

Хмельницький національний університет

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

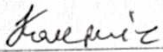
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма «Електропобутова техніка»

**Розробка системи електропостачання
ремонтно-зварювального цеху підприємства**

Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
3 курсу група ЕТс 22-2

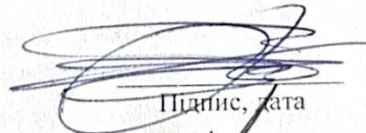

Підпис

Колесніченко О.О.
Ініціали, прізвище
старший викладач
Залізецький А.М.
Ініціали, прізвище

Керівник

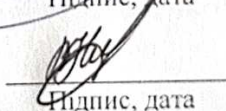

Підпис, дата

Нормоконтролер


Підпис, дата

к.т.н. доц. Телмошук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. Кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

к.т.н., Неймак В.С.
Ініціали, прізвище

2 06 2025р.

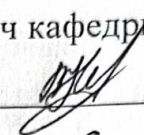
Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електропобутова техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС


_____ .2025 р.
2 . 06

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Колесніченко Олексій Олегович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи: **Розробка системи електропостачання ремонтно-зварювального цеху**

Керівник роботи **Залізецький Анатолій Михайлович ст.**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи: **план зварювального цеху виробничої бази, список необхідного зварювального обладнання.**

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

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Генеральний план виробничої бази. Схема розміщення (A1).

Аркуш 2. Картограма навантажень виробничої бази. Схема розміщення (A1). **Аркуш 3.** Генеральний план потужностей виробничої бази. Схема розміщення (A1).

Аркуш 4. Електропостачання зварювального цеху. Схема електрична принципова (A1). **Аркуш 5.** Електрообладнання зварювального цеху. Схема розміщення (A1).

Аркуш 6. Комплексна трансформаторна підстанція. Схема комбінована. (A1)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|--|-------------------|---------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 15.05.25р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|----------------------------------|----------|
| 1. Огляд та аналіз планів виробничих цехів, електроустаткування для зварювання | 15.05.25 р. | |
| 2. Розробка схеми розташування електроустаткування зварювального цеху | 22.05.25 р. | |
| 3. Розробка принципової схеми електропостачання зварювального цеху | 15.06.25 р. | |
| | | |

Студент Колесніченко Колесніченко О.О.
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник роботи А.М. Залізецький Залізецький А.М.
Підпис Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи студента спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Колесніченко Олексій Олегович

2. Тема бакалаврської роботи Розробка системи електропостачання ремонтно-зварювального цеху

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання рецензента

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 6 арк., сторінок записки 54

5. Сенс цієї роботи полягає у тому, щоб розробити систему електропостачання цеху зварювання відповідно до сучасних вимог і норм.

У роботі описуються вимоги до проектування виробничих цехів, проведено вибір елементної бази.

В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розділи, що відповідають встановленим вимогам.

В аналітичному розділі зроблено аналіз вимог до розробки систем електропостачання, розглянуто умови до проектування надійних систем електропостачання. Розглянуто генеральний план виробничої бази, план зварювального цеху, та списку необхідного обладнання.

В розрахунковому розділі визначено розрахункове навантаження зварювального цеху. Визначено загальне навантаження підприємства. Розраховано данні картограми навантаження виробничої бази. Вибрано число та потужності центрального трансформатора комплексної трансформаторної підстанції.

В конструкторському розділі здійснено розрахунок внутрішньозавдоської мережі. Проведено вибір електричної апаратури та струмопровідних частин. Вибрано переріз кабельних ліній.

Проведено всі необхідні розрахунки розробки електропостачання зварювального цеху виробничої бази. Наведено необхідні для розуміння облаштування бази, розміщення виробничих установок і потужностей підприємства.

Зроблено узагальнені висновки про важливість дотримання норм і вимог проектування сучасних енергосистем.

Підпис студента Колесніченко
«2» 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕК

Протокол 8 від «30» 06 2025р.

Оцінка проекту ЕК 4,0/5
Рекомендації ЕК впровадження у виробництво

Особливі відмітки -
Технічний секретар А.В.

«30» 06 2025 р.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| | С |
| ВСТУП..... | 3 |
| 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ..... | 4 |
| 1.1. Огляд існуючих систем енергопостачання..... | 4 |
| 1.2. Релейний захист та автоматика..... | 5 |
| 1.3. Резервні джерела живлення..... | 8 |
| 1.4. Огляд виробничих цехів бази і встановленого обладнання..... | 12 |
| 2. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ..... | 15 |
| 2.1. Розрахунок навантаження цеху зварювання..... | 15 |
| 2.2. Визначення розрахункового навантаження виробничої бази..... | 21 |
| 2.3. Визначення повного загального навантаження виробничої бази..... | 23 |
| 2.4. Розрахунок даних картограми навантажень підприємства..... | 24 |
| 2.5.. Вибір числа та потужності комплексної трансформаторної підстанції виробничої бази..... | 27 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ..... | 30 |
| 3.1.Схема зовнішнього електропостачання цеху..... | 31 |
| 3.2.Розрахунок схеми внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ..... | 32 |
| 3.3. Електропостачання зварювального цеху..... | 33 |
| 3.4. Розподільчі пункти електрообладнання цеху | 34 |
| 3.5. Визначення навантажень приміщень цеху | 37 |
| 3.6.Вибір електричної апаратури та струмопровідних частин у мережі до 1000 В..... | 41 |

| | | | |
|---|----------------|---------------------|-------------|
| БРМА25.00.00.000 ПЗ | | | |
| | м. Арк. | Підпис | Дата |
| Виконав | Колесніченко | <i>Колесніченко</i> | 23.06.15 |
| Перевір. | Залізецький | <i>Залізецький</i> | 1.08.15 |
| І.контр. | <i>Тимощук</i> | <i>Тимощук</i> | |
| Затвер. | <i>Неймарк</i> | <i>Неймарк</i> | |
| Розробка системи електропостачання ремонтно-зварювального цеху підприємства | | | |
| | | Літера | Аркуш |
| | | ХНУ | гр.ЕТс-22-2 |

| | |
|---------------------------------|----|
| ВИСНОВКИ..... | 48 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 50 |

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

| |
|------|
| Арк. |
| 2 |

ВСТУП

Надійне електропостачання зварювального цеху для будь-кого виробництва є дуже важливим завданням. Забезпечити безперебійну роботу цеху та гарантувати безпеку її персоналу та технологічного процесу загалом. Від надійності системи електропостачання залежить ефективність роботи зварювального цеху, її здатність забезпечити безперервний процес роботи навіть у випадку аварійних ситуацій.

Створивши умови, за яких зварювальне обладнання, що потребує стабільної подачі електроенергії, працюватиме безперебійно, а будь-які збої в електропостачанні не впливатимуть на виробничі показники та не створюватимуть небезпеки для працівників.

Найважливішою умовою забезпечення надійності є включення у систему резервних джерел. Таким чином зменшивши ймовірність перебоїв у живленні, що особливо важливо для зварювальних робіт, де навіть короткочасний розрив подачі електричної енергії може призвести до серйозних затримок виробництва або навіть пошкодження обладнання. У якості резервних джерел живлення можуть слугувати генератори або акумуляторні батареї, які в разі виходу основного джерела з ладу здатні забезпечити безперебійне живлення. Важливим є також оснащення виробничих приміщень системами безперебійного живлення (UPS), що забезпечать короткочасне живлення підчас критичних навантажень до подачі живлення від резервного генератора.

Щоб забезпечити надійність використовуються автоматичні вимикачі, запобіжники, а також реле захисту, що здатні швидко реагувати на несправності в електричній мережі, автоматично вимикаючи обладнання, запобігаючи таким чином виникненню серйозних несправностей. Щоб всі елементи захисту відповідали вимогам безпеки та мали належну кваліфікацію важливої для роботи з високими навантаженнями, які характерні для зварювальних установок.

Для забезпечення оптимальних умов зварювання, необхідний стабільний рівень напруги в електричній мережі.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 3 |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Перепади напруги призводять до менш ефективної роботи зварювальних апаратів або навіть до їх пошкодження. Щоб запобігти цьому на підприємстві встановлюють системи стабілізації напруги чи спеціальні трансформатори, що регулюють коливання напруги, що виникають в мережі, межах допустимих значень. Це дозволяє не лише забезпечити стабільну роботу обладнання, але й продовжити його термін служби.

Вкрай важливо мати систему моніторингу, що дозволяє в реальному часі оцінити стан електричної мережі, виявляти будь-які проблеми або аварійні ситуації, що можуть виникнути. Для цього використовуються контрольні прилади, які постійно вимірюють параметри електричної енергії (напругу, струм, частоту), а також системи сигналізації, що сповіщають про порушення в роботі. Це дає змогу швидко реагувати на виникнення проблем, щоб мінімізувати час простою та зберегти стабільність виробництва.

Зварювальні роботи супроводжуються підвищеними ризиками, зокрема через високі температури, іскри та можливість виникнення пожеж. Щоб уникнути небезпечних ситуацій, важливою є електрична система цеху, її відповідність вимогам пожежної безпеки. Всі електричні лінії та обладнання мають бути правильно заземлені- це дозволить запобігти ураженню електричним струмом та забезпечить безпеку працівників. Регулярна перевірка стану ізоляції та захисту електричних ліній також важливі, так як пошкодження можуть призвести до короткого замикання або навіть пожежі.

Система електропостачання може працювати безперебійно лише за умови регулярного технічного обслуговування. Необхідно постійно перевіряти та обслуговувати трансформатори, вимикачі, генератори і систем стабілізації відповідно до плану, у разі необхідності — позачергово. Технічне обслуговування забезпечує своєчасне виявлення та усунення несправностей, що дозволяє значно знизити ймовірність аварій.

Не менш важливим є навчання персоналу, який працює з електричним обладнанням. Працівники повинні бути ознайомлені з правилами безпеки, знати, як діяти в разі аварійної ситуації, та мати відповідні навички для роботи

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 4 |

з системами резервного живлення та захисту. Вони повинні розуміти принципи роботи електричних установок, щоб своєчасно виявляти несправності та реагувати на них.

Загалом, забезпечення надійності системи електропостачання зварювального цеху виробничої бази - це комплекс заходів, спрямованих на створення стабільної та безпечної електричної інфраструктури, яка гарантує безперебійне функціонування виробництва та безпеку працівників.

Тож задача, що розглядається в даній роботі - забезпечення надійності системи електропостачання цеху виробничої бази є актуальною [1].

Мета і завдання роботи є забезпечення надійності електропостачання цеху виробничої бази.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 5 |

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Вимоги до систем електропостачання зварювального цеху.

Надійність електропостачання складається з багатьох факторів, починаючи з обладнання та його технічного стану і закінчуючи ефективністю управлінських рішень у разі аварійних ситуацій. Для забезпечення надійності необхідно запровадити безперервне і стабільне постачання електроенергії споживачам, мінімізувати ризики відмов у роботі енергетичної системи та своєчасно відновлювати її працездатності в разі непередбачених ситуацій [2],[8]. Нижче розглянуті конкретні вимоги до систем електропостачання.

1.1.1. Підбір надійних джерел енергії та резервування потужностей.

Диверсифікація джерел енергії є одним з основних принципів надійності, що дає змогу уникнути залежності від одного виду палива чи одного джерела енергії. До прикладу, використовуючи вітрові, сонячні, гідроелектростанції поряд з традиційними тепловими електростанціями можна зберегти енергетичний баланс, за умов коли одне з джерел виходить з ладу [9-11].

Створення резервних джерел живлення, таких як дизель-генератори або акумуляторні системи, дозволить закрити потреби споживачів у випадку відключення основних джерел живлення.

1.1.2. Умови проектування надійних систем енергопостачання

Важливою умовою в проектуванні систем електропостачання є регулярна модернізація обладнання, що забезпечить її надійність. [2] Оптимальний вибір та модернізація обладнання: трансформаторів, лінії електропередач, підстанції, є дуже важливою умовою для запобігання аварій або збоїв у системі. Впровадження нових технологій, автоматизація управління електричними мережами дозволять підвищити ефективність та надійність роботи енергосистеми.

Для моніторингу процесів в енергетиці сучасні технології дозволяють використовувати інтелектуальні мережі (Smart Grids), які дозволяють здійснювати моніторинг і управління енергетичними потоками в режимі

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 6 |

реального часу. Завдяки таким системам можливо оперативно реагувати на зміни у попиті на електроенергію, а також виявляти та локалізувати можливі проблеми, знижуючи ймовірність їх поширення.

При проектуванні систем енергопостачання передбачити заходи швидкому відновленні електропостачання після аварій. Для цього повинні бути розроблені чіткі аварійні плани, які включають мобільні бригади для усунення пошкоджень, оперативну заміну пошкоджених елементів мережі та забезпечення мінімального часу відновлення.

Одним із важливих факторів є регулярне технічне обслуговування та обстеження основних елементів інфраструктури: ліній електропередач, підстанцій, трансформаторів тощо. Це дозволяє виявити потенційно небезпечні ділянки та вчасно вжити заходів для запобігання серйозним неполадкам.

При проектуванні системи енергопостачання виробничого цеху необхідно передбачити врахування наступних вимог[8]:

- a) визначити розрахункове навантаження зварювального цеху, визначити повне загальне навантаження підприємства.
- b) визначити потужність компенсуючого пристрою, перерахувати повну розрахункову потужність підприємства.
- c) визначити цехового електронавантаження підприємства.
- d) вибрати силові трансформатори.
- e) запропонувати схему зовнішнього електродопостачання цеху.
- f) запропонувати схему внутрішньозаводської електричної мережі 0,4 кВ.
- g) здійснити розподіл електроприймачів.
- h) провести визначення навантаження пунктів живлення цеху.
- i) провести вибір електричних апаратів та струмопровідних частин у мережі
- j) Провести вибір перерізів ліній мережі живлення цеху, вибір перерізів розподільної мережі цеху.

При розробці системи енергопостачання особливу увагу слід приділити впровадженню нових технологій та інновацій, що дозволяє зробити енергетичну систему більш стійкою до зовнішніх і внутрішніх впливів.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 7 |

Забезпечення надійності системи електропостачання — включає ефективну організацію та управління. Впровадження новітніх технологій, систем резервування, удосконалення інфраструктури та планування аварійних ситуацій сприяють безперебійній і стабільній роботі енергетичних систем [12, 13].

1.1.3. Використання методів теорії подібності для автоматизації керування електричних систем

Враховуючи складність електроенергетичних систем для керування і особливості режимного характеру, змінювати і відстежувати параметри що до станів системи можна лише з використанням систем автоматичного керування та регульовальними пристроями (РП).

Дія розглянутих систем автоматичного керування трансформаторами зв'язку, які об'єднують електричні мережі різних напруг в електричну систему, направлена на зменшення втрат електроенергії при її транспортуванні в електроенергетичній системі шляхом перерозподілу природних потоків потужності і примусового наближення їх до поточкорозподілу в однорідній електроенергетичній системі. Ця задача може бути віднесена до класу задач теорії керування динамічними системами з квадратичним критерієм оптимальності (втрати активної потужності). В [3] показано, що розв'язок задачі мінімізації втрат в електроенергетичних системах можна звести до закону оптимального керування

Електричні мережі енергопостачальних компаній налаштовані на паралельну роботу, тому режимі роботи що був змінений в однієї мережі впливають на стан інших (рис. 1).

Тобто взаємовплив режимів спостерігається у електричних мережах. Наслідком такого взаємовпливу і його неоптимальності є надлишкові втрати електроенергії, які зменшують економічну ефективність енергопостачальних компаній. Значення що вказують на додаткові втрати змінюються по мірі однорідності вищої напруги та нижчої напруги в електричних мережах. Основним та найменш витратним засобом зменшення неоднорідності є використання існуючих регулюючих пристроїв трансформаторів та автотрансформаторів зв'язку . В результаті різниці коефіцієнтів трансформації автотрансформаторів є

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 8 |

можливість виникнення зрівнювального струму $I_{зр}$, який компенсує струм небалансу $I_{нб}$. У реальних електроенергетичних системах з використанням автотрансформаторів зв'язку зв'язана низка проблем.

Основні з них мають недостатній регульовальний діапазон, що необхідний для компенсації шкідливого впливу неоднорідності, і його незадовільний технічний стан регульовальних пристроїв напруги. Тобто за допомогою автотрансформаторів з регулюючими пристроями напруги можливо лише частково компенсувати неоднорідність електроенергетичних систем. Суттєво ускладнює задачу ситуація, коли електроенергетичні системи є транзитером електроенергії. У такому випадку на його власні потоки накладаються транзитні, якими потрібно керувати для зменшення втрат в електроенергетичних системах.

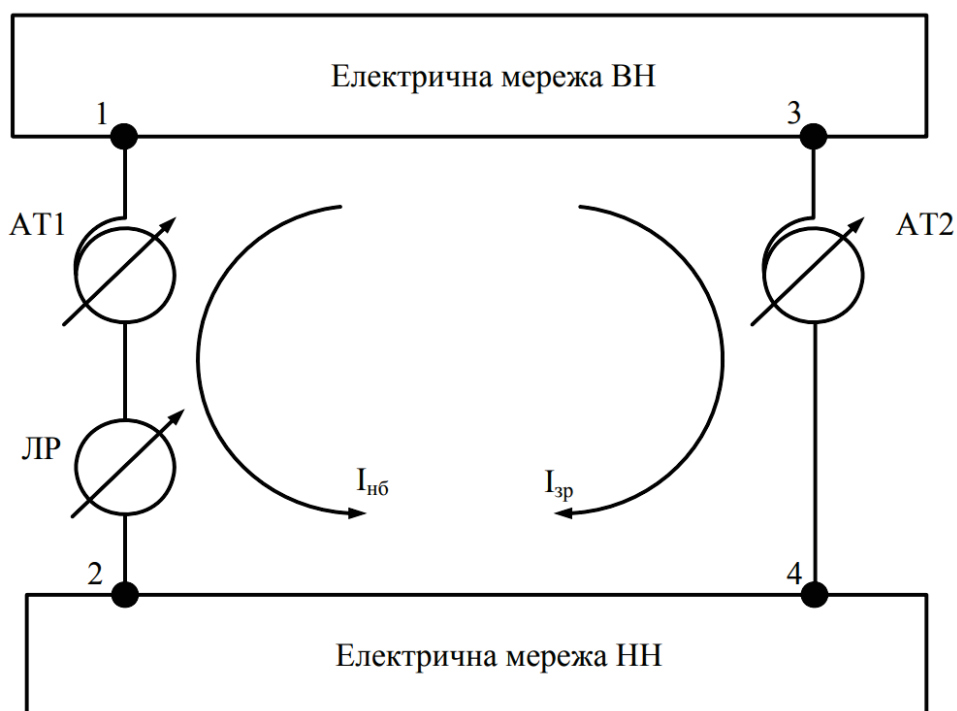


Рис. 1. Структурна схема паралельно працюючих електричних мереж

Щоб збільшити можливості автотрансформатора рекомендується послідовно з ними встановлювати лінійні регулятори, у роль яких можуть забезпечити крос-трансформатори. Що виконують у системі регулювання потоками потужності роль регуляторів і оптимізують відносно стабільні, глибокі потоки небалансу. Автотрансформатори з розподільчими пристроями напруги

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

використовуються для компенсації відносно невеликих збурень в електроенергетичних системах, викликаних змінами навантаження споживачів електроенергії і генерування на електричних станціях. Таким чином виникає задача узгодження дій крос-трансформаторів і автотрансформаторів з регулюючими пристроями напруги. Дія систем автоматичного керування трансформаторами зв'язку електроенергетичних систем, які об'єднують електричні мережі різних напруг в електричну систему, направлена на зменшення втрат електроенергії при її транспортуванні мають можливість розподіляти потоки потужності та забезпечують наближення їх до поточкорозподілу в однорідній електроенергетичній системі.

Серед кількості способів реалізації відповідної системи автоматичного керування найбільш розповсюдженим є спосіб адаптивного регулювання з еталонною моделлю. Оскільки при такому підході будуть дотриманні вимоги, що до керування нормальними режимами системи електропостачання, при такому підході є можливість застосування АСДК алгоритмів і програм, які використовують на даний момент. Слід зазначити, що спосіб адаптивного регулювання з еталонною моделлю простий у практичному використанні, що здійснюють за допомогою сучасних мікропроцесорних систем. Структурна схема керування потоками потужності в електроенергетичній системі у якій виражено подібності оптимальних режимів представлено на рис. 3. схема керування зазначена вище містить два основні контури. Перший контур являється головним, по якому забезпечується керування окремих автотрансформаторів та крос-трансформаторами. Таке керування можна здійснити пристроями контролю і керування автоматичного функціонування. Вектори спостереження у' для керування автотрансформаторами і крос-трансформаторами виражаються з телевимірів у певній області корекції у ній застосовують два типи спостереження, не повне, або повне.

Другий контур системи відповідає за адаптацію в залежності у якій мірі відбулось порушення режиму енергосистеми, за прийнятим рішенням

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 10 |

диспетчера виконуються дії по переналагодженню пристроїв АФАКТ або по зміни у керуванні параметрами автотрансформаторів і крос-трансформаторів. При вище сказаному пристрої АФАКТ використовують при узгодженні каналу телемеханіки і схеми керування автотрансформаторами і крос-трансформаторами.

Рішення, які пропонує диспетчер, що до коефіцієнтів трансформації виконують відповідною зміною складових вектора дій r , що мають можливість корегування [4]. Якщо для оптимального керування будуть застосовані автоматизовані процеси у цьому випадку, контур що відповідає за адаптацію у системі керування та наявності повної інформації, щодо стану ЕЕС дає змогу визначити критеріїв подібності $e_{\pi a}$, за допомогою матриць значення яких будуть визначальними для даного крос-трансформатора. Склад яких визначають допустимою похибкою обчислень застосуванні найбільш оптимальних значень коефіцієнтів трансформації.

Слід зазначити, ще одним параметром, що потребує налаштування є зона нечутливості коефіцієнта трансформації δk який задають після проведення аналізу чутливості оптимального критерію F до зміни коефіцієнтів трансформації згідно методики, приведеної у [5]. При застосуванні такої схеми еталонна модель являється частиною системи керування. Під час впровадження різних етапів систем автоматичного керування еталонна модель має можливість виконувати різні функції. На початковому етапі автоматизації, виникає необхідність поєднувати оперативне керування диспетчером з автоматичним, тоді це буде імітаційна модель, з допомогою якої надається можливість оперативному персоналу не тільки аналізувати, визначати і коригувати параметри налаштування системи автоматичного керування, але разом з тим надає змогу "програвати" стани енергосистеми і оцінювати наслідки керуючих дій, у тому числі здійснених процесами автоматизації.

На етапі завершення, тоді як оптимальне керування потоками потужності в енергосистемі здійснюють за допомогою локальних систем автоматичного керування, у такому випадку еталонна модель виконує роль основного елементу самоналаштування та самоаналізу в системах автоматичного керування.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Роботу трансформаторів координують відповідними критеріями, що при оптимальному керуванні здійснюється за такими залежностями $F_* = f(k_*)$. Ці залежності забезпечують відображення технічних можливостей трансформаторів керувати втратами потужності в системах електропостачання, Також зазначені залежності можна застосовувати для визначення їх впливу на потоки потужності. Розподілення трансформаторів на функціональні групи та визначення їх ролі у системі автоматичного керування потоками потужності, необхідно розв'язати зворотню задачу чутливості [5],[7]. Результатом розв'язання при заданих значеннях нечутливості критерію оптимальності δF^* в результаті цього визначають зони нечутливості та δk коефіцієнти трансформації. Слід зазначити розміри цих зон відповідають можливостям трансформаторів впливати на втрати. Можливість регулювального ефекту дозволяє встановити різну інтенсивність перемикачів для трансформаторів електроенергетичної системи.

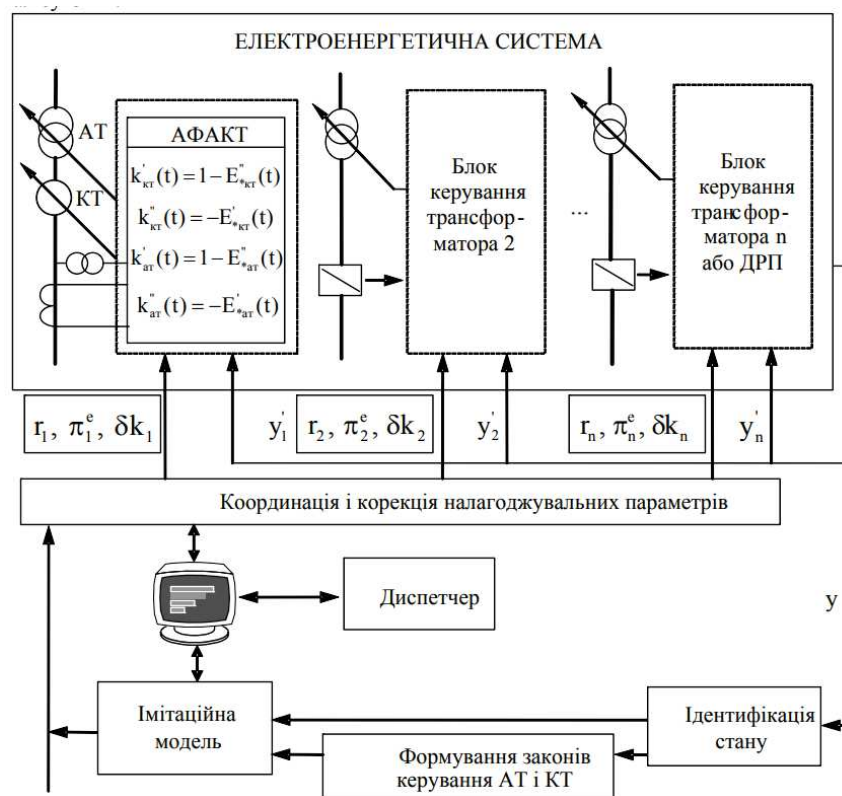


Рис. 3 Структурна схема оптимального керування енергосистемою
Відповідна послідовність роботи системи керування для введення режиму

електроенергетичної системи в область оптимальності застосовують мінімально можливу кількість керуючих впливів, за допомогою яких забезпечується надійність та раціональне спрацювання пристроїв.

Приклад. Розподіл потоків активної потужності що забезпечуються крос-трансформаторами приведено на фрагменті схеми Південно-Західної енергосистеми (ПЗЕС). Аналізуючи вище сказане, щодо оцінки потужності від взаємовпливу режимів електричних мереж системи електропостачання, проведено розрахунки що дозволять зменшити додаткові втрати, згідно рис. 4.

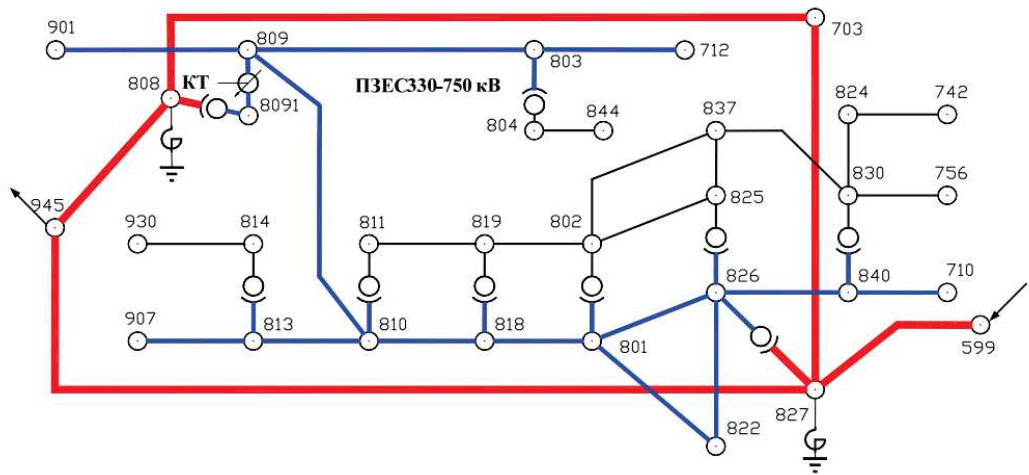


Рис. 4 Розрахункова схема ПЗЕС 110-750 кВ

1.1.4. Об'єкт і методи дослідження системи енергопостачання.

Об'єктом дослідження є зварювальний цех. Вихідними даними на проектування є генплан виробничої бази (рис. 1.1), електричні навантаження виробничої бази (таблиця 1.1), генплан зварювального цеху і електричні навантаження зварювального цеху (рис. 1.2, табл. 1.2).

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

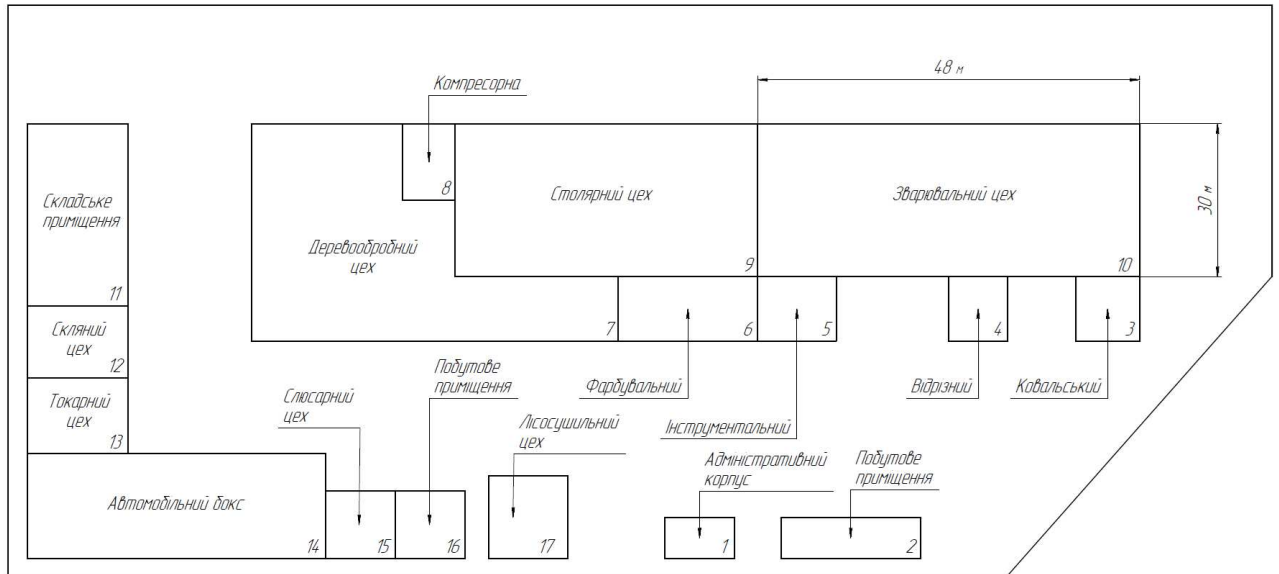


Рисунок 1.1 – Генеральний план виробничої бази

Перелік приміщень та цехів виробничої бази: 1- адміністративний корпус; 2 - побутові приміщення; 3- ковальський; 4- відрізний; 5- інструментальний; 6- фарбувальний; 7 - деревообробний, 8 - компресорна, 9- столярний; 10- зварювальний, 11- складські приміщення; 12 – скляний; 13 – токарний; 14 - автомобільний бокс; 15 – слюсарний; 16 - побутове приміщення; 17- лісосушильний;

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

14

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження виробничої бази.

| Назва цеху | Встановлена потужність, <i>кВт</i> |
|-------------------------|------------------------------------|
| Адміністративний корпус | 35,0 |
| Побутові приміщення | 20,0 |
| Ковальський | 70,0 |
| Відрізний | 50,0 |
| Інструментальний | 45,0 |
| Фарбувальний | 40,0 |
| Деревообробний | 130,0 |
| Компресорна | 48,0 |
| Столярний | 150,0 |
| Зварювальний | - |
| Складські приміщення | 30,0 |
| Скляний | 45,0 |
| Токарний | 105,0 |
| Автомобільний бокс | 65,0 |
| Слюсарний | 70,0 |
| Побутове приміщення | 15,0 |
| Лісосушильний | 150,0 |

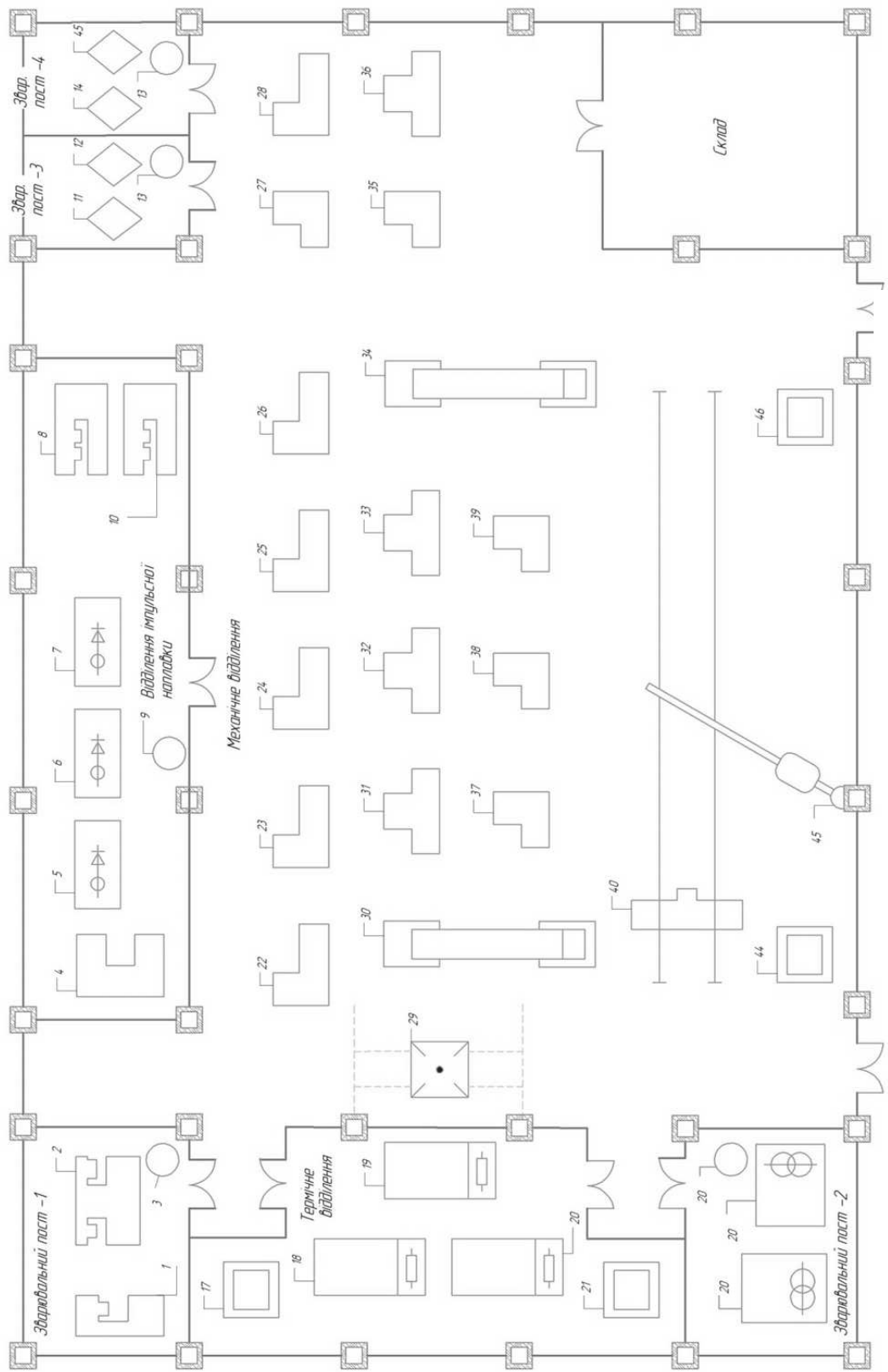


Рисунок 1.2 – План зварювального цеху.

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

16

Таблиця 1.2 – Електрообладнання зварювального цеху.

| Номер на плані | Найменування електрообладнання | Встановлена потужність ЕП, кВт |
|----------------|--|-----------------------------------|
| 1, 4 | Зварювальний перетворювач | 22,00 |
| 2 | Зварювальний напівавтомат | 18,00 |
| 3, 9, 13, 16 | Вентилятори | 9,00 |
| 41 | Вентилятори | 9,00 |
| 5, 6, 7 | Зварювальний випрямляч | 12,20 |
| 8, 10 | Токарний верстат імпульсного наплавлення | 10,50 |
| 11, 12, 14, 15 | Зварювальний агрегат | 8,10 |
| 17, 21, 44, 46 | Кондиціонер | 12,00 |
| 18, 19, 20 | Електропіч опору | 75,00 |
| 22, 23, 24 | Зливкообдирний верстат | 6,50 |
| 25,26, 28 | Зливкообдирний верстат | 6,50 |
| 27, 35, 37, 38 | Свердлильний верстат | 2,20 |
| 39 | Свердлильний верстат | 2,20 |
| 29 | Кран - балка ПВ = 40% | 6,30 |
| 30, 34 | Стрічкові конвеєри | 3,00 |
| 31, 32, 33, 36 | Обдирно-шліфувальний верстат | 4,00 |
| 40 | Стенд зварювальний | 8,70 |
| 42, 43 | Зварювальні трансформатори ПВ=60% | 32,00 |
| 45 | Електроталь ПВ = 25% | 3,50 |

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

17

2. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення розрахункового навантаження зварювального цеху

Розрахунок силових навантажень цеху проводимо методом впорядкованих діаграм у наступній послідовності [1].

При розрахунках електричних навантажень використовуватимемо табл. 1.2.

Усі електроприймачі цеху розбиваються на дві групи з однаковими режимами роботи:

- група А - електроприймачі зі змінним графіком навантаження; $k_{\theta} < 0,6$;
- група Б - електроприймачі з постійним . $k_{\theta} \geq 0,6$;

По кожній групі визначається сумарна номінальна потужність за формулою:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном.i}$$

до якої входять потужності ЕП, приведені до ПВ=100%.

Для кожної групи електроприймачів визначається за такою формулою:

$$P_{см} = K_{\theta} \cdot P_{ном}, \text{ кВт},$$

Для кожної групи електроприймачів:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\varphi \text{ кВАр}.$$

Середньозважений коефіцієнт використання знаходиться за формулою:

$$K_{e.cр} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}}.$$

Коефіцієнт максимуму згідно з [14-16], залежно від $K_{e.cр}$ та n_e для цієї групи:

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 18 |

$$n_e = \frac{\left[\sum_1^n P_{ном} \right]^2}{\sum_1^n P_{ном}^2}.$$

Розрахункові потужності P_M та Q_M групи приймачів визначаються з виразів:

$$P_M = K_M \cdot P_{см}, \text{ кВт},$$

$$Q_M = Q_{см} \text{ при } n_e > 10,$$

$$Q_M = 1,1 \cdot Q_{см} \text{ при } n_e \leq 10.$$

Розрахункове освітлювальне навантаження цеху:

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.}$$

де $K_{с.о.}$ приймається за довідковими даними [14-16].

$P_{н.о.}$:

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F,$$

де F – площа цеху, м² (визначається за генпланом).

Повне розрахункове навантаження зварювального цеху:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{р.о.})^2 + Q_p^2}.$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}.$$

Встановлена потужність кран балки приведена до ПВ=100%:

$$P_{ном} = P_{насп} \cdot \sqrt{ПВ} = 6,3 \cdot 0,63 = 3,9 \text{ кВт};$$

Середнє активне та реактивне навантаження приводу кран балки:

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 19 |

$$P_{см} = K_{\varepsilon} \cdot P_{ном} = 0,1 \cdot 3,9 = 0,39 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\varphi = 0,39 \cdot 1,73 = 0,67 \text{ кВАр}.$$

Ефективна кількість електроприймачів для групи А:

$$m = \frac{P_{\max ном}}{P_{\min ном}} = \frac{24,8}{1,75} = 14,2;$$

де m – модуль складання; $m > 3$

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_e = \frac{2 \sum P_{ном}}{P_{ном \max}} = \frac{2 \cdot 287,95}{24,8} = 23,22.$$

Приймаємо $n_e = 23$.

Розрахункові потужності групи А відповідно до n_e :

$$P_p = K_m \cdot P_{см} = 1,35 \cdot 72 = 97,2 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{см} = 113,44 \text{ кВАр при } n_e > 10.$$

Коефіцієнт максимуму K_m визначаємо по [14-16] в функції n_e і $K_{в.ср}$

Розрахункове навантаження освітлювальних приймачів зварювального цеху:

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.}$$

де $K_{с.о.}$ - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження. Відповідно до [14-16] приймаємо $K_{с.о.} = 0,85$

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F,$$

де F - площа цеху.

Площа зварювального цеху:

$$F = (a \cdot b) = 48 \cdot 30 = 1440 \text{ м}^2,$$

де a та b довжина та ширина цеху відповідно.

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

20

Тоді

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F = 0,015 \cdot 1440 = 21,6 \text{ кВт};$$

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 21,6 \cdot 0,85 = 18,4 \text{ кВт}.$$

Повне розрахункове навантаження зварювального цеху:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{р.о.})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(315,1 + 18,4)^2 + 206^2} = 391 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{391}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 594,1 \text{ А}.$$

Проведеними розрахунками було визначено загальну потужність зварювального цеху, а також знайдено розрахунковий струм навантажень груп електроприймачів.

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

21

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень зварювального цеху.

| № п/п | Назва вузлів живлення і груп електроприймачів | Кількість електроприймачів | Встановлена потужність | | $m = P_{н, макс} / P_{н, мін}$ | Коефіцієнт використання $K_{в}$ | $\cos\phi/tg\phi$ | Середнє навантаження | | n_{ϕ} | $K_{м}$ | Розрахункове навантаження | | | $I_{р, А}$ |
|-------|---|----------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------|---------|-----------------------------------|--|--|------------|
| | | | Однофазне РН, кВт | Загальне РН, кВт | | | | $P_{ср} = K_{в} \cdot P_{н}, кВт$ | $Q_{ср} = P_{ср} \cdot tg\phi, кВАр$ | | | $P_{м} = K_{м} \cdot P_{ср}, кВт$ | $\bar{Q}_{р} = \bar{Q}_{ср} \cdot n_{рн, \phi} < 10$ | $\bar{Q}_{р} = 1,1 \cdot \bar{Q}_{ср} \cdot n_{рн, \phi} > 10$ | |
| 1. | Група А Металообробні верстати | 17 | 2,2-10,50 | 87,0 | 4,8 | 0,14 | 0,5/1,73 | 12,2 | 21,10 | | | | | | |
| 2. | Зварювальні апарати різні | 8 | 8,1-12,20 | 77,70 | 1,5 | 0,25 | 0,6/1,30 | 19,4 | 25,20 | | | | | | |
| 3. | Зварювальні апарати різні | 3 | 18-22,0 | 62,0 | 1,2 | 0,35 | 0,5/1,73 | 21,7 | 37,50 | | | | | | |
| 4. | Конвеєри стрічкові | 2 | 3,0 | 6,0 | 1,0 | 0,55 | 0,75/0,9 | 3,30 | 3,0 | | | | | | |
| 5. | Електроталь ПВ = 25% | 1 | 1,750 | 1,750 | 1,0 | 0,06 | 0,5/1,73 | 0,10 | 0,170 | | | | | | |
| 6. | Кран-балка ПВ = 40% | 1 | 3,90 | 3,90 | 1,0 | 0,10 | 0,5/1,73 | 0,39 | 0,670 | | | | | | |
| 7. | Зварювальні трансформатори ПВ=60% | 2 | 24,80 | 49,60 | 1,0 | 0,30 | 0,5/1,73 | 14,9 | 25,80 | | | | | | |
| | Разом для групи А | 34,0 | 1,75-24,80 | 287,950 | >3,0 | 0,25 | - | 72,0 | 113,440 | 23,0 | 1,350 | 97,20 | 113,440 | | |

2.2. Визначення загального розрахункового навантаження

Активне та реактивне навантаження:

$$P_p = K_n \cdot P_n;$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Розрахунок навантажень зварювального цеху:

$$P_p = K_n \cdot P_n = 0,35 \cdot 627,55 = 219,64 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 219,64 \cdot 0,88 = 193,3 \text{ кВАр}.$$

Освітлювальне навантаження цеху:

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F = 0,015 \cdot 1440 = 21,6 \text{ кВт}.$$

Розрахункове навантаження від освітлення:

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 21,6 \cdot 0,85 = 18,4 \text{ кВт}.$$

Повне навантаження:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{р.о.})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(219,64 + 18,4)^2 + 193,3^2} = 306,64 \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків щодо визначення загального розрахункового навантаження підприємства наведено у табл. 2.2.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Таблиця 2.2. - Визначення повного навантаження підприємства

| Номер | Найменування споживачів | Силове навантаження | | | | | Освітлювальне навантаження | | | | | Силове та освітлювальне навантаження | | |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------|-------|----------------|-------------|---------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|
| | | P_n , кВт | K_c | $\cos \varphi$ | P_p , кВт | Q_p , кВтАр | $F_{\text{ш}}$, м ² | $P_{\text{у.о.}}$, Вт | $P_{\text{но}}$, кВт | $K_{\text{со}}$ | $P_{\text{ро}}$, кВт | $P_p + P_{\text{ро}}$, кВт | Q_p , кВтАр | S_p , кВА |
| Споживачі електроенергії 0,38 кВ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | Адміністративний корпус | 35 | 0.4 | 0.8/0.75 | 14.0 | 10.5 | 70.0 | 14.0 | 0.98 | 0.9 | 14.9 | 10.5 | 18.23 | |
| 2. | Побутові приміщення | 20 | 0.4 | 0.8/0.75 | 8.0 | 6.0 | 105.0 | 14.0 | 1.47 | 0.8 | 9.18 | 6.0 | 11.0 | |
| 3. | Ковальський | 70 | 0.5 | 0.75/0.88 | 35.0 | 30.8 | 100.0 | 15.0 | 1.5 | 0.85 | 36.8 | 30.8 | 48.0 | |
| 4. | Відрізний | 50 | 0.4 | 0.65/1.17 | 20.0 | 23.4 | 80.0 | 15.0 | 1.2 | 0.85 | 21.02 | 23.4 | 31.5 | |
| 5. | Інструментальний | 45 | 0.6 | 0.8/0.75 | 27.0 | 20.25 | 120.0 | 15.0 | 1.8 | 0.85 | 28.53 | 20.25 | 35.0 | |
| 6. | Фарбувальний | 40 | 0.4 | 0.6/1.33 | 16.0 | 21.3 | 150.0 | 15.0 | 2.25 | 0.85 | 17.9 | 21.3 | 28.0 | |
| 7. | Деревообробний | 130 | 0.35 | 0.7/1.02 | 45.50 | 46.4 | 900.0 | 15.0 | 13.5 | 0.95 | 58.33 | 46.4 | 74.54 | |
| 8. | Компресорна | 48 | 0.5 | 0.8/0.75 | 24.0 | 18.0 | 80.0 | 16.0 | 1.28 | 0.85 | 25.1 | 18.0 | 31.0 | |
| 9. | Столярний | 150 | 0.4 | 0.6/1.33 | 60.0 | 80.0 | 1230. | 15.0 | 18.45 | 0.95 | 75.52 | 80.0 | 110.0 | |
| 10. | Зварювальний | 627.55 | 0.35 | 0.75/0.88 | 219.640 | 193.3 | 1440.0 | 15.0 | 21.6 | 0.85 | 238.1 | 193.3 | 306.64 | |
| 11. | Складські приміщення | 30 | 0.3 | 0.8/0.75 | 9.0 | 6.75 | 450.0 | 15.0 | 6.75 | 0.6 | 13.05 | 6.75 | 14.7 | |
| 12. | Скляний | 45 | 0.3 | 0.7/1.02 | 13.50 | 13.77 | 145.0 | 15.0 | 2.2 | 0.85 | 15.37 | 13.77 | 20.64 | |
| 13. | Токарний | 105 | 0.4 | 0.8/0.75 | 42.0 | 31.5 | 180.0 | 15.0 | 2.7 | 0.85 | 44.3 | 31.5 | 54.4 | |
| 14. | Автомобільний бокс | 65 | 0.2 | 0.7/1.02 | 13.0 | 13.3 | 600.0 | 15.0 | 9.0 | 0.95 | 21.55 | 13.3 | 25.32 | |
| 15. | Слюсарний | 70 | 0.3 | 0.8/0.75 | 21.0 | 15.8 | 90.0 | 15.0 | 1.35 | 0.85 | 22.15 | 15.8 | 27.2 | |
| 16. | Побутові приміщення | 15 | 0.4 | 0.8/0.75 | 6.0 | 4.5 | 100.0 | 14.0 | 1.5 | 0.8 | 7.2 | 4.5 | 8.5 | |
| 17. | Лісоушільний | 150 | 0.6 | 0.75/0.88 | 90.0 | 79.2 | 160.0 | 15.0 | 2.4 | 0.85 | 92.04 | 79.2 | 121.4 | |
| | Територія заводу | — | — | — | — | — | 11400.0 | 0.22 | 2.5 | 1.0 | 2.5 | — | — | |
| | Разом по 0,38 кВ | 1695.55 | — | — | 663.640 | 614.8 | $F_{\text{ш}}=60.00.0$ | — | 92.63 | — | 743.5 | 614.8 | 966.1 | |

2.3 Визначення повного загального навантаження виробничої бази

Розрахункова потужність підприємства:

$$S_p = \sqrt{(\Sigma P_p^n + \Sigma P_{p.o.}^n)^2 + (\Sigma Q_p^n)^2} = \sqrt{(663,64 + 79,3)^2 + 614,8^2} = 964,4 \text{ кВА}.$$

Втрати потужності в ЦТП можна визначити за формулами:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^n = 0,02 \cdot 964,4 = 19,3 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^n = 0,1 \cdot 964,4 = 96,44 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_{\Delta} = 0,03 \cdot S_p^n = 0,03 \cdot 964,4 = 28,9 \text{ кВт}.$$

Сумарні потужності:

$$P_{p\Sigma} = (\Sigma P_{розр}^n) \cdot k_{p.m.} + P_{p.o.} + \Delta P_T + \Delta P_{\Delta} =$$

$$= (663,64) \cdot 0,95 + 79,3 + 19,3 + 28,9 = 758 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = (\Sigma Q_p^n) \cdot k_{p.m.} + \Delta Q_T = (614,8) \cdot 0,95 + 96,44 = 680,5 \text{ кВар}.$$

де $k_{p.m.}$ - коефіцієнт різночасності, що характеризує зміщення максимуму окремих ЕП у часі, що викликає зниження сумарного графіка навантаження порівняно із сумою максимумів окремих ЕП або груп ЕП, що приймаються в межах 0,9-0,95.

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{765,1^2 + 680,5^2} = 1019 \text{ кВА}.$$

Втрати потужності в КТП можна визначити з виразів:

$$\Delta P_{T,КТП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 1019 = 20,4 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{T,КТП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 1019 = 101,9 \text{ кВар}.$$

Найбільше значення реактивної потужності:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 758 = 182 \text{ кВар},$$

$$\alpha = 0,24 \text{ при } U_{ном} = 10 \text{ кВ};$$

Потужність КП:

$$Q_{kv} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 680,5 - 182 = 498,5 \text{ кВар}.$$

Повна розрахункова потужність підприємства:

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 26 |

$$S_{p.гггг} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{T.гггг})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T.гггг} - Q_{KV})^2} =$$

$$\sqrt{(758 + 20,4)^2 + (680,5 + 101,9 - 498,5)^2} = 829 \text{ кВА.}$$

2.4. Картограма і визначення цехового енергонавантаження
Радіуси кіл діаграм схеми навантаження (рис.2.1):

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m}}$$

де P_{Pi} - розрахункова активна потужність і-го цеху, кВА .

Вважаємо, що навантаження розподілено по цеху рівномірно, тому цехове енергонавантаження збігається з центром фігури, що є цехом на плані.

Кут сектору (α) визначаємо із співвідношення повних розрахункових (P_{Pi}) та освітлювальних навантажень (P_{Po}) цехів:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{Po}}{P_{Pi}}.$$

На генплан виробничої бази довільно наносимо осі координат. Координати ЦЕН підприємства x_0 та y_0 визначаємо за формулами:

$$x_0 = \frac{\sum S_{Pi} \cdot x_i}{\sum S_{Pi}};$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{Pi} \cdot y_i}{\sum S_{Pi}}.$$

Розрахункові дані, на основі яких будується картограма навантажень наведено у табл. 2.3.

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

27

Таблиця 2.3 – Розрахункові дані побудови картограми

| Номер цеху | $S_{p.i}$, кВА | $P_{p.o.i}$, кВт | r_i , мм | α_i , град | X_i , м | Y_i , м | $S_{p.i} \cdot X_i$, кВА·м | $S_{розр} \cdot Y_i$, кВА·м |
|------------------|--------------------|----------------------|---------------|----------------------|--------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Споживачі 0,4 кВ | | | | | | | | |
| 1. | 18.23 | 0.88 | 7.62 | 17,0 | 82,0 | 10,0 | 1493,0 | 181,0 |
| 2. | 11,0 | 1.18 | 6,0 | 39,0 | 97,0 | 10,0 | 1067,0 | 110,0 |
| 3. | 48,0 | 1.28 | 12.4 | 10,0 | 128,0 | 37,0 | 6093,0 | 1761,0 |
| 4. | 31.5 | 1.02 | 10,0 | 12,0 | 113,0 | 37,0 | 3559,0 | 1165,0 |
| 5. | 35,0 | 1.53 | 10.6 | 16,0 | 92,0 | 37,0 | 3220,0 | 1295,0 |
| 6. | 28,0 | 1.9 | 9.5 | 24,0 | 79,0 | 37,0 | 2212,0 | 1036,0 |
| 7. | 74.54 | 12.82 | 15.4 | 62,0 | 42,0 | 45,0 | 3173,0 | 3350,0 |
| 8. | 31,0 | 1.09 | 10,0 | 13,0 | 50,0 | 55,0 | 1550,0 | 1705,0 |
| 9. | 110,0 | 15.52 | 18.7 | 51,0 | 70,0 | 50,0 | 7700,0 | 5500,0 |
| 10. | 306.64 | 18.4 | 31.3 | 22,0 | 110,0 | 50,0 | 33730,0 | 15332,0 |
| 11. | 14.7 | 4.05 | 6.8 | 99,0 | 10,0 | 48,0 | 147,0 | 706,0 |
| 12. | 20.64 | 1.87 | 8.1 | 33,0 | 10,0 | 33,0 | 206,0 | 681,0 |
| 13. | 54.4 | 2.3 | 13.2 | 15,0 | 10,0 | 25,0 | 544,0 | 1360,0 |
| 14. | 25.32 | 8.55 | 9,0 | 122,0 | 21,0 | 15,0 | 532,0 | 380,0 |
| 15. | 27.2 | 1.15 | 9.3 | 15,0 | 43,0 | 12,0 | 1170,0 | 326,0 |
| 16. | 8.5 | 1.2 | 5.2 | 51,0 | 50,0 | 12,0 | 425,0 | 102,0 |
| 17. | 121.4 | 2.04 | 19.7 | 6,0 | 60,0 | 3,0 | 7290,0 | 1579,0 |
| Разом | 966.1 | - | - | - | - | - | 71985,0 | 36569,0 |

Генеральний план підприємства з картограмою навантажень
представлений рисунку 2.1.

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

28

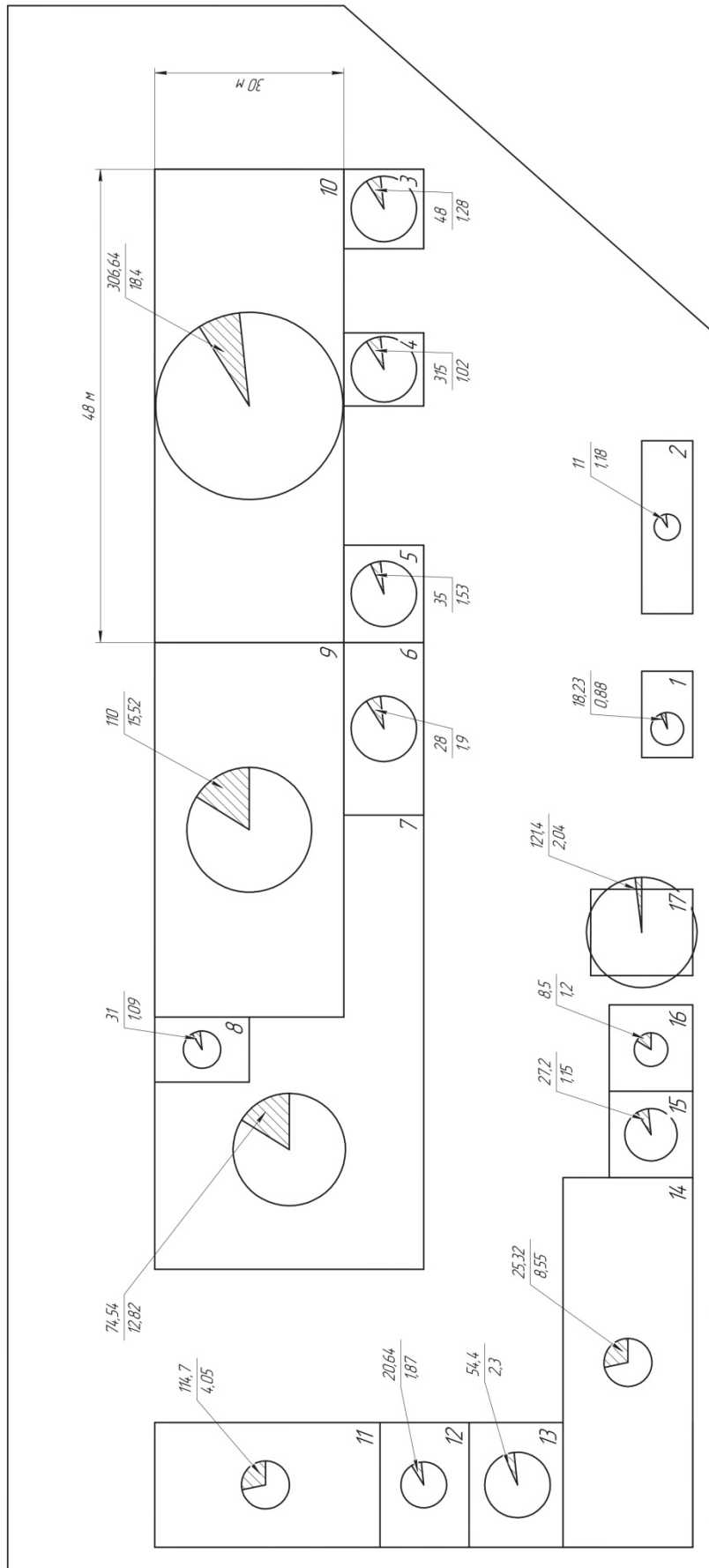


Рисунок 2.1 - 1 енплан підприємства з картографією навантажень та цін

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

29

2.5. Вибір числа та потужності центрального трансформатора підприємства

Питома щільність навантаження:

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_y} = \frac{964,4}{6000} = 0,16 \text{ кВА} / \text{м}^2$$

Так як $\sigma < 0,2$ то приймаємо потужність трансформатора [17],[19].

При цьому: для споживачів I-категорії , для споживачів II- категорії , для споживачів III-категорії ..

Мінімально можлива кількість трансформаторів визначається за формулою [21]:

$$N_{\min} = \frac{\Sigma(P_p^H + P_{p.o.})}{\beta_T \cdot S_{н.тр}} = \frac{743,5}{0,7 \cdot 1000} = 1,06,$$

Отримана величина заокруглюється, відповідно приймаємо трансформатора. $N = 2$

Активне навантаження, яке припадає на один цеховий трансформатор може бути визначена за формулою:

$$P_1 = \frac{\Sigma(P_p + P_{p.o.})}{N} = \frac{743,5}{2} = 372 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторів N_i , яке слід встановити, визначається $(P_p + P_{p.o.})$ на P_1

$$N_1 = \frac{P_p + P_{p.o.}}{P_1}.$$

Отримане число трансформаторів, яке встановлюється в кожному цеху у вигляді таблиці, поданої нижче.

Приклад розрахунку для зварювального цеху:

$$N_1 = \frac{P_p + P_{p.o.}}{P_1} = \frac{238,1}{372} = 0,64.$$

Таблиця 2.4 – Перелік трансформаторів цеху.

| № цеху на генплан | Найменування цехів | $P_p + P_{p.o.}$ кВт | К-сть тр-рів N , шт |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1. | Адміністративний корпус | 14.9 | 0.04 |
| 2. | Побутові приміщення | 9.18 | 0.02 |
| 3. | Ковальський | 36.8 | 0.09 |
| 4. | Відрізний | 21.02 | 0.05 |
| 5. | Інструментальний | 28.53 | 0.07 |
| 6. | Фарбувальний | 17.9 | 0.05 |
| 7. | Деревообробний | 58.33 | 0.15 |
| 8. | Компресорна | 25.1 | 0.06 |
| 9. | Столярний | 75.52 | 0.2 |
| 10. | Зварювальний | 238.1 | 0.64 |
| 11. | Складські приміщення | 13.05 | 0.035 |
| 12. | Скляний | 15.37 | 0.04 |
| 13. | Токарний | 44.3 | 0.16 |
| 14. | Автомобільний бокс | 21.55 | 0.058 |
| 15. | Слюсарний | 22.15 | 0.06 |
| 16. | Побутове приміщення | 7.2 | 0.02 |
| 17. | Лісосушильний | 92.04 | 0.25 |

Оскільки виходять дробові числа, необхідно навантаження найближчих цехів об'єднати:

$$N_1 + \dots + N_{17} = 0,04 + \dots + 0,25 = 1,99.$$

Таблиця 2.5 - Розподіл трансформаторної підстанції між цехами (рис. 2.2)

| № | Назва | Споживач i | Місце розташування | Кількість і потужність трансформаторів |
|---|-------|-----------------|-----------------------|--|
| 1 | КТП | Цех 1 - 17 | Територія заводу | 2x1000кВА |

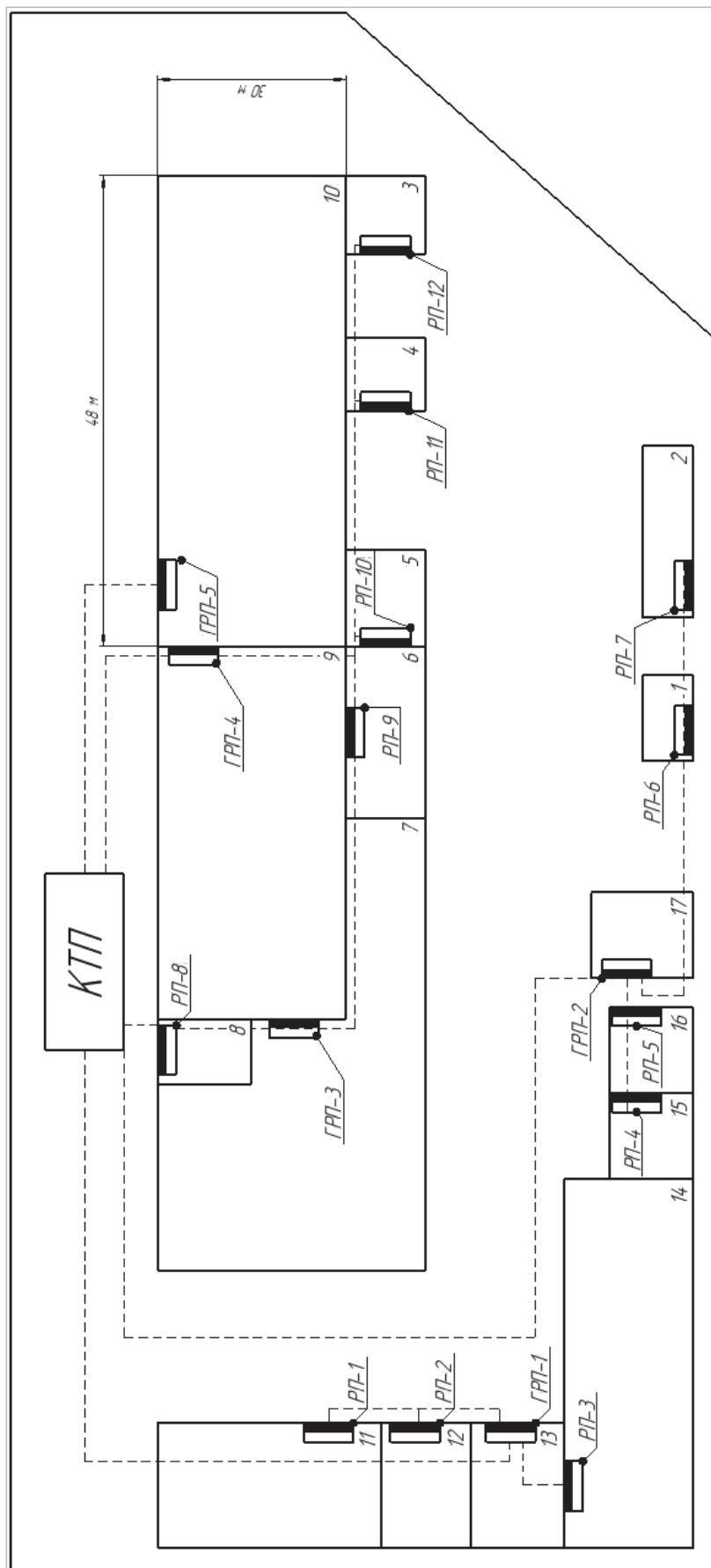


Рисунок 2.2. – Ген.план із розміщенням КТП та розподілом розподільчих пунктів по цехах

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

32

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Схема зовнішнього електропостачання цеху.

Електропостачання виробництва здійснюється від підстанції енергосистеми. У нормальному робочому режимі пропускна здатність кожної з ліній живлення становить не менше половини розрахункового навантаження заводу.

Потужність трансформаторів підстанції:

$$S_{н.тр.ГПП} = \frac{S_{р.ГПП}}{2\beta_T} = \frac{829}{2 \cdot 0,7} = 592 \text{ кВА.}$$

Вибираємо трансформатори з

$$S_{р.ГПП} = 829 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{н.тр} = 1,4 \cdot 1000 = 1400 \text{ кВА.}$$

Вибір перерізу проводу проводиться за нагрівом розрахунковим струмом:

$$I_p = \frac{S_{р.ГПП}}{2\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{829}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 23,93 \text{ А.}$$

Для післяаварійного режиму:

$$I_p = \frac{S_{р.ГПП}}{2\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{829}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 23,93 \text{ А.}$$

Економічно доцільний переріз проводів становить:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{23,93}{1,1} = 21,75 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо як ЛЕП дроти марки АС – 25/4,2. [20]. $I_{дон} = 142 \text{ А}$

Вибраний перетин має задовольняти умову:

$$1,3I_{дон} \geq I_{р.макс.},$$

де 1,3 - коефіцієнт допустимого навантаження лінії.

$$1,3I_{дон} = 1,3 \cdot 142 = 184,6 \text{ А} > I_{р.макс} = 47,9 \text{ А.}$$

Необхідні перевірки:

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 33 |

$$F_{розр} \geq F_{\min..мех} = 25 \text{ мм}^2$$

$$F_{розр} = 25 \text{ мм}^2 > F_{\min..мех} = 25 \text{ мм}^2;$$

$$l_{дон} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{дон\%} \cdot k_3 \geq l,$$

$$\Delta U_{дон\%} = 5\%, \Delta U_{дон\%} = 10\%;$$

$$l_{\Delta U 1\%} = 1,34 \text{ км.}$$

Звідси:

$$l_{дон} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{дон\%} \cdot k_3 = 1,34 \cdot 5 \cdot \frac{175}{23,93} = 49 \text{ км.}$$

$$l_{дон} = 49 \text{ км} > l = 3 \text{ км.}$$

Електропостачання заводу виконаним дротом АС – 25/4,2 на металевих опорах.

Встановлено 2 трансформатори типу . – 1000 /10ТМГ

Основні вимоги до схем зовнішнього електропостачання:

- необхідна надійність;
- простота та зручність в експлуатації;
- схема враховує перспективу розвитку підприємства;
- схема забезпечує можливість проведення планових та позапланових ремонтних робіт.

Живлення електроприймачів здійснюється через розподільні пункти, навантаження розподілене рівномірно.

3.2. Розрахунок схеми внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ.

Розподільна мережа по території підприємства виконується чотирижильними кабелями з алюмінієвими жилами та ізоляцією зі зшитого поліетилену.

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

34

Економічно доцільний перетин:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}}$$

$T_M = (3000-5000)$ годин

$j_{ек} = 1,7$ А/мм² [20].

Вибір кабелю для Л-1

$$I_{розр} = \frac{N_{тр} \cdot S_p}{N_{кл} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{155,06}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 224 A .$$

Економічно доцільний перетин знаходиться з формули:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{224}{1,7} = 131,8 \text{ мм}^2 .$$

$$F = 150 \text{ мм}^2 : I_{дон} = 310 A [20].$$

При прокладанні кабелів у траншеї враховуємо поправний коефіцієнт:

$k_{прокл} = 0,9$, отримуємо $I'_{дон} = k_{прокл} \cdot I_{дон} = 0,9 \cdot 310 = 279 A$.

Перевірка:

$$I_p \leq I'_{дон}$$

$$224 A < 279 A .$$

Переріз проходить за нормальним та післяаварійним режимами.

Як лінія КЛ-1 приймаємо АПВБШп - (4х150).

Результати розрахунків на вибір перерізів КЛ зведені в таблиці 2.6.

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

35

Таблиця 2.6 - Вибір перерізів кабельних ліній

| № | Номер | Призначення лінії | К-сть ліній | Розрахункове навантаження | l, км | Марка і січення кабелю, вибраного по умові допустимого нагріву S, мм ² | Допустиме навантаження |
|-----|-------|-------------------|-------------|---------------------------|-------|---|------------------------|
| | | | | I _p , А | | | I _{ном} , А |
| 1. | КЛ1 | КТП-ГРП1 | 2 | 224,0 | 0.1 | АПвБШп - (4x150) | 279,0 |
| 2. | КЛ2 | КТП-ГРП2 | 1 | 266,0 | 0.15 | АПвБШп - (4x150) | 279,0 |
| 3. | КЛ3 | КТП-ГРП3 | 1 | 286,0 | 0.04 | АПвБШп - (4x185) | 313,0 |
| 4. | КЛ4 | КТП-ГРП4 | 2 | 226,0 | 0.04 | АПвБШп - (4x120) | 245,0 |
| 5. | КЛ5 | КТП-ГРП5 | 2 | 438,0 | 0.05 | ПвБШп - (4x240) | 476,0 |
| 6. | КЛ6 | ГРП1-РП1 | 1 | 21,0 | 0.02 | АВВГ - (4x4) | 24,0 |
| 7. | КЛ7 | ГРП1-РП2 | 1 | 30,0 | 0.01 | АВВГ - (4x6) | 34,0 |
| 8. | КЛ8 | ГРП1-РП3 | 1 | 36,0 | 0.01 | АВВГ - (4x10) | 47,0 |
| 9. | КЛ9 | ГРП2-РП4 | 1 | 39,0 | 0.015 | АВВГ - 4x10) | 47,0 |
| 10. | КЛ10 | ГРП2-РП5 | 1 | 6,0 | 0.005 | АВВГ - 4x2,5) | 20,0 |
| 11. | КЛ11 | ГРП2-РП6 | 1 | 42,0 | 0.03 | АВВГ - 4x10) | 47,0 |
| 12. | КЛ12 | РП 6-РП7 | 1 | 7.7 | 0.015 | АВВГ - 4x2,5) | 20,0 |
| 13. | Л13 | ГРП3-РП8 | 1 | 44.3 | 0.005 | АВВГ - 4x10) | 47,0 |
| 14. | КЛ14 | ГРП3-РП9 | 1 | 135,0 | 0.04 | АВВГ - 4x70) | 155,0 |
| 15. | КЛ15 | РП 9-РП10 | 1 | 50,0 | 0.005 | АВВГ - 4x16) | 62,0 |
| 16. | КЛ16 | РП 9-РП11 | 1 | 45, | 0.03 | АВВГ - 4x16) | 10,0 |
| 17. | КЛ17 | ГРП4-РП12 | 2 | 69,0 | 0.07 | АВВГ - 4x25) | 82,0 |

3.3. Електропостачання зварювального цеху

Електропостачання цеху виконується:

1. Вибір способу прокладки мережі живлення проводиться із врахуванням характеру навколишнього середовища та можливих умов місця прокладки.
2. Знаходяться розрахункові навантаження за пунктами живлення.
3. Проводиться вибір перерізів мережі живлення.
4. Проводиться вибір силової мережі.
5. Будується карта селективності.
6. Проводиться розрахунок мережі живлення та розподільної мережі.
7. Проводиться розрахунок струмів КЗ.

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

36

3.4 Розподіл електроприймачів

Так як РП бувають різних типів і мають певну кількість приєднань (до 12), то для кожного електроприймача необхідно вибрати автоматичний вимикач. Крім того, для кожного РП потрібно вибрати захисний апарат.

Намічаємо радіальну схему мережі живлення цеху. Спосіб прокладки мережі цеху (від ГРП-5 до пунктів живлення) - в каналах (рис. 2.3).

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 37 |

3.4. Визначення навантаження пунктів живлення цеху

Приклади розрахунків:

Визначаємо встановлену потужність групи А, РП-1.

$$P_{ном} = 6,5 \cdot 5 + 18 + 22 = 72,5 \text{ кВт};$$

Середнє активне та реактивне навантаження для:

$$P_{см} = K_{\epsilon} \cdot P_{ном} = 0,25 \cdot 72,5 = 18,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\varphi = 18,5 \cdot 1,73 = 32,1 \text{ кВАр.}$$

Ефективна кількість електроприймачів для групи А:

$$m = \frac{P_{\max ном}}{P_{\min ном}} = \frac{22}{6,5} = 3,39;$$

де m - модуль збирання; $m > 3$

$$n_e = \frac{2 \sum P_{ном}}{P_{\max ном}} = \frac{2 \cdot 72,5}{22} = 6,59.$$

Приймаємо $n_e = 7$.

Розрахункові потужності групи А відповідно до n_e :

$$P_p = K_m \cdot P_{см} = 1,95 \cdot 18,5 = 36 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{см} = 1,1 \cdot 32,1 = 35,3 \text{ кВАр при } n_e < 10.$$

Коефіцієнт максимуму K_m визначаємо по [14-16] в функції n_e і $K_{\epsilon.ср}$.

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.б})^2 + (Q_p + Q_{p.б})^2} = \sqrt{(36 + 5,85)^2 + (35,3 + 4,4)^2} = 57,68 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{57,68}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 87,6 \text{ А.}$$

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

39

| № п/п | Назва вузлів живлення і груп електроприймачі в | Кількість електроприймачі в п | Встановлено потужність, наведено до ПВ=100% | | $m = P_{н.макс} / P_{н.мін}$ | Коефіцієнт використання Кв. | $\cos\phi/tg\phi$ | Середнє навантаження за максимально завантажену зміну | | Ефективне число електроприймачів неф | Коефіцієнт максимум Км | Розрахункове навантаження | | | Розрахунковий струм I _p , А |
|--------------------------------|--|-------------------------------|---|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|---|--|--------------------------------------|------------------------|---|-------------------------------|---|--|
| | | | Одног о ЕП Рн, кВт | Загальн а Рн, кВт | | | | $P_{cv} = K_s \cdot P_n, кВт$ | $\bar{Q}_{cv} = P_{cv} \cdot tg\phi, кВАр$ | | | $\bar{Q}_p = \bar{Q}_{cv} \cdot \eta_{пн\phi} > 10$ $\bar{Q}_p = 1,1 \cdot \bar{Q}_{cv} \cdot \eta_{пн\phi} \leq 10$ | $R_n = K_n \cdot P_{cv}, кВт$ | $S_p = \sqrt{P_p^2 + \bar{Q}_p^2}, кВА$ | |
| Розподільний пункт ПР-1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Група А | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Металообробні верстати різні № 22,23,24,25,26 | 5 | 6.5 | 32.5 | | 0.14 | 0.5/1.73 | 4.5 | 7.9 | | | | | | |
| 2 | Зварювальні апарати різні № 1,2 | 2 | 18-22,0 | 40,0 | | 0.35 | 0.5/1.73 | 14,0 | 24.2 | | | | | | |
| | Разом за групою А | 7 | 6.5-22 | 72.5 | >3,0 | 0.25 | - | 18.5 | 32.1 | 7,0 | 1,95 | 36,0 | 35,3 | | |
| Група Б | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Вентиляційна установка №3 | 1 | 9,0 | 9,0 | - | 0,65 | 0,8/0,75 | 5,85 | 4,4 | - | 1,0 | 5,85 | 4,4 | | |
| | Разом з ПР-1 | 8 | 6.5-22 | 81.5 | | | | 24.35 | 36.5 | - | - | 41.85 | 39.7 | 57.68 | 87.6 |

| Розподільний пункт ПР-2 | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|----------|----------------|--------------|----|--|------|----------|--------------|--------------|----------|------------|--------------------------------|
| Група Б | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Кондиціонери №17,21 | 2 | 12,0 | 24,0 | | | 0,65 | 0,8/0,75 | 15,6 | 11,7 | | | |
| 9 | Електропечі опору №18,19,20 | 3 | 75,0 | 225,0 | | | 0,7 | 0,95/0,3 | 157,5 | 47,25 | | | |
| | Разом з РП-2 | 5 | 12-75,0 | 249,0 | | | | | 173,1 | 58,95 | - | 1,0 | 173,1 58,95 182,9 277,9 |
| Розподільний пункт ПР-3 | | | | | | | | | | | | | |
| Група А | | | | | | | | | | | | | |
| | Кран-балка ПВ = 40% №29 | 1 | 3,9 | 3,9 | | | 0,1 | 0,5/1,73 | 0,39 | 0,67 | | | |
| | Зварювальні трансформатори ПВ=60% № 42,43 | 2 | 24,8 | 49,6 | | | 0,3 | 0,5/1,73 | 14,9 | 25,8 | | | |
| | Разом за групою А | 3 | 3,9-24,8 | 53,5 | >3 | | 0,29 | - | 15,3 | 26,5 | 3,0 | 2,2 | 33,7 29,15 |
| Група Б | | | | | | | | | | | | | |
| | Вентиляційна установка №41 | 1 | 9,0 | 9,0 | | | 0,65 | 0,8/0,75 | 5,85 | 4,4 | - | 1,0 | 5,85 4,4 |
| | Разом з РП-3 | 4 | 3,9-24 | 62,5 | | | | | 21,15 | 30,9 | - | - | 48,85 39,55 62,85 95,5 |
| Розподільний пункт ПР-4 | | | | | | | | | | | | | |
| Група А | | | | | | | | | | | | | |
| | Електроталь ПВ=25% №45 | 1 | 1,75 | 1,75 | | | 0,06 | 0,5/1,73 | 0,1 | 0,17 | | | |
| | Конвеєри стрічкові №30,34 | 2 | 3,0 | 6,0 | | | 0,55 | 0,75/0,9 | 3,3 | 3,0 | | | |
| | Металообробні верстати різні №31,32,33,37,38,39 | 6 | 2,2-4 | 18,6 | | | 0,14 | 0,5/1,73 | 2,6 | 4,5 | | | |
| | Зварювальний стенд №40 | 1 | 8,7 | 8,7 | | | 0,25 | 0,6/1,3 | 2,18 | 2,8 | | | |
| | Разом за групою А | 10 | 1,75-8,7 | 26,35 | >3 | | 0,23 | - | 6,0 | 5,77 | 6,0 | 2,2 | 13,2 6,4 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------------|--------------|----|--|--|--|------------------------|----------|-------------|-------------|-----|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Група Б | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Кондиціонери №44,46 | 2 | 12,0 | 24,0 | | | | | 0,65 | 0,8/0,75 | 15,6 | 11,7 | 1,0 | 15,6 | 11,7 | | |
| Разом з РП-4 | 12 | 1,75-12 | 50,35 | | | | | | | 21,6 | 17,5 | - | 28,8 | 18,1 | 34,0 | 51,7 |
| Розподільний пункт ПР-5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Зварювальний перетворювач № 4 | 1 | 22,0 | 22,0 | | | | | 0,35 | 0,5/1,73 | 7,7 | 13,3 | | | | | |
| Зварювальні випрямлячі № 5,6,7 | 3 | 12,2 | 36,6 | | | | | 0,25 | 0,6/1,3 | 9,2 | 12,0 | | | | | |
| Токарні верстати імпульсного напалвлення № 8,10 | 2 | 10,5 | 21,0 | | | | | 0,14 | 0,5/1,73 | 3,0 | 5,2 | | | | | |
| Разом за групою А | 6 | 10,5-22 | 79,6 | <3 | | | | 0,25 | - | 19,9 | 30,5 | 6,0 | 41,0 | 33,55 | | |
| Група Б | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вентиляційна установка №9 | 1 | 9,0 | 9,0 | | | | | 0,65 | 0,8/0,75 | 5,85 | 4,4 | 1,0 | 5,85 | 4,4 | | |
| Разом з РП-5 | 7 | 10,5-22 | 88,6 | | | | | | | 21,9 | 23,0 | - | 46,85 | 37,95 | 60,3 | 91,6 |
| Розподільний пункт ПР-6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Група А | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Зварювальні агрегати №1,12,14,15 | 4 | 8,1 | 32,4 | | | | | 0,25 | 0,6/1,3 | 8,1 | 10,53 | | | | | |
| Металообробні верстати різні №27,28,35,36 | 4 | 2,2-6,5 | 14,9 | | | | | 0,14 | 0,5/1,73 | 2,1 | 3,63 | | | | | |
| Разом за групою А | 8 | 2,2-8,1 | 47,3 | >3 | | | | 0,22 | - | 10,2 | 14,16 | 8,0 | 20,3 | 15,6 | | |
| Група Б | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вентиляційна установка № 13,16 | 2 | 9,0 | 18,0 | | | | | 0,65 | 0,8/0,75 | 11,7 | 8,8 | 1,0 | 11,7 | 8,8 | | |
| Разом з РП-6 | 10 | 2,2-9 | 65,3 | | | | | | | 21,9 | 23,0 | - | 32,0 | 24,4 | 40,24 | 61,2 |
| Щит освітлення ЩО | - | - | 21,6 | - | | | | K _{со} = 0,85 | - | 18,4 | - | - | 18,4 | - | - | 27,95 |

3.5. Вибір електричної апаратури та струмопровідних частин у мережі до 1000 В

Умови вибору автоматичних вимикачів:

$I_{н.Розр}$ номінальний струм теплового розчеплювача автоматичного вимикача

$$I_{кз} \geq 1,5 \cdot I_{пуск} - \text{для окремого електроприймача};$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{пик} - \text{для групи ЕП},$$

$$I_{кз} = k \cdot I_{н.Розр} - \text{номінальний струм спрацьовування уставки у зоні КЗ.}$$

Приклад вибору автоматичного вимикача для верстата злиткообдирного №22 (РП-1):

Номінальний струм:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном} \cdot \cos\varphi} = \frac{6,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 19,7 \text{ А},$$

Де $U_{ном}$ - номінальна напруга двигуна, кВ;

$\cos\varphi$ - коефіцієнт потужності;

$$I_{пуск} = k \cdot I_{ном} = 5 \cdot 19,7 = 98,5 \text{ А}.$$

Намічаємо до встановлення автомат серії ВА57-31.

$$I_{н.розч} = 25 \geq I_{дл} = 19,7 \text{ А}; I_{кз} = 160 \geq 1,5 \cdot 98,5 = 147,7 \text{ А}. 160 \geq 147,7.$$

Вибираємо автомат ВА57-35.

Номінальний струм автомата $I_{ном} = 25 \text{ А}$, номінальний струм розчіплювача

$$I_{н.розч.} = 25 \text{ А}, \text{ уставка миттєвого спрацьовування } I_{кз} = 160 \text{ А} [20]$$

Вибір автоматичних вимикачів інших електроприймачів зведемо в табл. 2.8.

За даними табл. 2.10 приймемо типи розподільчих шаф. Результати зведені у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 - Розподільні пункти зварювального цеху

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 43 |

| № шафи | Тип шафи | Число відходящих ліній |
|--------|----------|------------------------|
| РП-1 | ПР8503 | 8 |
| РП-2 | ПР8503 | 6 |
| РП-3 | ПР8503 | 4 |
| РП-4 | ПР8503 | 12 |
| РП-5 | ПР8503 | 8 |
| РП-6 | ПР8503 | 10 |
| ГРП-5 | ПР8503 | 8 |

Вибір автоматичних вимикачів розподільчих пунктів здійснюється за умови:

$$I_{\text{н розч}} \geq I_{\text{н дл}}; I_{\text{кз}} \geq I_{\text{кр}},$$

де $I_{\text{н розч}}$ – номінальний струм розчіплювача автомата;

$I_{\text{дл}}$ - струм, що тривало протікає в лінії;

$I_{\text{кз}}$ - уставка по струму спрацьовування розчіплювача у зоні короткого замикання. Приклад вибору АВ для захисту РП –1:

Короткочасний струм лінії $I_{\text{кр}}$ дорівнює $I_{\text{пик}}$, який визначаємо за формулою:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск макс}} + (I_p - I_{\text{ном м}} \cdot K_B),$$

Отримуємо

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск макс}} + (I_p - I_{\text{ном м}} \cdot K_B) = 334 + (87,6 - 0,5 \cdot 66,8) = 388,2 \text{ А.}$$

Умови вибору автоматичного вимикача:

$$I_{\text{н розч}} \geq I_{\text{н дл}}, \text{ А } 100 \geq 86,7$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{кр}} = 1,25 \cdot 388,2 = 485,25 \text{ А.}$$

За приймаємо АВ типу ВА57-35 з $I_{\text{н розч}} = 100 \text{ А}$.

Уставка струму спрацьовування розчіплювача в зоні КЗ $I_{\text{кз}} = 500 \text{ А}$.

Результати наведено у табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Апарати захисту для силових розподільчих шаф зварювального цеху

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

44

| № шафи | $I_{ТЛ}$ | $I_{кр}$ | $1,25 I_{кр}$ | Тип автоматичного вимикача | $I_{н.розч}$ | $I_{кз}$ |
|--------|----------|----------|---------------|----------------------------|--------------|----------|
| | А | А | А | | А | А |
| РП-1 | 87.6 | 388.2 | 485.5 | ВА57-35 | 100,0 | 500,0 |
| РП-2 | 277.9 | 763.9 | 954.9 | ВА57-39 | 320,0 | 1000,0 |
| РП-3 | 95.5 | 533.35 | 666.7 | ВА57-35 | 100,0 | 1000,0 |
| РП-4 | 51.7 | 147.5 | 184.4 | ВА57-35 | 63,0 | 500,0 |
| РП-5 | 91.6 | 392.2 | 490.25 | ВА57-35 | 100,0 | 500,0 |
| РП-6 | 61.2 | 153.45 | 191.8 | ВА57-35 | 100,0 | 500,0 |
| ЩО | 27.95 | 139.75 | 174.7 | ВА57-35 | 31.5 | 320,0 |

Вибір ввідного автомата на підстанції [6]:

$$I_{дл} = I_{ном.тр} = \frac{S_{р.цеху} \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{391 \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 782 \text{ А};$$

$$I_{пик}^{ПС} = I_{пуск макс} + (I_{ном.тр} - K_B \cdot I_{ном.м}) = 600 + (782 - 0,95 \cdot 120) = 1268 \text{ А};$$

$$I_{кз} = 1,25 \cdot I_{пик}^{ПС} = 1,25 \cdot 1268 = 1585.$$

Приймаємо автоматичний вимикач типу ВА88-43 з номінальним струмом розчеплювача $I_{ном.розч} = 100 \text{ А}$

Уставка струму спрацьовування розчеплювача в зоні КЗ

$$I_{кз} = 2 \cdot I_{ном.розч} = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ А}.$$

3.6. Вибір перерізів ліній мережі живлення цеху [7].

Вибір перерізів провідників мережі цеху будемо проводити з умов допустимого навантаження і допустимої втрати напруги. Вибір перерізу провідника за умовою допустимого нагріву при тривалому перебігу розрахункового струму навантаження I_M визначається за умови:

$$I_{доп} \geq \frac{I_M}{k_{прокл}}$$

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

45

Крім того, переріз провідника має бути узгоджений з апаратом захисту цього провідника за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}},$$

де I_3 - номінальний струм або струм уставки спрацьовування захисного апарату.

Перевірка вибраного перерізу провідника за допустимою втратою напруги виконується з умови:

$$\Delta U_{p\%} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_{\text{н}}^2} \leq \Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%,$$

де $\Delta U_{\text{доп}\%}$ – допустима втрата напруги.

Результати розрахунку перерізів мережі живлення цеху наведені в табл. 2.11.

Приклад розрахунків для лінії ГРП-РП1

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{87,6}{1} = 87,6 \text{ А},$$

де $k_{\text{прокл}} = 1$ за способу прокладання кабелю каналами.

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 100}{1} = 100 \text{ А},$$

де $I_3 = I_{\text{н розч}} = 100 \text{ А}$, $k_3 = 1$

вибираємо кабель марки *АВВГ* х 4 35: $I_{\text{доп}} = 101 \text{ А}$.

Перевіряємо обраний переріз за умовами допустимої втрати напруги:

$$\begin{aligned} \Delta U_{P\%} &= \frac{P \cdot l \cdot r_0 + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot 0,4^2} = \frac{41,85 \cdot 0,012 \cdot 0,894 + 39,7 \cdot 0,088 \cdot 0,012}{10 \cdot 0,4^2} = \\ &= 0,3 \% \end{aligned}$$

Таким чином, умова допустимої втрати напруги виконується. Остаточню прийнятий перетин та марка кабелю – АВВГ 4х35мм².

Таблиця 2.11 – Вибір перерізів ліній мережі живлення цеху

2.11. Вибір перерізів розподільної мережі цеху

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 46 |

| № п/п | Призначення ділянки (лінії) | Розрахункове навантаження | Розрахунковий струм I_p, A | Довжина лінії $l, км$ | Спосіб прокладання | Коефіцієнт прокладки, K | Марка кабелю | Перетин, вибраний з умови | Допустимий тривалий |
|-------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|
| 1. | РП-1 | 57.68 | 87.6 | 0.012 | У каналі | 1,0 | АВВГ | 1(4x35) | 101,0 |
| 2. | РП-2 | 182.9 | 277.9 | 0.025 | У каналі | 1,0 | АВВГ | 1(4x185) | 291,0 |
| 3. | РП-3 | 62.85 | 95.5 | 0.030 | У каналі | 1,0 | АВВГ | 1(4x35) | 101,0 |
| 4. | РП-4 | 34,0 | 51.7 | 0.046 | У каналі | 1,0 | АВВГ | 1(4x25) | 82,0 |
| 5. | РП-5 | 60.3 | 91.6 | 0.015 | У каналі | 1,0 | АВВГ | 1(4x35) | 101,0 |
| 6. | РП-6 | 40.24 | 61.2 | 0.053 | У каналі | 1,0 | АВВГ | 1(4x35) | 101,0 |
| 7. | ЩО | | 27.95 | 0.006 | У каналі | 1,0 | АВВГ | 1(4x6) | 34,0 |

Перерізи провідників для електроприймачів:

$$1; I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ном}}}{k_{\text{прокл}}}$$

$$2; I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}}$$

$$k_{\text{прокл}}=1$$

Номинальні струми електроприймачів наведено у таблиці.

Приклад розрахунків для відгалуження до зварювального трансформатора (РП-1):

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ном}}}{k_{\text{прокл}}} \Rightarrow 82 \geq \frac{66,8}{1}; 82 \geq 80A.$$

де $I_3 = I_{\text{ном. розч}} = 80A, k_3 = 1$

За [20] вибираємо провід марки АВВГ - 1 (4x25): $I_{\text{доп}} = 82 A.$

Таблиця 2.12 - Вибір перерізу провідників та захисних апаратів

| № за планом цеху | Найменування виробничого механізму | $P_{\text{ном}}$ | $I_{\text{ном}}$ | $I_{\text{пуск}}$ | Тип вимикача | $I_{\text{т.розр}}$ | $I_{\text{доп}}$ | Марка КЛ |
|-------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------|---------------------|------------------|--------------|
| | | кВт | А | А | | | | |
| Розподільний пункт РП-1 | | | | | | | | |
| 1 | Зварювальний перетворювач | 22,0 | 66.8 | 334,0 | ВА57-35 | 80,0 | 82,0 | АВВГ 1(4x25) |

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

47

| | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|------|-------|-------|----------|-------|-------|------------------|
| 2 | Зварювальний напіваавтомат | 18,0 | 54.7 | 273.5 | BA57-35 | 63,0 | 82,0 | ABBГ 1(4x25) |
| 3 | Вентиляційна установка | 9,0 | 17,0 | 85,0 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x4) |
| 22-26 | Зливкообдирні верстати | 6.5 | 19.7 | 98.5 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x4) |
| Розподільний пункт РП-2 | | | | | | | | |
| 17,21 | Кондиціонери | 12,0 | 22.8 | 114,0 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x4) |
| 18-20 | Електропечі опору | 75,0 | 120,0 | 600,0 | BA57-35 | 125,0 | 126,0 | ABBГ 1(4x50) |
| Розподільний пункт РП-3 | | | | | | | | |
| 29 | Кран-балка ПВ =40% | 8,0 | 24.3 | 121.5 | BA57-35 | 31.5 | 34,0 | ABBГ 1(4x6) |
| 41 | Вентиляційна установка | 9,0 | 27.4 | 137,0 | BA57-35 | 31.5 | 34,0 | ABBГ 1(4x6) |
| 42,43 | Зварювальні трансформатори | 32,0 | 97.3 | 486.5 | BA57-35 | 100,0 | 101,0 | ABBГ 1(4x35) |
| Розподільний пункт РП-4 | | | | | | | | |
| 30,34 | Конвеєри стрічкові | 3,0 | 6.1 | 30.5 | BA57-35 | 16,0 | 20,0 | ABBГ 1(4x2,5) |
| 31-33 | Обдирно- шліфувальні верстати | 4,0 | 12.2 | 61,0 | BA57- 35 | 16,0 | 20,0 | ABBГ 1(4x2,5) |
| 37-39 | Свердлильні верстати | 2.2 | 67 | 33.5 | BA57-35 | 16,0 | 20,0 | ABBГ 1(4x2,5) |

Продовження таблиці 2.12

| | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|------|------|-------|---------|------|------|---------------|
| 40 | Зварювальний стенд | 8.7 | 22,0 | 110,0 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x4) |
| 45 | Електроталь ПВ = 25% | 3.5 | 10.6 | 53,0 | BA57-35 | 16,0 | 20,0 | ABBГ 1(4x2,5) |
| 44,46 | Кондиціонери | 12,0 | 22.8 | 114,0 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x2,5) |
| Розподільний пункт РП-5 | | | | | | | | |

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

48

| | | | | | | | | |
|-------------------------|--|------|------|-------|----------|------|------|---------------|
| 4 | Зварювальний перетворювач | 22,0 | 66.8 | 334,0 | BA57-35 | 80,0 | 82,0 | ABBГ 1(4x25) |
| 5-7 | Зварювальні випрямлячі | 12.2 | 30.9 | 154.5 | BA57-35 | 31.5 | 34,0 | ABBГ 1(4x6) |
| 8,10 | Токарні верстати імпульсного наплавлення | 10.5 | 31.9 | 159.5 | BA57- 35 | 40,0 | 47,0 | ABBГ 1(4x10) |
| 9 | Вентиляційна установка | 9,0 | 17,0 | 85,0 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x4) |
| Розподільний пункт РП-6 | | | | | | | | |
| 11,12,14,15 | Зварювальні агрегати | 8.1 | 20.5 | 102.5 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x4) |
| 13,16 | Вентиляційні установки | 9,0 | 17,0 | 85,0 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x4) |
| 27,35 | Свердлильні верстати | 2.2 | 6.7 | 33.5 | BA57-35 | 16,0 | 20,0 | ABBГ 1(4x2,5) |
| 28 | Зливкообдирні верстати | 6.5 | 19.7 | 98.5 | BA57-35 | 25,0 | 27,0 | ABBГ 1(4x4) |
| 36 | Обдирно-шліфувальні верстати | 4,0 | 12.2 | 61,0 | BA57- 35 | 16,0 | 20,0 | ABBГ 1(4x2,5) |

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

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

49

ВИСНОВКИ

В аналітичному розділі наведено ряд вимог необхідних для забезпечення надійного енергозабезпечення виробничої бази, розроблено електропостачання електрообладнання.

У розрахунковому розділі визначено оптимальне необхідне обладнання, яке використовується в цеху зварювання та електроприлади, визначено навантаження зварювального цеху, визначено повне загальне навантаження підприємства, яке становить 964 кВА, визначено потужність компенсуючого пристрою, яке становить 499 кВАр.

В результаті перерахунку повна розрахункова потужність підприємства становить 829 кВА. Обрано силові трансформатори і розроблено генеральний план із розміщенням комплексної трансформаторної підстанції та розподільчих пунктів по цехах. Запропонована схема зовнішнього електропостачання цеху. Живлення здійснюється повітряними лініями. Запропонована схема внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ. Проведено вибір перерізів кабельних ліній.

У графічній частині представлений: Генеральний план виробничої бази, схема розташування; Схема навантажень виробничої бази, схема розташування; Генеральний план потужностей, схема розташування; Схема мережі живлення зварювального цеху, схема розташування;

В результаті виконання дипломного проекту розроблена система електропостачання зварювального цеху виробничої бази, згідно завдання на дипломне проектування, яка відповідає всім діючим сучасним вимогам і нормам і буде впроваджуватися в експлуатацію.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 50 |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розрахунок електричного навантажень / Іван Михайлович Сисак, О. Й. Іваніга, С. В. Любка, Ю. І. Джуган // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 242. — (Електротехніка та енергозбереження).

2. Підвищення технічної надійності підстанції / А. Л. Стефанюк, А. А. Гуменюк, А. З. Стасів, І. М. Сисак // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. — С. 267–268. — (Електротехніка та енергозбереження).

3. Сисак І. М. Забезпечення надійності системи електропостачання деревообробного цеху / Іван Михайлович Сисак, С. В. Корюков // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 237–238. — (Електротехніка та енергозбереження).

4. Підвищення надійності та пропускну здатності трансформаторних підстанцій / В. О. Купчик, Т. Т. Сердюк, Г. І. Головачук, Р. Б. Волосинецький, Л. Т. Мовчан, І. М. Сисак // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 7-8 грудня 2022 року. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 80–81. — (Електротехніка та енергозбереження).

5. Забезпечення надійності системи електропостачання промислових об'єктів / Є. В. Бацюра, Р. І. Шинькар, А. Р. Ухін, П. Б. Костецький, С. В. Осадчук, Іван Михайлович Сисак // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 24-25 листопада 2021 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. — Том II. — С. 9–10. — (Електротехніка та енерго-збереження).

6. Романишен О. В. Підвищення надійності системи електропостачання / О. В. Романишен, Д. Р. Клименко, І. М. Сисак // Збірник

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 51 |

68 тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 128. — (Електротехніка та енергозбереження).

7. Підвищення надійності системи електропостачання промислових підприємств / М. В. Ткач, І. М. Сисак, В. В. Миколишин, Т. Т. Сердюк // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 125. — (Електротехніка та енергозбереження).

8. Сисак І. М. Дослідження та вибір заходів підвищення надійності системи електропостачання трансформаторної підстанції 35/10 кВ / І. М. Сисак, О. І. Скакун // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 17-18 листопада 2016 року. — Т. : ТНТУ, 2016. — Том II. — С. 192. — (Електротехніка та енергозбереження).

9. Белякова І. В. Забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі / Ірина Володимирівна Белякова, Іван Михайлович Сисак, О. Т. Поважний // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 243. — (Електротехніка та енергозбереження).

10. Creation and substantiation of the matrix for model series of tubular propeller turbines for small hydropower plants / Myroslav Zin; Vadym Koval; Mykola Tarasenko; Ivan Sysak // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2023. — Vol 109. — No 1. — P. 24–31.

11. Orobchuk, Bogdan, Oleh Buniak, and Ivan Sysak. "DESIGN OF AN INTELLIGENT SYSTEM TO CONTROL EDUCATIONAL LABORATORY EQUIPMENT BASED ON A HYBRID MINI-POWER PLANT." Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 122.9 (2023). 69

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 52 |

12. Development of an educational laboratory stand at the base fast-acting automatic reserve input / Bogdan Orobchuk, Serhii Babiuk, Oleh Buniak, Ivan Sysak, Liubov Kostyk, Myroslav Nakonechniy, Yaroslav Filiuk // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2023. — Vol 112. — No 4. — P. 12–25.

13. Bohdan Orobchuk, Oleh Buniak, Ivan Sysak, Serhii Babiuk, Ihor Bodnarchuk, Vadym Koval (2024) Development of Software for the Implementation of Automated Reserve Input Modes Operation. 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). Ternopil, Ukraine, June 12-14, Vol. 3742, Pages 316-336

14. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с. ISBN 978-966-553-833-2

15. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с. ISBN 978-966-641-450-5

16. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об'єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

17. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.

18. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 292 с. – (Вища освіта XXI століття).

19. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. 70

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | БРМА25.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | 53 |

20. Правила улаштування електроустановок. / Міненерго вугілля України,. - К., 2017.

21. Вибір трансформаторів підстанцій за навантажувальною здатністю / Н. В. Бабанін, І. М. Сисак, А. В. Гапонюк, О. М. Максимчук // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 89. — (Електротехніка та енергозбереження).

22. Коваль В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 51 с.

23. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

24. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017.