МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНЕ НЕКОМЕРЦІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО “ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ” ”

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Володимир КВАСНІКОВ

“\_\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ЗДОБУВАЧА** **ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»**

**Тема:** «СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ З РЕМОНТУ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ»

Виконавець студент групи Б-141-21-1-СЕ, Алексєєв Ярослав Ігорович \_\_\_\_\_\_\_\_

(студент, група , прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Керівник д.т.н., професор Квасніков Володимир Павлович \_\_\_\_\_\_\_\_

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Нормоконтролер к.е.н., доцент Квашук Дмитро Михайлович \_\_\_\_\_\_\_\_

(П.І.Б.) (підпис)

Київ 2025

**ДЕРЖАВНЕ НЕКОМЕРЦІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО “ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ” ”**

Кафедра: комп’ютеризованих електротехнічних систем та технологій

Освітній ступень: «Бакалавр»

Спеціальність: 141 «Енергетика, електротехніка та електромеханіка»,

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕСТ

Володимир КВАСНІКОВ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

Алексєєв Ярослав Ігорович

(П.ІБ. випускника)

1. Тема роботи «Система електропостачання цеху з ремонту нафтопереробного обладнання» затверджена наказом ректора від « 15» квітня 2025 р. № 540/ст

2. Термін виконання проєкту: з 19.05. 2025 р. по 22.06. 2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту: план підприємства переробки нафтопродуктів.

4. Зміст пояснювальної записки: Реферат; Вступ; Розділ 1; Розділ 2; Висновки.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: планувальна схема розміщення електроприймачів, трансформатор, розподільна силова шафа, автоматичні вимикачі.

6. Календарний план-графік

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Завдання | Термін  виконання | Підпис керівника |
| 1. | Ознайомлення з методикою розрахунку системи електропостачання | 19.05.2025 |  |
| 2. | Написання Вступу | 22.05.2025 |  |
| 3. | Написання Розділу 1 | 25.05.2025 |  |
| 4. | Написання Розділу 2 | 03.06.2025 |  |
| 5. | Розробка ілюстративної частини | 05.06.2025 |  |
| 6. | Написана висновків та рефератів | 10.06.2025 |  |
| 7. | Підготовка презентації та доповіді для захисту дипломної роботи | 15.06.2025 |  |

7. Дата видачі завдання: “20” квітня 2025 р.

Керівник дипломної роботи Володимир КВАСНІКОВ

(підпис) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання Ярослав АЛЕКСЄЄВ

(підпис) (П.І.Б.)

**РЕФЕРАТ**

Пояснювальна записка до дипломної роботи: «Система електропостачання цеху з ремонту нафтопереробного обладнання»: 58 сторінки, 12 рисунків, 20 таблиць, 7 посилань.

*Об’єкт дослідження*: Система електропостачання цеху з ремонту нафтопереробного обладнання.

*Мета роботи*: спроєктувати систему електропостачання для цеху з ремонту нафтопереробного обладнання зі встановленою потужністю технологічного обладнання, включаючи план підприємства, розташування електрообладнання, вибір силових шаф, автоматичних вимикачів.

Методи дослідження: Розрахункові методи для проєктування системи електропостачання (розрахунок потужностей, вибір обладнання).

Ключві слова: ЖИВЛЕННЯ, НАПРУГА, ПОТУЖНІСТЬ, ЦЕХ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СХЕМА, АВТОМАТИЧНИЙ ВИМИКАЧ.

**ЗМІСТ**

|  |  |
| --- | --- |
| ВСТУП ........................................................................................................ | 7 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИМОГ ДО СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ……………………………... | 8 |
| 1.1. Перелік електроприймачів для нафтопереробних підприємств | 8 |
| 1.2. Аналіз ступеня небезпеки приміщень та вибір категорії …….. | 10 |
| 1.3. Вибір основних електроприймачів, їх технічні характеристики ………………………………………………………. | 14 |
| 1.4. Методика визначення коефіцієнту навантаження та використання ………………………………………………………… | 16 |
| 1.5. Розрахунок коефіцієнтів навантаження та використання ……. | 20 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЦЕХУ З РЕМОНТУ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ З УРАХУВАННЯМ СУМАРНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЙОГО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ …………………………. | 22 |
| 2.1. Електроприймачі цеху, вибір напруги цехової мережі та розташування цехової трансформаторної підстанції ……………… | 22 |
| 2.2. Обчислення активної, реактивної та повної потужності електроприймачів і визначення струмів приєднання ……………... | 30 |
| 2.3. Розрахунок та вибір розрахункового навантаження пунктів розподілу електроенергії ……………………………………………. | 34 |
| 2.4. Розрахунок потужності робочого освітлення, аварійного освітлення та освітлення території …………………………………. | 40 |
| 2.5. Розрахунок всієї потужності та вибір трансформатора ………. | 44 |
| 2.6. **Вибір силових шаф та вимикачів ……………………………….** | 48 |
| ВИСНОВКИ ………………………………………………………….. | 57 |
| СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ……………………………………………………………… | 59 |

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

**ЕП** – електроприймач.

**ДСТУ** – Державний стандарт України

**ЦЕН** – центр електричного навантаження

**ЦТП** – цехова трансформаторна підстанція

**ПРЕ** – пункт розподілу електроенергії

**НН** – низька напруга

**ДБН** – Державні будівельні норми

**Вступ**

Проєктування системи електропостачання є одним із найважливіших етапів створення надійної енергетичної інфраструктури підприємства. Успішна реалізація цього завдання передбачає врахування низки факторів: від детального аналізу характеристик електроприймачів і вибору раціональної схеми живлення до техніко-економічного обґрунтування запропонованих технічних рішень.

У межах проєкту буде визначено перелік основних електроприймачів, проаналізовано їх технічні характеристики та умови експлуатації. Це дозволить сформувати схему енергоспоживання цеху. Окрему увагу буде приділено класифікації приміщень за вибухопожежною небезпекою, що є актуальним для об'єктів, пов’язаних з нафтопродуктами.

Проєкт передбачає виконання необхідних електротехнічних розрахунків, зокрема визначення потужності навантаження, струмів приєднання, а також вибір та розміщення обладнання. Також буде розраховано систему освітлення цеху, яка включає робоче, аварійне та зовнішнє освітлення.

Дипломна робота охоплює як теоретичну частину — з аналізом вихідних даних і нормативних документів, — так і практичну реалізацію рішення у вигляді структурної схеми та обґрунтованого підбору обладнання. Проєкт спрямований на створення ефективної, безпечної та енергетично збалансованої системи електропостачання ремонтного цеху.

**РОЗДІЛ 1**

**АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИМОГ ДО СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**1.1. Перелік електроприймачів для нафтопереробних підприємств**

У нафтопереробних підприємствах для забезпечення функціонування технологічних процесів та обладнання використовуються різноманітні електроприймачі, що забезпечують виконання основних етапів виробничих процесів. Вибір електроприймачів для таких підприємств залежить від специфіки виробництва, що включає потребу в безперебійному живленні обладнання, підвищені вимоги до безпеки, а також наявність вибухонебезпечних зон.

Згідно з матеріалами ІІ Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції СТЕЕСУМ-2019 [5], до основних електроприймачів, що застосовуються в процесах переробки нафти, належать:

* + - Насоси подачі сировини в трубчасті печі (крекінг-насоси) - використовуються для подачі нафтової сировини до нагрівальних установок, де відбувається її крекінг (розщеплення молекул);
    - Насоси подачі мастила до технологічних апаратів - необхідні для змащення рухомих частин технологічного обладнання, що дозволяє зменшити тертя та знос;
    - Компресори, вентилятори та газодувки технологічних установок - застосовуються для транспортування газів і парів у процесах каталітичного крекінгу, риформінгу, гідроочистки та інших;
    - Вентилятори продувки електродвигунів - використовуються для охолодження електроприводів у вибухонебезпечних зонах, щоб уникнути утворення вибухонебезпечних концентрацій;
    - Насосні установки водопостачання - забезпечують подачу води для охолодження, генерації пари, пожежогасіння та інших потреб;
    - Електронагрівачі - застосовуються для підігріву сировини або рідин на різних етапах технологічних процесів;
    - Електроприводи для автоматичних систем на наливних резервуарах – використовують для керування клапанами, засувками та іншими механізмами в автоматизованих системах;
    - Обладнання автоматизованих систем управління технологічними процесами – обладнання(комп’ютери, контролери, датчики), які живляться від електричної енергії і забезпечують автоматизацію процесів.

**1.2. Аналіз ступеня небезпеки приміщень та вибір категорії**

В цьому підрозділі для визначення категорії приміщення використано таблицю 1 з ДСТУ Б В.1.1-36:2016, яка містить критерії класифікації приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Оскільки в обраному приміщенні не будуть знаходитися вибухонебезпечні рідини, гази чи інші небезпечні матеріали, категорія цього приміщення відповідає категорії Д, що передбачає знижену пожежонебезпечність. Цей вибір обґрунтовано тим, що в приміщенні не містяться матеріали, здатні викликати вибух чи пожежу при взаємодії з іншими речовинами або умовами експлуатації.

Зважаючи на специфіку майбутнього розрахунку системи електропостачання для цеху з ремонту нафтопереробного обладнання, буде знехтувано вимогами розміщення електроприладів за нормативами для приміщень з підвищеною вибухопожежною небезпекою. Враховуючи, що в цьому приміщенні не передбачається розміщення вибухонебезпечних матеріалів, а завданням є лише розрахунок системи електропостачання, вимоги до розміщення електроприладів не будуть враховуватись, щоб зосередитись на проєктуванні електричної мережі для цеху.

Таблиця 1.2

Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою

|  |  |
| --- | --- |
| Категорія приміщення | Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) у приміщенні |
| А вибухопожежонебезпечна | Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не вище ніж 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газо-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, який перевищує 5 кПа, і/або речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа |
| Б вибухопожежонебезпечна | Горючі пил і/або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху вище ніж 28 °С, горючі рідини у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа. |
| В пожежонебезпечна | Горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини і матеріали |

Продовження таблиці 1.2

|  |  |
| --- | --- |
|  | (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 кожна перевищує 180 . Якщо питома пожежна навантага не перевищує 180 , то приміщення відноситься до категорії Д за умови виконання вимог пунктів 7.6.1, 7.6.5 та 7.6.8. |
| Г помірнопожежонебезпечна | Негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо |
| Д зниженоюпожежонебезпечна | Речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорії приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В |

Продовження таблиці 1.2

|  |
| --- |
| **Примітка 1.** Площу окремих ділянок для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів, що складають пожежну навантагу, визначають за розмірами проекції їх площі розміщення (складування), а також площі розливу під час розрахункової аварії на горизонтальну поверхню підлоги. У разі якщо граничні відстані між окремими ділянками, що містять складові пожежної навантаги, менші за мінімальні, які наведені у таблиці 4 та 7.6.5, 7.6.7 відповідно, то площу пожежної  **Примітка 2.** Якщо площа приміщення не перевищує 10 і в ньому знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) речовини і/або матеріали, зазначені в примітці 1, що складають пожежну навантагу під час розрахункової аварії, віднесення даного приміщення до певної категорії здійснюється за результатами розрахунків, викладених в 7.2-7.6. Розрахункова площа при визначенні питомої пожежної навантаги дорівнює фактичній площі приміщення  **Примітка 3.** Під час розрахунку пожежної навантаги за формулою (29), важкогорючі речовини і матеріали (відповідно до ГОСТ 12.1.044) включаються у розрахунок у тому випадку, якщо вони знаходяться разом з горючими речовинами і матеріалами. Якщо у приміщенні знаходяться тільки важкогорючі речовини і матеріали, приміщення відноситься до категорії Д. |

*(адаптовано за ДСТУ Б В.1.1-36:2016, таблиця 1)*

**1.3. Вибір основних електроприймачів, їх технічні характеристики**

Враховуючи виробниче призначення цеху з ремонту нафтопереробного обладнання, а також прийняту категорію приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення (категорія Д – зниженопожежонебезпечна), було обґрунтовано перелік основних електроприймачів, необхідних для забезпечення виконання типових ремонтних процесів.

Як було обґрунтовано у підрозділі 1.2, в обраному приміщенні не передбачається наявності вибухонебезпечних речовин, відповідно до критеріїв, наведених у таблиці 1 ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Приміщення класифікується як таке, що належить до категорії Д, отже, вимоги щодо вибухозахищеного виконання електрообладнання не застосовуються. Це дозволяє використовувати загальнопромислові електроприймачі у стандартному виконанні, що відповідає чинним нормативним документам і забезпечує економічно доцільне рішення для подальшого проєктування системи електропостачання.

Вибір електроприймачів здійснено на основі аналізу типових виробничих потреб підприємств нафтопереробної галузі, розглянутих у підрозділі 1.1. Ураховано основні процеси, що можуть виконуватися в ремонтному цеху, та передбачено відповідне обладнання, яке забезпечує їх реалізацію. У випадках, коли нормативна документація не містить конкретних вимог щодо складу електрообладнання для подібних приміщень, перелік електроприймачів, їх технічні характеристики та кількість визначено умовно, на підставі логічних припущень, технічної доцільності та на розсуд проєктанта.

Нижче наведено перелік основних електроприймачів, прийнятих для розрахунку системи електропостачання, а також їхні технічні характеристики.

Таблиця 1.3

Перелік основних електроприймачів для проєктування

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Назва електроприймача | Модель електроприймача | , кВт | , шт. |  |
| 1 | Насоси для рідин (мастила, технічні рідини) | К 100-80-160А | 11 | 2 | 0.9 |
| 2 | Електродвигуни для насосів | ВАО81-2 | 40 | 4 | 0.9 |
| 3 | Компресори (пневматичні системи) | ВК 30 PSMA | 22 | 3 | 0.85 |
| 4 | Лебідки електричні (підйомні механізми) | KCD-HD | 7.5 | 2 | 0.82 |
| 5 | Електроприводи для засувок та клапанів | BF-8021 | 30 | 3 | 0.91 |
| 6 | Пожежні насоси | BSD 150-315/2500 | 250 | 2 | 0.84 |
| 7 | Електродвигуни для мішалок та змішувачів | M2BAX 250SMA 4 | 55 | 3 | 0.83 |
| 8 | Насоси для рідин (мастила, технічні рідини) | 2BV6131 | 11 | 2 | 0.87 |

Примітки до таблиці 1.3:

– потужність одного електроприймача, кВт;

– кількість електроприймачів, шт.;

– коефіцієнт потужності.

**1.4. Методика визначення коефіцієнту навантаження та використання**

Для оцінки ефективності роботи електроприймачів важливим є обчислення коефіцієнтів навантаження та використання, які допомагають визначити реальні умови експлуатації та порівняти їх з номінальними характеристиками. Ці коефіцієнти використовуються для більш точного розрахунку енергоспоживання та оптимізації роботи електричних систем.

Коефіцієнт навантаження () – відношення фактичної потужності (), яку споживає електроприймач, до його максимальної потужності(). Цей коефіцієнт дозволяє оцінити, наскільки ефективно використовується потужність при роботі електроприймача в умовах конкретного навантаження.

Формула для розрахунку коефіцієнта навантаження:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.4.1) |

де: – фактична використовувана потужність електроприймача, Вт; – максимальна потужність електроприймача, Вт.

Коефіцієнт використання () – відношення час фактичного використання (), протягом якого працює електроприймач, до його максимально можливого часу використання (). Цей коефіцієнт дозволяє оцінити, наскільки ефективно використовуються електроприймачі в межах встановленого робочого часу.

Формула для розрахунку коефіцієнта використання:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.4.2) |

де: – фактично використовуваний час, год; – максимально можливий використовуваний час, год.

У зв’язку з відсутністю точних даних щодо максимальної потужності електроприймачів, у подальших розрахунках за максимальну потужність () приймається їхня номінальна потужність, що відповідає нормальній роботі обладнання. Фактична потужність () для кожного електроприймача визначається умовно, відповідно до характеру його роботи у виробничому процесі.

У реальних умовах частина електроприймачів (зокрема, пожежні насоси, електроприводи для засувок, компресори тощо) може працювати в черговому режимі, коли пристрій перебуває у стані готовності, але не споживає повну номінальну потужність. Проте в рамках даного проєкту з метою спрощення та уніфікації розрахунків системи електропостачання, усі електроприймачі розглядаються як такі, що функціонують у робочому режимі з відповідним споживанням потужності. Такий підхід дозволяє врахувати максимальне навантаження на мережу та забезпечити необхідний запас надійності при проєктуванні електропостачання підприємства.

Щодо коефіцієнта використання, фактичний час роботи електроприймачів () також задається умовно – з урахуванням передбачуваної інтенсивності використання. Для визначення максимально можливого часу використання () приймається типовий графік роботи підприємства: 8 годин на день, 5 днів на тиждень, що становить 40 годин на тиждень. Такий режим роботи відповідає нормам, встановленою статтею 50 Кодексу законів про працю України, де зазначено, що нормальна тривалість робочого часу працівника не може перевищувати 40 годин на тиждень.

Оскільки календарний рік містить 365 днів, то кількість тижнів у році буде:

Максимальний час роботи за рік () обчислюється як:

Отже, максимальний час роботи електроприймача за рік становить 2085.7 годин.

Отримані вихідні дані для кожного електроприймача, частина з яких визначена на основі попередніх розрахунків, а частина обрана умовно, наведені у таблиці 1.4. Ці дані будуть використані для подальших розрахунків коефіцієнтів навантаження та використання.

Таблиця 1.4

Вихідні дані для розрахунку коефіцієнтів навантаження та використання електроприймачів

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Назва електроприймача | , кВт | , кВт | , год | , год |
| 1 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 11 | 10 | **2085.7** | 1654 |
| 2 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 11 | 9.7 | **2085.7** | 1600 |
| 3 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 40 | 38.5 | **2085.7** | 1934 |
| 4 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 40 | 38 | **2085.7** | 1900 |
| 5 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 40 | 37.5 | **2085.7** | 1834 |
| 6 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 40 | 37 | **2085.7** | 1467 |
| 7 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 22 | 21 | **2085.7** | 1978 |
| 8 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 22 | 20.6 | **2085.7** | 1789 |
| 9 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 22 | 20.4 | **2085.7** | 1750 |
| 10 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 7.5 | 7.35 | **2085.7** | 2050 |
| 11 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 7.5 | 7.25 | **2085.7** | 1650 |

Продовження Таблиці 1.4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 12 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 30 | 29 | **2085.7** | 1954 |
| 13 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 30 | 28.4 | **2085.7** | 1943 |
| 14 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 30 | 28 | **2085.7** | 1864 |
| 15 | Пожежний насос BSD 150-315/2500 | 250 | 247 | **2085.7** | 2000 |
| 16 | Пожежний насос BSD 150-315/2500 | 250 | 245 | **2085.7** | 1897 |
| 17 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 55 | 54.2 | **2085.7** | 2032 |
| 18 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 55 | 54 | **2085.7** | 1954 |
| 19 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 55 | 53.5 | **2085.7** | 1678 |
| 20 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 11 | 10.3 | **2085.7** | 1987 |
| 21 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 11 | 9.7 | **2085.7** | 1890 |

**1.5. Розрахунок коефіцієнтів навантаження та використання**

На основі вихідних даних, наведених у таблиці 1.4, та формул, розглянутих у підрозділі 1.4, у цьому розділі виконується поетапний розрахунок коефіцієнтів навантаження та використання для кожного з електроприймачів.

Для зручності формули коефіцієнтів наведено нижче повторно:

|  |
| --- |
|  |
|  |

Коефіцієнти навантаження та використання для кожного електроприймача розраховані за формулами, наведеними вище в цьому розділі, за допомогою програмного забезпечення Mathcad. Результати обчислень коефіцієнтів для 21 електроприймачів наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Результати розрахунку кофіцієнтів навантаження та використання

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Назва електроприймача |  |  |
| 1 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 0.909 | 0.793 |
| 2 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 0.882 | 0.767 |
| 3 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 0.963 | 0.927 |
| 4 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 0.95 | 0.911 |
| 5 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 0.938 | 0.879 |
| 6 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 0.925 | 0.703 |

Продовження таблиці 1.5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 7 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 0.955 | 0.948 |
| 8 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 0.936 | 0.858 |
| 9 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 0.927 | 0.839 |
| 10 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 0.98 | 0.983 |
| 11 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 0.967 | 0.791 |
| 12 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 0.967 | 0.937 |
| 13 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 0.947 | 0.932 |
| 14 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 0.933 | 0.894 |
| 15 | Пожежний насос BSD 125-315/1850 | 0.988 | 0.988 |
| 16 | Пожежний насос BSD 125-315/1850 | 0.98 | 0.98 |
| 17 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 0.985 | 0.974 |
| 18 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 0.982 | 0.937 |
| 19 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 0.973 | 0.805 |
| 20 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 0.936 | 0.953 |
| 21 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 0.882 | 0.906 |

**РОЗДІЛ 2**

**РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЦЕХУ З РЕМОНТУ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ З УРАХУВАННЯМ СУМАРНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЙОГО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ**

**2.1 Електроприймачі цеху, вибір напруги цехової мережі та розташування цехової трансформаторної підстанції**

Для розрахунку системи електропостачання цеху з ремонту нафтоперереробного обладнання в даному підрозділі буде використовуватися робоча потужність електроприймачів, обрана на власний розсуд, як зазначено в підрозділі 1.4. Коефіцієнт потужності для кожного електроприймача був взятий з паспорту, а коефіцієнти навантаження та використання були обраховані в 1.5 підрозділі. Оскільки робоча потужність електроприймачів є нижчою за максимальну, коефіцієнт потужності вважається сталим при зміні активної потужності.

У таблиці 2.1.1 наведено коефіцієнти потужності, коефіцієнти навантаження та коефіцієнти використання для всіх електроприймачів. Окрім таблиці, у підрозділі також подано основні вихідні дані, що характеризують систему електропостачання підприємства. Ці дані будуть використовуватися при подальших розрахунках електросистеми.

Система електропостачання цеху, що здійснює ремонт нафтопереробного обладнання, характеризується наступними технічними показниками:

* Напруга первинної обмотки трансформаторної підстанції становить 10 кВ;
* Максимально можливий річний час роботи електроприймача становить 2085.7 годин;
* Струм трифазного короткого замикання з боку високої напруги центральної ТП становить 9.9 кА;
* Графік роботи підприємства передбачає п’ятиденний робочий тиждень по 8 годин на день;
* Тижнева тривалість робочої зміни становить 40 годин;

Таблиця 2.1.1

Вихідні дані для розрахунків системи електропостачання

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Електроприймачі(ЕП) | ,кВт |  | , % | ,% |
| 1 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 10 | 0.9 | 0.909 | 0.793 |
| 2 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 9.7 | 0.9 | 0.882 | 0.767 |
| 3 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 38.5 | 0.9 | 0.963 | 0.927 |
| 4 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 38 | 0.9 | 0.95 | 0.911 |
| 5 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 37.5 | 0.9 | 0.938 | 0.879 |
| 6 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 37 | 0.9 | 0.925 | 0.703 |
| 7 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 21 | 0.85 | 0.955 | 0.948 |
| 8 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 20.6 | 0.85 | 0.936 | 0.858 |
| 9 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 20.4 | 0.85 | 0.927 | 0.839 |
| 10 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 7.35 | 0.82 | 0.98 | 0.983 |
| 11 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 7.25 | 0.82 | 0.967 | 0.791 |
| 12 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 29 | 0.91 | 0.967 | 0.937 |

Продовження таблиці 2.1.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 13 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 28.4 | 0.91 | 0.947 | 0.932 |
| 14 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 28 | 0.91 | 0.933 | 0.894 |
| 15 | Пожежний насос BSD 125-315/1850 | 247 | 0.84 | 0.988 | 0.959 |
| 16 | Пожежний насос BSD 125-315/1850 | 245 | 0.84 | 0.98 | 0.91 |
| 17 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 54.2 | 0.83 | 0.985 | 0.974 |
| 18 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 54 | 0.83 | 0.982 | 0.937 |
| 19 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 53.5 | 0.83 | 0.973 | 0.805 |
| 20 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 10.3 | 0.87 | 0.936 | 0.953 |
| 21 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 9.7 | 0.87 | 0.882 | 0.906 |

де: – робоча потужність електроприймача, - коефіцієнт потужності електроприймача, - коефіцієнт навантаження, – коефіцієнт використання.

Основне призначення електроприймачів у цеху з ремонту нафтопереробного обладнання:

* **Насоси для рідин (мастила, технічні рідини)** призначені для перекачування мастильних матеріалів, технічних рідин та охолоджуючих сумішей під час ремонту та обслуговування обладнання.
* **Електродвигуни для насосів** забезпечують обертання насосів, що використовуються у технологічних процесах з перекачування рідин.
* **Компресори** слугують для створення стисненого повітря, яке застосовується для роботи пневмоінструменту, продування та керування пневматичними системами.
* **Лебідки електричні** використовуються для підйому, опускання та переміщення важких вузлів і агрегатів при демонтажі та монтажі обладнання.
* **Електроприводи для засувок та клапанів** забезпечують автоматизоване відкривання і закривання трубопровідної арматури в процесах ремонту та налаштування обладнання.
* **Пожежні насоси** входять до складу системи протипожежного захисту цеху і призначені для подачі води або спеціальних рідин при виникненні пожежі.
* **Електродвигуни для мішалок та змішувачів** використовуються для приготування та перемішування технічних рідин і сумішей, що застосовуються в ремонтному процесі.

З метою забезпечення стабільного функціонування всіх електроприймачів цеху підприємства, що спеціалізується на ремонті нафтопереробного обладнання, одним із першочергових завдань є обґрунтований вибір номінальної напруги живлення електричної мережі. Враховуючи необхідність дотримання вимог безпечної експлуатації як самої мережі, так і підключеного до неї обладнання, у рамках даного дослідження прийнято рішення про використання напруги 380 В.

Ефективне розташування цехової трансформаторної підстанції (ЦТП) є важливим фактором оптимізації системи електропостачання підприємства. Для прийняття обґрунтованого рішення щодо її місця розташування необхідно попередньо визначити координати центру електричних навантажень (ЦЕН). У межах даного проєкту електроприймачі розміщуються довільно, на розсуд автора, без урахування нормативних вимог до їх просторового розташування. Такий підхід обрано з метою виконання технічних розрахунків, що відповідає основній меті проєкту.

Візуалізація отриманих даних буде здійснено у вигляді таблиці 2.1.2, що відображає координати електроприймачів та на рисунку 2.1, де представлено планувальну схему приміщення.

Таблиця 2.1.2

Координати розташування електроприймачів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Електроприймачі(ЕП) | ,кВт |  |
| 1 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 10 | (1, 2) |
| 2 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 9.7 | (1, 16) |
| 3 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 38.5 | (1, 14) |
| 4 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 38 | (2, 14) |
| 5 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 37.5 | (1, 4) |
| 6 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 37 | (2, 4) |
| 7 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 21 | (8, 4) |
| 8 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 20.6 | (8, 9) |
| 9 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 20.4 | (8, 14) |
| 10 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 7.35 | (12, 6.5) |
| 11 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 7.25 | (12, 11.5) |
| 12 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 29 | (4, 3) |
| 13 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 28.4 | (4, 15) |

Продовження таблиці 2.1.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 14 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 28 | (1, 9) |
| 15 | Пожежний насос BSD 125-315/1850 | 247 | (23, 16) |
| 16 | Пожежний насос BSD 125-315/1850 | 245 | (23, 2) |
| 17 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 54.2 | (16, 4) |
| 18 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 54 | (16, 9) |
| 19 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 53.5 | (16, 14) |
| 20 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 10.3 | (4, 17) |
| 21 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 9.7 | (4, 1) |
| 22 | ЦЕН | 1006.4 | (15, 9) |

Розмір приміщення становить 24 х 18 х 8 м (довжина х ширина х висота).



Рис. 2.1. Планувальна схема розміщення електроприймачів в цеху з ремонту нафтопереробного обладнання

Процедура визначення ЦЕН базується на використанні умовної системи координат, що містить вираз:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1.1) |
|  | (2.1.2) |

Результати обчислень, проведених за допомогою програмного середовища Mathcad, представлені нижче:

Оптимальне місце для розміщення цехової трансформаторної підстанції (ЦТП) на плані цеху визначається вектором, спрямованим від центру електричних навантажень (ЦЕН) до джерела живлення, при цьому розглядається можливість встановлення підстанції безпосередньо в районі ЦЕН за умови відсутності перешкод виробничому процесу на цеху з ремонту нафтообладнання. Серед доступних варіантів виконання ЦТП – зовнішнє, прибудоване та окремо розташоване – для даного випадку найбільш раціональним є вибір прибудованого типу, що мінімізує втрати електроенергії, спрощує обслуговування та може бути економічно вигідним.

На основі отриманих результатів обчислень, таблицю 2.1.2 буде доповнено даними щодо розташування центру електричних навантажень (ЦЕН). Відповідно, на рисунку 2.1 також буде відображено положення точки ЦЕН та вектором напряму живлення.

**2.2. Обчислення активної, реактивної та повної потужності електроприймачів і визначення струмів приєднання**

У цьому підрозділі виконується визначення активної, реактивної та повної потужності для електроприймачів, що використовуються в технологічному процесі. Також обчислюється відповідний струм для кожного електроприймача. У таблиці 2.1.1 наведено вихідні дані, які необхідні для обчислення: потужність навантаження електроприймача, коефіцієнт потужності та коефіцієнт навантаження.

Активна, реактивна і повна потужність для кожного електроприймача обчислюється за допомогою наступних формул, поданих одна під одною для зручності:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2.1) |
|  | (2.2.2) |
|  | (2.2.3) |

де: – активна потужність, кВт; – реактивна потужність, кВАр; – повна потужність, кВА.

Для визначення струму електроприймачів застосовується формула для трифазного навантаження:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2.4) |

де: – струм, А; – напруга навантаження на електроприймачі, В.

Для розрахунків системи електропостачання було прийнято напругунавантаження 380 В, що є стандартною номінальною лінійною напругою для трифазних електричних систем в промислових підприємствах. Це значення є характерним для більшості промислових мереж, що використовуються в Україні та інших країнах, зокрема для підключення трансформаторів, електродвигунів та іншого технологічного обладнання.

Дане значення також було взято з технічних даних обладнання, яке використовується в даному проєкті, де також вказано, що напруга живлення становить 380 В. Врахування цієї стандартної напруги в розрахунках дозволяє забезпечити точність і відповідність нормативам для проєктування електричних систем підприємства.

Обчислення для 21 електроприймача виконано відповідно до наведених формул. Усі результати зведено в таблицю, де представлено номінальну потужність, коефіцієнт потужності, коефіцієнт навантаження, активну потужність, реактивну потужність, повну потужність та струм.  
Розрахунки виконано в середовищі Mathcad, що забезпечує точність обчислень.  
Нижче наведено таблицю з отриманими результатами (табл. 2.2).

**Таблиця 2.2**

Розраховані значення потужностей і струму для електроприймачів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Електроприймачі(ЕП) | ,кВт |  | , % | , кВт | , кВАр | , кВА | , A |
| 1 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 10 | 0.9 | 0.909 | 9.09 | 4.402 | 10.1 | 15.345 |
| 2 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) К 100-80-160А | 9.7 | 0.9 | 0.882 | 8.555 | 4.144 | 9.506 | 14.443 |
| 3 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 38.5 | 0.9 | 0.963 | 37.075 | 17.956 | 41.195 | 62.589 |
| 4 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 38 | 0.9 | 0.95 | 36.1 | 17.484 | 40.111 | 60.943 |
| 5 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 37.5 | 0.9 | 0.938 | 35.175 | 17.036 | 39.083 | 59.381 |
| 6 | Електродвигун для насосів ВАО81-2 | 37 | 0.9 | 0.925 | 34.225 | 16.576 | 38.028 | 57.777 |
| 7 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 21 | 0.85 | 0.955 | 20.055 | 12.429 | 23.594 | 35.848 |
| 8 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 20.6 | 0.85 | 0.936 | 19.282 | 11.95 | 22.684 | 34.465 |
| 9 | Компресор (пневматична система) ВК 30 PSMA | 20.4 | 0.85 | 0.927 | 18.911 | 11.72 | 22.248 | 33.802 |
| 10 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 7.35 | 0.82 | 0.98 | 7.203 | 5.028 | 8.784 | 13.346 |
| 11 | Лебідка електрична (підйомний механізм) KCD-HD | 7.25 | 0.82 | 0.967 | 7.011 | 4.894 | 8.55 | 12.99 |
| 12 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 29 | 0.91 | 0.967 | 28.043 | 12.777 | 30.816 | 46.821 |

Продовження таблиці 2.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 13 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 28.4 | 0.91 | 0.947 | 26.895 | 12.254 | 29.555 | 44.904 |
| 14 | Електропривод для засувок та клапанів BF-8021 | 28 | 0.91 | 0.933 | 26.124 | 11.902 | 28.708 | 43.617 |
| 15 | Пожежний насос BSD 125-315/1850 | 247 | 0.84 | 0.988 | 244 | 157.63 | 290.52 | 441.4 |
| 16 | Пожежний насос BSD 125-315/1850 | 245 | 0.84 | 0.98 | 240.1 | 155.09 | 285.83 | 434.28 |
| 17 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 54.2 | 0.83 | 0.985 | 53.387 | 35.876 | 64.322 | 97.727 |
| 18 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 54 | 0.83 | 0.982 | 53.028 | 35.635 | 63.889 | 97.07 |
| 19 | Електродвигун для мішалок та змішувачів M2BAX 250SMA 4 | 53.5 | 0.83 | 0.973 | 52.056 | 34.982 | 62.717 | 95.289 |
| 20 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 10.3 | 0.87 | 0.936 | 9.641 | 5.464 | 11.081 | 16.836 |
| 21 | Насос для рідин (мастила, технічні рідини) 2BV6131 | 9.7 | 0.87 | 0.882 | 8.555 | 4.849 | 9.834 | 14.941 |

**2.3. Розрахунок та вибір розрахункового навантаження пунктів розподілу електроенергії**

У зв'язку з великою сумарною встановленою потужністю електроприймачів ремонтного цеху, яка становить 1006,4 кВт, для забезпечення надійної та ефективної роботи системи електропостачання було прийнято рішення розподілити навантаження між кількома пунктами розподілу електроенергії (ПРЕ). Такий підхід дозволяє зменшити струмове навантаження на кожен окремий ПРЕ, уникнути перевантаження кабельних і комутаційних ліній, а також оптимізувати вибір захисної апаратури та зменшити витрати на електромонтажні роботи.

Розподіл електроприймачів здійснено з урахуванням їх потужності, функціонального призначення та розташування в межах цеху. Зокрема, потужні агрегати, такі як електродвигуни змішувачів, були об’єднані в окремий ПРЕ-1 (фіолетовий колір). Компресори, пожежний насос та приводне обладнання розміщено в ПРЕ-2 (оранжевий колір), а дрібні насоси, пожежний насос та допоміжні споживачі — в ПРЕ-3 (зелений колір). Таке поділення дозволяє забезпечити більш гнучке управління енергопостачанням та підвищити ефективність роботи системи.

Нижче наведено рисунок 2.3, на якому показано, як кожен електроприймач входить до свого відповідного пункту розподілу електроенергії (ПРЕ).

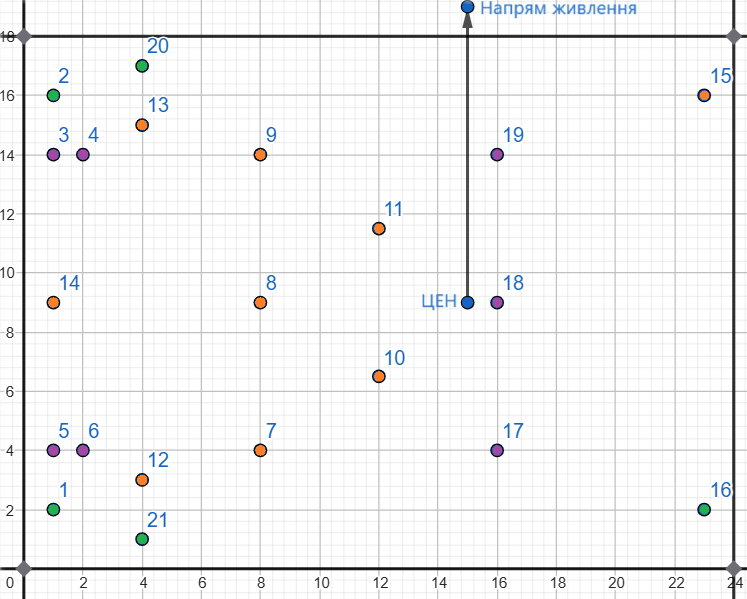


Рис. 2.3. Розподіл електроприймачів по пунктам розподілу електроенергії (ПРЕ) з кольоровим маркуванням

Для кожного пункту розподілу електроенергії (ПРЕ) будуть виконані наступні розрахунки, які будуть вказані в таблиці 2.3.2. Для обчислення за формулою 2.3.5 використовується коефіцієнт розрахункового максимуму навантаження, який визначається за табличними даними. Його значення вибирається залежно від ефективного числа, коефіцієнта навантаження та від навантаження цеху. Тривалість максимального навантаження () приймається 2.5 год., що відповідає стабільному режиму роботи без значних пікових навантажень.

Відповідно до цього, для подальших розрахунків використовується адаптована таблиця 1.2 [Бурбело М.Й., Проєктування систем електропостачання. Приклади розрахунків], що подана нижче як таблиця 2.3.1.

Таблиця 2.3.1

Значення коефіцієнтів розрахункового максимуму навантаження для шин НН цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів напругою до 1000 В (при )

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | | | | | |
| 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| 1 | 8.00 | 5.33 | 4.00 | 2.67 | 2.00 | 1.60 | 1.33 | 1.14 |
| 2 | 5.01 | 3.44 | 2.69 | 1.90 | 1.52 | 1.24 | 1.11 | 1.00 |
| 3 | 2.40 | 2.17 | 1.80 | 1.42 | 1.23 | 1.14 | 1.08 | 1.00 |
| 4 | 2.28 | 1.73 | 1.46 | 1.19 | 1.06 | 1.03 | 1.00 | 0.97 |
| 5 | 1.31 | 1.12 | 1.02 | 1.00 | 0.98 | 0.96 | 0.94 | 0.93 |
| 6–8 | 1.20 | 1.00 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.91 |
| 9–10 | 1.10 | 0.97 | 0.91 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 10–25 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.90 | 0.90 |
| 25–50 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.85 |
| >50 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.70 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.80 |

*Адаптовано відповідно до проєктної частини; числові значення наведені згідно з таблицею 1.2 [Бурбело М.Й.,* Проєктування систем електропостачання. Приклади розрахунків*].*

Таблиця 2.3.2

Формули для розрахунку потужностей, коефіцієнтів та електричних параметрів пункту розподілу електроенергії (ПРЕ)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Опис формули | Формула | Номер |
| Визначення сумарної встановленої потужності ПРЕ |  | (2.3.1) |
| Сума добутків потужності електроприймачів на коефіцієнт їх використання |  | (2.3.2) |
| Коефіцієнт використання потужності |  | (2.3.3) |
| Ефективне число електроприймачів |  | (2.3.4) |
| Активна потужність |  | (2.3.5) |
| Співвідношення між реактивною і активною потужністю |  | (2.3.6) |
| Реактивна потужність при |  | (2.3.7) |
| Реактивна потужність при |  | (2.3.8) |
| Повна потужність |  | (2.3.9) |
| Коефіцієнт потужності |  | (2.3.10) |
| Струм навантаження |  | (2.3.11) |

Нижче наведено таблиці з розрахунками потужностей, коефіцієнтів та електричних параметрів відповідно до їх закріплення за пунктами розподілу електроенергії (ПРЕ).

Таблиця 2.3.3

Розрахунок потужностей, коефіцієнтів та електричних параметрів для кожного ПРЕ та сума для всієї системи

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПРЕ-№ | № електроприймача | , шт. | , кВт |  |  |  | , кВт | , кВАр | , кВА |  | , А |
| 1 | 3, 4, 5, 6, 17, 18, 19 | 7 | 312.7 | 0.882 | 6.782 | 0.91 | 250.92 | 177.14 | 307.15 | 0.817 | 466.66 |
| 2 | 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 | 9 | 409 | 0.837 | 2.58 | 1 | 383.2 | 254.97 | 460.28 | 0.833 | 699.32 |
| 3 | 1, 2, 16, 20, 21 | 5 | 284.7 | 0.902 | 1.342 | 1.14 | 292.89 | 178.2 | 342.84 | 0.854 | 520.9 |
| 1, 2, 3 | Всі | 21 | 1006 | 0.91 | 7.25 | 0.91 | 927.02 | 610.31 | 1109.88 | 0.835 | 1686.29 |

Таблиця 2.3.4

Загальний розрахунок потужностей та електричних параметрів для системи без використання підсумкових даних ПРЕ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПРЕ-№ | № електроприймача | , шт. | , кВт |  |  |  | , кВт | , кВАр | , кВА |  | , А |
| 1, 2, 3 | Всі | 21 | 1006 | 0.91 | 7.252 | 0.91 | 833.44 | 610.31 | 1033 | 0.807 | 1569.49 |

У процесі проєктування системи електропостачання підприємства був проведений розрахунок потужностей кожного пункту розподілу електроенергії (ПРЕ), з урахуванням встановленої потужності електроприймачів, їх кількості, коефіцієнтів використання та коефіцієнтів розрахункового максимуму навантаження.

У результаті сумарна активна потужність для ПРЕ склала 927.02 кВт, що є вищим за значення, отримане за допомогою загального підходу (833.44 кВт). Різниця між цими значеннями становить приблизно 11.2 %, що свідчить про наявність суттєвої похибки при використанні коефіцієнтів у загальному підході.

У зв’язку з цим, з метою забезпечення надійності електропостачання та виключення ризику перевантаження електромережі, було прийнято рішення використовувати суму розрахункових потужностей для всіх ПРЕ як основне проєктне навантаження.

Такий підхід дозволяє гарантувати відповідність системи умовам максимально можливого навантаження в реальних умовах експлуатації, а також може слугувати засобом перевірки правильності розрахунків — аналіз відхилень дозволяє вчасно виявити можливі помилки або неточності у вихідних даних чи формулах.

**2.4. Розрахунок потужності робочого освітлення, аварійного освітлення та освітлення території**

У цьому підрозділі буде виконано розрахунок потужності робочого освітлення, аварійного освітлення та освітлення території. Розрахунки виконуються для визначення необхідної встановленої потужності світильників у цеху Таблиця формул для подальших обрахунків подана нижче.

Таблиця 2.4.1

Формули для розрахунку освітлення

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Опис формули | Формула | Номер |
| Площа приміщення по х та у |  | (2.4.1) |
| Навантаження встановленого освітлення |  | (2.4.2) |
| Активна потужність робочого освітлення |  | (2.4.3) |
| Реактивна потужність робочого освітлення |  | (2.4.4) |
| Повна потужність робочого освітлення |  | (2.4.5) |
| Струм робочого освітлення |  | (2.4.6) |
| Активна потужність аварійного освітлення |  | (2.4.7) |
| Реактивна потужність аварійного освітлення |  | (2.4.8) |
| Активна потужність освітлення території |  | (2.4.9) |
| Реактивна потужність освітлення території |  | (2.4.10) |

Для подальших обрахунків потрібно визначити деякі параметри:

S - площа приміщення, . Обчислюється як добуток довжини () та ширини () цеху за формулою 2.4.1.

– коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі. Визначається від різновиду світильника з таблиці 2.4.2.

Таблиця 2.4.2

Різновид світильників та їх коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі

|  |  |
| --- | --- |
| Різновид світильника |  |
| Дугова ртутна лампа високого тиску | 1.1 |
| Люмінісцентні-стартерні | 1.2 |
| Люмінісцентні-безстартерні | 1.3-1.35 |

*Складено за коефіцієнтами втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі згідно з джерелом [1].*

Найімовірніше, у виробничому приміщенні для освітлення використовуються люмінісцентні безстартерні світильники, оскільки вони мають ряд переваг. По-перше, ці світильники забезпечують стабільне освітлення без миготіння, що важливо для зручності роботи. По-друге, вони характеризуються високою енергоефективністю, що дозволяє знижувати витрати на електроенергію. Крім того, люмінісцентні безстартерні світильники часто використовуються в умовах, де важлива безперервна робота, зокрема, в ремонтних виробництвах, де відсутність перерв у освітленні є критично важливою для забезпечення безпеки та ефективності праці.

– коефіцієнт потужності світильників, що визначає ефективність використання електричної потужності. Для люмінісцентних світильників без стартерів цей коефіцієнт дорівнює 0,95.

– питома потужність освітлення, Вт/. Значення визначається відповідно до таблиці 8.6 ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [2].

Для вибору питомої потужності освітлення в ремонтному цеху нафтопереробного обладнання необхідно спочатку визначити категорію зорової роботи. Згідно з розмірами об'єктів розпізнавання, що застосовуються в цьому цеху (від 0,3 до 1 мм), роботи відносяться до **розряду III зорової роботи** (висока точність) та **розряду IV зорової роботи** (середня точність). Вибір освітленості здійснюється відповідно до **таблиці 5.1 ДБН В.2.5-28:2018**, що передбачає мінімальну освітленість для ремонтних майстерень. Оскільки роботи, виконувані в цьому цеху, потребують високої точності, мінімальна освітленість має становити **400 лк**. Далі необхідно визначити індекс приміщення за формулою **2.4.11**, що дозволяє уточнити оптимальні параметри освітлення для робочої поверхні.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4.11) |

де: – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Оскільки в дипломній роботі не враховуються додаткові фактори, такі як висота стелажів чи підвісних світильників, для розрахунку освітленості приміщення використовується висота самого приміщення м.

Розрахунок індексу приміщення наведено нижче:

Значення коефіцієнта індексу приміщення становить приблизно 1.286, що за таблицею 8.6 ДБН В.2.5-28:2018 наближається до значення 1.25. Знаючи освітленість цеху, яка дорівнює 400 лк, та коефіцієнт індексу приміщення, можна визначити питому потужність освітлення (), яка становить 13 Вт/.

– коефіцієнт попиту освітлювального навантаження. Визначається з таблиці 2.4.3.

Таблиця 2.4.3

Коефіцієнти попиту освітлювального навантаження

|  |  |
| --- | --- |
| Освітлення | Коефіцієнт попиту освітлювального навантаження |
| Великі виробничі приміщення () | 0.95 |
| Невеликі виробничі приміщення () | 0.8 |
| Склади, підстанції | 0.6 |
| Аварійне освітлення | 1 |

*Складено за коефіцієнтами попиту освітлювального навантаження згідно з джерелом [1].*

Для розрахунку аварійного освітлення використано коефіцієнт попиту освітлювального навантаження, рівний **1**. Для всіх інших типів освітлення в приміщенні застосовано коефіцієнт попиту **0.95**.

**Тепер, коли всі необхідні параметри визначені, розрахунки подано в таблиці 2.4.4.** У таблиці наведені обрахунки потужності освітлення для ремонтного цеху з урахуванням всіх визначених параметрів.

Таблиця 2.4.4

Обрахунки потужності освітлення для ремонтного цеху (робоче, аварійне та освітлення території)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Освітлення | P, кВт | Q, кВАр | S, кВА | I, А |
| Робоче | 7.07 | 2.32 | 7.44 | 11.31 |
| Аварійне | 0.744 | 0.024 | 0.74 | 1.13 |
| Території(ззовні) | 0.707 | 0.023 | 0.71 | 1.07 |

**2.5. Розрахунок всієї потужності та вибір трансформатора**

У цьому підрозділі буде виконано розрахунок сумарного навантаження ремонтного цеху підприємства з обслуговування та ремонту нафтопереробного обладнання. Також буде здійснено вибір трансформатора відповідно до отриманих значень потужності.

Для зручності подальших розрахунків та кращого розуміння використовуваних параметрів складемо узагальнену таблицю 2.5.1 з вихідними даними щодо електроприймачів, які були проаналізовані в попередніх підрозділах.

Таблиця 2.5.1

Вихідні дані для розрахунку сумарного навантаження цеху

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування навантаження | , кВт | , кВАр | , кВА | , А |
| ПРЕ 1, 2, 3 | 927.02 | 610.31 | 1109.88 | 1686.29 |
| Робоче | 7.07 | 2.32 | 7.44 | 11.31 |
| Аварійне | 0.744 | 0.024 | 0.74 | 1.13 |
| Території(ззовні) | 0.707 | 0.023 | 0.71 | 1.07 |

На основі вихідних даних, наведених у таблиці 2.5.1, було виконано розрахунок суму активної, реактивної, повної потужності та струму.

Результати розрахунків сумарних навантажень та струму наведено нижче:

- 935.54 кВт;

- 612.68 кВАр;

- 1118.77 кВА;

- 1699.8 А.

Для подальшого вибору ЦТП враховується розрахункове навантаження та площа приміщення для визначення питомої густини навантаження () за формулою 2.5.1.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5.1) |

де: – питома густина навантаження, ; – сума повної потужності цеху, кВА; – площа цеху по осях та .

Розрахунок наведено нижче:

У таблиці 2.5.3 наведені умови для вибору кількості підстанцій.

Таблиця 2.5.3

Умови для вибору кількості підстанцій. Таблиця створена на основі текстового опису в (створена на основі матеріалів М.Й. Бурбело, 2005)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Умова | Трансформатор |  |
|  | Однотрансформаторний | 1 |
|  | Двотрансформаторний | 2 |

У випадку цього проєкту приблизно дорівнює 2.59 , що є більше за 0.4 . Тому за таблицею 2.5.3 кількість підстанцій () буде дорівнювати 2.

Для подальших обрахунків потрібно обрати коефіцієнт навантаження трансформаторів (). Коефіцієнт обирається від категорії споживачів. Таблиця 2.5.4 категорії споживачів наведена нижче.

Таблиця 2.5.4

Категорія споживачів (створена на основі матеріалів М.Й. Бурбело, 2005)

|  |  |
| --- | --- |
| Категорія |  |
| VI – лінії 110 (35) кВ | - |
| V – шини ГПП 10 (6) кВ | - |
| IV – шини РП 10 (6) кВ | - |
| III – шини 0.38 кВ ТП | 0.8-0.85 |
| II – розподільні щити, пункти, шинопроводи | 0.8-0.85 |
| I – окремі електроприймачі | 0.7-0.75 |

У даному випадку споживачі працюють при номінальній напрузі 380 В, що є стандартом для більшості електроприймачів низької напруги. Згідно з таблицею 2.5.4, коефіцієнт навантаження трансформатора буде прийматись за 0.825.

Мінімальна необхідна потужність трансформатора знаходиться за формулою нижче:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5.2) |

Підставивши відомі значення, отримаємо:

Для забезпечення нормальної роботи трансформатора його номінальну потужність () необхідно вибирати з урахуванням запасу відносно мінімальної необхідної потужності (). При цьому повинна виконуватися умова (2.5.3):

|  |  |
| --- | --- |
| . | (2.5.3) |

Наприклад, номінальну потужність трансформатора приймаємо . Перевіримо виконання умови (2.5.3):

Отже, обрана потужність трансформатора задовольняє умову (2.5.3).

Характеристики обраного трансформатора наведені нижче.

Тип трансформатора: TS TRV 800.

Повна номінальна потужність трансформатора () становить 800 кВА.

Напруга на первинній обмотці ( ставить 10 кВ.

Напруга на вторинній обмотці () становить 0.4 кВ.

Кількість трансформаторів становить 2 шт.

Нижче наведено фото трансформатора на рисунку 2.5.



Рис. 2.5. Трансформатор TS TRV 800

**2.6. Вибір силових шаф та вимикачів**

Для визначення силових шаф та вимикачів необхідно навести структурну схему, яка наведена на рисунку 2.6.1. Для забезпечення надійного захисту системи електропостачання необхідно обрати автоматичні вимикачі як для кожного окремого електроприймача, так і для кожного розподільчого пункту, до якого вони підключені.

Вимикачі для електроприймачів забезпечують індивідуальний захист від перевантажень та коротких замикань, що запобігає їх пошкодженню. Водночас вимикачі для розподільчих пунктів захищають усю групу споживачів, підключених до конкретного пункту, та відключають лінію у разі несправностей. Такий підхід дозволяє забезпечити більш ефективний і надійний захист електричної мережі на різних рівнях.

Для вибору силових шаф і автоматичних вимикачів був врахований розрахунковий струм електроприймачів, а також реальне навантаження під час роботи цеху. Враховуючи, що реальні струми під час експлуатації є меншими за розрахункові значення, було обрано автоматичні вимикачі за загальними розрахунковими формулам, що забезпечує надійний захист від перевантажень і коротких замикань. Обрання вимикачів за цими формулами дозволяє уникнути випадків перевантаження електричних мереж, навіть у випадку стрибків струму, що можуть виникати під час пуску обладнання або інших операцій. Такий підхід дозволяє забезпечити належний рівень безпеки та стабільності роботи електричної системи, що є критичним для ефективної роботи цеху з ремонту нафтопереробного обладнання.

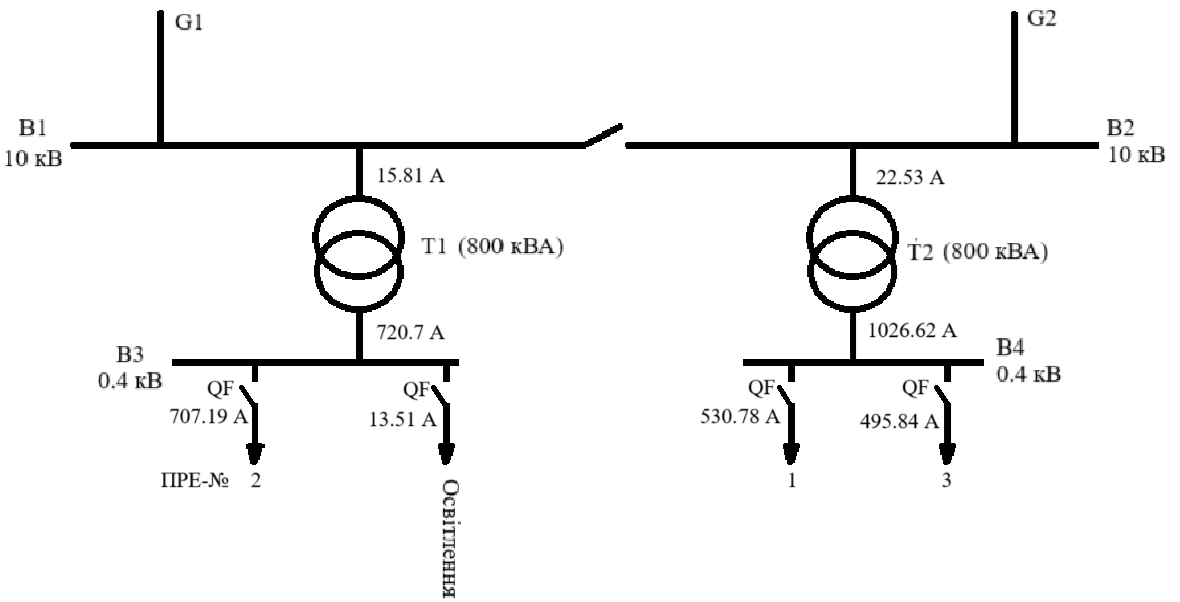


Рис. 2.6.1 Загальна структурна схема РП-10 та РП-0.4 кВ

Для легшого орієнтування по вибору автоматичних вимикачів була складена таблиця з ПРЕ, їхніх струмів, модель автоматичних вимикачів та їх номінальний струм.

Таблиця 2.6.1

Вибір автоматичного вимикача для ПРЕ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ПРЕ-№ | Струм ПРЕ | Модель автоматичного вимикача | Номінальний струм |
| 1 | 530.78 | ETI NBS-TMD 630/3S 600A | 600 |
| 2 | 707.19 | CNC ВА-76 800А 3P 380В 60кА 3-5In | 800 |
| 3 | 495.84 | CNC ВА-75 500А 3P 380В 55кА | 500 |
| Освітлення | 13.51 | ABB FormulA A1C 125 TMF 15-400 3P FF | 15 |

Вибір силової шафи для зазначених (ПРЕ) був здійснений на основі їхніх номінальних струмів. Оскільки було обрано силову шафу, яка виготовляється під замовлення, для всіх ПРЕ він має однаковий зовнішній вигляд. Нижче наведено рисунок 2.6.2 силової шафи, яка підходить для цих ПРЕ.

****

Рис. 2.6.2. Силова шафа “xEnergy Light” до 1600 А

Визначення струму на первинній обмотці трансформатора було проведено за формулою 2.6.1, з урахуванням з’єднання трансформатора за схемою зірка (первинна) - трикутник (вторинна)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.6.1) |

Для визначення автоматичних вимикачів для кожного електроприймача необхідно зобразити схему підключення електроприймачів до кожного ЦЕН (№ ПРЕ). Візуальні схеми наведені нижче.

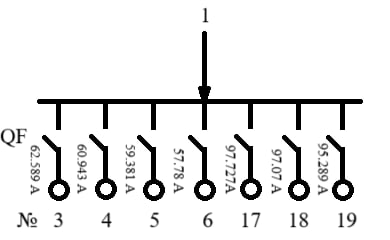


Рис. 2.6.3. Схема підключення електроприймачів до 1 ПРЕ

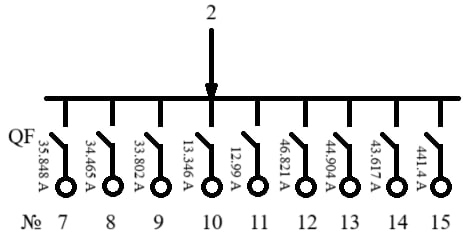


Рис. 2.6.4. Схема підключення електроприймачів до 2 ПРЕ

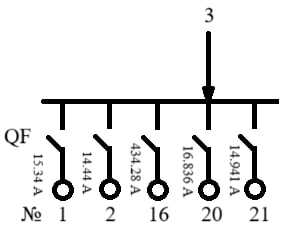


Рис. 2.6.5. Схема підключення електроприймачів до 3 ПРЕ

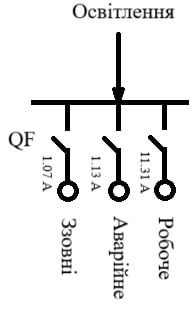


Рис. 2.6.6. Схема підключення електроприймачів до ЦЕН освітлення

Вибір моделів автоматичних вимикачів та їх номінальний струм наведено нижче в таблиці 2.6.2.

Таблиця 2.6.2

Вибір автоматичних вимикачів для електроприймачів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Електроприймач | Струм електроспоживача, А | Модель  автоматичного вимикача | Номінальний струм вимикача, А |
| №1 | 15.345 | ABB FormulA A1B 125 TMF 16-400 3p FF | 16 |
| №2 | 14.443 | ABB FormulA A1C 125 TMF 15-400 3P FF | 15 |
| №3 | 62.589 | ABB FormulA A1C 125 TMF 63-630 3p FF | 63 |
| №4 | 60.943 | ABB FormulA A1C 125 TMF 63-630 3p FF | 63 |
| №5 | 59.381 | ABB FormulA A1C 125 TMF 60-600 3P FF | 60 |
| №6 | 57.777 | ABB FormulA A1C 125 TMF 60-600 3P FF | 60 |

Продовження таблиці 2.6.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №7 | 35.848 | ABB FormulA A1C 125 TMF 40-400 3P FF | 40 |
| №8 | 34.465 | ABB FormulA A1C 125 TMF 40-400 3P FF | 40 |
| №9 | 33.802 | ABB FormulA A1C 125 TMF 40-400 3P FF | 40 |
| №10 | 13.346 | ABB FormulA A1C 125 TMF 15-400 3P FF | 15 |
| №11 | 12.99 | ABB FormulA A1B 125 TMF 50-500 3P FF | 13 |
| №12 | 46.821 | ABB FormulA A1B 125 TMF 50-500 3P FF | 50 |
| №13 | 44.904 | ABB FormulA A1B 125 TMF 50-500 3P FF | 50 |
| №14 | 43.617 | ABB FormulA A1B 125 TMF 50-500 3P FF | 50 |
| №15 | 441.4 | ETI NBS-TMD 630/3S 500A (50кА, (0.7-1)In/(5-10)In) 3P | 500 |
| №16 | 434.28 | ETI NBS-TMD 630/3S 500A (50кА, (0.7-1)In/(5-10)In) 3P | 500 |
| №17 | 97.727 | ABB FormulA A1C 125 TMF 100-1000 3P FF | 100 |
| №18 | 97.07 | ABB FormulA A1C 125 TMF 100-1000 3P FF | 100 |

Продовження таблиці 2.6.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №19 | 95.289 | ABB FormulA A1C 125 TMF 100-1000 3P FF | 100 |
| №20 | 16.836 | Автоматичний вимикач ABB FormulA A1C 125 TMF 20-400 3P FF | 20 |
| №21 | 14.941 | ABB FormulA A1C 125 TMF 15-400 3P FF | 15 |
| Робоче освітлення | 11.31 | ABB SH203-C13 | 13 |
| Аварійне освітлення | 1.13 | ABB SH203-C1,6 | 1.6 |
| Зовнішнє освітлення | 1.07 | ABB SH203-C1,6 | 1.6 |

Вибір автоматичних вимикачів для системи електропостачання здійснюється на основі номінального струму електроприймача, оскільки обрахунки типу захисту не проводились. Вимикач обирається таким чином, щоб його номінальний струм був рівний або трохи більший за номінальний струм навантаження. Це дозволяє забезпечити надійний захист від перевантажень і коротких замикань без частих спрацьовувань. Усі обрані вимикачі відповідають вимогам по номінальному струму для конкретних навантажень у системі.

Нижче наведено візуальні рисунки всіх автоматичних вимикачів, які були обрані.



Рис. 2.6.7. Автоматичний вимикач №1



Рис. 2.6.8. Автоматичний вимикач №2



Рис. 2.6.9. Автоматичний вимикач №3

**ВИСНОВКИ**

У процесі виконання дипломного проєкту було розроблено систему електропостачання цеху з ремонту нафтопереробного обладнання, яка включає в себе як теоретичне обґрунтування вибору електротехнічного обладнання, так і проведення необхідних електротехнічних розрахунків. Робота охоплює весь комплекс задач, пов’язаних із проєктуванням системи електропостачання підприємства, починаючи з визначення основних електроприймачів і закінчуючи вибором трансформатора, силових шаф, автоматичних вимикачів та побудовою структурної схеми розподільного пункту.

У першому розділі було визначено основні електроприймачі, що застосовуються в нафтопереробному виробництві. Проведено аналіз умов їх роботи, типових характеристик та функціонального призначення. На основі аналізу було обрано перелік обладнання, яке буде використано в ремонтному цеху. Також виконано класифікацію приміщень за вибухопожежною небезпекою, і на основі цього аналізу встановлено, що приміщення відноситься до категорії Д, що відповідає найнижчому рівню небезпеки. Це дозволило обрати відповідні технічні рішення та матеріали для електропостачання.

У подальших підрозділах першого розділу було обґрунтовано вибір електроприймачів та наведено їхні технічні характеристики, включно з потужністю, коефіцієнтом потужності, режимом роботи та орієнтовним часом використання. Для подальших розрахунків було розроблено методику визначення коефіцієнтів навантаження та коефіцієнтів використання, після чого були виконані відповідні розрахунки для кожного електроприймача.

У другому розділі на основі зібраних даних виконано розробку планувальної схеми розміщення електроприймачів у цеху, а також здійснено просторову прив’язку центрального електричного навантаження (ЦЕН). Проведено розрахунок активної, реактивної та повної потужності для кожного електроприймача, а також розрахунок струму приєднання. Електроприймачі було поділено на три пункти розподілу електроенергії (ПРЕ), для кожного з яких виконано сумарні розрахунки потужностей та струмів. Під час аналізу результатів було виявлено розбіжність між підсумовуванням потужностей індивідуальних електроприймачів та прямим розрахунком по групі. З огляду на це, було прийнято рішення виконувати розрахунки згідно з методикою, запропонованою у літературі (Бурбело М.Й., *Проєктування систем електропостачання*), а саме — окремо обчислювати активну та реактивну потужність для кожного ПРЕ, а далі сумарно враховувати результати.

Окремо розглянуто систему освітлення, яка включає робоче, аварійне та зовнішнє освітлення території. Проведено розрахунок потужностей для кожного виду освітлення, результати яких були враховані при формуванні загального навантаження.

У підсумку визначено загальну активну, реактивну, повну потужність та струм. На основі цих даних було обрано силовий трансформатор, який відповідає рівню повного навантаження (800 кВА). Розроблено структурну схему розподільного пункту 10/0,4 кВ, обрано силові шафи, кабельну продукцію, автоматичні вимикачі.

Проведене проєктування дозволяє реалізувати систему електропостачання, що забезпечує безперервну та ефективну роботу електроприймачів ремонтного цеху. Проєкт демонструє послідовність етапів розробки, починаючи з аналізу виробничих потреб і закінчуючи повним електротехнічним обґрунтуванням вибраної системи електропостачання.

**СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Бурбело М.Й. Проєктування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навч. посіб. / М.Й. Бурбело. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 148 с.

2. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\_v\_2\_5\_28\_2018/1-1-0-103

3. Кодекс законів про працю України: Закон України від 10.12.1971 № 322-VIII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08

4. Визначення категорій приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Електронний ресурс]. – Режим доступу: визначення категорій приміщень.pdf

5. Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції СТЕЕСУМ-2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: Матеріали ІІ Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції СТЕЕСУМ-2019.pdf

6. BTS Engineering. Каталог вибухозахищених електропристроїв та насосного обладнання: BTS\_Catalog\_BSD.pdf, M2BAX\_71\_355 IE3, Catalog Vacuum Pump 2BV series [Електронний ресурс].

7. Освіта.UA. Клімат України: показники, розподіл температур, загальні риси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvita.ua>.