



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

Тарасенко М. Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 27 » січня 2021 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 Гейрушу Ріхарду Золтановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання заводу теплоізоляційних матеріалів

Керівник роботи Вакуленко Олександр Олексійович

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

Затверджені наказом ректора від « 26 » січня 2021 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Однолінійна схема електропостачання ремонтно-механічного цеху, план розташування та параметри електрообладнання цеху, добові графіки навантаження, каталожні дані захисного та комутуючого обладнання

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

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

1. Однолінійна схема електропостачання ремонтно-механічного цеху 2л. ф – А1

2. План підключення обладнання ремонтно-механічного цеху 1л. ф – А1

3. План освітлювальної мережі ремонтно-механічного цеху 1л. ф – А1

4. План КТП, розріз та план заземлюючого пристрою 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ   | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--|---|----------------|------------------|
|  |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності та основи хорони праці | Гурик О. Я., к.т.н., доцент               |                |                  |
|  |   |                |                  |
|  |   |                |                  |
|  |   |                |                  |
|  |   |                |                  |
|  |   |                |                  |
|  |   |                |                  |
|  |   |                |                  |

7. Дата видачі завдання 27 січня 2021 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів роботи                             | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1     | Вступ   | 15.02.2021                     |          |
| 2     | Аналітичний розділ                              | 28.02.2021                     |          |
| 3     | Розрахунковий розділ                            | 31.03.2021                     |          |
| 4     | Проектно-конструкторський розділ                | 30.04.2021                     |          |
| 5     | Безпека життєдіяльності та основи охорони праці | 01.06.2021                     |          |
| 6     | Висновки  | 10.06.2021                     |          |
| 7     | Оформлення пояснювальної записки                | 15.06.2021                     |          |
| 8     | Оформлення графічної частини                    | 15.06.2021                     |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гейруш Р. З.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Вакуленко О. О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Гейруш Ріхард Золтанович. Система електропостачання ремонтно-механічного цеху.

Стор.– 56; рис. - 1; табл. - 14; креслень - 5; джерел - 17; додатків -   .

Завданням даної кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка нової схеми електропостачання ремонтно-механічного цеху, яка б забезпечила надійне електропостачання усіх споживачів цеху, була гнучкою для модернізації та розширення, окрім цього відповідала вимогам енергозбереження.

Проведені наступні розрахунки: освітлювальної мережі, потужності цехового обладнання, потужності і розміщення трансформаторних підстанцій і компенсуючих пристроїв; вибір і оптимізація числа стандартних перерізів кабелів; розрахунок струмів КЗ; втрат напруги; розрахунок релейного захисту трансформаторів КТП; вибір і перевірка основної апаратури.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ПОТУЖНІСТЬ, НАПРУГА, СТРУМ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, ТРАНСФОРМАТОР, ВИМИКАЧ, КАБЕЛЬ, ПЕРЕРІЗ, ВТРАТИ НАПРУГИ.

|           |                |          |        |      |                         |                   |      |         |
|-----------|----------------|----------|--------|------|-------------------------|-------------------|------|---------|
|           |                |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ |                   |      |         |
|           |                |          |        |      |                         |                   |      |         |
| Змн.      | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата | <b>РЕФЕРАТ</b>          | Літ.              | Арк. | Аркушів |
| Розробив  | Гейруш Р.З     |          |        |      |                         |                   | 3    | 1       |
| Керівник  | Вакуленко О.О. |          |        |      |                         |                   |      |         |
| Н. Контр. | Вакуленко О.О. |          |        |      |                         |                   |      |         |
| Зав. каф. | Тарасенко М.Г. |          |        |      |                         | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41 |      |         |

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП  | 6  |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ   | 8  |
| 1.1 Особливості електропостачання промислових підприємств            | 8  |
| 1.2 Характеристика споживачів електроенергії                         | 12 |
| 1.3 Опис однолінійної електричної схеми живлення цеху                | 13 |
| 1.4 Висновки до розділу 1. Постановка завдань кваліфікаційної роботи | 15 |
| 2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ   | 16 |
| 2.1 Розрахунок мережі електричного освітлення                        | 16 |
| 2.2 Розрахунок електричних навантажень                               | 21 |
| 2.3 Компенсація реактивної потужності                                | 24 |
| 2.4 Вибір трансформаторної підстанції                                | 26 |
| 2.5 Висновки до розділу 2  | 30 |
| 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ                                   | 31 |
| 3.1 Вибір електрообладнання для схеми електропостачання              | 31 |
| 3.2 Вибір проводів і кабелів для схеми електропостачання             | 38 |
| 3.3 Розрахунок мережі заземлення                                     | 41 |
| 3.4 Висновки до розділу 3  | 45 |
| 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ                    | 46 |
| 4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки              | 46 |
| 4.2 Вимоги до проектування й побудови промислових підприємств        | 51 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ  | 53 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ   | 55 |

|           |      |                |        |      |                         |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|-------------------------|------|---------|
|           |      |                |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                         |      |         |
| Розробив  |      | Гейруш Р.З     |        |      | Літ.                    | Арк. | Аркушів |
| Керівник  |      | Вакуленко О.О. |        |      |                         | 4    | 1       |
| Н. Контр. |      | Вакуленко О.О. |        |      | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41       |      |         |
| Зав. каф. |      | Тарасенко М.Г. |        |      |                         |      |         |

## ВСТУП

У сучасній технології та обладнанні промислових підприємств велику роль приділяють електрообладнанню, тобто сукупності електричних машин, апаратів, приладів і пристроїв, за допомогою яких виконується перетворення електричної енергії в інші види енергії і забезпечується автоматизація технологічних процесів.

Монтаж електрообладнання сучасного підприємства є складним комплексом робіт. До числа цих робіт входить монтаж: загальнозаводських і цехових, трансформаторних і розподільних підстанцій; повітряних і кабельних передавальних і розподільних мереж великої протяжності та різної напруги; підйомно-транспортних пристроїв.

У сучасних умовах експлуатація електрообладнання вимагає глибоких і різнобічних знань, а завдання створення нового або модернізації існуючого електрифікованого технологічного агрегату, механізму або пристрою вирішуються спільними зусиллями технологів, механіків та електриків.

Вимоги до електрообладнання витікають з технологічних даних і умов. Електрообладнання не можна розглядати у відриві від технологічних і конструктивних особливостей об'єкту, що електрифікується, і навпаки. Тому для обслуговуючого персоналу недостатньо знати тільки електричну частину, необхідно також знати механіку та інші системи в обслуговуваному обладнанні.

Перед енергетикою в найближчому майбутньому стоїть завдання всесвітнього розвитку і використання поновлюваних джерел енергії: сонячної, геотермальної, вітрової, приливної та ін.; розвитку комбінованого виробництва електроенергії і теплоти для централізованого теплопостачання промислових міст.

|           |      |                |        |      |                         |      |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|-------------------------|------|------|---------|
|           |      |                |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ |      |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                         |      |      |         |
| Розробив  |      | Гейруш Р.З     |        |      | ВСТУП                   | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Керівник  |      | Вакуленко О.О. |        |      |                         |      | 6    | 2       |
| Н. Контр. |      | Вакуленко О.О. |        |      | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41       |      |      |         |
| Зав. каф. |      | Тарасенко М.Г. |        |      |                         |      |      |         |

Складність питань проектування систем електропостачання промислових підприємств полягає в оптимальному, раціональному та ефективному вирішенні цієї проблеми. Саме комплексне рішення даної задачі в сукупності з необхідними вимогами і стандартами електропостачання дозволяють економічно і технічно грамотно працювати всьому підприємству.

Немає необхідності говорити про важкий фінансовий стан промисловості, тому керівникам підприємств потрібно вирішувати дану проблему. Одними з найбільш прогресивних заходів в цьому напрямку є заходи із заощадження енергоресурсів і, отже, зменшення енергоємності продукції, що випускається, що призводить до зниження її собівартості та підвищенню конкурентоспроможності. Оптимальне поєднання економічних і технічних рішень при проектуванні систем електропостачання спільно з впровадженням енергозберігаючих технологій є найбільш істотна міра вирішення цього завдання.

Якість електроенергії в нашій енергосистемі часто не задовольняє нормам встановленим ДСТУ [1]. В цьому винні підприємства, на яких не завжди дотримуються правил улаштування електроустановок [2], а також не застосовуються технічні рішення щодо зменшення впливу електроприймачів (напівпровідникові перетворювачі, вентильні електроприводи, дугові печі) на якість електроенергії.

Технічно правильне рішення при створенні систем електропостачання виключає виникнення недопустимих відхилень параметрів електроенергії (падіння напруги), нерівномірний розподіл струмів по фазах, подорожчання ремонтних, монтажних і експлуатаційних робіт. Все це впливає на продуктивність підприємства і якість продукції.

Проект електропостачання підприємства повинен враховувати можливість подальшого розвитку і укрупнення виробництва і пов'язаного з цим збільшення споживаної потужності.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Особливості електропостачання промислових підприємств

Основними практичними принципами, якими слід керуватися при проектуванні промислової системи електропостачання (СЕП) можна вважати наступні:

**Простота і масштабованість.** СЕП промислових підприємств не повинна бути багатоступінчастою мережі живлення не повинні бути протяжними, а спосіб прокладки мережі повинен бути максимально простим. Крім того, система повинна забезпечувати можливість впровадження нового обладнання, тобто бути масштабованою.

**Відсутність перевантажень.** При проектуванні цехів промислових підприємств значення має як розміщення обладнання в цехах, так і розташування трансформаторних підстанцій. По можливості кожна ділянка повинен бути забезпечена окремим розподільним пристроєм, який встановлюється поруч з центром навантаження. Інші споживачі і ділянки не повинні мати можливості підключення до цього пристрою, щоб уникнути перевантаження.

**Забезпечення безперебійного виробничого процесу.** На виробництвах з паралельними технологічними потоками мережа повинна бути побудована так, щоб при необхідності відключення одного елемента мережі (в разі аварії, з метою ремонту) відключалися тільки ті механізми, які відносяться до даного потоку. Інші технологічні потоки при цьому повинні залишатися в робочому стані.

**Безпека.** Все електрообладнання, що використовується повинно мати ступінь захисту, що відповідає умовам роботи конкретного цеху.

|           |      |                |        |      |                         |      |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|-------------------------|------|------|---------|
|           |      |                |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ |      |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                         |      |      |         |
| Розробив  |      | Гейруш Р.З     |        |      | 1 АНАЛІТИЧНИЙ<br>РОЗДІЛ | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Керівник  |      | Вакуленко О.О. |        |      |                         |      | 8    | 8       |
| Н. Контр. |      | Вакуленко О.О. |        |      | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41       |      |      |         |
| Зав. каф. |      | Тарасенко М.Г. |        |      |                         |      |      |         |



При проектуванні СЕП важливо врахувати, що виробничі приміщення поділяються на кілька класів небезпеки. Бувають приміщення зі вибухо- і пожежонебезпечними зонами, з хімічно активної чи органічної середовищем. Виділяють також сухі, вологі, сирі, жаркі, пилові приміщення. Рекомендації по ступеню захисту електрообладнання в залежності від середовища наводяться в ПУЕ [2].

Якщо всі ці фактори враховані на етапі проектування СЕП, підвищуються можливості розширення виробництва, впровадження нових технологій, застосування інноваційного обладнання.

### **Елементи СЕП підприємств**

До основних елементів системи електропостачання відносяться:

- джерело живлення;
- лінії електропередачі від джерела живлення до підприємства;
- пункт прийому електричної енергії;
- розподільні мережі;
- приймачі (споживачі електроенергії).

Основними складовими частинами СЕП є живильна і розподільна мережі. Мережа живлення – це лінії, що відходять від джерела живлення до пункту прийому електричної енергії. Розподільні мережі – це лінії, що підводять електроенергію від пунктів прийому безпосередньо до електрообладнання. При цьому схеми живлення можуть бути радіальними, магістральними або змішаними. Магістральна схема має на увазі живлення вузлів і потужних споживачів по окремих лініях, приєднаних до магістралі в різних точках.

Магістральна схема актуальна для енергоємних виробництв в машино- і приладобудуванні, кольорової металургії, експериментальному виробництві. Магістральні схеми електропостачання підприємств є високонадійними, застосовуються в приміщеннях з нормальним середовищем і досить рівномірним розподілом обладнання. Радіальні схеми

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

живлення застосовуються в приміщеннях з будь-яким середовищем. При такій схемі кожен споживач з'єднується з підстанцією або розподільними пунктом по окремій лінії. При змішаній схемі кожна магістраль живить ряд пунктів, від яких відходять радіальні лінії безпосередньо до приймачів. Радіальні схеми використовують для живлення зосереджених навантажень і потужних електродвигунів.

**Вимоги до джерел живлення:**

- На підприємствах з електроприймачами I і II категорій має бути два і більше незалежних взаєморезервуючих джерела живлення.
- Для електроприймачів особливої групи I категорії повинен бути передбачений третє незалежне джерело живлення.
- Живлення енергоємних підприємств від мереж енергосистеми слід здійснювати при напрузі 110 кВ.
- Підприємства з незначним навантаженням можуть працювати при напрузі 6, 10 і рідше 35 кВ.
- При малому навантаженні досить напруги 0,4 кВ від мереж енергосистеми або сусіднього підприємства.
- Розподільна мережа промислових підприємств повинна працювати на напрузі 10 кВ, в деяких випадках - 6 кВ, енергоємних - на напрузі 110 кВ.

Пункт прийому при компактному розміщенні приймачів електроенергії може бути один. Два приймальні пункти необхідні при наступних умовах:

- при наявності на підприємстві двох і більше потужних відокремлених груп споживачів;
- при підвищених вимогах до надійності живлення електроприймачів I категорії;
- при поетапному розвитку підприємства для живлення навантажень другої черги.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Вимоги до електропостачання різних типів об'єктів великі і регулюються великою кількістю нормативних актів. У частині електропостачання промислових підприємств можна виділити наступні документи [3]:

- національні стандарти (ДСТУ);
- закони та акти законодавства України;
- будівельні норми (ДБН);
- державні санітарні правила (ДСП);
- державні санітарні норми (ДСН);
- нормативні акти протипожежної безпеки;
- нормативно-правові акти з охорони праці;
- галузеві керівні документи;
- стандарти ДП «НЕК «Укренерго»;
- стандарти організацій України.

Проектування СЕП відіграє ключову роль при введенні в експлуатацію промислових об'єктів. Будь-які помилки на етапі проектування в майбутньому приведуть до проблем у функціонуванні всього підприємства.

### **Проектування СЕП промислових підприємств.**

При проектуванні СЕП в першу чергу визначаються наступні параметри:

- електротехнічні навантаження груп електротехнічних приймачів, вузлів навантажень і всього підприємства в цілому;
- структура системи електропостачання - число і місце розміщення всіх елементів системи;
- раціональне напруга живлення і розподільчій мереж;
- спосіб транспортування електроенергії в мережах живлення і розподільчих мережах;
- конструктивне виконання електроустановок та електрообладнання;

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- технічні засоби для забезпечення електробезпеки при експлуатації системи електропостачання.

Якісно виконаний етап проектування позбавить від таких поширених проблем, як збільшення кошторису при монтажі і «накладка» різних інженерних мереж друг на друга. Ретельне опрацювання деталей проекту дозволяє мінімізувати доопрацювання при монтажі та інтегрувати всі інженерні системи між собою.

## 1.2 Характеристика споживачів електроенергії

Споживачі електроенергії – це сукупність машин, апаратів, ліній електропередач і допоміжних пристроїв, призначених для виробництва, перетворення, передачі і розподілу електричної енергії.

Споживачами вважається усе, що живиться електроенергією, тобто це підприємства, побутові споживачі, електрифікований транспорт, освітлення міст і селищ. Також до них відносяться верстати, підйомно-транспортні пристрої, компресори, вентилятори, насоси, зварювальні установки, трансформатори і різні печі.

Класифікують електроприймачі по: напрузі, роду струму, потужності, режиму роботи.

По напрузі електроприймачі поділяють на низьковольтні і високовольтні. Низьковольтні – напругою до 1000 В, і високовольтні – напругою більше 1000 В. Усе електрообладнання в цеху відноситься до споживачів низької напруги, оскільки усі установки працюють від мережі 220/380 В.

По роду струму розрізняють електроприймачі що працюють від:

- мережі змінного струму нормальної частоти 50 Гц;
- мережі змінного струму підвищеної або зниженої частоти;
- мережі постійного струму.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

У ремонтно-механічному цеху усі електроприймачі працюють від мережі змінного струму нормальної частоти 50 Гц.

По потужності електроприймачі розрізняють: малої потужності – до 10 кВт; середньої потужності – до 100 кВт.

По режиму роботи електроприймачі ділять на три групи:

- тривалий режим;
- повторно-короткочасний режим;
- короткочасний режим.

По спільності технологічного процесу електроприймачі можна розділити на виробничі механізми, загальнопромислові установки, підйомно-транспортне обладнання, перетворювальні пристрої, обладнання електрозварювання, електронагрівні і електролізні установки. Загальнопромислові установки (вентилятори, компресори, насоси) займають значне місце в системі електропостачання.

Надійність електропостачання полягає в забезпеченні підприємства електроенергією хорошої якості, тобто роботи повинні проводитися без зриву плану виробництва і без аварійних перерв в електропостачанні. Електроприймачі ремонтно-механічного цеху відносяться до другої категорії споживачів, оскільки перерва в їх електропостачанні призводить до масового недовідпуску продукції, простою робочих місць і механізмів.

### 1.3 Опис однолінійної електричної схеми живлення цеху

Електропостачання ремонтно-механічного цеху здійснюється по двох лініях з РП 10 кВ комірок 3 і 14.

Напруга підводиться в шафу введення ВН, яке комплектується вимикачами навантаження  $QW1$  і  $QW2$  із запобіжниками  $FU1$  і  $FU2$ . Вимикачі навантаження призначені для відключення трансформаторів, а захист від струмів короткого замикання здійснюють запобіжники  $FU1$  і  $FU2$ .

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

У цеху встановлена КТП, трансформатори *TV1* і *TV2* вибрані на напругу 10 кВ, яку знижують до величини 0,4 кВ.

Напруга з трансформаторів подається на шафу введення НН 0,4 кВ, яке складається з ввідних автоматичних вимикачів *QF1* і *QF2*, які служать для захисту шин розподільного пристрою, а також з відходящих автоматичних вимикачів *QF4* і *QF14*, які служать для живлення електроприймачів.

Секційний автоматичний вимикач *QF3* призначений для включення і відключення першої і другої секції шин.

Автоматичні вимикачі *QF4* і *QF5* захищають конденсаторні установки *CB1* і *CB2* від струмів короткого замикання. КУ призначені для компенсації реактивної потужності.

Від автоматичних вимикачів *QF6*, *QF11*, *QF12*, *QF14* живляться розподільчі пункти РП-1,2,3,4, які комплектуються ввідними автоматичними вимикачами *QF15*, *QF19*, *QF20*, *QF21* і автоматичними вимикачами, що відходять від РП-1 – *QF129* і *QF130* для живлення щитів освітлення, з РП-2 – *QF110-QF119* і з РП-3 – *QF120-QF128* живлення отримують електроприймачі, з РП-4 – *QF22* і *QF23* для живлення аварійних щитів освітлення. Від автоматичних вимикачів *QF8*, *QF9*, *QF10* живлення подається на розподільчі шинопроводи ШС-1,2,3, які комплектуються ввідними автоматичними вимикачами *QF16*, *QF17*, *QF18* і підходящими автоматичними вимикачами *QF24-QF109* – з яких живляться електроприймачі. Трансформатори струму *TA1* і *TA2* призначені для підключення до них вимірювальних приладів. Вимірювальні прилади, які використовуються в мережах, це амперметри *PA1* і *PA2*, вольтметри *PV1* і *PV2*, а також лічильники активної і реактивної потужності *PIK1* і *PIK2*.

Від автоматичних вимикачів *QF7* і *QF13* живлення отримують ЩСК-1 і ЩСК-2. Щити станцій керування призначені для керування електричними двигунами припливно-витяжної вентиляції.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Для підключення розподільних пунктів, шинопроводів і електроприймачів використовуються кабелі марки АВВГ перерізом  $2,5 \div 150 \text{ мм}^2$  і проводи марки ПВЗ перерізом  $2,5 \div 6 \text{ мм}^2$ .

#### **1.4 Висновки до розділу 1. Постановка завдань кваліфікаційної роботи**

В даному розділі розглянуто питання особливості електропостачання промислових підприємств; розглянуто елементи системи електропостачання підприємств, та наведено основні вимоги до джерел живлення.

Також в даному розділі виконана характеристика споживачів цеху, тобто усі електроприймачі характеризувалися по напрузі, по режиму роботи, по роду струму, по мірі безперебійності. Здійснено опис однолінійної електричної схеми живлення цеху.

Завданням даної кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка нової схеми електропостачання цеху, яка б забезпечила надійне електропостачання усіх споживачів цеху, була гнучкою для модернізації та розширення, окрім цього відповідала вимогам енергозбереження.

Для виконання даного завдання необхідно провести наступні розрахунки:

- освітлювальної мережі,
- потужності цехового обладнання,
- потужності і розміщення трансформаторних підстанцій і компенсуючих пристроїв;
- вибір і оптимізація числа стандартних перерізів кабелів;
- розрахунок струмів КЗ;
- розрахунок втрат напруги;
- розрахунок релейного захисту трансформаторів КТП;
- вибір і перевірка основної апаратури.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Розрахунок мережі електричного освітлення

У ремонтно-механічному цеху застосовуються наступні системи освітлення: загальне освітлення, місцеве і комбіноване. Застосування одного місцевого освітлення не допускається. Освітлення ділиться на робоче і аварійне. Аварійне освітлення застосовується для евакуації людей.

Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні основним є метод світлового потоку (коефіцієнт використання), що враховує світловий потік лампи  $\Phi_l$ , лм, при лампах розжарювання або світловий потік групи ламп світильника при люмінесцентних лампах.

Розрахунок по методу коефіцієнта використання ведеться в наступному порядку:

- 1) визначається потрібна нормами освітленість  $E$ , лк, для кожного приміщення;
- 2) визначається висота підвісу світильника по формулі:

$$H_{II} = h - (h_c + h_p) \quad (2.1)$$

де  $h$  – висота приміщення, м;

$h_c$  – відстань світильників від перекриття, м;

$h_p$  – висота розрахункової поверхні над підлогою, м.

Висота приміщення для ділянки доведення і інших  $h = 4\text{ м}$ ; для ділянки механічної обробки  $h = 6\text{ м}$ .

Відстань світильників від перекриттів має бути в межах 0,3-1,5м. У цеху  $h_c = 1,5$  або  $h_c = 0,3\text{ м}$ .

Для прикладу розрахунку береться ділянка доведення :

|                                   |      |                |        |      |                         |      |         |
|-----------------------------------|------|----------------|--------|------|-------------------------|------|---------|
|                                   |      |                |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ |      |         |
| Змн.                              | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                         |      |         |
| Розробив                          |      | Гейруш Р.З     |        |      | Літ.                    | Арк. | Аркушів |
| Керівник                          |      | Вакуленко О.О. |        |      |                         | 16   | 15      |
| Н. Контр.                         |      | Вакуленко О.О. |        |      | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41       |      |         |
| Зав. каф.                         |      | Тарасенко М.Г. |        |      |                         |      |         |
| <b>2 РОЗРАХУНКОВИЙ<br/>РОЗДІЛ</b> |      |                |        |      |                         |      |         |



$$H_{\Pi} = 4 - (1,5 + 0,65) = 1,85 \text{ м.}$$

Розташування світильників.

Основна вимога при виборі розташування світильників доступність їх для обслуговування.

При необхідності отримання рівномірного освітлення відношення відстані світильника від перекриття  $h_c$  до висоти стелі над робочою поверхнею  $H$  має бути рівним 0,2 - 0,25.

$$\frac{h_c}{H_0} = 0,2 - 0,25$$

Визначається тип і кількість світильників,  $n$  :

Так як світильник підвісний то вибираємо ЛВП04, крива сили світла Д-2;  $n = 12$

Визначається індекс приміщення по формулі:

$$i_n = S / H_{\Pi}(a + b) \quad (2.2)$$

де:  $S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$H_{\Pi}$  – відстань від світильника до робочої поверхні, м;

$a$  і  $b$  – довжина, і ширина приміщення, м.

$$i_n = 57 / 1,85 \cdot (9,5 + 6) = 1,99$$

Визначаються приблизні значення коефіцієнта, віддзеркалення стін  $q_c$ ; стелі  $q_n$  ; робочої поверхні  $q_p$  :

$$q_n = 0,7; q_c = 0,5; q_p = 0,3$$

Залежно від кривої сили світильника, індексу приміщення  $i_n$  і коефіцієнтів віддзеркалення стін, стелі і робочої поверхні визначається коефіцієнтом використання  $U$ , % :

$$U = 0,84$$

Визначаємо коефіцієнт запасу:

$$K_3 = 1,5$$

Визначаємо коефіцієнт мінімальної освітленості,  $Z$  :

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$Z = 1,1$$

Визначаємо необхідний потік кожного світильника  $\Phi_p$ , лм, по формулі:

$$\Phi_p = \frac{EK_3SZ}{nU} \quad (2.3)$$

де  $E$  – потрібна нормами освітленість, лк;

$$E = 500 \text{ лк};$$

$$\Phi_p = (500 \cdot 1,5 \cdot 57 \cdot 1,1) / (12 \cdot 0,84) = 4665,2 \text{ лм}$$

Вибираємо потужність лампи так, щоб світловий потік вибраної лампи дорівнював розрахунковому або трохи відрізнявся ( $\pm 10\%$ ) від нього:

ЛВП04 - 4×80,  $P = 80$  Вт

Для прикладу розрахунку береться ділянка механічної обробки :

$$H_{II} = 6 - (0,3 + 0,8) = 4,9 \text{ м.}$$

Визначаємо тип і кількість світильників,  $n$ :

Вибираємо світильник РСП 05, крива сили світла Г-2;  $n = 24$ .

Визначаємо індекс приміщення по формулі:

$$i_n = 420 / 4,9 \cdot (42 + 10) = 1,65$$

Визначаємо приблизні значення коефіцієнта, віддзеркалення стін  $q_c$ ; стелі  $q_n$ ; робочої поверхні  $q_p$  :

$$q_n = 0,5; q_c = 0,5; q_p = 0,3$$

Залежно від кривої сили світильника, індексу приміщення і коефіцієнтів віддзеркалення стін, стелі і робочої поверхні визначаємо коефіцієнтом використання  $U$ , % :

$$U = 0,91$$

Визначаємо коефіцієнт запасу :

$$K_3 = 1,5$$

Визначаємо коефіцієнт мінімальної освітленості,  $Z$ :

$$Z = 1,15$$

Визначаємо необхідний потік кожного світильника  $\Phi_p$ , лм, по формулі (2.3) ( $E=400$  лк.):

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$\Phi_p = (400 \cdot 1,5 \cdot 420 \cdot 1,15) / (24 \cdot 0,91) = 13269,2 \text{ лм}$$

Вибираємо потужність лампи так, щоб світловий потік вибраної лампи дорівнював розрахунковому або трохи відрізнявся ( $\pm 10\%$ ) від нього:

РСП 05,  $P = 400 \text{ Вт}$

Усі дані розрахунку освітлення для ділянки доведення і ділянки механічної обробки зводимо в табл. 2.1:

Таблиця 2.1 – Дані розрахунку освітлення для ділянки доведення і ділянки механічної обробки.

| № | Найменування приміщення    | $a, \text{ м}$ | $b, \text{ м}$ | $h, \text{ м}$ | $S, \text{ м}^2$ | $E, \text{ лк}$ | Тип світильника | к.с.с |
|---|----------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------|
| 1 | Ділянка доведення          | 9,5            | 6              | 4              | 57               | 500             | ЛВП04<br>4×80   | Д-2   |
| 2 | Ділянка механічною обробки | 42             | 10             | 6              | 420              | 400             | РСП 05<br>1×400 | Г-2   |

| $i_n$ | $q_n; q_c; q_p$ | $U\%$ | $K_z$ | $Z$  | $n$ ,<br>ламп | $\Phi_p$ лм | $\Phi_l$<br>лм | $P$ ,<br>Вт |
|-------|-----------------|-------|-------|------|---------------|-------------|----------------|-------------|
| 1,99  | 0,7 0,5 0,3     | 0,84  | 1,5   | 1,1  | 12            | 4665,2      | 4720           | 3840        |
| 1,65  | 0,5 0,5 0,3     | 1     | 1,5   | 1,15 | 24            | 13269,2     | 14400          | 9600        |

Аналогічно розраховується кількість світильників для усіх інших приміщень і необхідні дані результатів розрахунку зводимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результатів розрахунку освітлення цеху

| № | Найменування приміщення                | $S, \text{ м}^2$ | $E, \text{ лк}$ | Тип світильника | $n$ ,<br>світ. | $P$ ,<br>Вт |
|---|--|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------|
| 1 | 2                                      | 3                | 4               | 5               | 6              | 7           |
| 1 | Ділянка шліфувальних верстатів         | 114              | 400             | ЛВО03-465       | 20             | 5200        |
| 2 | Служба механіка                        | 25,9             | 30              | НСП03-60-01     | 4              | 240         |
| 3 | Базова інструментальна<br>Кладова 1, 2 | 31,2             | 30              | НСП03-60-01     | 3              | 180         |
|   |  | 34,4             | 30              |                 | 4              | 240         |
| 4 | Інструментальна комора                 | 57               | 200             | ЛВП04-480       | 4              | 1280        |
| 5 | КПП                                    | 57               | 500             | ЛВП04-480       | 12             | 3840        |
| 6 | Відділення слюсарів лекальників        | 57               | 500             | ЛВП04-480       | 12             | 3840        |
| 7 | Вимірювальна лабораторія               | 57               | 500             | ЛВП04-480       | 12             | 3840        |
| 8 | Ділянка доведення                      | 57               | 500             | ЛВП04-480       | 12             | 3840        |
| 9 | Ділянка проточування                   | 57               | 500             | ЛВП04-480       | 12             | 3840        |

продовження таблиці 2.2

| 1  | 2  | 3     | 4   | 5             | 6  | 7     |
|----|--|-------|-----|---------------|----|-------|
| 10 | Ділянка механічної обробки корпусних деталей | 111,7 | 400 | ЛВО03-465     | 20 | 5200  |
| 11 | Ділянка вібровипробувань                     | 57    | 500 | ЛВП04-480     | 12 | 3840  |
| 12 | УЗО  | 29,6  | 400 | ЛВП04-480     | 6  | 1920  |
| 13 | Ділянка ЕХО-КАМЕРА                           | 12,9  | 200 | ЛВО03-265     | 2  | 260   |
| 14 | Ділянка магнітного контролю                  | 16,8  | 200 | ЛВО03-440     | 3  | 480   |
| 15 | Ділянка механічної обробки                   | 420   | 400 | РСП 05        | 24 | 9600  |
| 16 | Заточное відділення                          | 12    | 500 | ЛВО03-440     | 8  | 1280  |
| 17 | КТП  | 84    | 200 | ЛВО03-265     | 12 | 1560  |
| 18 | Комора заготівель 1,2                        | 36    | 30  | НСП03-60-01   | 4  | 240   |
|    |  | 36    | 30  |               | 4  | 240   |
| 19 | Кімната механіка                             | 17,2  | 20  | НСП03-60-01   | 2  | 120   |
| 20 | Коридор №1                                   | 170,5 | 100 | ЛВО31-280-001 | 8  | 1280  |
| 21 | Коридор №2                                   | 62,1  | 100 | ЛВО03-265     | 4  | 520   |
| 22 | Коридор №3                                   | 10,8  | 100 | ЛПО01-220     | 2  | 80    |
| 23 | Тамбур №1                                    | 12,9  | 30  | ЛПО01-220     | 1  | 40    |
| 24 | Тамбур №2                                    | 4,7   | 30  | ЛПО01-220     | 1  | 40    |
| 25 | Тамбур №3                                    | 6,7   | 30  | НСП03-60-01   | 1  | 60    |
| 26 | Табельна                                     | 10,8  | 200 | ЛВП04-480     | 1  | 320   |
| 27 | Чоловічий гардероб                           | 81,9  | 150 | ЛВО31-280-001 | 5  | 800   |
| 28 | Жіночий гардероб                             | 89,3  | 150 | ЛВО31-280-001 | 5  | 800   |
| 29 | Зберігання абразивних кругів                 | 6,2   | 30  | ЛВП04-480     | 1  | 320   |
| 30 | Ізолятор браку                               | 5,5   | 20  | НСП03-60-01   | 1  | 60    |
| 31 | ЧСВ  | 9,75  | 20  | НСП03-60-01   | 4  | 240   |
| 32 | ЖСВ  | 6,6   | 20  | НСП03-60-01   | 2  | 120   |
| 33 | Сходова клітина №1 і 2                       | 23,5  | 20  | НБОУ7-60      | 2  | 120   |
|    |  | 13    | 20  |               | 2  | 120   |
| 34 | Кімната відпочинку                           | 57,6  | 150 | ЛВО31-280-001 | 3  | 480   |
| 35 | ЛЖГ  | 15    | 20  | НСП03-60-01   | 3  | 180   |
| 36 | Душ 1  | 15,6  | 20  | НСП03-60-01   | 3  | 180   |
| 37 | Душ 2  | 12    | 20  | НСП03-60-01   | 2  | 120   |
| 38 | Комора 3                                     | 7,8   | 20  | НСП03-60-01   | 1  | 60    |
| 39 | Тамбур 4                                     | 57,4  | 30  | ЛВО03-440     | 2  | 320   |
| 40 | Тамбур 5                                     | 54,5  | 30  | ЛВО03-440     | 2  | 320   |
| 41 | Аварійне освітлення на ділянці мех. обробки  | 420   | 400 | НСП05-500     | 6  | 3000  |
| 42 | Аварійне освітлення в коридорі №1            | 170,5 | 100 | ЛВО31-280-001 | 4  | 640   |
| 43 | Разом: по виробничій ділянці                 |       |     |               |    | 47700 |
| 44 | Разом: по побутових ділянках                 |       |     |               |    | 13600 |

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ

Арк.

20

Таким чином, можна визначити потужність, що витрачається на освітлення цього цеху, по формулі:

$$\sum P_{осв} = P_{осв.пр} + P_{осв.поб.} \quad (2.4)$$

$$\sum P_{осв} = 47700 + 13600 = 61300 \text{ Вт}$$

## 2.2 Розрахунок електричних навантажень

Існують різні методи розрахунку електричних навантажень. Найчастіше застосовується розрахунок методом упорядкованих діаграм, по якому і виконується розрахунок у цій роботі.

Групуються електроприймачі по коефіцієнту використання  $k_е$ , тобто електроприймачі мають однаковий технологічний процес, але не однакову потужність, підключені до ШС №1.

До ШС №1 підключено двадцять сім верстатів, які об'єднуються в групу.

Визначаємо коефіцієнт використання  $k_е$  і  $\cos\varphi$ , які для верстатів малої потужності рівні  $k_е = 0,16$ ,  $\cos\varphi = 0,5$  відповідно.

Визначаємо з  $\cos\varphi$   $\text{tg}\varphi$ :

$$\cos\varphi = 0,5 \Rightarrow \text{tg}\varphi = 1,73$$

Визначаємо загальну робочу потужність  $\Sigma P_{ном}$ :

$$\begin{aligned} \sum P_{ном} = & 3,24 + 3,24 + 3,24 + 3,24 + 3,24 + 3,24 + 3,24 + 3,24 + 3,24 + 5,3 + \\ & + 3,24 + 3,24 + 2,35 + 1,75 + 3 + 1,75 = 49,8 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Визначаємо змінну активну потужність за найбільш завантажену зміну:

$$P_{см} = k_е \sum_1^n P_{ном} \quad (2.5)$$

де  $k_е$  – коефіцієнт використання;

$\sum_1^n P_{ном}$  – загальна робоча потужність групи токарно-гвинторізних верстатів, кВт.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$P_{см} = 0,16 \cdot 49,8 = 8 \text{ кВт}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок для групи фрезерних верстатів, токарних верстатів з ЧПК, універсально-заточних і результати зводимо в табл. 2.3, яка наочно показує навантаження, витрачене в найбільш завантажену зміну.

Визначаємо сумарну номінальну активну потужність електроприймачів, підключених до ШС №1:

$$\sum P_{ном} = 49,8 + 18 + 3,24 + 0,55 + 44 + 5 + 1,3 + 5,42 + 2,2 = 129,51 \text{ кВт}$$

Визначаємо сумарну змінну активну і реактивну потужність електроприймачів, підключених до ШС №1:

$$\sum P_{см} = 8 + 2,88 + 0,5 + 0,3 + 7,04 + 0,8 + 0,2 + 2,71 + 1,1 = 23,53 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{см} = 13,8 + 5 + 0,86 + 0,5 + 12,2 + 1,4 + 0,34 + 4,7 + 1,9 = 40,7 \text{ кВт}$$

Визначаємо середній коефіцієнт використання електроприймачів, підключених до ШС №1 по формулі, :

$$k_{в.с.} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}} \quad (2.6)$$

$$k_{в.с.} = \frac{23,53}{129,51} = 0,182$$

Визначаємо показник силової зборки по формулі:

$$m = \frac{P_{ном.маx}}{P_{ном.мін}} \quad (2.7)$$

де  $P_{ном.маx}$  – номінальна потужність найбільшого електроприймача, кВт;

$P_{ном.мін}$  – номінальна потужність найменшого електроприймача, кВт.

$$m = \frac{22}{0,55} = 40$$

Визначаємо ефективне число електроприймачів по формулі:

$$n_e = \frac{2 \sum P_{ном}}{P_{ном.маx}} \quad (2.8)$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$n_e = \frac{2 \cdot 129,51}{22} = 11,7$$

Визначаємо коефіцієнт максимуму:

$$k_{\max} = f(n_e, k_g) = 1,75$$

Визначаємо активну максимальну потужність по формулі:

$$P_{\max} = k_{\max} \sum P_{cm} \quad (2.9)$$

де  $k_{\max}$  – коефіцієнт максимуму;

$\sum P_{cm}$  – сумарна змінна активна потужність, кВт.

$$P_{\max} = 1,75 \cdot 23,53 = 41,2 \text{ кВт}$$

Реактивна максимальна потужність при  $n_e > 10$  визначається по формулі:

$$Q_{\max} = tg \varphi \cdot \sum P_{\max} \quad (2.10)$$

де  $\sum Q_{cm}$  – сумарна змінна реактивна потужність, кВАр.

$$Q_{\max} = 1,73 \cdot 41,2 = 71,3 \text{ кВАр}$$

Визначаємо повну максимальну потужність по формулі:

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} \quad (2.11)$$

де  $P_{\max}$  – активна максимальна потужність електроприймачів, підключених до ШС №1, кВт;

$Q_{\max}$  – реактивна максимальна потужність електроприймачів, підключених до ШС №1, кВАр.

$$S_{\max} = \sqrt{41,2^2 + 71,3^2} = 82,35 \text{ кВА}$$

Визначаємо максимальний струм навантаження розподільного шинопроводу ШС №1 по формулі:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.12)$$

де  $S_{\max}$  – повна максимальна потужність електроприймачів, підключених до ШС №1, кВА;

$U_{ном}$  – номінальна напруга електроприймачів, кВ.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$I_{\max} = \frac{82,35}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 125,1 \text{ A}$$

Аналогічно розраховуються електричні навантаження для усіх інших ШС і РП і усього по цеху, результати зводяться в табл. 2.3.

### 2.3 Компенсація реактивної потужності

Компенсації реактивної потужності і кількість компенсуючих пристроїв визначається основним методом розрахунку і розраховується за розрахунковими даними підприємства.

Розрахункові дані механо-складального цеху представлені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункові дані цеху

| $P_{\max}$ , кВт | $Q_{\max}$ , кВАр | $S_{\max}$ , кВА |
|------------------|-------------------|------------------|
| 322,7            | 356,75            | 481              |

Необхідно підняти косинус до величини не нижче 0,92.

Визначаємо значення коефіцієнта потужності до компенсації:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2.13)$$

де  $P$  – активна потужність, кВт;

$S$  – повна потужність, кВА;

$P_{осв}$  – потужність освітлення, кВт;

$Q$  – реактивна потужність, кВАр.

$$\cos \varphi = \frac{322,7}{\sqrt{322,7^2 + 356,75^2}} = 0,67$$

Визначаємо коефіцієнт заповнення по активному навантаженні за робочу зміну:

$$k_{з.а.} = \frac{\sum P_i \cdot t_i}{P_{\max} \cdot T}$$

де  $P_i$  – активне навантаження за робочий день, %;

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



$t_i$  – тривалість навантаж за зміну, год;

$P_{max}$  – максимальна потужність за робочий день, %

$T$  – повний час робочого дня, год.

$$k_{з.а.} = \frac{100 \cdot 3 + 95 \cdot 2 + 90 \cdot 2 + 85 \cdot 2 + 80 \cdot 3 + 75 + 70 + 50 \cdot 2 + 35 \cdot 7}{100 \cdot 24} = 0,65$$

Визначаємо потужність, яку необхідно компенсувати:

$$Q_{ком} = P_{ср.р.} \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2) \quad (2.14)$$

де  $P_{ср.р.}$  – середня активна потужність в рік, кВт;

$\varphi_1$  – значення кута до компенсації;

$\varphi_2$  – значення кута після компенсації.

Визначаємо середню активну потужність в рік:

$$P_{ср.р.} = k_{з.а.} \cdot P \quad (2.15)$$

$$P_{ср.р.} = 0,65 \cdot 322,7 = 209,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{ком} = 209,7 \cdot (1,1 - 0,426) = 141,3 \text{ кВАр}$$

Вибираємо компенсуючий пристрій марки УК-0,38-11ОН у кількості 2 одиниці.

Визначаємо реактивну потужність компенсуючого пристрою.

$$Q_{к.п} = Q_{ном} \cdot n \quad (2.16)$$

де  $Q_{ном}$  – номінальна реактивна потужність одного компенсуючого пристрою, кВАр;

$n$  – кількість компенсуючих пристроїв.

$$Q_{к.п} = 110 \cdot 2 = 220 \text{ кВАр}$$

Визначаємо реактивну потужність після компенсації:

$$Q' = Q_{max} - Q_{к.п.} \quad (2.17)$$

де  $Q_{max}$  – максимально можлива реактивна потужність цеху, кВАр;

$Q_{к.п.}$  – потужність компенсуючих пристроїв, кВАр.

$$Q' = 356,75 - 220 = 136,75 \text{ кВАр}$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Визначаємо величину додаткової активної потужності :

$$P_{\text{дод}} = Q_{\text{к.п.}} \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (2.18)$$

де  $\operatorname{tg} \delta$  – тангенс кута втрат.

$$P_{\text{дод}} = 220 \cdot 0,003 = 0,66 \text{ кВт}$$

Визначаємо величину активної потужності після компенсації:

$$P' = P_{\text{max}} + P_{\text{дод}} \quad (2.19)$$

$$P' = 322,7 + 0,66 = 323,4 \text{ кВт}$$

Визначаємо величину повної потужності після компенсації:

$$S' = \sqrt{P'^2 + Q^2} \quad (2.20)$$

$$S' = \sqrt{323,4^2 + 136,75^2} = 351,1 \text{ кВА}$$

Визначаємо коефіцієнт потужності після компенсації:

$$\cos \varphi = \frac{P'}{S'} \quad (2.21)$$

$$\cos \varphi = \frac{323,4}{351,1} = 0,921$$

Оскільки  $\cos \varphi$  вийшов рівним заданому, отже, розрахунок виконаний вірно.

## 2.4 Вибір трансформаторної підстанції

Для вибору числа і потужності трансформаторів на підстанції необхідно знати повну потужність цеху і інші дані, які приведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні дані для вибору трансформаторів

| $S_{\text{max}}$ ,<br>кВА | $T$ , час роботи<br>трансформаторів<br>в рік | $c$ , $\frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$ | $k_{\text{в.п.}}$ , $\frac{\text{кВт}}{\text{кВАр}}$ | $k_{\text{з.а}}$ |
|---------------------------|--|--|--|------------------|
| 351,1                     | 7000   | 1,3  | 0,05   | 0,65             |

Визначаємо середню потужність навантаження :

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$S_{cp} = k_{з.а} \cdot S_{max}, \quad (2.22)$$

де  $k_{з.а}$  . – коефіцієнт заповнення графіку по активному навантаженню;

$S_{max}$  – повна потужність підприємства, кВА.

$$S_{cp} = 0,65 \cdot 351,1 = 228,2 \text{ кВА}$$

Визначаємо кількість трансформаторів на підстанції:

Оскільки на підприємстві є споживачі другої категорії, то на підстанції повинні бути встановлений два трансформатори.

$$n = 2$$

Визначаємо намічену потужність трансформатора :

$$S_{нам} = \frac{S_{cp}}{n}, \quad (2.23)$$

де  $S_{cp}$  . – середня потужність навантаження, кВА;

$n$  – кількість трансформаторів.

$$S_{нам} = \frac{228,2}{2} = 114,1 \text{ кВА}$$

Вибираються два варіанти трансформаторних підстанцій :

1 варіант: КТП-10/0,4 - 2×400 –  $K_1 = 285950$  грн.

2 варіант: КТП-10/0,4 - 2×630 –  $K_2 = 315020$  грн.

де  $K_1, K_2$  – вартість трансформаторної підстанції.

Визначаємо максимальний коефіцієнт завантаження по кожному варіанту:

$$K_{з.маx} = \frac{S_{max}}{n \cdot S_{m-ра}} \quad (2.24)$$

де  $S_{max}$  – повна потужність підприємства, кВА;

$n$  – кількість трансформаторів;

$S_{m-ра}$  – потужність трансформатора, кВА

$$K_{з.маx1} = \frac{351,1}{2 \cdot 400} = 0,4$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$K_{з.мах2} = \frac{351,1}{2 \cdot 630} = 0,3$$

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_{з.ср} = \frac{S_{ср}}{n \cdot S_{m-ра}} \quad (2.25)$$

де  $S_{ср}$  – середня потужність навантаження, кВА

$$K_{з.ср1} = \frac{228,2}{2 \cdot 400} = 0,3$$

$$K_{з.ср2} = \frac{228,2}{2 \cdot 630} = 0,2$$

Визначаємо значення еквівалентної охолоджуючої температури:

$$t_{екв.охл} = 10^{\circ}C$$

За допомогою значення еквівалентної охолоджуючої температури, по таблиці "Вказівки до використання графіків залежності" визначається номер кривої залежності коефіцієнта допустимого перевантаження. По графіку №5.

Визначаємо значення допустимого коефіцієнта завантаження по кожному варіанту:

$$K_{з.ср1} = 0,3 \Rightarrow K_{дон1} = 1,46$$

$$K_{з.ср2} = 0,2 \Rightarrow K_{дон2} = 1,49$$

Порівнюємо допустимі коефіцієнти завантаження з максимальними:

$$K_{з.мах1} = 0,4 < K_{дон1} = 1,46$$

$$K_{з.мах2} = 0,3 < K_{дон} = 1,49$$

Так як у обох випадках  $K_{дон} > K_{мах}$ , то в технічному відношенні підходять обидва варіанти.

Визначаємо аварійне перевантаження трансформатора у разі виходу з ладу іншого

$$S_{ав} = K_{дон} \cdot S_{m-ра}, \quad (2.26)$$

де  $K_{дон}$  – коефіцієнт допустимого перевантаження;

$$S_{ав1} = 1,46 \cdot 400 = 584 \text{ кВА}$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$S_{ав2} = 1,48 \cdot 630 = 938,7 \text{ кВА}$$

Вибираємо тип трансформаторів, що встановлюються на підстанції які заносить в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Паспортні дані трансформаторів, які пропонуються для встановлення на ТП

| Тип трансформатора | $\Delta P_{x.x}$ , кВт | $\Delta P_{к.з}$ , кВт | $i_0$ , % | $u_k$ , % |
|--------------------|------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| ТМ-400/10          | 1,08                   | 5,9                    | 3         | 4,5       |
| ТМ-630/10          | 1,42                   | 7,6                    | 2         | 5,5       |

Визначаємо втрати активної потужності в трансформаторах:

$$\Delta P = (\Delta P_{x.x} + K_{B.П} \cdot S_{m-pa} \cdot \frac{i_0}{100}) + K_{з.маx}^2 \cdot (\Delta P_{x.з} + K_{B.П} \cdot S_{m-pa} \cdot \frac{u_k}{100}), \quad (2.27)$$

де  $\Delta P_{x.x}$  – втрати потужності холостого ходу, кВт;

$\Delta P_{к.з}$  – втрати потужності короткого замикання, кВт;

$i_0$  – струм холостого ходу;

$u_k$  – напруга короткого замикання;

$K_{з.маx}$  – максимальний коефіцієнт завантаження.

$$\Delta P_1 = (1,08 + 0,05 \cdot 400 \cdot \frac{3}{100}) + 0,6^2 \cdot (5,9 + 0,05 \cdot 400 \cdot \frac{4,5}{100}) = 4,1 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_2 = (1,42 + 0,05 \cdot 630 \cdot \frac{2}{100}) + 0,4^2 \cdot (7,6 + 0,05 \cdot 630 \cdot \frac{5,5}{100}) = 3,5 \text{ кВт}$$

Визначаємо річні втрати енергії в трансформаторах:

$$\Delta W = \Delta P \cdot n \cdot T, \quad (2.28)$$

де  $\Delta P$  – втрати активної потужності в трансформаторі, кВт;

$n$  – кількість трансформаторів;

$T$  – час роботи трансформаторів в рік, годин.

$$\Delta W_1 = 4,1 \cdot 2 \cdot 7000 = 57400 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_2 = 3,5 \cdot 2 \cdot 7000 = 49000 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначаємо вартість втрат :

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$C = \Delta W \cdot c \quad (2.29)$$

де  $\Delta W$  – потужність річних втрат енергії в трансформаторах, кВт·год;  
 $c$  – вартість енергії за 1 кВт·год.

$$C_1 = 57400 \cdot 1,6 = 74620 \text{ грн.};$$

$$C_2 = 49000 \cdot 1,6 = 63700 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}, \quad (2.30)$$

де  $K_1, K_2$  – вартість трансформатора, грн.;

$C_1, C_2$  – вартість втрат, грн.

$$T = \frac{315020 - 285950}{74620 - 63700} = 2,7 \text{ роки.}$$

Таким чином, термін окупності вийшов меншим за нормативний ( $T_0 = 8,5$  р.), він складає менш ніж три роки. Остаточо вибирається КТП-10/0,4 - 2×400 з трансформатором ТМ-400 кВА.

## 2.5 Висновки до розділу 2

В даному розділі був виконаний розрахунок електричного освітлення, який проводився з метою визначення необхідної потужності на освітлення цеху, а також необхідної кількості світильників. Був проведений розрахунок електричних навантажень, який проводився з метою виявлення повної максимальної потужності цеху необхідної для наступного вибору трансформаторів. Вибраний компенсуючий пристрій, необхідний для зниження реактивної потужності і підвищення коефіцієнта потужності. Вибрана трансформаторна підстанція. Оскільки ремонтно-механічний цех відноситься до споживача другої категорії по надійності, то на підстанції повинні бути встановлені два трансформатори.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Вибір електрообладнання для схеми електропостачання

Електричні мережі служать для передачі і розподілу електричної енергії до цехових споживачів промислових підприємств.

Усі шинопроводи, проводи і кабелі вибираються з урахуванням характеру довкілля, розміщенням технологічного обладнання, струмів, що протікає по них, напруги.

Трансформатори ТМ 400/10 на КТП комплектуються з ввідним пристроєм ВВП-17 і запобіжниками ПК-6 на 100А.

Автоматичні вимикачі забезпечують одночасно функції комутації силових кіл і захисту електроприймача, а також мереж від перевантаження і коротких замикань. Апарати мають тепловий розчеплювач і електромагнітний. Автомати забезпечуються дугогасильними пристроями у вигляді фібрових пластин або дугогасильних камер.

Вибираємо ввідний автоматичний вимикач *QF1* по номінальному струму трансформатора, який визначається по формулі:

$$I_{ном} = \frac{S_{тр}}{\sqrt{3} \cdot U_2} \quad (3.1)$$

де  $S_{тр}$  – повна потужність трансформатора, кВА;

$U_2$  – напруга трансформатора на низькій стороні, кВ.

$$I_{ном} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 608,4 \text{ А}$$

Номінальний струм автоматичного вимикача має бути більшим або дорівнювати розрахунковому номінальному струму:

$$I_{ном.А.} \geq I_{ном} \geq 608,4 \text{ А}$$

|           |      |                |        |      |  |                   |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|-------------------|------|---------|
|           |      |                |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ                            |                   |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата | <b>3 ПРОЕКТНО-<br/>КОНСТРУКТОРСЬКИЙ<br/>РОЗДІЛ</b> | Літ.              | Арк. | Аркушів |
| Розробив  |      | Гейруш Р.З     |        |      |  |                   | 31   | 14      |
| Керівник  |      | Вакуленко О.О. |        |      |  |                   |      |         |
| Н. Контр. |      | Вакуленко О.О. |        |      |  |                   |      |         |
| Зав. каф. |      | Тарасенко М.Г. |        |      |  | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41 |      |         |

Визначаємо уставку комбінованого розчеплювача по формулі:

$$I_{c.p} \geq 1,25I_{ном} \quad (3.2)$$

$$I_{c.p} \geq 1,25 \cdot 608,4 \geq 760,5$$

Таким чином вибираємо автоматичний вимикач ВА 55-41

$$I_{ном.А.} = 1000 \text{ А}$$

Аналогічно вибираються інші автоматичні вимикачі, дані яких зводяться в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри вибраних автоматичних вимикачів

| Позначення                                     | Тип      | Номинальний струм вимикача, А | Номинальний струм розчеплювача, А | К-сть |
|--|----------|-------------------------------|-----------------------------------|-------|
| QF1, QF2, QF3                                  | ВА 55-41 | 1000                          | 1000                              | 3     |
| QF4, QF5<br>QF8, QF9, QF10<br>QF11, QF12, QF14 | A3794    | 250                           | 200<br>250<br>160                 | 8     |
| QF6,<br>QF7, QF13                              | A3716    | 160                           | 80<br>160                         | 3     |

Усі автоматичні вимикачі на КТП висувного виконання.

Розподільні шинопроводи ШС призначені для передачі і розподілу електроенергії напругою 380/220 В при можливості безпосереднього приєднання до них електроприймачів в системах з глухозаземленою нейтраллю. Розподільчі шинопроводи кріплять, так само як і магістральні на стійках, кронштейнах, підвісах.

Вибираємо розподільчий шинопровід ШС-1 по максимальному робочому струму, який визначається по формулі:

$$I_{макс.р} = k_n \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ср}} \quad (3.3)$$

$$I_{макс.р} = 0,65 \cdot \frac{129,51}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 150,5 \text{ А.}$$

де,  $k_n$  – коефіцієнт попиту, що враховує, неодночасне включення електроприймачів  $k_n = 0,65$ ;

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



$P_{ном}$  – номінальна встановлена потужність електроприймачів, кВт;

$U_{ном}$  – номінальна напруга електроприймачів, кВ;

$\cos\varphi_{cp}$  – середній коефіцієнт потужності для цеху.

Номінальний струм шинопроводу ШС-1 має бути більшим або дорівнювати робочому максимальному струму:

$$I_{ном.ш} \geq I_{макс.р} \geq 150,5 \text{ А}$$

Таким чином, вибирається розподільний шинопровід ШРА 73УЗ  $I_{ном.ш} = 250 \text{ А}$ , і ввідний автоматичний вимикач А3794 у якому  $I_n = 250 \text{ А}$ ,  $I_p = 250 \text{ А}$ .

Вибираємо автоматичні вимикачі, що відходять, від шинопроводу ШС-1, для цього визначаємо номінальний струм найбільшого електроприймача, підключеного до ШС-1 по формулі:

$$I_{ном} = \frac{P_{найб.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi} \quad (3.4)$$

де  $P_{найб}$  – потужність найбільшого електроприймача, підключеного до ШС-1, кВт;

$\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності електроприймача.

$$I_{ном} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 39,3 \text{ А}$$

Визначаємо струм уставки спрацьовування розчеплювача для відходящих вимикачів по формулі:

$$I_{с.р} = 1,25 \cdot I_{ном}$$

$$I_{с.р} = 1,25 \cdot 39,3 = 49,1 \text{ А}$$

Таким чином, вибирається автоматичний вимикач марки АЕ2056 з параметрами  $I_n = 100 \text{ А}$ ,  $I_{с.р.} = 50 \text{ А}$ .

Аналогічно вибираємо шинопроводи ШС-2 і ШС-3 і захисну апаратура до них, дані зводимо в табл. 3.2.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 3.2 – Дані вибраних шинопроводів і захисної апаратури до них

| Шинопровід |         |                 | Апарат на вводі |       |                 | Відходящі вимикачі  |         |                 |      |
|------------|---------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|---|---------|-----------------|------|
| Позн.      | Тип     | $I_{ном},$<br>А | Позн.           | Тип   | $I_{ном},$<br>А | Позн.   | Тип     | $I_{ном},$<br>А | К-ть |
| ШС-1       | ШРА73У3 | 250             | QF16            | А3794 | 250             | QF24, QF38,   | АЕ 2056 | 100             | 4    |
|            |         |                 |                 |       |                 | QF39, QF45<br>QF25 - QF50   | АЕ2046  | 63              | 23   |
| ШС-2       | ШРА73У3 | 250             | QF17            | А3794 | 250             | QF51 - QF54,  | АЕ 2056 | 100             | 10   |
|            |         |                 |                 |       |                 | QF67, QF73 -<br>QF77, QF81<br>QF55 - QF83                             | АЕ 2046 | 63              | 23   |
| ШС-3       | ШРА73У3 | 250             | QF18            | А3794 | 250             | QF84, QF85,   | АЕ2056  | 100             | 11   |
|            |         |                 |                 |       |                 | QF87, QF91 -<br>QF94, QF96,<br>QF97, QF101,<br>QF102, QF86 -<br>QF109 | АЕ2046  | 63              | 15   |

Щитки групові освітлювальні призначені для розподілу електричної енергії, захисту від перевантажень і струмів короткого замикання освітлювальних і силових мереж змінного струму з глухозаземленою нейтраллю напруга до 380 В, частотою 50Гц і для нечастих оперативних включень і відключень кіл.

Вибираємо щиток освітлення ЩО-1 з вимикачами у кількості 12 шт.

Визначаємо струм відходящого автоматичного вимикача.

$$I_{роз} = \frac{P_n}{U_n \cdot \cos \varphi} \quad (3.5)$$

де  $P_n$  – номінальна потужність освітлення, кВт;

$U_n$  – напруга мережі, кВ;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності ламп.

$$I_{ном} = \frac{1,6}{0,22 \cdot 0,85} = 8,55 \text{ А}$$

Вибирається освітлювальний щиток типу ПР8501-1005-1У3.

Аналогічно вибираємо освітлювальні щити ЩО-2, АЩО-1 і АЩО-2 дані освітлювальних щитків зводимо в табл. 3.3.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики вибраних щитків освітлення.

| Позначення | Тип щитка       | Номинальний струм, А | К-ть відхід. однополюсних автом. вим. |
|------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------|
| ЩО-1       | ПР8501-1005-1УЗ | 25                   | 12                                    |
| ЩО-2       | ПР8501-1005-1УЗ | 25                   | 12                                    |
| АЩО-1      | ПР8501-1001-1УЗ | 10                   | 3                                     |
| АЩО-2      | ПР8501-1001-1УЗ | 10                   | 3                                     |

Силові розподільчі пункти призначені для розподілу електричної енергії і захисту електричних установок при перевантаженнях і коротких замиканнях. Силові пункти виготовляють у вигляді шаф, що збираються з окремих стандартних елементів: ящиків зі сполучними шинами і ящиків з різними апаратами. Перевага цього пристрою полягає в можливості отримання різних схем з невеликого набору стандартних ящиків.

Виберемо розподільчий пункт РП-1, для цього визначається струм для ввідного вимикача по формулі:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{cp}} \quad (3.6)$$

де  $P_{ном}$  – номінальна встановлена потужність електроприймачів, кВт;

$U_{ном}$  – номінальна напруга електроприймачів, В.

$$I_{ном} = \frac{57,66}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 103 \text{ А}$$

Визначаємо струм уставки спрацьовування розчеплювача по формулі:

$$I_{с.р} = I_{ном} \cdot 1,25,$$

$$I_{с.р} = 103 \cdot 1,25 = 128,75 \text{ А}$$

Таким чином, вибирається розподільний пункт ПР11-3053-31УЗ.

Аналогічно вибираються розподільчі пункти РП-2 – РП-4, дані яких зводяться в табл. 3.4.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 3.4 Технічні характеристики вибраних розподільчих пунктів

| Позн. | Тип розподільного пункту | Наявність ввідного вимикача | Номинальний струм шафи, А | К-ть автоматичних вимикачів |             | К-ть |
|-------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------|------|
|       |                          |                             |                           | однополюсних                | триполюсних |      |
| РП-1  | ПР11-3053-31УЗ           | 1                           | 250                       | -                           | 4           | 1    |
| РП-2  | ПР11-7078-31УЗ           | 1                           | 250                       | -                           | 10          | 1    |
| РП-3  | ПР11-7078-31УЗ           | 1                           | 250                       | -                           | 10          | 1    |
| РП-4  | ПР11-3048-31УЗ           | 1                           | 100                       | -                           | 2           | 1    |

Силові ящики призначені для захисту від струмів короткого замикання і нечастих включень і відключень під навантаженням електричних кіл трифазного струму. Введення і виведення проводів здійснюється через верхню і нижню знімні кришки. Комплектуються ящики вимикачем із запобіжниками.

Вибираємо силовий ящик  $Q1$ , для цього визначається встановлена потужність крану, що живиться через ящик по формулі:

$$P_{уст} = P_{ном} \cdot \sqrt{\frac{ПВ\%}{100}} \quad (3.7)$$

де  $P_{ном}$  – номінальна потужність крану, кВт.

$$P_{уст} = 5 \cdot \sqrt{\frac{40}{100}} = 3,2 \text{ кВт.}$$

Визначаємо номінальний струм для силового ящика  $Q1$  по формулі:

$$I_{ном} = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi},$$

де,  $\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності крану.

$$I_{ном} = \frac{3,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 9,7 \text{ А.}$$

Визначаємо струм плавкої вставки запобіжника силового ящика  $Q1$ :

$$I_{пл.в} = I_{ном} \cdot 2,5 \quad (3.8)$$

$$I_{пл.в} = 9,7 \cdot 2,5 = 24,25 \text{ А.}$$

Таким чином, вибираємо силовий ящик БПВ-1УЗ.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 36   |

Аналогічно вибираємо силові ящики  $Q2$  і  $Q3$ , дані яких зводяться в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики вибраних силових ящиків

| Позначення | Тип ящика | Номинальний струм, А | Номинальний струм плавких вставок, А | Кількість |
|------------|-----------|----------------------|--------------------------------------|-----------|
| $Q1$       | БПВ-1У3   | 100                  | 25                                   | 1         |
| $Q2$       | БПВ-1У3   | 100                  | 25                                   | 1         |
| $Q3$       | БПВ-1У3   | 100                  | 15                                   | 1         |

Вибір вимірювальних приладів зведемо в табл.3.6.

Таблиця 3.6 – Технічні параметри вибраних вимірювальних приладів

|  |  |
|--|--|
| Дані вимірювальних приладів                        |  |
| Вольтметр електромагнітний                         |  |
| Э378   |  |
| $U_{ном} = 380Q3 В$                                | $U_{ном} = 380Q3 В$<br>$U_{пред} = 600Q3 В$<br>Клас точності 1,5                       |
| Амперметр електромагнітний                         |  |
| Э378   |  |
| $I_{ном1} = 5Q3 А$                                 | Клас точності 1,5  |
| Лічильник трифазний трансформаторний універсальний |  |
| ЦЭ-6850  |  |
| $U_{ном} = 380Q3 В$                                | $U_{ном} = 380Q3 В$<br>Межі виміру :<br>$I = 1,5Q3 В U = 380Q3 В$<br>Клас точності 1,0 |
| Трансформатор струму                               |  |
| ТНЩЛ - 1000/5                                      |  |
| $U_{ном} = 380Q3 В$                                | $U_{ном} = 380Q3 В$<br>$I_{ном1} = 1000Q3 А$<br>$I_{ном2} = 5Q3 А$                     |

### 3.2 Вибір проводів і кабелів для схеми електропостачання

Проводи класифікуються за матеріалом, з якого вони виготовлені, перерізом, видом ізоляції, механічною міцністю і так далі. У електротехніці застосовують головним чином проводи з міді і алюмінію, рідше з латуні і бронзи.

Кабелі поділяють за матеріалом, з якого виготовлені їх струмопровідні жили (мідь, алюміній), ізоляції і матеріалів з яких вона виготовлена, міри герметичності і захищеності кабелів від механічних пошкоджень і так далі.

Визначимо розрахунковий струм для кабелю, який живить ШС-1 по формулі:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi},$$

де,  $P_{ном}$  – номінальна активна потужність електроприймачів ШС-1, кВт;

$U_{ном}$  – номінальна напруга електроприймачів ШС-1, кВТ;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності ШС-1.

$$I_p = \frac{129,51}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 231,5 \text{ А.}$$

Таким чином, вибирається кабель АВВГ – кабель з алюмінієвими жилами, з полівінілхлоридною ізоляцією і оболонкою, не броньований.

Аналогічно вибираються усі інші кабелі і проводи, дані яких заносяться в табл. 3.7 і кабельний журнал в табл. 3.8.

Таблиця 3.7 – Технічні дані вибраних кабелів

| Маркування по проекту | Траса          | $P_n$ , кВт | $I_p$ , А | $I_{доп}$ , А | $S$ , мм <sup>2</sup> | Марка кабелю | $l$ , м |
|-----------------------|----------------|-------------|-----------|---------------|-----------------------|--------------|---------|
| 1                     | 2              | 3           | 4         | 5             | 6                     | 7            | 8       |
| K109                  | від КТП - ШС-1 | 129,51      | 231,5     | 235           | 4×50                  | АВВГ         | 15,64   |
| K110                  | від КТП - ШС-2 | 164,8       | 294,5     | 306           | 2(4×5)                | АВВГ         | 6,08    |
| K111                  | від КТП - ШС-3 | 128,34      | 229,4     | 235           | 4×150                 | АВВГ         | 5,7     |
| K112                  | від КТП - РП-1 | 57,66       | 103       | 110           | 4×50                  | АВВГ         | 4,6     |
| K113                  | від КТП - РП-2 | 36,7        | 65,9      | 75            | 4×25                  | АВВГ         | 15,4    |
| K114                  | від КТП - РП-3 | 56,6        | 101,2     | 110           | 4×50                  | АВВГ         | 53,5    |
| K115                  | від КТП - РП-4 | 3,64        | 6,47      | 19            | 4×2,5                 | АВВГ         | 4,6     |

продовження таблиці 3.7

|      |                 |          |       |     |      |      |    |
|------|-----------------|----------|-------|-----|------|------|----|
| K116 | від КТП - ЩСУ-1 | 82,9     | 148,3 | 170 | 4×95 | АВВГ | 20 |
| K117 | від КТП - ЩСУ-2 | 76,7     | 137   | 140 | 4×70 | АВВГ | 25 |
| K118 | від КТП - УК-1  | Q=110кВА | 167   | 170 | 4×95 | АВВГ | 10 |
| K119 | від КТП - УК-2  | Q=110кВА | 167   | 170 | 4×95 | АВВГ | 8  |

Таблиця 3.8 – Кабельний журнал

| Маркування по проекту | Траса |       | Розрахунковий струм, А | Марка провода (кабеля) | Число і переріз жил | Допустимий струм, А | Довжина провода (кабеля), м | Спосіб прокладення | Довжина труби, м |
|-----------------------|-------|-------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|------------------|
|                       | 2     | 3     |                        |                        |                     |                     |                             |                    |                  |
| 1                     | 2     | 3     | 4                      | 5                      | 6                   | 7                   | 8                           | 9                  | 10               |
| K1                    | ШС-1  | 1-126 | 32,1                   | ПВЗ                    | 4×4                 | 35                  | 4,2                         | у трубі            | 3,2              |
| K2                    | ШС-1  | 1-127 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 8,1                         | у трубі            | 7,1              |
| K3                    | ШС-1  | 1-128 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 13,4                        | у трубі            | 12,4             |
| K4                    | ШС-1  | 1-129 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 7,4                         | у трубі            | 6,4              |
| K5                    | ШС-1  | 1-130 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 11,5                        | у трубі            | 10,5             |
| K6                    | ШС-1  | 1-131 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 5,1                         | у трубі            | 4,1              |
| K7                    | ШС-1  | 1-132 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 7,8                         | у трубі            | 6,8              |
| K8                    | ШС-1  | 1-133 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 12                          | у трубі            | 11               |
| K9                    | ШС-1  | 1-134 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 4,2                         | у трубі            | 3,2              |
| K10                   | ШС-1  | 1-135 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 7,5                         | у трубі            | 6,5              |
| K11                   | ШС-1  | 1-136 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 11,7                        | у трубі            | 10,7             |
| K12                   | ШС-1  | 1-137 | 1,2                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 7,3                         | у трубі            | 6,3              |
| K13                   | ШС-1  | 1-138 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 11,1                        | у трубі            | 10,1             |
| K14                   | ШС-1  | 1-139 | 5,7                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 14,4                        | у трубі            | 13,4             |
| K15                   | ШС-1  | 1-140 | 39,3                   | ПВЗ                    | 4×6                 | 42                  | 7,3                         | у трубі            | 6,3              |
| K16                   | ШС-1  | 1-141 | 39,3                   | ПВЗ                    | 4×6                 | 42                  | 10,2                        | у трубі            | 9,2              |
| K17                   | ШС-1  | 1-143 | 0,97                   | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 16                          | у трубі            | 15               |
| K18                   | ШС-1  | 1-144 | 4,2                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 8,9                         | у трубі            | 7,9              |
| K19                   | ШС-1  | 1-145 | 3,05                   | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 11,2                        | у трубі            | 10,2             |
| K20                   | ШС-1  | 1-146 | 5,3                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 7,6                         | у трубі            | 6,6              |
| K21                   | ШС-1  | 1-147 | 3,05                   | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 10,3                        | у трубі            | 9,3              |
| K22                   | ШС-1  | 1-171 | 8,9                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 3,6                         | у трубі            | 2,6              |
| K23                   | ШС-1  | 1-174 | 2,3                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 10,5                        | у трубі            | 9,5              |
| K24                   | ШС-1  | 1-175 | 2,8                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 11,5                        | у трубі            | 10,5             |
| K25                   | ШС-1  | 1-176 | 2,9                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 12                          | у трубі            | 11               |
| K26                   | ШС-1  | 1-177 | 3,9                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 11,6                        | у трубі            | 10,6             |
| K27                   | ШС-1  | 1-178 | 3,9                    | ПВЗ                    | 4×2,5               | 25                  | 7,6                         | у трубі            | 6,6              |

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 39   |

продовження таблиці 3.8

| 1   | 2    | 3     | 4    | 5   | 6     | 7  | 8    | 9       | 10   |
|-----|------|-------|------|-----|-------|----|------|---------|------|
| K28 | ШС-2 | 2-148 | 25   | ПВЗ | 4×4   | 35 | 5,4  | у трубі | 4,4  |
| K29 | ШС-2 | 2-149 | 25   | ПВЗ | 4×4   | 35 | 10,5 | у трубі | 9,5  |
| K30 | ШС-2 | 2-150 | 25   | ПВЗ | 4×4   | 35 | 3,5  | у трубі | 2,5  |
| K31 | ШС-2 | 2-151 | 25   | ПВЗ | 4×4   | 35 | 9,3  | у трубі | 8,3  |
| K32 | ШС-2 | 2-152 | 5,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 5,1  | у трубі | 4,1  |
| K33 | ШС-2 | 2-153 | 5,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 7,8  | у трубі | 6,8  |
| K34 | ШС-2 | 2-154 | 4,9  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 11   | у трубі | 10   |
| K35 | ШС-2 | 2-155 | 5,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 14,1 | у трубі | 13,4 |
| K36 | ШС-2 | 2-156 | 5,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 5,8  | у трубі | 4,8  |
| K37 | ШС-2 | 2-157 | 5,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 11,1 | у трубі | 10,1 |
| K52 | ШС-2 | 2-111 | 9,8  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 20,6 | у трубі | 19,6 |
| K53 | ШС-2 | 2-114 | 8    | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 18,1 | у трубі | 17,1 |
| K54 | ШС-2 | 2-116 | 8    | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 12,3 | у трубі | 11,3 |
| K55 | ШС-2 | 2-118 | 5,3  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 12,7 | у трубі | 11,7 |
| K56 | ШС-2 | 2-119 | 2,1  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 12,7 | у трубі | 11,7 |
| K57 | ШС-2 | 2-120 | 5,3  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 13,3 | у трубі | 12,3 |
| K58 | ШС-2 | 2-121 | 8    | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 11,2 | у трубі | 10,2 |
| K59 | ШС-2 | 2-122 | 5,3  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 9,8  | у трубі | 8,8  |
| K60 | ШС-2 | 2-123 | 5,3  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 8,8  | у трубі | 7,8  |
| K61 | ШС-3 | 3-70  | 8    | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 5,7  | у трубі | 4,7  |
| K62 | ШС-3 | 3-71  | 8    | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 9,4  | у трубі | 8,4  |
| K63 | ШС-3 | 3-72  | 5,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 13,1 | у трубі | 12,1 |
| K64 | ШС-3 | 3-73  | 7,4  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 16,9 | у трубі | 15,9 |
| K65 | ШС-3 | 3-74  | 5,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 18,6 | у трубі | 17,6 |
| K66 | ШС-3 | 3-77  | 4,8  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 12,8 | у трубі | 11,8 |
| K67 | ШС-3 | 3-78  | 4,8  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 9,5  | у трубі | 8,5  |
| K68 | ШС-3 | 3-81  | 17,9 | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 9,4  | у трубі | 8,4  |
| K69 | ШС-3 | 3-82  | 17,9 | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 11,3 | у трубі | 10,3 |
| K70 | ШС-3 | 3-83  | 17,9 | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 13,6 | у трубі | 12,6 |
| K71 | ШС-3 | 3-84  | 12,5 | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 11,6 | у трубі | 10,6 |
| K72 | ШС-3 | 3-85  | 3,9  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 15,3 | у трубі | 14,3 |
| K73 | ШС-3 | 3-87  | 32,1 | ПВЗ | 4×6   | 42 | 15,9 | у трубі | 14,9 |
| K74 | ШС-3 | 3-88  | 7,1  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 14,2 | у трубі | 13,2 |
| K75 | ШС-3 | 3-90  | 0,94 | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 14,1 | у трубі | 13,1 |
| K76 | ШС-3 | 3-91  | 4,1  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 11,4 | у трубі | 10,4 |
| K77 | ШС-3 | 3-92  | 4,1  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 9,8  | у трубі | 8,8  |
| K78 | ШС-3 | 3-94  | 17,9 | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 19,7 | у трубі | 18,7 |
| K79 | ШС-3 | 3-95  | 17,9 | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 20,1 | у трубі | 19,1 |
| K80 | ШС-3 | 3-96  | 6,2  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 16   | у трубі | 15   |
| K81 | ШС-3 | 3-97  | 2,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 14,8 | у трубі | 13,8 |
| K82 | ШС-3 | 3-99  | 2,7  | ПВЗ | 4×2,5 | 25 | 12,6 | у трубі | 11,6 |



продовження таблиці 3.8

| 1    | 2    | 3     | 4    | 5    | 6     | 7  | 8    | 9       | 10   |
|------|------|-------|------|------|-------|----|------|---------|------|
| K83  | ШС-3 | 3-101 | 2,7  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 14,4 | у трубі | 13,4 |
| K84  | ШС-3 | 3-104 | 5,4  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 8,8  | у трубі | 7,8  |
| K85  | ШС-3 | 3-105 | 5,4  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 9,4  | у трубі | 8,4  |
| K86  | ШС-3 | 3-86  | 5,4  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 7,7  | у трубі | 6,7  |
| K87  | РП-2 | 4-35  | 5,3  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 18   | у трубі | 17   |
| K88  | РП-2 | 4-45  | 3,9  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 15,1 | у трубі | 14,1 |
| K89  | РП-2 | 4-60  | 8,9  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 5,3  | у трубі | 4,3  |
| K90  | РП-2 | 4-61  | 9,8  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 7    | у трубі | 6    |
| K91  | РП-2 | 4-62  | 9,8  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 10,8 | у трубі | 9,8  |
| K92  | РП-2 | 4-63  | 8    | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 12,9 | у трубі | 11,9 |
| K93  | РП-2 | 4-65  | 8    | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 16,4 | у трубі | 15,4 |
| K94  | РП-2 | 4-66  | 5,3  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 13,7 | у трубі | 12,7 |
| K95  | РП-2 | 4-67  | 2,1  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 18,3 | у трубі | 17,3 |
| K96  | РП-2 | 4-68  | 5,3  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 14,5 | у трубі | 13,5 |
| K97  | РП-2 | 4-68  | 8    | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 13,2 | у трубі | 12,2 |
| K98  | РП-2 | 4-68  | 5,3  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 9,6  | у трубі | 8,6  |
| K99  | РП-2 | 4-69  | 5,3  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 10,9 | у трубі | 9,9  |
| K100 | РП-3 | 5-1   | 22,8 | ПВЗ  | 4×4   | 35 | 7,5  | у трубі | 6,5  |
| K101 | РП-3 | 5-2   | 19,3 | ПВЗ  | 4×4   | 35 | 10,9 | у трубі | 9,9  |
| K102 | РП-3 | 5-3   | 12,8 | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 13   | у трубі | 12   |
| K103 | РП-3 | 5-4   | 2,1  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 13,7 | у трубі | 12,7 |
| K104 | РП-3 | 5-5   | 11   | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 15,5 | у трубі | 14,5 |
| K105 | РП-3 | 5-6   | 8    | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 15,3 | у трубі | 14,3 |
| K106 | РП-3 | 5-7   | 15,2 | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 11,9 | у трубі | 10,9 |
| K107 | РП-3 | 5-8   | 5,3  | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 6,7  | у трубі | 5,7  |
| K108 | РП-3 | 5-11  | 0,94 | ПВЗ  | 4×2,5 | 25 | 17,6 | у трубі | 16,6 |
| K120 | РП-1 | ЩО-1  | 56,5 | АВВГ | 4×16  | 60 | 40,5 | у трубі | 39,5 |
| K121 | РП-1 | ЩО-2  | 46,5 | АВВГ | 4×16  | 60 | 10   | у трубі | 9    |
| K122 | РП-4 | АЩО-1 | 0,57 | АВВГ | 4×2,5 | 25 | 39,5 | у трубі | 38,5 |
| K123 | РП-4 | АЩО-2 | 5,9  | АВВГ | 4×2,5 | 25 | 11   | у трубі | 10   |

### 3.3 Розрахунок мережі заземлення

Розрахунок мережі заземлення визначає тип заземлювачів, їх кількість, місце розміщення і переріз заземлюючих провідників. Розрахунок виконується для необхідного опору заземлюючого пристрою відповідно до вимог ПУЕ.

Ґрунт, що оточує заземлювач, не є однорідним. Наявність в ньому піску, будівельного сміття і ґрунтових вод чинить великий вплив на опір ґрунту. Тому ПУЕ рекомендують визначати питомий опір ґрунту шляхом безпосередніх вимірювань в тому місці, де розміщуватимуться заземлювачі.

Питомий опір ґрунту, отриманий шляхом вимірювання є найважливішою величиною, що визначає опір заземлюючого пристрою. Але при цьому враховуються усі сезонні зміни питомого опору ґрунту.

Розрахуємо заземлюючий контур, враховуючи що:

- ґрунт – суглинок;
- вертикальний заземлювач – кутник з розмірами  $50 \times 50 \times 4$ , довжиною  $l = 3 \text{ м}$ ;
- горизонтальний заземлювач – смуга  $40 \times 4$ ;
- відстань між вертикальними заземлювачами –  $a = 4,5 \text{ м}$ ;
- заземлюючий контур заглиблюється в землю на глибину  $0,7 \text{ м}$ .

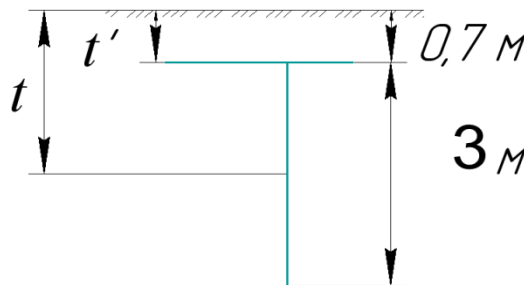


Рисунок 3.1 – Схема розташування заземлювача

Встановимо необхідний по ПУЕ допустимий опір заземлюючого пристрою :

$$R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом}$$

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням коефіцієнтів, що враховують висихання ґрунту літом і промерзання взимку:

Вибіримо значення коефіцієнта ґрунту, що враховує висихання влітку і промерзання взимку:

$$k_{\text{в}} = 1,8.$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

За довідковими даними виберемо питомий опір ґрунту – суглинок  
 $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

$$\rho_c = k_e \cdot \rho;$$

де  $\rho$  – середній питомий опір ґрунту, Ом·м;

$$\rho_c = 1,8 \cdot 100 = 180 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо опір розтіканню одного вертикального електроду:

$$R_{BO} = \frac{\rho_{\text{роз.е}}}{2\pi \cdot l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right);$$

де  $l$  – довжина вертикального електроду, м;

$t$  – відстань від поверхні землі до середини електроду,;

$d$  – діаметр забиваних електродів,.

$$R_{BO} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,048} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 1}{4 \cdot 2,2 - 1} \right) = 47,2 \text{ Ом}.$$

Визначаємо зразкове число вертикальних заземлювачів при заздалегідь прийнятому коефіцієнті використання :

$$n_{\text{уточн.}} = \frac{R_{BO}}{\eta_e \cdot R_{\text{дон}}},$$

де  $\eta_e = 0,7$  , оскільки  $\frac{a}{l} = \frac{4,5}{3} = 1,5$  – коефіцієнт використання.

$$n_{\text{уточн.}} = \frac{47,2}{0,7 \cdot 4} = 16,9 \approx 17 \text{ шт.}$$

Визначаємо опір розтіканні горизонтальних електродів :

$$R_r = \frac{\rho_n}{2\pi \cdot l_r} \left( \ln \frac{2l_r^2}{bt'} \right).$$

Визначаємо довжину сполучної смуги :

$$l_r = 1,05 \cdot n \cdot a ,$$

де  $a$  – відстань між забиваними електродами, .

$$l_r = 1,05 \cdot 17 \cdot 4,5 = 80,3 \text{ м}.$$

Визначаємо питомий опір для горизонтальних електродів:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$\rho_c = k_\Gamma \cdot \rho,$$

$$\rho_c = 4,5 \cdot 100 = 450 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

де  $\nu$  – довжина сполучної смуги, м;

$t' = 0,72$  – відстань від поверхні землі до середини висоти сполучної смуги:

$$R_r = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 80,3} \left( \ln \frac{2 \cdot 80,3^2}{0,04 \cdot 0,72} \right) = 11,6 \text{ Ом.}$$

Уточнюємо необхідний опір вертикальних електродів з урахуванням опору горизонтальної смуги :

$$R'_B = \frac{R_\Gamma \cdot R_{дон}}{R_\Gamma - R_{дон}},$$

$$R'_B = \frac{11,6 \cdot 4}{11,6 - 4} = 6,1 \text{ Ом}$$

Уточнюємо число вертикальних електродів з урахуванням опору коефіцієнта використання:

$$n = \frac{R_{BO}}{\eta_\epsilon \cdot R'_\epsilon},$$

$$n = \frac{47,2}{0,7 \cdot 6,1} = 12 \text{ шт.}$$

Визначаємо опір вибраного заземлюючого контура:

$$R_3 = \frac{R_\Gamma \cdot R'_B}{R_\Gamma + R'_B},$$

$$R_3 = \frac{11,6 \cdot 6,1}{11,6 + 6,1} = 3,99 \text{ Ом.}$$

Оскільки опір заземлюючого пристрою відповідає вимогам ПУЕ то розрахунок зроблений вірно.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

### 3.4 Висновки до розділу 3

У даному розділі були вибрані живлячі і розподільні мережі напругою до 1000 В. В якості розподільного шинопроводу вибрано ШРА-73 з допустимим навантаженням 250 А, а також вибрані розподільні пункти, щити освітлення. Крім цього розраховано захист від струмів короткого замикання і перевантажень. Для виконання захисних функцій були вибрані автоматичні вимикачі з комбінованим розчіплювачем.

Для захисту робочого персоналу проведено розрахунок заземляючих пристроїв. У ремонтно-механічному цеху електропостачання виконане за схемою блок "трансформатор-магістраль". До переваг цієї схеми можна віднести те, що переміщення технологічного обладнання не викликає перевантаження мережі.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки

На кожному підприємстві при експлуатації електрообладнання користуються нормативно-технічною документацією з безпечної експлуатації електроспоживачів: “Закон України про Охорону праці”, ПУЕ, ПТЕ і ПТБ у відповідності до якої електроустановки допущені до експлуатації.

До нормативно-технічної документації входять:

- акти прийому робіт;
- генеральний план ділянки на якому нанесені споруди і підземні електротехнічні комутації;
- акти випробувань і наладки електрообладнання;
- акти прийому електроустановок в експлуатацію;
- виконавчі робочі схеми первинних і вторинних електричних з'єднань;
- технічний паспорт електрообладнання;
- інструкції по обслуговуванню електроустановок, а також посадові інструкції по кожному робочому місцю.

Крім того, на кожному цеху необхідно мати:

- паспортні карти або журнал з описанням електрообладнання і засобів захисту із вказанням технічних даних, а також присвоєння інвентарних номерів;
- креслення електрообладнання, електроустановок і споруд, комплекти креслень запасних частин, виконавчі креслення повітряних і кабельних трас;

|             |      |                |        |      |  |                   |      |         |
|-------------|------|----------------|--------|------|--|-------------------|------|---------|
|             |      |                |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ  |                   |      |         |
| Змн.        | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |                   |      |         |
| Розробив    |      | Гейруш Р.З     |        |      | <b>4 БЕЗПЕКА<br/>ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ<br/>ТА ОСНОВИ<br/>ОХОРОНИ ПРАЦІ</b> | Літ.              | Арк. | Аркушів |
| Керівник    |      | Вакуленко О.О. |        |      |  |                   | 46   | 7       |
| Консультант |      | Гурик О.Я.     |        |      |  | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41 |      |         |
| Н. Контр.   |      | Вакуленко О.О. |        |      |  |                   |      |         |
| Зав. каф.   |      | Тарасенко М.Г. |        |      |  |                   |      |         |

- креслення підземних кабельних трас і заземлюючі пристрої з прив'язками до будівельних споруд, а також з вказанням місць установки з'єднувальних муфт і перемикань з іншими комунікаціями;
- загальні схеми електропостачання, складені по підприємству в цілому і по окремим цехам та ділянкам;
- комплект експлуатаційних інструкцій по обслуговуванню електроустановок цеха, ділянки і комплект посадових інструкцій по кожному робочому місцю і інструкцій по охороні праці.

Всі зміни в електроустановка, які вносяться в процесі експлуатації, повинні відображатися в схемах і кресленнях відразу за підписом особи, яка відповідає за електрогосподарство, з вказанням його посади і дати внесення змін.

Заходи з електробезпеки поділяються на організаційні та технічні.

До організаційних заходів, що забезпечують безпеку виконання робіт в електроустановках відносяться:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, що виконують в порядку технічної експлуатації;
- допуск до роботи;
- наряд під час виконання робіт;
- оформлення перерв в роботі, переводи бригади на інше робоче місце, закінчення роботи

В процесі роботи заводу персонал повинен систематично проходити інструктаж з техніки безпеки. На робочих місцях повинні бути інструкції по обслуговуванню обладнання, правила техніки безпеки, плакати та попереджувальні написи.

Особи, що обслуговують електроустановки, проходять медогляд, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань кваліфікаційної групи по ТБ.

Технічні заходи.

Для захисту людей в умовах виробничого процесу застосовуються:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 47   |

- безпечні струми;
- ізоляція проводів;
- механічні огороження;
- захисні заземлення;
- занулення;
- блокування пристроїв;
- захисні засоби.

Захисне заземлення - це заземлення, виконане з метою захисту людей від замикань на землю, або корпус.

Захисне відключення - система захисту, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки.

На підприємстві повинні проводитись протипожежні інструктажі.

Всі працівники підприємства зобов'язані знати та неухильно виконувати правила пожежної безпеки. Для цього з робітниками проводиться пожежно-технічний мінімум, де їх знайомлять з методами гасіння пожеж і засобів, що використовуються для цього.

Головним завданням пожежної безпеки є забезпечення працюючих комфортними умовами праці, зберігання матеріальних цінностей, а також забезпечення неперервного виробничого процесу.

Основними причинами пожеж на підприємствах харчової промисловості є необережна робота з відкритим вогнем, застосування пошкоджених, вогнегасників які не відповідають класу вибухонебезпечності.

Пожежна безпека заводу забезпечується системою запобігання пожеж і пожежного захисту. Пофарбування зовнішньої поверхні обладнання, яка нагрівається, повинне проводитись жаростійкою фарбою.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно проводити організаційні заходи. До них відносяться:

- організація пожежної охорони;
- навчання працюючих;
- розробка і застосування норм та правил.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



Пожежна профілактика - це найбільш важлива частина протипожежних заходів і уявляє собою єдиний комплекс організаційних та технічних заходів по попередженню та локалізації пожеж та вибухів.

Головними та найбільш частими причинами горіння, пожеж, вибухів є:

1. порушення правил пожежної безпеки;
2. порушення режиму технологічного процесу;
3. несправність обладнання;
4. самозапалювання, грозові розряди.

Причинами пожеж являються також короткі замикання та струмові навантаження провідників. Електрична дуга може визвати запалення розташованих поблизу горючих матеріалів і маслонаповнених апаратів.

В приміщеннях підприємства передбачені засоби для гасіння пожежі. В електричних установках гасіння пожежі відбувається за допомогою повітряно-механічної піни піноутворювачем (ПО-1 та ПО-6).

Ручні вогнегасники типів ОУ-5 та ОУ-8 передбачені для гасіння невеликих джерел вогню всіх видів.

При виникненні пожеж, якщо електрична установка не відключена та знаходиться під напругою, виникає небезпека враження електричним струмом. Необхідно зняти напругу, а потім гасити її. Якщо напругу зняти не можна, то припускається гасіння установки при дотриманні особистих засобів електробезпеки. На заводі плануються такі протипожежні заходи:

1. На основі даних по вибухо- та пожежонебезпеці технологічних процесів визначені класи вибухо-пожежонебезпеки згідно ПУЕ та здійснено вибір електричного обладнання, електричного освітлення та електричної апаратури.

2. Пускова та розподільча апаратура винесена з вибухонебезпечних приміщень у електрощитові. Світильники вибрані відповідно класу та групі вибухонебезпечної суміші.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

3. Розподільчі шафи, пускова апаратура у цехах розташовані у місцях доступних для обслуговування з проходами не менше за 0,8 м від технологічного обладнання.

Згідно ПУЕ приміщення на підприємстві по вибухо- та пожежонебезпеці класифікують (табл 4.1).

Таблиця 4.1 – Перелік вибухо-пожежонебезпечних приміщень на підприємстві

| № | Найменування приміщень   | Категорії з вибухо-пожеже небезпеки | Клас приміщення згідно умов навколишнього середовища |
|---|--|-------------------------------------|--|
| 1 | Складські приміщення   | В                                   | П-Іа   |
| 2 | ГРП  | А                                   | В-Іа   |
| 3 | Дільниця зарядки, акумуляторів електрокара в посудо-тарному цеху, лікерному відділенні | А                                   | В-І  |
| 4 | Зарядка гаража   | А                                   | В-І  |
| 5 | Склад красок гаража  | А                                   | В-І  |
| 6 | Машинний зал аміачної компресорної   | А                                   | В-Іб   |
| 7 | Камера витяжних вентиляторів із машинного залу   | А                                   | В-Іб   |

Вибухонебезпечною вважається зона в приміщенні в межах до 5 м. по горизонталі і вертикалі від технологічного апарату із якого можливе виділення горючих газів, або парів легкозаймистих речовин, якщо об'єм вибухонебезпечної суміші рівний або більший 5% вільного об'єму приміщення.

Пожежонебезпечною зоною називається простір в приміщеннях і поза приміщеннями в межах якого постійно чи періодично обертаються горючі речовини і в якому вони можуть знаходитись при нормальному технологічному процесі, або при його порушеннях.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 4.2 Вимоги до проектування й побудови промислових підприємств

Нові промислові підприємства повинні будуватися з врахуванням вимог, виконання яких сприяє підвищенню стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкту.

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розміщувати розосереджено. Відстань між будівлями повинна забезпечувати протипожежні розриви. При забезпеченні таких розривів виключається можливість перенесення вогню з однієї будівлі на іншу навіть, якщо гасіння пожежі не проводиться.

Ширина протипожежного розриву  $L_p$ , м, визначається за формулою:

$$L_p = H_1 + H + 15 \text{ м,}$$

де  $H$  і  $H_1$  – висота сусідніх будинків.

Будівлі адміністративно-господарського і обслуговуючого призначення повинні розміщуватись окремо від основних цехів.

Найбільш важливі виробничі споруди треба будувати заглибленими або пониженої висоти, прямокутної форми в плані. Це зменшить парусність будівлі і збільшить її опір ударній хвилі будь-якого вибуху. Висока стійкість до дії ударної хвилі властива залізобетонній будівлі з металевими каркасами в бетонній опалубці.

Для підвищення стійкості до пожеж в будинках повинні застосовуватись вогнестійкі конструкції, а також вогнезахисна обробка горючих елементів будівлі. В кам'яних будинках перекриття повинно бути виготовлене з армованого бетону або з бетонних плит. Велика за розмірами будівля повинна поділятися на секції з негорючими стінами.

В ряді випадків при проектуванні і будівництві промислових будівель і споруд повинна бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного порошку. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості і продовольчих складів.

В складських приміщеннях повинно бути якомога менше вікон та дверей. Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 51   |

(бензин, нафта, мазут та ін.) повинні розміщуватись в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля кордонів об'єкту або за його межами.

Деякі унікальні види технологічного обладнання потрібно розміщувати в більш міцних спорудах (підвалах, підземних спорудах) або будівлях з легких негорючих конструкцій павільйонного типу, під навісами або відкрито. Це обумовлюється тим, що в багатьох випадках обладнання може витримати набагато більший надлишковий тиск ударної хвилі, ніж будівля, в якій воно знаходиться. При зруйнуванні будівлі внаслідок падіння конструкцій розміщене в них обладнання буде виходити з ладу.

На підприємствах, які виготовляють або споживають сильнодіючі отруйні і вибухонебезпечні речовини, при будівництві чи реконструкції необхідно передбачати захист ємностей і комунікацій від зруйнування ударною хвилею або падаючими конструкціями, а також заходи, які виключають розливання отруйних і вибухонебезпечних речовин.

Душові приміщення необхідно проектувати з врахуванням використання їх для санітарної обробки людей, а місця для миття машин - з врахуванням використання їх для знезаражування автотранспорту.

Дороги на території об'єкту повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручний і найкоротший шлях між виробничими будівлями, спорудами і складами. В'їздів на територію об'єкту повинно бути не менше, ніж два з різних напрямків. Внутрішні залізниці повинні забезпечувати найпростішу схему рух та займати мінімальну площу території об'єкту і мати обгінні ділянки. Вводи залізниці в цехи повинні бути, як правило, тупикові.

Системи побутової і виробничої каналізації повинні мати не менше двох випусків в міську каналізаційну мережу і пристосування для аварійних викидів в підготовлені для цього місця.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 52   |

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра здійснено розробку нової схеми електропостачання цеху, яка забезпечить надійне електропостачання усіх споживачів цеху, є гнучкою для модернізації та розширення, окрім цього відповідає вимогам енергозбереження.

У першому розділі розглянуто питання особливості електропостачання промислових підприємств; розглянуто елементи системи електропостачання підприємств, та наведено основні вимоги до джерел живлення. Також в даному розділі виконана характеристика споживачів цеху, тобто усі електроприймачі характеризувалися по напрузі, по режиму роботи, по роду струму, по мірі безперебійності. Здійснено опис однолінійної електричної схеми живлення цеху.

В другому розділі виконано розрахунок електричного освітлення, який проводився з метою визначення необхідної потужності на освітлення цеху, а також необхідної кількості світильників. Був проведений розрахунок електричних навантажень, який проводився з метою виявлення повної максимальної потужності цеху необхідної для наступного вибору трансформаторів. Вибраний компенсуючий пристрій, необхідний для зниження реактивної потужності і підвищення коефіцієнта потужності. Вибрана трансформаторна підстанція. Оскільки ремонтно-механічний цех відноситься до споживача другої категорії по надійності, то на підстанції повинні бути встановлені два трансформатори.

У третьому розділі були вибрані живлячі і розподільні мережі напругою до 1000 В. В якості розподільного шинопроводу вибрано ШРА-73 з допустимим навантаженням 250 А, а також вибрані розподільні пункти, щити освітлення. Крім цього розраховано захист від струмів короткого замикання

|           |      |                |        |      |                          |                   |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--------------------------|-------------------|------|---------|
|           |      |                |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ  |                   |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                          |                   |      |         |
| Розробив  |      | Гейруш Р.З     |        |      | <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> | Літ.              | Арк. | Аркушів |
| Керівник  |      | Вакуленко О.О. |        |      |                          |                   | 53   | 2       |
| Н. Контр. |      | Вакуленко О.О. |        |      |                          | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41 |      |         |
| Зав. каф. |      | Тарасенко М.Г. |        |      |                          |                   |      |         |

і перевантажень. Для виконання захисних функцій були вибрані автоматичні вимикачі з комбінованим розчіплювачем.

Для захисту робочого персоналу проведено розрахунок заземляючих пристроїв. У ремонтно-механічному цеху електропостачання виконане за схемою блок "трансформатор-магістраль". До переваг цієї схеми можна віднести те, що переміщення технологічного обладнання не викликає перевантаження мережі.

В ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спроектовано однолінійну схему ремонтно-механічного цеху, план підключення обладнання ремонтно-механічного цеху з розподільними мережами, план підключення електричного освітлення і план КТП, розріз і контур заземлення. Електропостачання ремонтно-механічного цеху було спроектовано з урахуванням усіх умов, необхідних для надійної і безпечної роботи.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ EN 50160-2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення». Київ. «Мінекономрозвитку України». 2014. – 27 с.
2. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
3. Діючі нормативні документи для підготовки проектної документації щодо реконструкції, технічного переоснащення існуючих або будівництва нових підстанцій в мережах ДП «НЕК «Укренерго». Перелік. (станом на 01.08.2019 р.).
4. Проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия. Ч.1. Методические указания к курсовому проектированию для студентов специальности «Электроснабжение» / Сост. В.И. Мошкин, Н.С. Деркач, Т.А. Стрижова. – Курган: Изд-во КГУ, 2005.
5. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. «Основи електропостачання», Національний університет «Львівська політехніка», 2005.
6. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. «Основи електроенергетики та електропостачання». Підручник – Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.
7. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991 г. – М.: Энергия, 1986 г. – 464 с.
8. Ермилов А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. Изд. 2-е переработ. М., “Энергия”, 1969. - 342с.
9. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258

|           |      |                |        |      |                         |    |   |
|-----------|------|----------------|--------|------|-------------------------|----|---|
|           |      |                |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ |    |   |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата | <b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> |    |   |
| Розробив  |      | Гейруш Р.З     |        |      |                         |    |   |
| Керівник  |      | Вакуленко О.О. |        |      |                         | 55 | 2 |
| Н. Контр. |      | Вакуленко О.О. |        |      | ТНТУ, ФПТ, ЕТс-41       |    |   |
| Зав. каф. |      | Тарасенко М.Г. |        |      |                         |    |   |

] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.

10. ДНАОП 0.00-2.32-2001 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

11. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. «Основи електропостачання», Національний університет «Львівська політехніка», 2005.

12. Правила устройства электроустановок ПУЭ. 7-е изд., переработанное и дополненное – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 640 с.

13. Проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия. Ч.1. Методические указания к курсовому проектированию для студентов специальности «Электроснабжение» / Сост. В.И. Мошкин, Н.С. Деркач, Т.А. Стрижова. – Курган: Изд-во КГУ, 2005.

14. Справочник для проектирования электрического освещения. /Под ред. Г. М. Кноринга.- Л.: Энергия, 1976.- 384 с.

15. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.

16. М.С. Сегеда «Електричні мережі та системи». Підручник - Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.

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.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ 19-021.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 56   |