	11
43	Верстат шліфувальний 3Е180	1	5
Слюсарне відділення			
44	Верстат заточувальний	1	1.6
45	Верстат вертикально-свердлильний	1	2.32
46	Верстат універсально-фрезерний	1	3.12
47	Прес гідравлічний	1	2
48	Верстат настільно-свердлильний	1	2.8
49	Кран опорний електричний $Q = 1$ Тс	1	3.2
Заточувальне відділення			
50	Напівавтомат для заточування дискових пил	1	2
51	Верстат універсальний заточувальний	1	1.6
52	Верстат заточувальний	1	2
53	Верстат точно-шліфувальний 3К634	1	3
54	Верстат заточувальний	1	1.6
Шліфувальне відділення			
55	Верстат плоско-шліфувальний 3Г71	1	7
56	Верстат заточувальний	1	1.6
57	Верстат оптико-шліфувальний 395М	1	3
Зварювальна ділянка			
58	Випрямляч зварювальний	30	1
Вентустановки			
П1.П2	Припливна венткамера	2+2	2
В1.В2	Витяжна вентустановка	2+2	2
В3	Витяжна установка	2.2	1

2.4 Визначення розрахункових навантажень цеху. Визначення розрахункових навантажень діляниць

Розрахункові навантаження струмоприймачів цеху визначимо методом впорядкованих діаграм.

Значення середнього навантаження найбільш завантаженої зміни силових струмоприймачів однакового режиму роботи:

$$P_{см} = k_B \cdot P_H, \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

$$Q_{зм} = P_{зм} \cdot tg\varphi, \text{ кВАр}, \quad (2.2)$$

де P_H – сумарна номінальна активна потужність електроприймачів ділянки, кВт;

$P_{см}$ – потужність групи електроприймачів найбільш завантаженої зміни;

$Q_{зм}$ – реактивна потужність групи електроприймачів ділянки, кВАр;

k_B – коефіцієнт використання.

$$P_{см1} = 0,19 \cdot 108,1 = 20,53 \text{ кВт (інструментальна ділянка);}$$

$$P_{см2} = 0,18 \cdot 200,4 = 36,07 \text{ кВт (механічна ділянка);}$$

$$P_{см3} = 0,17 \cdot 247,18 = 42,02 \text{ кВт (ремонтна ділянка);}$$

$$P_{см4} = 0,35 \cdot 30 = 6 \text{ кВт (зварювальна ділянка);}$$

$$P_{см5} = 0,65 \cdot 10,2 = 6,63 \text{ кВт (вентустановки).}$$

$$Q_{зм1} = 20,53 \cdot 1,08 = 22,17 \text{ кВАр ;}$$

$$Q_{зм2} = 36,07 \cdot 1,33 = 47,97 \text{ кВАр;}$$

$$Q_{зм3} = 42,02 \cdot 1,17 = 49,16 \text{ кВАр;}$$

$$Q_{зм4} = 6 \cdot 1,51 = 9,06 \text{ кВАр;}$$

$$Q_{зм5} = 6,63 \cdot 0,75 = 4,97 \text{ кВАр.}$$

Значення коефіцієнта максимуму активної потужності визначимо згідно довідникових таблиць [5]:

$$K_M = f(K_e, n_e);$$

$$K_{M1} = 2,1;$$

$$K_{M2} = 2,42;$$

$$K_{M3} = 1,61;$$

$$K_{M4} = 2,45;$$

$$K_{M5} = 1,41.$$

Значення активної розрахункової потужності:

$$P_p = K_M \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \quad (2.3)$$

$$P_{p1} = 2,1 \cdot 0,19 \cdot 108,1 = 43,13 \text{ кВт};$$

$$P_{p2} = 2,42 \cdot 0,18 \cdot 200,4 = 87,29 \text{ кВт};$$

$$P_{p3} = 1,61 \cdot 0,17 \cdot 247,18 = 67,65 \text{ кВт};$$

$$P_{p4} = 2,45 \cdot 0,35 \cdot 30 = 25,72 \text{ кВт};$$

$$P_{p5} = 1,41 \cdot 0,65 \cdot 10,2 = 9,34 \text{ кВт}.$$

Значення реактивного розрахункового навантаження, $\kappa\text{ВАр}$:

$$Q_p = K_M \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \cdot \text{tg} \varphi_{Ci} \quad (2.4)$$

$$Q_1 = 2,1 \cdot 0,19 \cdot 108,1 \cdot 1,08 = 46,58 \text{ кВАр};$$

$$Q_2 = 2,42 \cdot 0,18 \cdot 200,4 \cdot 1,33 = 116,1 \text{ кВАр};$$

$$Q_3 = 1,61 \cdot 0,17 \cdot 247,18 \cdot 1,17 = 79,15 \text{ кВАр};$$

$$Q_4 = 2,45 \cdot 0,35 \cdot 30 \cdot 1,51 = 38,53 \text{ кВАр};$$

$$Q_5 = 1,41 \cdot 0,65 \cdot 10,2 \cdot 0,75 = 7 \text{ кВАр}.$$

Визначимо повну розрахункову потужність, $\kappa\text{ВА}$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.5)$$

$$S_{p1} = \sqrt{43,13^2 + 46,58^2} = 63,48 \text{ кВА};$$

$$S_{p2} = \sqrt{87,29^2 + 116,1^2} = 145,25 \text{ кВА};$$

$$S_{p3} = \sqrt{67,65^2 + 79,15^2} = 104,12 \text{ кВА};$$

$$S_{p4} = \sqrt{25,72^2 + 38,53^2} = 46,32 \text{ кВА};$$

$$S_{p5} = \sqrt{9,34^2 + 7^2} = 94,23 \text{ кВА}.$$

Значення розрахункових коефіцієнтів силових електричних навантажень для промислового виробництва наведених в табл. 2.2. Згідно табл. 2.2 шукаємо коефіцієнти використання K_g для кожної групи струмоприймачів.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти використання електроспоживачів

Споживачі	K_e	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
Інструментальна ділянка	0,19	0,68	1,08
Механічна ділянка	0,18	0,6	1,33
Ремонтна ділянка	0,17	0,72	1,17
Зварювальна ділянка	0,35	0,55	1,51
Вентиляційні установки	0,65	0,8	0,75

Визначимо ефективне число та значення коефіцієнта максимуму для кожної групи електроспоживачів окремої ділянки цеху:

Якщо $m \leq 3$ то ефективне число електроприймачів приймаємо кількості електроприймачів.

$$N_e = \frac{2P_{ном}}{P_{max}}, \quad (2.6)$$

де $P_{ном}$ – значення сумарної номінальної потужності групи споживачів ділянки цеху;

P_{max} – значення найбільшої потужності струмоприймача групи.

$$N_{e1} = 2 \cdot 108,1/31 = 6,97;$$

$$N_{e2} = 2 \cdot 200,4/84 = 4,77;$$

$$N_{e3} = 2 \cdot 247,18/30 = 16,47;$$

$$N_{e4} = 2 \cdot 30/30 = 2;$$

$$N_{e5} = 5;$$

$$N_e = N_{e1} + N_{e2} + N_{e3} + N_{e4} + N_{e5};$$

$$N_e = 6,97 + 4,77 + 16,47 + 2 + 5 = 35,21.$$

Запишемо значення максимального і мінімального значення потужності струмоприймачів даної групи кожної ділянки ремонтного цеху:

$$m = \frac{P_{max}}{P_{min}};$$

$$m_1 = 31/1,6 = 19,37;$$

$$m_2 = 84/1,7 = 49,41;$$

$$m_3 = 30/1,6 = 18,75;$$

$$m_4 = 30;$$

$$m_5 = 4/2,2 = 1,81.$$

Знайдемо коефіцієнт максимуму активної потужності K_{\max} . $K_g = 0,83$,
при $K_g \geq 0,6$ $K_{\max} = 1$.

$$K_{\max 1} = 1;$$

$$K_{\max 2} = 1;$$

$$K_{\max 3} = 1;$$

$$K_{\max 4} = 1;$$

$$K_{\max 5} = 0,83/0,65 = 1,27.$$

Для ділянок ремонтного цеху пасажирських вагонів будемо мати:

$$P_{\text{сум}1} = N_1 \cdot P_1$$

$$P_{\text{сум}} = N_1 \cdot P_1 + N_2 \cdot P_2 + N_3 \cdot P_3 + N_4 \cdot P_4 + N_5 \cdot P_5$$

$$P_{\text{сум}1} = 6,97 \cdot 108,1 = 753,4 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сум}2} = 4,77 \cdot 200,4 = 955,9 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сум}3} = 16,47 \cdot 247,18 = 4071 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сум}4} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сум}5} = 5 \cdot 10,2 = 51 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сум}} = 753,4 + 955,9 + 4071 + 60 + 51 = 5891 \text{ кВт}.$$

Згідно методу впорядкованих діаграм знайдемо значення розрахунковою навантаження для ремонтного цеху.

Знайдемо значення максимальної середньої потужності окремих груп споживачів інструментальної, механічної, ремонтної, зварювальної ділянки та вентиляційних установок.

$$P_{\text{мс}1} = P_{\text{сум}1} \cdot K_{g1}; \quad (2.7)$$

$$P_{\text{мс}1} = 753,4 \cdot 0,19 = 143,14 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{мс}2} = 955,9 \cdot 0,18 = 172,06 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{мс}3} = 4071 \cdot 0,17 = 692,07 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{мс}4} = 60 \cdot 0,35 = 21 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{мс}5} = 51 \cdot 0,65 = 33,15 \text{ кВт}.$$

Знайдемо значення активної розрахункової потужності дільниць $P_{p1}, P_{p2}, P_{p3}, P_{p4}, P_{p5}$ та ремонтного цеху пасажирських вагонів:

$$P_{p1} = K_{\max 1} \cdot P_{mc1};$$

$$P_{p1} = 1 \cdot 143,14 \text{ кВт};$$

$$P_{p2} = 1 \cdot 172,06 \text{ кВт};$$

$$P_{p3} = 1 \cdot 692,07 \text{ кВт};$$

$$P_{p4} = 1 \cdot 21 \text{ кВт};$$

$$P_{p5} = 1,27 \cdot 33,15 = 42,1 \text{ кВт};$$

$$P_p = 143,14 + 172,06 + 692,07 + 21 + 42,1 = 1070,37 \text{ кВт}.$$

Знайдемо значення середньої реактивної потужності Q_{mc} для кожної групи дільниці:

$$Q_{mc1} = P_{mc1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1; \quad (2.8)$$

$$Q_{mc1} = 143,14 \cdot 1,08 = 154,6 \text{ кВАр};$$

$$Q_{mc2} = 172,06 \cdot 1,33 = 228,8 \text{ кВАр};$$

$$Q_{mc3} = 692,07 \cdot 1,17 = 809,7 \text{ кВАр};$$

$$Q_{mc4} = 21 \cdot 1,51 = 31,71 \text{ кВАр};$$

$$Q_{mc5} = 33,15 \cdot 0,75 = 24,9 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}.$$

4. Знайдемо значення реактивної розрахункової потужності цеху Q_p :

$$Q_{p1} = K_{\max 1} \cdot Q_{mc1};$$

$$Q_{p1} = 154,6 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p2} = 228,8 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p3} = 809,7 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p4} = 31,71 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p5} = 24,9 \cdot 1,27 = 31,62 \text{ кВАр};$$

$$Q_p = 154,6 + 228,8 + 809,7 + 31,71 + 31,62 = 1256,43 \text{ кВАр}$$

Знайдемо значення повної розрахункової потужності ремонтного цеху пасажирських вагонів:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

$$S = \sqrt{1070,37^2 + 1256,43^2} = 1650,5 \text{ кВА}.$$

2.5 Розрахунок освітлювального навантаження

Для загального освітлення рекомендується використовувати тип ламп ДРЛ.

Розміщення світильників визначимо згідно наступних розмірів приміщення:

$H_1=H_2=H_3=H_4=8$ м – висота приміщень на ділянках ремонтного цеху пасажирських вагонів;

$h_n = 7$ м – висота світильника над підлогою;

$h_c = 1$ м – віддаль світильника від перекриття;

$h_p = 1$ м – висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h = h_n - h_p = 6$ м – розрахункова висота від розрахункової поверхні досвітильника;

B – ширина приміщення;

$B_1 = 15$ м – інструментальна ділянка;

$B_2 = 20$ м – механічна ділянка ;

$B_3 = 20$ м – ремонтна ділянка;

$B_4 = 5$ м – зварювальна ділянка;

$l_1 = 20$ м – довжина інструментальної ділянки цеху;

$l_2 = 25$ м – довжина механічної ділянки цеху;

$l_3 = 40$ м – довжина ремонтної ділянки цеху;

$l_4 = 5$ м – довжина зварювальної ділянки;

$L_1 = 4$ м – відстань між сусідніми рядами на інструментальній ділянці;

$L_2 = 4$ м – відстань між сусідніми рядами на механічній ділянці;

$L_3 = 4$ м – відстань між сусідніми рядами на ремонтній ділянці;

$L_4 = 4$ м – відстань між сусідніми рядами на зварювальній ділянці;

$L_{cm1} = L_{cm2} = L_{cm3} = 2$ м – відстань від стіни до ряду світильників на ділянках ремонтного цеху пасажирських вагонів;

$L_{cm4}=1$ м – відстань від стіни до ряду світильників на зварювальній ділянці;

$L_{c1}=3$ м – відстань між світильниками в одному ряді на інструментальній ділянці;

$L_{c2} = 4$ м – відстань між світильниками в одному ряді на механічній ділянці;

$L_{c3}= 3$ м – відстань між світильниками в одному ряді на ремонтній ділянці;

$L_{c4} = 2$ м – відстань між світильниками в одному ряді на зварювальній ділянці.

Плануємо на інструментальній ділянці 12 світильників, на механічній ділянці – 20 світильників, на ремонтній ділянці – 44 світильники, на зварювальній ділянці – 4 світильники.

Згідно таблиці 4.4 [6] приймемо освітлення ділянок $E = 300$ лк, коефіцієнт запасу $K_3 = 1,5$.

Розрахуємо індекс приміщення:

$$i_k = B \cdot l_k / h(B + l_k)$$

$$i_{k1} = 15 \cdot 3 / 6(15+3) = 0,41;$$

$$i_{k2} = 20 \cdot 4 / 6(20+4) = 0,55;$$

$$i_{k3} = 20 \cdot 3 / 6(20+3) = 0,43;$$

$$i_{k4} = 5 \cdot 2 / 6(5+2) = 0,16 .$$

Визначимо світловий потік ламп для даного відділення:

$$\Phi_1 = \frac{E \cdot K_3 \cdot S_1 \cdot z}{\eta \cdot N}$$

Для визначення η задамося коефіцієнтами відбивання поверхні приміщення: для стелі для стін $\rho_{ст} = 30$ %, $\rho_c = 50$ %, для підлоги $\rho_{пл} = 10$ %. Згідно табл. знаходимо $\eta = 0,47$.

$$\Phi_1 = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 300 \cdot 1,15}{0,47 \cdot 12} = 27526 \text{ Лм};$$

$$\Phi_2 = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 500 \cdot 1,15}{0,47 \cdot 20} = 27525 \text{ Лм};$$

$$\Phi_3 = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 800 \cdot 1,15}{0,47 \cdot 44} = 20019 \text{ Лм};$$

$$\Phi_4 = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 50 \cdot 1,15}{0,47 \cdot 4} = 13763 \text{ Лм}.$$

Вибираємо лампи ДРЛ-500 для інструментальної та механічної ділянок ремонтного цеху пасажирських вагонів з технічними характеристиками:

$$P_n = 500 \text{ Вт};$$

$$U_n = 220 \text{ В};$$

$$\cos\varphi = 0,91;$$

$$\Phi = 30000 \text{ Лм};$$

$$K_e = 0,9;$$

$$\text{tg}\varphi = 0,46.$$

Розрахуємомо відхилення світлового потоку для даних ламп:

$$\delta_1 = \frac{30000 - 27526}{30000} \cdot 100\% = 8,2\%;$$

$$\delta_2 = \frac{30000 - 27525}{30000} \cdot 100\% = 8,2\%.$$

Вибираємо лампи ДРЛ-400 для ремонтної ділянки:

$$P_n = 400 \text{ Вт};$$

$$U_n = 220 \text{ В};$$

$$\Phi = 23500 \text{ Лм}.$$

$$\delta_3 = \frac{23500 - 20019}{23500} \cdot 100\% = 14,8\%$$

Вибираємо лампи ДРЛ-250 для зварювальної ділянки:

$$P_n = 250 \text{ Вт};$$

$$U_n = 220 \text{ В};$$

$$\Phi = 14000 \text{ Лм}.$$

$$\delta_4 = \frac{14000 - 13763}{14000} \cdot 100\% = 1,69\%$$

Значення відносного відхилення лежить в допустимих нормах.

Визначимо значення номінальної потужності всіх ламп на всіх дільницях ремонтного цеху пасажирських вагонів:

$$P_n = n \cdot P, \quad (2.10)$$

$$P_{н1} = 12 \cdot 0,5 = 6 \text{ кВт};$$

$$P_{н2} = 20 \cdot 0,5 = 10 \text{ кВт};$$

$$P_{н3} = 44 \cdot 0,4 = 17,6 \text{ кВт};$$

$$P_{н4} = 4 \cdot 0,25 = 1 \text{ кВт} .$$

Взначимо значення розрахункової величину активної і реактивної потужності:

$$P_{p1} = K_e \cdot P_{н1} , \quad (2.11)$$

$$P_{p1} = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ кВт};$$

$$P_{p2} = 0,9 \cdot 10 = 9 \text{ кВт};$$

$$P_{p3} = 0,9 \cdot 17,6 = 15,84 \text{ кВт};$$

$$P_{p4} = 0,9 \cdot 1 = 0,9 \text{ кВт};$$

$$P_p = 5,4 + 9 + 15,84 + 0,9 = 31,14 \text{ кВт} .$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi ;$$

$$Q_{p1} = 5,4 \cdot 0,46 = 2,48 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p2} = 9 \cdot 0,46 = 4,14 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p3} = 15,84 \cdot 0,46 = 7,28 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p4} = 0,9 \cdot 0,46 = 0,41 \text{ кВАр};$$

$$Q_p = 2,48 + 4,14 + 7,28 + 0,41 = 14,31 \text{ кВАр} .$$

Значення повної потужності освітлення на ділянках цеху і у всьому цеху визначимо згідно формули:

$$S_p = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2} , \quad (2.12)$$

$$S_{p1} = \sqrt{5,4^2 + 2,48^2} = 5,94 \text{ кВА};$$

$$S_{p2} = \sqrt{9^2 + 4,14^2} = 9,9 \text{ кВА};$$

$$S_{p3} = \sqrt{15,84^2 + 7,28^2} = 15,85 \text{ кВА};$$

$$S_{p4} = \sqrt{0,9^2 + 0,41^2} = 0,99 \text{ кВА};$$

$$S_p = 5,94 + 9,9 + 15,85 + 0,99 = 32,68 \text{ кВА} .$$

2.6 Розрахунок потужності розподільчих пунктів

Розподільчі пункти призначені для розподілення електричної енергії і захисту електричних установок при перенавантаженнях і струмів короткого замикання, а також при оперативних включеннях і виключеннях електричної мережі.

Розрахунок потужності ремонтного цеху пасажирських вагонів разом з освітленням

Визначення активної потужності:

$$P_{PI} = P_p + P_{p.осв}$$

$$P_{PI1} = 143,14 + 5,4 = 148,54 \text{ кВт};$$

$$P_{PI2} = 172,06 + 9 = 181,06 \text{ кВт};$$

$$P_{PI3} = 692,07 + 15,84 = 707,91 \text{ кВт};$$

$$P_{PI4} = 21 + 0,9 = 21,9 \text{ кВт};$$

$$P_{PI5} = 42,1 \text{ кВт}.$$

Визначення реактивної потужності:

$$Q_{PI} = Q_p + Q_{p.осв} \text{ кВАр};$$

$$Q_{PI1} = 154,6 + 2,48 = 157,08 \text{ кВАр};$$

$$Q_{PI2} = 228,8 + 4,14 = 232,94 \text{ кВАр};$$

$$Q_{PI3} = 809,7 + 7,28 = 816,98 \text{ кВАр};$$

$$Q_{PI4} = 31,71 + 0,41 = 32,12 \text{ кВАр};$$

$$Q_{PI5} = 31,62 \text{ кВАр}.$$

Визначення повної розрахункової потужності:

$$S_{PI} = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ кВА};$$

$$S_{pn1} = \sqrt{148,54^2 + 157,08^2} = 216,19 \text{ кВА};$$

$$S_{pn2} = \sqrt{181,06^2 + 232,94^2} = 295,03 \text{ кВА};$$

$$S_{pn3} = \sqrt{707,91^2 + 816,98^2} = 1081 \text{ кВА};$$

$$S_{pn4} = \sqrt{21,9^2 + 32,12^2} = 38,87 \text{ кВА};$$

$$S_{pn5} = \sqrt{42,1^2 + 31,62^2} = 52,65 \text{ кВА} .$$

Значення розрахункового струму РП :

$$I_{pn} = \frac{S_{РП}}{\sqrt{3} \cdot U_{Н}} \text{ А}$$

$$I_{p1} = \frac{216,19 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 328,47 \text{ А};$$

$$I_{p2} = \frac{295,03 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 448,25 \text{ А};$$

$$I_{p3} = \frac{1081 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1642,41 \text{ А};$$

$$I_{p4} = \frac{38,87 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 59,06 \text{ А};$$

$$I_{p5} = \frac{52,65 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 80 \text{ А};$$

Визначення повної розрахункової потужності цеху

Значення повної розрахункової потужності цеху визначимо по формулі:

$$P_{РП} = P_{РП1} + P_{РП2} + P_{РП3} + P_{РП4} + P_{РП5} ;$$

$$Q_{РП} = Q_{РП1} + Q_{РП2} + Q_{РП3} + Q_{РП4} + Q_{РП5} ;$$

$$S = \sqrt{P_{РП}^2 + Q_{РП}^2} ;$$

$$P_{РП} = 148,54 + 181,06 + 707,91 + 21,9 + 42,1 = 1059,41 \text{ кВт};$$

$$Q_{РП} = 157,08 + 232,94 + 816,98 + 32,12 + 31,62 = 1270,74 \text{ кВАр};$$

$$S = \sqrt{1059,41^2 + 1270,74^2} = 1654,42 \text{ кВА} .$$

2.7 Розрахунок центру електричних навантажень

Координати центру електричних навантажень визначаємо за формулами:

$$X_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{p.ц.i} \cdot X_{ц.i}}{\sum_{i=1}^n S_{p.ц.i}} , \quad (2.13)$$

$$Y_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{p.ц.i} \cdot Y_{ц.i}}{\sum_{i=1}^n S_{p.ц.i}}, \quad (2.14)$$

$$x_{01} = \frac{148,54 \cdot 57}{108,7} = 78 \text{ м};$$

$$y_{01} = \frac{148,54 \cdot 39}{108,7} = 53,3 \text{ м};$$

$$x_{02} = \frac{181,06 \cdot 37}{210,4} = 32 \text{ м};$$

$$y_{02} = \frac{181,06 \cdot 39}{210,4} = 33,5 \text{ м};$$

$$x_{03} = \frac{707,91 \cdot 14}{264,78} = 37,4 \text{ м};$$

$$y_{03} = \frac{707,91 \cdot 30}{264,78} = 82,2 \text{ м};$$

$$x_{04} = \frac{21,9 \cdot 9}{31} = 6,3 \text{ м};$$

$$y_{04} = \frac{21,9 \cdot 7}{31} = 5 \text{ м}.$$

Результати розрахунку центра електричних навантажень приведені в табл. 2.3 При цьому всі координати наведені в метрах на креслення переносяться з врахуванням масштабу.

Таблиця 2.3 – Розрахунок центру навантажень

	<i>P</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>P_x</i>	<i>P_y</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
РП 1	148,54	57	39	8467	5793	78	53,3
РП 2	181,06	37	39	6699	7061	32	33,5
РП 3	707,91	14	30	9911	21237	37,4	82,2
РП 4	21,9	9	7	197	153	6,3	5
РП 5	42,1						
	1059,4			25274	15131		

Складання схеми електропостачання виробничого цеху.

На плані цеху намічаємо місця розташування обладнання (електроприймачі, розподільчі пристрої, трансформаторну підстанцію і систему освітлення). Складаємо схему електропостачання цеху, яка зображена на форматі дипломного проекту. Живлення електроприймачів буде здійснюватись по кабелях, шинопроводах та електричних провідниках.

2.8 Вибір і розрахунок розподільчої мережі підприємства та вибір для цієї мережі комутаційного обладнання

2.8.1 Вибір перерізу жил кабелів та проводів .

Вибір перерізу провідників розпочнемо з відгалужень до окремих струмоприймачів і проведемо в напрямку до джерела живлення. Розрахунок РП-1, РП-2, РП-3, РП-4 (лінія 1, лінія 2, лінія 3, лінія 4).

Від РП-1 живляться ЕП: 1, 2,3,4,5,6,7,8,9.

Від РП-2 живляться ЕП: 10,...,24.

Від РП-3 живляться ЕП: 25,...,57.

Від РП-4 живляться ЕП: 58.

Від РП-5 живляться ЕП: П1,П2, В1,В2, В3.

Вибір перерізу проводів, які живлять окремі струмоприймачі від РП-1. Вибір здійснимо за допустимим нагрівом провідників. Значення розрахункового струму для ЕП 1.

$$I_{p1} = \frac{P_{н1}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{114,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,68} = 255 \text{ A.}$$

де $P_{н1}$ – номінальна потужність обладнання інструментальної ділянки, *кВт*;

U_n – номінальна напруга, *кВ* .

Виберемо провід АПВ 2 (1×150), $I_{доп} = 255 \text{ A}$.

Для ЕП 2 , які живляться від РП-2:

$$I_{p2} = \frac{P_{H2}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{210,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 532,8 \text{ А.}$$

Вибираємо провід АПВ 3 (1×300), $I_{\text{доп}} = 535 \text{ А.}$

Вибір кабеля, що живить ЕП 3 від РП-3:

$$I_{p3} = \frac{P_{H3}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{264,78}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,72} = 558,84 \text{ А.}$$

Кабель вибираємо АПВ 4 (1×400), $I_{\text{доп}} = 645 \text{ А.}$

Вибір кабеля, що живить ЕП 4 від РП-4:

$$I_{p4} = \frac{P_{H4}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{31}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,55} = 85,65 \text{ А.}$$

Кабель вибираємо АПВ 2 (1×35), $I_{\text{доп}} = 85 \text{ А.}$

Вибір кабеля, що живить ЕП 5 від РП-5:

$$I_{p5} = \frac{P_{H5}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{10,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 19,37 \text{ А.}$$

Кабель вибираємо АПВ 1 (1×2,5), $I_{\text{доп}} = 20 \text{ А.}$

Для вибору кабеля, що живить РП-1 від підстанції проводимо аналогічний розрахунок:

$$I_{РП-1} = \frac{P_{РП-1}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{148,54}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,68} = 331,93 \text{ А}$$

Вибираємо кабель типу АСБ 4(1×90+1×50), з номінальним струмом 350А.

Для РП-2:

$$I_{РП-2} = \frac{P_{РП-2}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{181,06}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 458,49 \text{ А.}$$

Кабель вибираємо АПВ 4 (1×400) з номінальним струмом 500А

Для РП-3:

$$I_{РП-3} = \frac{P_{РП-3}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{707,91}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,72} = 1494 \text{ А.}$$

Вибираємо комплектний шинопровід типу ШМА-68-2000 $I_{\text{доп}} = 2000 \text{ А.}$

Для РП-4:

$$I_{РП-4} = \frac{P_{РП-4}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{21,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,55} = 60,51 \text{ А.}$$

Кабель вибираємо АПВ 2 (1×35), $I_{\text{доп}} = 70 \text{ А.}$

Для РП-5:

$$I_{РП-5} = \frac{P_{РП-5}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{42,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 79,96 \text{ А.}$$

Кабель вибираємо АПВ 2 (1×35), $I_{доп} = 85 \text{ А.}$

2.8.2 Вибір захистів електричної мережі.

Вибір автоматичних вимикачів проведемо згідно умови:

$$I_p \geq \frac{I_n}{\alpha}, \quad (2.15)$$

де I_p – струм спрацювання вимикача, А ;

I_n – пусковий струм електродвигунів, А ;

α – коефіцієнт перевантаження, який враховує перевищення значення пускового струму над номінальним, $\alpha = 2,5$.

$$I_n = K_n \cdot I_{ном},$$

де K_n – кратність струму пускового моменту двигуна, $K_n = 5$;

$I_{ном}$ – номінальний струм струмоприймача.

Проведем розрахунок для ЕП–1.

Піковий струм для ЕП 1:

$$I_{п1} = 5 \cdot 255 = 1275 \text{ А;}$$

$$I_{пр1} > \frac{I_{п1}}{\alpha} = \frac{1275}{2,5} = 510 \text{ А.}$$

Виберемо автоматичний вимикач типу А3144 з номінальним струмом 600 А.

$$I_{п2} = 5 \cdot 532 = 2660 \text{ А;}$$

$$I_{пр2} > \frac{I_{п2}}{\alpha} = \frac{2660}{2,5} = 1064 \text{ А.}$$

Виберемо автоматичний вимикач типу А3144 з номінальним струмом 600 А

$$I_{п3} = 5 \cdot 559 = 2795 \text{ А;}$$

$$I_{пр3} > \frac{I_{п3}}{\alpha} = \frac{2795}{2,5} = 1118 \text{ А.}$$

Виберемо автоматичний вимикач типу А3144 з номінальним струмом 600 А

$$I_{n4} = 5 \cdot 85,6 = 428 \text{ А};$$

$$I_{np4} > \frac{I_{п4}}{\alpha} = \frac{428}{2,5} = 171 \text{ А}.$$

Виберемо автоматичний вимикач типу А3134 з номінальним струмом 200 А

$$I_{п5} = 5 \cdot 19,4 = 97 \text{ А};$$

$$I_{np5} > \frac{I_{п5}}{\alpha} = \frac{97}{2,5} = 39 \text{ А}.$$

Виберемо автоматичний вимикач типу А3163 з номінальним струмом 30 А

2.8.3 Вибір автоматичних вимикачів для розподільних пристроїв

Для розрахунку використаємо формулу:

$$I_n = \frac{I_{np} + I_{п}}{2,5} \quad (2.16)$$

Для РП-1:

$$I_{РП-1} = \frac{1275 + 510}{2,5} = 714 \text{ А}.$$

Вибераємо автоматичний вимикач типу ВА 5739, 400-630А

Для РП-2:

$$I_{РП-2} = \frac{2660 + 1064}{2,5} = 1489 \text{ А}.$$

Вибераємо автоматичний вимикач типу ВА 5739, 400-630А.

Для РП-3:

$$I_{РП-3} = \frac{2795 + 1118}{2,5} = 1565 \text{ А}.$$

Вибераємо автоматичний вимикач типу ВА 5739, 400-630А .

Для РП-4:

$$I_{РП-4} = \frac{428 + 171}{2,5} = 239,6 \text{ А}.$$

Виберемо автоматичний вимикач АВА 250 А.

Для РП-5:

$$I_{РП-5} = \frac{97 + 39}{2,5} = 54,4 \text{ А.}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу ВА 5735, 63 А.

2.8.4 Кабельна лінія і її захист

Кабельні лінії, як правило прокладаються в місцях, де неможливо прокласти повітряні лінії. Кабельні лінії мають деякі переваги порівняно з повітряними лініями – захована прокладка, забезпечує непошкодженість атмосферними тисками, що забезпечує більшу надійність і безпеку їх експлуатації. Тому навіть при більших затратах кабельні лінії широко застосовуються для прокладки в містах, населених пунктах і на території промислових підприємств.

Кожен кабель складається із струмоведучих жил, ізоляції і захищених оболонок. Струмоведучі кабелі робляться з мідних або алюмінієвих проводів і можуть бути одножильні і багатожильні. Ізоляція кабеля робиться з резини на напругу до 6000В.

Захист оболонки робиться свинцевим, алюмінієвим або хлорвініловим. Ці оболонки захищають кабель від попадання вологи, газів і кислот. Для механічного захисту оболонок накладається стальна броня. Прокладка кабеля проводиться в земляних траншеях, тунелях, в каналах, в блоках, по стінах будівлі. Прокладка кабелів в земляних траншеях є самим простим і дешевим способом. Прокладка кабелів в тунелях, каналах і блоках забезпечує добрий захист від механічних пошкоджень, тільки зв'язана з великими затратами.

Захист кабельних ліній від замикання на землю, яка спрацьовує за допомогою трансформатора струму нульової послідовності буває з дією на сигнал відключення і з дією на відключення.

Для захисту від міжфазних коротких замикань завжди приймається струм відсічки без витримки часу. Струм спрацювання захисту струмової відсічки

вибирається так, щоб при короткому замиканні на лінії напруга на шинах підстанції складає не менше 40-50% від номінального. Для цього

$$I_c = \frac{0,4/0,5}{X} \cdot I_{ном} = \frac{0,45}{0,02} \cdot 2312 = 52 \text{ кА}$$

де X – відносний результативний опір до шин підстанції.

Номінальний струм який проходить по кабелю рівний 2312 А, тому кабель вибираємо з відповідним номінальним струмом .

2.9 Висновки до розділу 2

В даному розділі побудовано графік електричного навантаження трансформаторної підстанції за активною, реактивною, та повною потужностях, а також річний графік електричного навантаження ТП за тривалістю активної потужності.

За відомими значеннями кількості і потужності споживачів на заданому класі напруги визначино значення сумарного максимального навантаження.

Також розраховано та вибрано розподільчі пункти, живильні кабелі, комутаційне та захисне обладнання.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір трансформатора

3.1.1 Потужність і тип трансформатора

Розглянемо два варіанти потужності силових трансформаторів з урахуванням допустимих перевантажень в аварійному режимі.

Розташування трансформатора – поряд центра електричних навантажень.

Розглянемо можливе встановлення трансформатора трансформатора відповідної потужності.

1. Трансформатор ТМ-1600/10, потужністю $S=1600$ кВА.

Коефіцієнт завантаження K_3 трансформатора у нормальному і аварійному режимах.

$$K_{3н.р} = \frac{S_p}{2 \cdot S_m} = \frac{1654,4}{2 \cdot 1600} = 0,5$$

Параметри трансформатора ТМ-1600/10:

$$S_{m1} = 1600 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_{xx} = 2,05 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{кз} = 16 \text{ кВт};$$

$$U_{к.з} = 6 \%;$$

$$I_{xx} = 1 \% .$$

Визначаємо втрати потужності:

$$\Delta Q_{xx} = \frac{2 \cdot S_{T1} \cdot I_{xx}}{100} = \frac{2 \cdot 1600 \cdot 1}{100} = 32 \text{ кВАр},$$

де ΔQ_{xx} – втрати реактивної потужності холостого ходу, кВАр;

I_{xx} – струм холостого ходу, %.

$$\Delta Q_{кз} = \frac{2 \cdot S_{T1} \cdot U_{кз}}{100} = \frac{2 \cdot 1600 \cdot 6}{100} = 192 \text{ кВАр},$$

де $\Delta Q_{кз}$ – втрати реактивної потужності короткого замикання, кВАр;

$U_{кз}$ – напруга короткого замикання, %.

$$\Delta P_{XX} = 2 \cdot \Delta P_{XX} + K_{ЕП} \cdot \Delta Q_{XX} = 2 \cdot 2,05 + 0,07 \cdot 32 = 6,34 \text{ кВт}$$

де ΔP_{xx} – втрати активної потужності холостого ходу, кВт;

ΔP_{xx} – втрати активної потужності холостого ходу по каталогу, кВт;

$K_{еп}$ – еквівалент реактивної потужності.

$$\Delta P_{K3} = 2 \cdot \Delta P_{K3} + K_{еп} \cdot \Delta Q_{K3} = 2 \cdot 16 + 0,07 \cdot 192 = 45,44 \text{ кВт},$$

де ΔP_{K3} – втрати активної потужності короткого замикання, кВт.

Загальні втрати реактивної потужності:

$$\Delta Q_{TP} = \Delta Q_{XX} + \Delta Q_{K3} = 32 + 192 = 224 \text{ кВАр}.$$

Загальні втрати активної потужності:

$$\Delta P_{TP} = \Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} = 6,34 + 45,44 = 51,78 \text{ кВт}.$$

Загальні втрати потужності:

$$\Delta S = \sqrt{\Delta P_{TP}^2 + \Delta Q_{TP}^2} = \sqrt{51,78^2 + 224^2} = 230 \text{ кВА}.$$

Обчислимо перевантаження трансформаторів ТМ 1600 кВА в аварійному режимі у процентному співвідношенні:

$$K_{ав} = \left(\frac{S}{S_m} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{1654,42}{1600} - 1 \right) \cdot 100 = 3,4 \%$$

За ПУЕ трансформатор може бути перевантажений не більше як на 40% . Трансформатор ТМ 1600 перевантажений лише на 3,4%, що забезпечує нормальний режим роботи. Тому ми встановлюємо трансформатор ТМ 1600.

3.1.2 Схема, технічні характеристики і умови експлуатації трансформатора

Силовий трансформатор ТМ виготовляється на номінальну напругу високої напруги ВН до 10 кВ і низької напруги НН – 0,4 кВ . Схема з'єднання зіркі-зірка з нульовим проводом. Напруга регулюється без збудження. Трансформатор обладнаний високовольтними перемикачами які з'єднані з обвиткою ВН і регулюють напругу ступеня при відключенні від мережі трансформатора зі сторони вищої і нижчої напруги (з похибкою 2-2,5%).

КТП прохідного типу потужністю 1600 кВА напругою 10 кВ на ВН і 0,4 кВ на НН призначення для прийому, перетворення і розподілу

електроенергії з помірним кліматом від (- 45 °С до +40 °С). КТП поставляється в металевій кабіні з силовим трансформатором, високовольтними відділювачами і відсікачами НН. У відсіку НН знаходяться автоматичні вимикачі, також тут проводиться загальний облік електроенергії.

Умови експлуатації трансформатора *ТМ 1600/10* :

- температура повітря від -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- висота над рівнем моря не більше 1000 м ;
- відносна вологість повітря не більше 80% при температурі повітря 25°C .

Трансформатор не розрахований для роботи:

- у вибухонебезпечному та агресивному середовищі;
- при частих включаннях з сторони живлення (10 раз в добу);
- при вібрації і трясінні.

3.1.3 Захист трансформаторів

Захист, встановлений на силовому трансформаторі, повинен забезпечити його відключення при міжфазних і обвиткових кз, а також при замиканні на землю і дати сигнал про ненормальних режимах роботи трансформатора: перенавантаження трансформатора, підвищена температура масла, пошкодження ізоляції обмотки та інше.

Види захисту, визначаються потужністю трансформатора, його місцем встановлення, призначенням та іншими вимогами режиму експлуатації. На промислових підприємствах силові трансформатори встановлюються:

- на головних понижуючих підстанціях з первинною напругою 110, 35 кВ і вторинною напругою 6, 10, 20, 35 кВ при потужності одного силового трансформатора від 1000 і не вище 63 МВА;
- на цехових підстанціях з первинною напругою 6, 10, 20, 35 кВ і вторинною напругою 0,23 0,38 0,4 0,525 0,69 кВ при одиничній потужності від 100 до 1800 кВА;
- для живлення спеціальних установок: електропечей, випрямлячів.

На нашому підприємстві встановлений силовий трансформатор типу ТМ 1600 кВА.

Захист від однофазних замикань на землю здійснюється встановленням на стороні нижчої напруги автомата з максимальними роз'єднувачами чи трансформатора при прямому приєднанні до шини проводу трансформатора з глухо заземленою нейтраллю.

Вибір запобіжника:

$$I_H = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2312 \text{ А};$$

$$I_c = \frac{I_H}{2,5} = \frac{2312}{2,5} = 924,8 \text{ А}.$$

Вибираємо запобіжник типу ПР-2 з номінальним струмом 1000 А.

3.2 Розрахунок компенсації реактивної потужності

Значення активної потужності, визначається згідно формули:

$$P = \sqrt{3} S \cos \varphi = \sqrt{3} U I \cos \varphi. \quad (3.1)$$

Якщо генератори електростанції, розраховані на роботу з номінальним коефіцієнтом потужності, будуть працювати з пониженим коефіцієнтом потужності, то активна потужність генераторів буде нижча номінальної і механічне обладнання станції (котли і турбіни) не буде повністю використане.

Це призведе до погіршення показників роботи електростанції і підвищення розходу палива на 1 кВт год виробленої електричної енергії.

Підвищення коефіцієнту потужності – один із способів знизити втрати потужності в електричній мережі.

При цьому коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}. \quad (3.2)$$

Низький коефіцієнт потужності призводить: до збільшення втрат потужності в мережі, трансформаторах і генераторах; до перерозходу

кольорового металу через необхідність збільшувати січення проводів; до зменшення пропускної здатності трансформаторів і мережі через збільшення використаного струму; до пониження напруги в мережі у зв'язку із збільшенням струму при такому ж використанні активної потужності.

Розрахункова реактивна потужність, яку необхідно компенсувати:

$$Q_p = 230 \text{ кВАр} .$$

Для компенсації даної потужності виберемо комплектні конденсаторні установки (ККУ) типу КРМ 0,4-400-25 з параметрами:

- номінальна потужність, $Q_H = 400 \text{ кВАр}$
- потужність регульованого ступеня, $Q_{CT} = 25 \text{ кВАр}$.
- габарити 500×500×2000;
- вага 205 кг;
- ступінь захисту IP300.

Установки компенсації реактивної потужності КРМ-0,4 призначені для підвищення і підтримання на заданому рівні значення коефіцієнта потужності ($\cos\varphi$) в електричних розподільчих мережах. Установка КРМ-0,4 забезпечують заданий $\cos\varphi$ в періоди максимальних і мінімальних навантажень, а також виключають режим генерації реактивної потужності.

Застосування даної конденсаторної установки дозволяє:

- понизити загальні витрати на електроенергію;
- розгрузити живлячі лінії електропередачі, трансформатори і розподільчі пристрої;
- знизити теплові втрати струму і витрати на електроенергію;
- понизити рівень вищих гармонік;
- знизити несиметрію фаз;
- зробити розподільчі мережі більш надійними і економними.

Крім того в мережах необхідно:

- вимкнути генерацію реактивної енергії в мережі під час мінімальних навантажень;
- знизити розхід на ремонт електричного обладнання.

3.3 Розрахунок струмів к.з. в мережі до 1 кВ

Розрахунок струмів к.з. в мережі до 1 кВ має наступні особливості:

- потужність системи (S_C) приймається нескінченною, тобто напругу на шинах підстанції вважаємо незмінною;
- враховуються активні та індуктивні опори усіх елементів;
- розрахунок ведеться в іменованих одиницях;
- напруга приймається 5% вище за номінальну ($U = 400 \text{ В}$ при $U = 380 \text{ В}$).

$$I_{\kappa} = I'' = I_{\infty} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}, \quad (3.14)$$

де Z_{Σ} – сумарний опір до точки к.з.

Проведемо розрахунок опору елементів схеми заміщення (рис. 3.1).

Опір трансформатора ТМ-1600/10.

$$r_m = \frac{\Delta P_{\text{к.з.}} \cdot U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{12200 \cdot 400^2}{1000000^2} = 0,00195 \text{ Ом};$$

$$x_m = \frac{U_p \% \cdot U_{\text{ном}}^2}{100 \cdot S_{\text{н.тр.}}};$$

$$U_p = \sqrt{U_{p\%}^2 - U_{a\%}^2};$$

$$U_{a\%} = \frac{\Delta P_{\text{к.з.}}}{S_{\text{ном}}} \cdot 100 = \frac{12,2 \cdot 100}{1000} = 1,22 \%$$

$$U_p = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,36 \%;$$

$$x_m = \frac{5,36 \cdot 400^2}{100 \cdot 1000000} = 0,0086 \text{ Ом};$$

$$Z_m = \sqrt{r_m^2 + x_m^2} = \sqrt{0,00195^2 + 0,0086^2} = 0,00882 \text{ Ом.}$$

Оскільки номінальний струм розчеплювачів повітряних вимикачів більший 1000 А, опір розчеплювачів і ТС дуже малий, тому, при розрахунку струмів к.з. Z_A і Z_{TA} не враховуємо.

Проведемо розрахунок струму к.з. в точці К1.

$$Z_{\Sigma} = Z_T = 0,00882 \text{ Ом};$$

$$I_{\kappa} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,00882} = 26,18 \text{ кА};$$

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa};$$

де K_y з [6] при $x/r = 4,4$, $K_y = 1,5$,

$$i_y = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 26,18 = 55,54 \text{ кА}.$$

Проведемо розрахунок струму к.з. в точці К2.

$$Z_{\Sigma 2} = \sqrt{r_{\Sigma 2}^2 + x_{\Sigma 2}^2},$$

$$r_{\Sigma 2} = r_{\Sigma 1} + r_{\text{шма}} + r_{\text{кл1}};$$

$$x_{\Sigma 2} = x_{\Sigma 1} + x_{\text{шма}} + x_{\text{кл1}},$$

$$r_{\text{шма}} = r_0 \cdot l_{\text{шма}} = 0,000222 \cdot 59 = 0,0131 \text{ Ом};$$

$$x_{\text{шма}} = x_0 \cdot l_{\text{шма}} = 0,000179 \cdot 59 = 0,0106 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{кл1}} = r_0 \cdot l_{\text{кл1}} = 0,84 \cdot 0,002 = 0,0017 \text{ Ом};$$

$$x_{\text{кл1}} = x_0 \cdot l_{\text{кл1}} = 0,087 \cdot 0,002 = 0,0002 \text{ Ом};$$

$$r_{\Sigma 2} = 0,00195 + 0,0017 + 0,0131 = 0,0168 \text{ Ом};$$

$$x_{\Sigma 2} = 0,0086 + 0,0106 + 0,0002 = 0,0194 \text{ Ом};$$

$$Z_{\Sigma 2} = \sqrt{0,0168^2 + 0,0194^2} = 0,0257 \text{ Ом};$$

$$I_{\kappa} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,0257} = 8,999 \text{ кА}.$$

$$x/r = 1,79;$$

$$K_y = 1,18;$$

$$i_y = 1,18 \cdot \sqrt{2} \cdot 8,999 = 15,017 \text{ кА}.$$

Проведемо розрахунок струму к.з. в точці К3.

$$Z_{\Sigma 3} = \sqrt{r_{\Sigma 3}^2 + x_{\Sigma 3}^2},$$

$$r_{\Sigma 3} = r_{\Sigma 2} + r_{\text{нн1}} + r_{\text{кл2}} + r_{\text{нн2}} + r_{\text{кл3}};$$

$$x_{\Sigma 3} = x_{\Sigma 2} + x_{\text{кл2}} + x_{\text{кл3}}$$

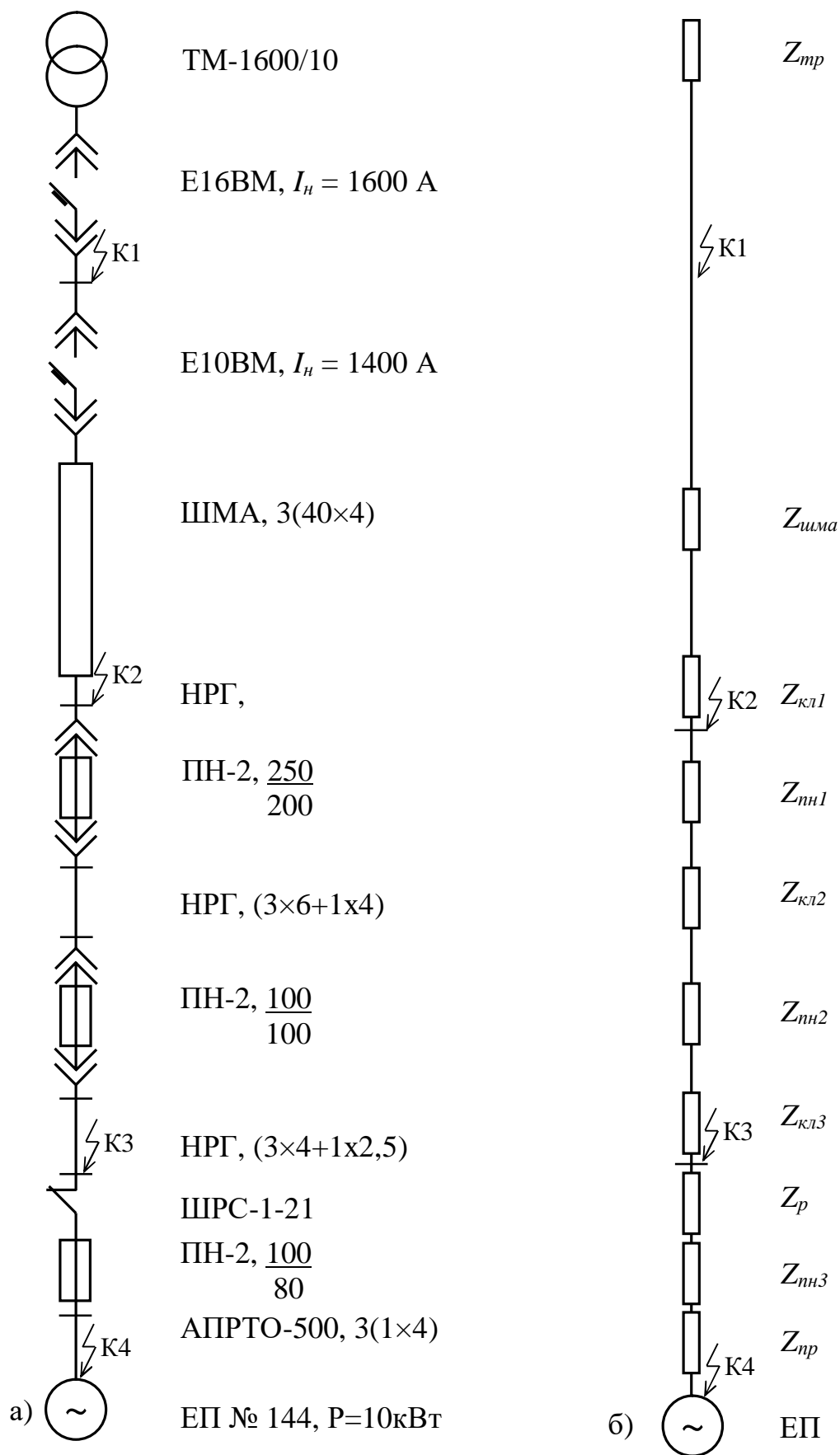


Рисунок 3.1 – Розрахункова (а) і схема заміщення (б) електричної мережі до 1000 В. Лінія від ТП до самого видаленого електроприймача

Опір запобіжників ПН-2-250, $I_{н.вст.}=120$ А і ПН-2-100, $I_{н.вст.}=100$ А,

$$r_{nh1} = 0,00062 \text{ Ом};$$

$$r_{кл2} = r_0 \cdot l_{кл2} = 7,9 \cdot 0,019 = 0,15 \text{ Ом};$$

$$x_{кл2} = x_0 \cdot l_{кл2} = 0,1 \cdot 0,019 = 0,0019 \text{ Ом}$$

$$r_{кл3} = r_0 \cdot l_{кл3} = 12,6 \cdot 0,004 = 0,05 \text{ Ом}$$

$$x_{кл3} = x_0 \cdot l_{кл3} = 0,1 \cdot 0,004 = 0,0004 \text{ Ом}$$

$$r_{\Sigma 3} = 0,0168 + 0,00062 + 0,15 + 0,00068 + 0,05 = 0,218 \text{ Ом}$$

$$x_{\Sigma 3} = 0,0194 + 0,0019 + 0,004 = 0,0217 \text{ Ом}$$

$$Z_{\Sigma 3} = \sqrt{0,218^2 + 0,0217^2} = 0,219 \text{ Ом}$$

$$I_{\kappa} = \frac{U_{н}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,219} = 1,055 \text{ кА}$$

Значення ударного струм в точці к.з..

$$x/r = 0,1;$$

$$, K_y = 1;$$

$$i_y = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,055 = 1,492 \text{ кА.}$$

Визначимо струм к.з. в т. К4.

Значення сумарного опору до точки к.з. К4 :

$$Z_{\Sigma 4} = \sqrt{r_{\Sigma 4}^2 + x_{\Sigma 4}^2} ,$$

$$r_{\Sigma 4} = r_{\Sigma 3} + r_p + r_{nh3} + r_{np};$$

$$x_{\Sigma 4} = x_{\Sigma 3} + x_{np}$$

де $r_p = 0,0002 \text{ Ом}$ – опір ножів рубильника ШР

Значення опору запобіжників ПН-2-100, $I_{н.пл.вст.} = 80$ А, $r_{nh3} = 0,002 \text{ Ом}$.

Опір сполучних проводів АПРТО-500 3(1×4),

$$r_{np} = r_0 \cdot l_{np} = 7,9 \cdot 0,005 = 0,0395 \text{ Ом};$$

$$x_{np} = x_0 \cdot l_{np} = 0,1 \cdot 0,005 = 0,0005 \text{ Ом};$$

$$r_{\Sigma 4} = 0,218 + 0,0002 + 0,002 + 0,0395 = 0,26 \text{ Ом};$$

$$x_{\Sigma 3} = 0,0217 + 0,0005 = 0,0222 \text{ Ом};$$

$$Z_{\Sigma 4} = \sqrt{0,26^2 + 0,0222^2} = 0,261 \text{ Ом};$$

$$I_{\kappa} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,261} = 0,885 \text{ кА};$$

$$x/r = 0,08;$$

$$K_y = 1;$$

$$i_y = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,885 = 1,252 \text{ кА}.$$

Ввідний автомат "Електрон" Е16МВ

$$i_{\text{дин}} = 84 \text{ кА} > i_y = 55,54 \text{ кА}.$$

Відходящий автомат на шинах ШМА-1 Э10МВ

$$i_{\text{дин}} = 84 \text{ кА} > i_y = 55,54 \text{ кА}.$$

Перевірка ШМА-1 3(40×4)

$$i_{\text{дин}} = 25 \text{ кА} > i_y = 15,017 \text{ кА}.$$

3.4 Розрахунок струмів при однофазних замиканнях на землю

У електроустановках з глухозаземленою нейтраллю, якою є мережа 0,4 кВ, при замиканнях на землю необхідно забезпечити швидке відключення пошкодженої ділянки, найближчим до місця короткого замикання апаратом захисту і для забезпечення безпеки обслуговування і збереження обладнання. Досягається це створенням високої провідності в петлі "фаза-нуль" за рахунок системи занулення. По ПУЕ (глава 1.7. пункт 1.7.126) переріз, а отже і провідність, занулюючого провідника має бути близько 50% перерізу (провідності) фазного провідника. Вимога по провідності занулюючих провідників в мережах з напругою менше 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю трансформатора не звільняє від необхідності перевірки на струм відключення апаратів захисту лінії.

Проте спрацьовування захисних апаратів відбувається успішно тільки при значних струмах короткого замикання в колі. Для цього потрібний пристрій механічного зв'язку між корпусом обладнання і нейтраллю трансформатора,

який перетворює замикання на землю в однофазне коротке замикання. Ця система називається зануленням.

Для виконання занулення згідно ПУЕ вимагається, щоб провідність петлі "фаза-нуль" (КТП-ЕП-КТП) була такою, при якій струм однофазного короткого замикання на корпус електроприймача ($I_{КЗ}^{(1)}$) перевищував би в певне число разів (K) номінальний струм автоматичного вимикача

Для розрахунку складемо схему заміщення (рис. 3.2.) зі зазначенням матеріалу і перерізу провідників занулення. Для розрахунків в ПУЕ рекомендується спрощений вираз:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{Z_m/3 + Z_{\Sigma}} \text{ кА}; \quad (3.15)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга;

Z_T – опір трансформатора струму однофазному короткому замиканню;

Z_{Σ} – повний опір петлі "фаза - нуль".

Розрахунок струмів однофазного короткого замикання виконаємо до електроприймача № 144 ($P_n = 10$ кВт).

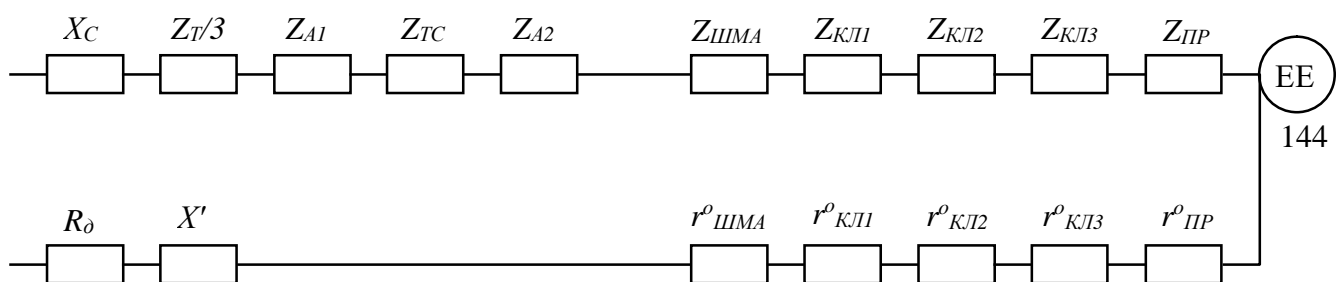


Рисунок 3.2 – Схема заміщення для розрахунків струмів однофазних коротких замикань на землю.

$Z_T/3 = 0,042$ Ом – опір силового трансформатора при однофазному замиканні на корпус.

Повний опір петлі фаза - нуль визначається як:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi} + R_d + R_n + R_{TC} + R_a)^2 + (X' + X'' + X_c + X_{TC} + X_a)^2} \quad (3.16)$$

де R_ϕ , R_H – сумарні активні опори фазного і нульового проводів усіх ділянок кола (ТП - ЕП - ТП), що розраховується.

Для проводів з кольорових металів:

$$R = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{l}{S};$$

де $R_D = 0,03$ Ом – опір дуги в точці короткого замикання;

$R_{TC} = 0,00015$ Ом і $X_{TC} = 0,00021$ Ом – активний та індуктивний опір трансформатора струму;

R_A і X_A – активний та індуктивний опір автоматичних вимикачів. Оскільки в нашому колі два автоматичні вимикачі, то $R_A = 2 \cdot 0,00048 = 0,00096$ Ом, $X_A = 2 \cdot 0,00099 = 0,00198$ Ом;

$X_C = 0,0032$ Ом – опір живлячої мережі;

$X' = 0,6$ Ом/км – зовнішній питомий опір петлі "фаза - нуль";

$$X' = 0,6 \cdot 0,09 = 0,054 \text{ Ом};$$

$X'' = 0,6 \cdot R_{CT}$ – значення внутрішнього індуктивного опору проводів занулення (тільки для сталевих проводів),

де R_{CT} – величина активного опору для різних профілів стали.

$$R_\phi = r_{шма}^\phi + r_{кл1}^\phi + r_{кл2}^\phi + r_{кл3}^\phi + r_{пр}^\phi$$

Переріз ШМА $S = 40 \times 4 = 160$ мм²; $l = 59$ м.

$$r_{шма}^\phi = \frac{1}{32} \cdot \frac{59}{160} = 0,0115 \text{ Ом.}$$

КЛ-1 - НРГ (3×35 + 1×25); $l = 3,5$ м.

$$r_{кл1}^\phi = \frac{1}{32} \cdot \frac{3,5}{35} = 0,0031 \text{ Ом.}$$

КЛ-2 - НРГ (3×6 + 1×4); $l = 19$ м.

$$r_{кл2}^\phi = \frac{1}{32} \cdot \frac{19}{6} = 0,148 \text{ Ом.}$$

КЛ-3 - НРГ (3×4 + 1×2, 5); $l = 2,8$ м.

$$r_{кл3}^\phi = \frac{1}{32} \cdot \frac{2,8}{4} = 0,035 \text{ Ом.}$$

Провід АПРТО-500 - 3(1×4); $l = 5$ м.

$$r_{np}^{\phi} = \frac{1}{32} \cdot \frac{5}{4} = 0,0391 \text{ Ом};$$

$$R_n = r_{шма}^o + r_{кл1}^o + r_{кл2}^o + r_{кл3}^o + r_{np}^o;$$

$$r_{шма}^o = 0,83 \cdot 0,059 = 0,049 \text{ Ом};$$

$$r_{кл1}^o = \frac{1}{32} \cdot \frac{3,5}{25} = 0,0109 \text{ Ом};$$

$$r_{кл2}^o = \frac{1}{32} \cdot \frac{19}{4} = 0,238 \text{ Ом};$$

$$r_{кл3}^o = \frac{1}{32} \cdot \frac{2,8}{2,5} = 0,058 \text{ Ом};$$

$$r_{np}^o = 1,59 \cdot 0,005 = 0,00795 \text{ Ом};$$

$$X'' = 0,6 \cdot (0,049 + 0,00795) = 0,0342 \text{ Ом};$$

$$R_{\phi} = 0,0115 + 0,0031 + 0,148 + 0,035 + 0,0391 = 0,237 \text{ Ом};$$

$$R_n = 0,049 + 0,0109 + 0,238 + 0,058 + 0,00795 = 0,357 \text{ Ом};$$

$$Z_n = \sqrt{(0,237 + 0,03 + 0,357 + 0,00015 + 0,00096)^2 + (0,054 + 0,0342 + 0,00198)^2} = 0,632$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{230}{0,042 + 0,632} = 341,2 \text{ кА}.$$

$I_{K3}^{(1)} \geq I_{н.л.вст.}^{(1)}$; $341,2 > 200$ А, що відповідає умові нормальної роботи захисту при однофазному короткому замиканні на землю на затисках електроприймачів.

3.5 Висновки до розділу 3

В даному розділі здійснено вибір потужність і тип трансформатора. Розглянуто два варіанти потужності силових трансформаторів з урахуванням допустимих перевантажень в аварійному режимі.

Розташування трансформатора – поряд центра електричних навантажень.

Згідно ПУЕ трансформатор може бути перевантажений не більше як на 40% . Трансформатор ТМ 1600 перевантажений лише на 3,4%, що забезпечує нормальний режим роботи. Тому вибрано до встановлюємо трансформатор ТМ 1600.

Розглянуто схему, технічні характеристики і умови експлуатації силового трансформатора.

Проведено вибір захисту силового трансформатора. Захист, встановлений на силовому трансформаторі, забезпечить його відключення при міжфазних і обвиткових кз, а також при замиканні на землю і дати сигнал про ненормальних режимах роботи трансформатора: перенавантаження трансформатора, підвищена температура масла, пошкодження ізоляції обмотки та інше.

Здійснено розрахунок та вибір пристроїв компенсації реактивної потужності; розрахунок струмів короткого замикання в мережі до 1 кВ; розрахунок струмів при однофазних замиканнях на землю.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Засоби та заходи по електробезпеці на підприємстві

До роботи в електроустановках повинні допускатися особи, які пройшли інструктаж, навчені безпечним методам праці, перевірку знань, правил безпеки, ознайомих з інструкціями і не мають медичних протипоказань, встановлених Міністерством Охорони Здоров'я.

Щоб визначити засоби та заходи по електробезпеці треба провести аналіз умов праці у цеху, данні якого занесено до табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Засоби по електробезпеці у цеху ремонту пасажирських вагонів

№п /п	Характеристика умов праці, виробничого середовища	Нормовані параметри	Засоби та заходи по електробезпеці на підприємстві
1	2	3	4
1	Основні небезпечні та шкідливі фактори: а) рухомі машини та механізми;		Відводити спеціальні місця для їх руху, огорожувати, ставити сигнальні лампи, а щоб вони були на висоті на якій людину б вони не могли зачіпати.
	б) підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;		Треба установити у приміщенні витяжні вентустановки та венткамери, респіратори, місцеві відсмоктувачі.
	в) небезпечний рівень напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може відбутися через тіло людини;		В першу чергу треба щоб вони були заземленні, а також ізольовані від механічних впливів.
	г) недостатня освітленість природного світла		Штучна освітлювальна установка
	д) понижена температура повітря зимою		Повітряно-опалювальні агрегати
	е) підвищена температура повітря в термічному відділенні		Припливно-витяжна вентиляція, автомати з газованою водою, спецодяг.

продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
2	Категорія праці за важкістю.	ІІб	
3	Параметри мікроклімату: а) відносна вологість, % б) температура, t°C в) швидкість руху повітря, м/с	40-60 13 – 23 °C Не більше 0,2	Параметри мікроклімату відповідають нормам
4	Освітленість: а) у виробничому приміщенні; б) на робочому місці.	250 Лк 2500 Лк	Освітлювальна установка Місцеве освітлення
5	Вентиляція:		Припливно-витяжна
6	Категорія приміщення за ступенем небезпеки ураження струмом		Особливо небезпечне
7	Засоби захисту від ураження електричним струмом для установки: - напругою вище 1000 В а) основні;		Ізолювальні штанги всіх видів, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, показчики напруги, пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики пошкодження кабелів та ін.)
	б) допоміжні;		Діелектричні рукавички, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолювальні підставки, ізолювальні накладки, ізолювальні ковпаки, штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення, плакати і знаки безпеки, інші засоби захисту.

продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
	в) допоміжні;		Ізолювальні штанги, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги, діелектричні рукавички, інструмент з ізолювальним покриттям. Діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолювальні підставки, ізолювальні накладки, ізолювальні ковпаки, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення, плакати і знаки безпеки, інші засоби захисту.
8	Перелік технічних заходів захисту в електроустановці, яка проектується		Огородження, індивідуальні засоби захисту, заземлення, ізолювання струмоведучих частин.

Для забезпечення безпеки робіт в діючих електроустановках повинні виконуватися такі організаційні заходи:

- призначення осіб які відповідають за організацію і виконання робіт;
- оформлення наряду або розпорядження на виконання робіт;
- здійснення допуску до проведення робіт;
- організація нагляду за проведенням робіт;
- оформлення закінчення роботи, перерв у роботі, переводів на інші робочі місця.

Конкретні переліки робіт, які повинні виконуватися за нарядом чи розпорядженням, слід встановлювати в галузевій нормативно-технічній документації.

При проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках або поблизу них:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергії;
- механічне замикання приводів відключених комутаційних апаратів, зняття запобіжників, від'єднання кінців живлячих ліній та інші заходи, що забезпечують неможливість помилкової подачі напруги до місця роботи;
- вивішування плакатів, встановлення захисного огороження струмоведучих частин які залишаються під напругою, до яких у процесі роботи можна доторкнутися або наблизитися на неприпустиму відстань;
- накладення заземлень (включення заземлювальних ножів або накладення переносних заземлень).

Захист від іонізуючих випромінювань забезпечується такими засобами та заходами:

- ізоляцією чи огороженням джерел випромінювань за допомогою спеціальних камер, огорож, екранів;
- обмеженням часу перебування персоналу в радіаційно-небезпечній зоні;
- віддаленням робочого місця від джерел випромінювання;
- використанням дистанційного керування;
- застосуванням приладів сигналізації і контролю;
- використанням засобів індивідуального захисту.

4.2 Заходи з пожежної безпеки

Електричні машини, обладнання, електродвигуни, світильники та ін. повинні мати апаратуру захисту від струмів короткого замикання та інших аварійних режимів.

На електродвигуни, світильники, інші електричні машини, апарати та обладнання встановленні у вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах, повинні бути нанесені знаки, що вказують на їх ступінь захисту. З'єднувальні та відгалужувальні коробки електропроводки повинні бути постійно закриті

кришками.

Переносні світильники повинні бути обладнані захисними скляними ковпаками й сітками. Для цих світильників та іншого переносного електрообладнання застосовують гнучкі кабелі та проводи (шнури) з мідними жилами.

Електронагрівальні та побутові прилади повинні вмикатись в електромережу за допомогою штепсельних з'єднань та електророзеток заводського виготовлення.

Застосування електричних опалювальних приладів у приміщеннях категорії А та Б не дозволяється.

Для опалення невеликих приміщень, у тому числі пересувних побутових можуть застосовуватись масляні радіатори та нагрівальні електропанелі із закритими нагрівальними елементами:

Електрощити повинні бути оснащені схемою підключення споживачів з пояснювальними написами.

Електродвигуни, світильники, провід та розподільні пристрої треба регулярно очищувати від пилу згідно затвердженого графіку (1 раз на тиждень).

Не дозволяється:

- експлуатація кабелів з пошкодженою ізоляцією;
- залишати під напругою кабелі та проводи з неізольованими струмопровідними жилами;
- застосовувати саморобні подовжувачі;
- застосування для опалення приміщень саморобного електронагрівального обладнання;
- користуватись пошкодженими розетками, відгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами;
- використовувати світильники з лампами розжарювання без захисного суцільного скла (ковпака) в пожежонебезпечних зонах;
- складування горючих матеріалів на відстані до 1 м від електроустаткування;

- використання вимикачів, штепсельних розеток для підвішування одягу й інших предметів; заклеювати ділянки електропроводки папером та ін.
- використовувати побутові електронагрівальні прилади (чайники, кип'ятильники і т.і.) без негорючих підставок.

В усіх, незалежно від призначення приміщеннях, які після закінчення робіт замикаються і не контролюються черговим персоналом, в усіх електроустановках та електроприладах, а також у мережі живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, що за вимогою технології працюють цілодобово).

Основними причинами пожеж в електроустановках є:

- необережне поводження з вогнем;
- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;
- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки;
- іскріння в електроустановках;
- перевантаження та несправність обмоток електроустановок.

В цеху по ремонту пасажирських вагонів передбаченні такі протипожежні заходи: протипожежна сигналізація, пожежний водопровід, гідранти, протипожежні щити і вогнегасники. Пожежні гідранти повинні бути укомплектовані необхідним інвентарем, періодично (один раз на тиждень) перевірятися і в разі необхідності ремонтуватися.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі виконано проектування системи електропостачання ремонтного цеху по ремонту пасажирських вагонів.

Актуальність даної теми полягає у необхідності підвищення якості ремонту пасажирських вагонів, і, як наслідок, необхідності модернізації і реконструкції системи електропостачання, а також у потребі відповідності розроблюваної системи вдосконаленому технологічному процесу, що планується впровадити у новому цеху.

Розроблена система електропостачання дозволить забезпечити ефективне та надійне електропостачання ремонтного цеху пасажирських вагонів прийнятною виробничою потужністю на рік, захист обладнання у аварійних ситуаціях.

Проведений вибір трансформатора ($1600 \text{ кВ}\cdot\text{А}$), дозволить повноцінно ремонтувати пасажирські вагони. Також запропонована автоматична схема захисту електричних двигунів від перевантаження і перегріву, що дозволить здійснювати контроль по напрузі до 10 кВ .

Електрообладнання встановлене у цеху відповідає дійсним режимам роботи, однак за технічними даними обладнання вибране із значним запасом по потужності. Це пов'язано з тим, що метод впорядкованих діаграм, що використовується при розрахунках, дає результати з похибкою $\pm 10\%$.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Браславець, Андрій Олегович. Особливості проектування електропостачання промислового підприємства з урахуванням перспектив розвитку. MS thesis. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
2. Бабюк, С. М., Приймак, М. Д., & Паськів, Р. В. (2017). Підвищення енергоефективності підприємств за рахунок контролю характеристик режимів електропостачання. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 3, 90-91.
3. Бабюк, С. М., & В Пліс, Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.
4. Створене посилання: Електропостачання // ЕНЕРГО-ІНВЕСТ [Веб-сайт]. - Київ, 2022. - URL: <http://www.energo-invest.com.ua/designing/power-supply/> (дата звернення: 11.05.2023).
5. Закон України «Про електроенергетику» (введений Постановою Верховної Ради № 575/97–ВР від 16.1 0. 1997 року) // Відомості Верховної Ради України. – 1998. – № 1. – С. 1).
6. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
7. Технічна політика: Побудова та експлуатація електричних мереж. Технічна політика // Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Київ: ДП «НЕК «Укренерго», 2014. 250 с.
8. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. НПАОП 40.1– 1.21-98. – К.: Основа, 1998. – 380 с.
9. ДСТУ EN 50110-1:2019 Експлуатування електроустановок. Частина 1. Загальні вимоги (EN 50110-1:2013, IDT)

10. ДСТУ EN 61000-2-4:2017 Електромагнітна сумісність (ЕМС). Частина 2-4. Електромагнітна обстановка. Рівні сумісності щодо низькочастотних кондуктивних завад для промислових підприємств (EN 61000-2-4:2002, IDT; IEC 61000-2-4:2002, IDT)

11. Шестеренко, В. Є. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування / Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. — Київ, 2013. — 424 с.

12. Журахівський, А. В. "Оптимізація режимів електроенергетичних систем: навч. посібник для вузів." Львів: Видавництво Львівської політехніки (2010).

13. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23.

14. Orobchuk, B., Sysak, I., Babiuk, S., Rajba, T., Karpinski, M., Klos-Witkowska, A., ... & Gancarczyk, J. (2017, September). Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process. In 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) (Vol. 1, pp. 210-214). IEEE.

15. Буняк, О., Бабюк, С., & Сисак, І. (2019). Інтелектуальний пристрій автоматичного регулювання параметрів електромережі. Матеріали ІV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця, 268-270.

16. Буряк В. М. Експлуатація електрообладнання систем електропостачання [Текст] : навч. посіб. [для студ. електротехн. спец. вищ. навч. закл.] / В. М. Буряк. — 2-ге вид., переробл. та випр. — Х. : Тимченко, 2008.

17. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.