

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого _____
Кафедра _____ Електропостачання та енергоменеджменту _____

«До захисту в ЕК»
Директор інституту
_____ Сергій БЛАЖЕНКО _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ грудня 2025 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Сергій БАЛЮТА _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ грудня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»
на тему: «Розробка СЕП заводу гумово-технічних виробів з використанням
Autocad Electric»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЕЛ-2-6М

_____ Громов Андрій Вадимович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Чорний Юрій Аркадійович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент _____ Наталія ІВАЩЕНКО _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально - науковий інженерно - технічний інститут ім. акад. І. С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь магістр

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

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ЕПЕМ

/Сергій БАЛЮТА/

“01” жовтня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Громова Андрія Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка СЕП заводу гумово-технічних виробів з використанням Autocad Electric»

керівник роботи Чорний Юрій Аркадійович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 17 ” вересня 2025 року № 712-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 31 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи генплан підприємства, електричне навантаження споживачів, ПУЕ

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

1. Налагодження проекту в Autocad Electric. 2. Створення умовно-графічних позначень. 3. Формування креслень в Autocad Electric. 4. Розрахунок електричних навантажень. 5. Побудова картограми навантажень підприємства. 6. Вибір кількості і потужності цехових підстанцій. 7. Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв. 8. Розрахунок струмів короткого замикання. 9. Розрахунок мережі 10 кВ 10. Розрахунок цехової мережі 0.4 кВ. 11. Розрахунок релейного захисту. 12. Розрахунок загального освітлення цеху гумово-технічних виробів

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація до пояснювальної записки -15 слайдів

1. Генплан заводу з картограмою навантаження. 2. Схема електропостачання заводу. 3. Силова схема цеху гумово-технічних виробів. 4. Схема освітлення цеху гумово-технічних виробів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 22 вересня 2025 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|----|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| | Отримання завдання на магістерську роботу | 22.09.25 | |
| | Вступ | 22-24.09.25 | |
| 1 | Налагодження проекту в Autocad Electric. | 24-27.09.25 | |
| 2 | Створення умовно-графічних позначень. | 28-02.10.25 | |
| 3 | Формування креслень в Autocad Electric. | 03-07.10.25 | |
| 4 | Розрахунок електричних навантажень. | 08-11.10.25 | |
| 5 | Побудова картограми навантажень підприємства. | 11-14.10.25 | |
| 6 | Вибір кількості і потужності цехових підстанцій. | 15-18.10.25 | |
| 7 | Визначення потужності компенсуючих пристроїв. | 19-23.10.25 | |
| 8 | Розрахунок струмів короткого замикання. | 24-28.10.25 | |
| 9 | Розрахунок мережі 10 кВ | 29-02.11.25 | |
| 10 | Розрахунок цехової мережі 0.4 кВ. | 03-07.11.25 | |
| 11 | Розрахунок релейного захисту. | 12-17.11.25 | |
| 12 | Розрахунок загального освітлення цеху гумово-технічних виробів | 18-21.11.25 | |
| | Оформлення пояснювальної записки | 22-24.11.25 | |
| | Оформлення графічної частини роботи (презентація, креслення) | 25-28.11.25 | |
| | Подання готової роботи для перевірки на плагіат | 29.11.25 | |

Здобувач _____
(підпис)

Громов А.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Чорний Ю.А.

АНОТАЦІЯ

Громов А.В. Розробка СЕП заводу гумово-технічних виробів з використанням Autocad Electric.

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Національний Університет Харчових Технологій

Київ 2025

Важливим питанням при розробці систем електропостачання промислових підприємств є використання програмних комплексів для автоматизованого проектування.

Цифрові технології полегшують доступ до інформації, відкривають можливості варіативності проектної діяльності, її індивідуалізації та диференціації, дозволяють повному організувати взаємодію всіх суб'єктів розробки проектів електропостачання.

Важливою частиною інформаційних цивілізацій є автоматизація керування інформаційними потоками. Це в першу чергу пов'язано із збільшенням обсягу використаної людиною інформації та необхідністю у великій швидкості обробки. У галузі енергетики значні обсяги інформації необхідно опрацьовувати, зокрема, на стадії розробки систем електропостачання (СЕП). Ці розробки - дуже трудомісткі і відповідальні, так як їх рішення зв'язані з великим розгалуженням отриманих рішень. На теперішній час автоматизація розрахунків в межах розробки систем електропостачання актуальна у зв'язку з застосуванням міжнародних сертифікатів якості, що вимагають нових підходів, оптимальності та якості послуг, в зв'язку з цим розробка програмного забезпечення, що задовільняє цим вимогам, є актуальним та перспективним завданням.

AutoCAD Electrical – це програмний комплекс, що забезпечує автоматизоване проектування електричних систем, і є важливою частиною технології Autodesk. Використання цих технологій дозволяє значно прискорити процес проектування, продуктивно та з незначними затратами часу розробляти системи електропостачання. В програмі пропонуються спеціалізовані функції. Значне покращення умов розробок створюють бібліотеки графічних позначень, що дозволяє підвищити продуктивність, зменшити наявність похибок і забезпечити правильність інформації, що буде в перспективі використано у виробництво.

Ключові слова: систем електропостачання промислових підприємств, автоматизоване проектування електричних систем, бібліотеки графічних позначень.

ABSTRACT

Gromov A.V. Development of SEP of a rubber and technical products plant using Autocad Electric.

141 "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics"

National University of Food Technologies

Kyiv 2025

An important issue in the development of power supply systems of industrial enterprises is the use of software complexes for automated design.

Digital technologies facilitate access to information, open up possibilities for variability of design activities, its individualization and differentiation, and allow for a new organization of the interaction of all subjects of the development of power supply projects.

An important part of information civilizations is the automation of information flow management. This is primarily due to the increase in the volume of information used by a person and the need for high processing speed. In the energy industry, significant amounts of information must be processed, in particular, at the stage of developing power supply systems (PSS). These developments are very laborious and responsible, as their solutions are associated with a large branching of the resulting solutions. At present, automation of calculations within the framework of the development of power supply systems is relevant due to the use of international quality certificates that require new approaches, optimality and quality of services, in this regard, the development of software that meets these requirements is a relevant and promising task.

AutoCAD Electrical is a software package that provides automated design of electrical systems, and is an important part of Autodesk technology. The use of these technologies allows you to significantly speed up the design process, develop power supply systems productively and with minimal time. The program offers specialized functions. A significant improvement in development conditions is created by libraries of graphic symbols, which allows you to increase productivity, reduce errors and ensure the correctness of information that will be used in production in the future.

Keywords: power supply systems for industrial enterprises, automated design of electrical systems, libraries of graphics.

ВСТУП

Поширення автоматизації процесів проектування систем електропостачання є одним з важливих факторів підвищення продуктивності праці. Автоматизовані системи проектування все частіше використовується на підприємствах, в проектах житлового та громадського будівництва. Їх широке застосування призводить до створення перспективних проектів, що призводить до підвищення якості проектів систем електропостачання, що випускається. Одним з важливих програмних забезпечень, яке дозволяє автоматизувати проектні процедури, є Autocad Electric.

Розрахунок електричних навантажень є найважливішим розрахунком при проектуванні системи електропостачання будь-якого підприємства в будь-якій галузі економіки. Результати розрахунків і технічні рішення при проектуванні систем електропостачання мають значний вплив на обсяг капітальних вкладень в будівництво та експлуатацію об'єктів електропостачання.

Тому в даній роботі здійснено розробку системи електропостачання заводу гумово-технічних виробів, розрахунок навантаження, вибір трансформаторів на живильних підстанціях та вибір марки кабелів електропостачання з автоматизацією технологічного процесу проектування системи електропостачання.

ЗМІСТ

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ | 8 |
| 1 Налагодження проекту в Autocad Electric | 9 |
| 1.1 Загальна інформація | 9 |
| 1.2 Розробка проекту та його налаштування | 9 |
| 2 Створення умовно-графічних позначень | 20 |
| 3 Формування креслень в Autocad Electric | 30 |
| 3.1 Створення нового креслення | 30 |
| 3.2 Додавання та видалення креслень. | 34 |
| 3.3 Додавання описів креслень та їх угруповання | 36 |
| 3.4 Зміна настройки відображення списку креслень | 37 |
| 3.5 Пакетний друк проекту | 39 |
| 4 Розрахунок електричних навантажень | 40 |
| 4.1 Опис метода розрахунку електричних навантажень | 40 |
| 4.2 Розрахунок навантаження цеху гумово-технічних виробів | 42 |
| 4.3 Розрахунок освітлювального навантаження підприємства | 45 |
| 5 Побудова картограми навантажень підприємства | 47 |
| 6 Вибір кількості і потужності цехових підстанцій | 50 |
| 7 Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв | 52 |
| 8 Розрахунок струмів короткого замикання | 54 |
| 9 Розрахунок мережі 10 кВ | 59 |
| 9.1 Розрахунок КЛ 10кВ | 59 |
| 9.2 Розрахунок та вибір комутаційної апаратури | 62 |
| 10 Розрахунок цехової мережі 0.4 кВ | 66 |
| 10.1 Вибір силових кабелів 0.4 кВ | 66 |
| 10.2 Вибір апаратів захисту | 67 |
| 11 Розрахунок релейного захисту | 69 |
| 12 Розрахунок загального освітлення цеху гумово-технічних виробів | 75 |
| Висновки | 79 |
| Список використаних джерел | 80 |

РОЗДІЛ 1. НАЛАГОДЖЕННЯ ПРОЕКТУ В AUTOCAD ELECTRIC

1.1. Загальна інформація

Інтерфейс AutoCAD Electric має можливості штатного AutoCAD. Але AutoCAD Electric придбав нові інструменти спеціального призначення. Ці інструменти забезпечують автоматизацію проектування. Уважно вивчивши інтерфейс програми, розташування в ньому команд і принципи роботи цих команд, користувач зможе виконувати поставлені перед ним завдання максимально ефективно.

Електричне робоче місце AutoCAD

AutoCAD Electric має стандартні області:

- ACADE, 2D Drawing and Annotation - стрічки з AutoCAD Electric, 2D Drawing і AutoCAD Annotation Tools.
- ACADE і 3D Modeling - стрічки електроінструментів AutoCAD Electric і AutoCAD 3D моделювання.
- Classic AutoCAD Electric: вкладки інструментів і спадаючі меню, в яких розташовані інструменти AutoCAD Electric і AutoCAD.

Первинним при запуску програми є завантаження простору «ACADE, 2D Drawing and Annotation». Користувачі в більшості випадків використовують цей простір під час проектування схем і панелів.

Зміна робочої області здійснюється за допомогою кнопки (шестерня) в рядку меню AutoCAD Electric.

В стрічковому інтерфейсі, що використовується в AutoCAD Electric, розташовано більшість іконок для ефективного доступу до важливих команд AutoCAD Electric. Стрічка містить інструменти, команди та елементи керування, що використовується призначені для виконання необхідних завдань. Інструменти формуються на стрічці із зазначенням функціональних груп.

1.2. Розробка проекту та його налаштування

Розглянемо процес створення проекту та його налаштування. У AutoCAD Electric схеми створюються у вкладці головного меню Проект (Project)(рис.1.1). Кожне креслення має розташовуватися на окремому кресленні.

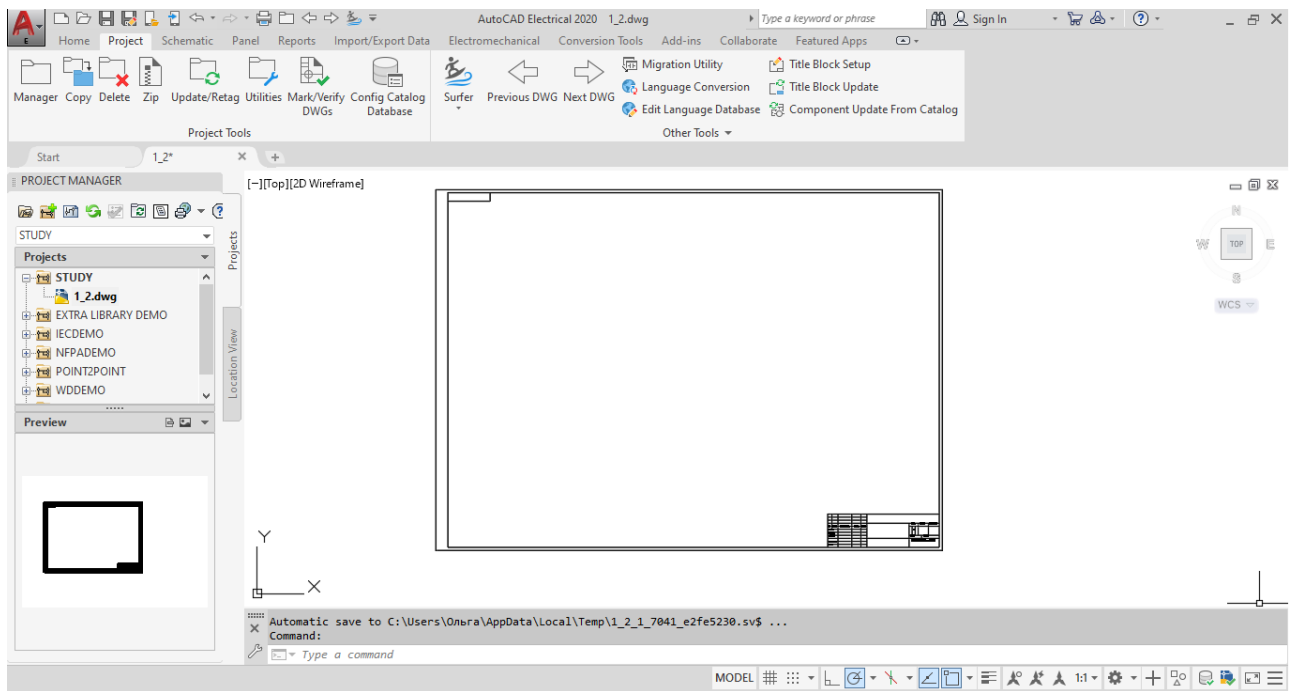


Рис 1.1. Вкладка Проект (Project)

При цьому креслення можна і навіть потрібно групувати в окремі папки. Для того щоб створити проект у нас має бути відкрито якесь креслення необхідного формату. Переходимо на вкладку проект (Project), в меню (Project manager) натискаємо «Новий проект» (New Project Manager), з'являється вікно «Створити новий проект» (Create New Project) (рис. 1.2).

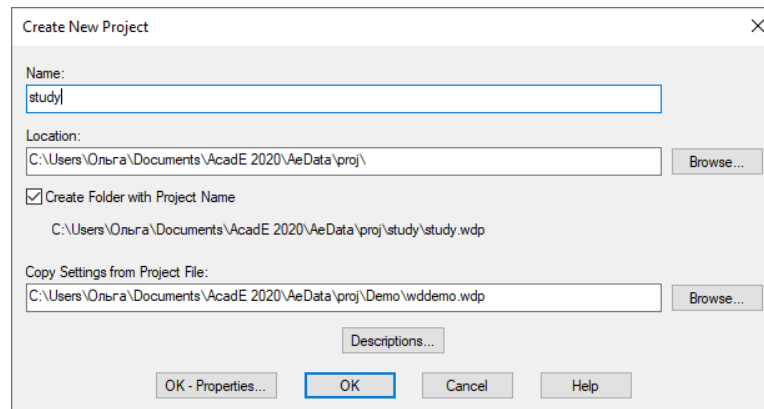


Рис. 1.2. Створити новий проект

Даємо ім'я проекту (Name), допустимо навчальний (Stud). У вікні «Location» вказується шлях, де розташовуватиметься цей проект, натисканням кнопки «Browse» та вибором папки на диску .

У вікні «Copy Settings from Project file» ми можемо скопіювати параметри якості з нашого попереднього або типового проекту. Якщо це у нас перший проект, залишаємо його за замовчуванням, а надалі вибиратимемо файл з розширенням .bdp, щоб скопіювати налаштування проекту.

Активуємо проект та натискаємо праву клавішу мишки. Виникає контекстне меню (рис. 1.3).

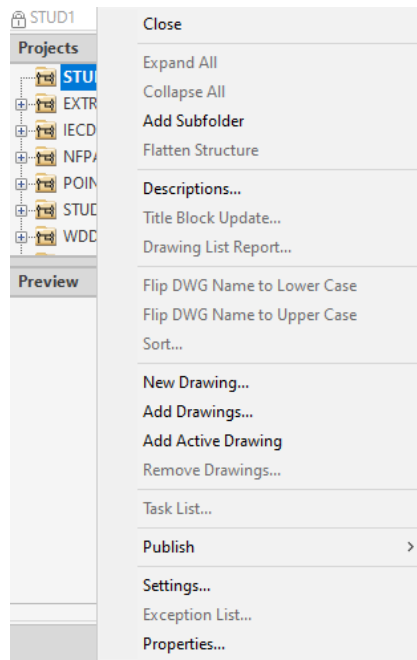


Рис. 1.3. Контекстне вікно налагодження проекту

Далі натискаємо «Властивості» (Properties...), потрапляємо у вікно «Властивості проекту» (Project Properties) (рис 1.4) , вкладка «Параметри проекту» (Project Setting). Тут розміщуються шляхи до файлів з графічними позначеннями для схем та для монтажних панелей.

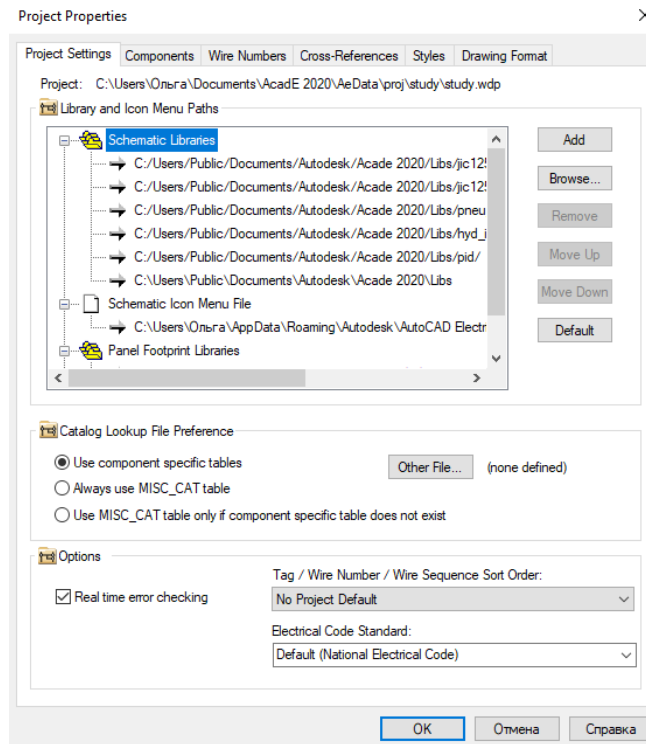


Рис. 1.4. Властивості проекту

Ми також можемо додавати та видаляти шляхи до папок. Щоб додати, натискаємо кнопку «Додати» (Add), далі Огляд (Browse...), вибираємо нашу папку з кресленнями. При цьому викладені папки у нас повинні бути тут прописані, інакше програма AutoCAD Electric не буде знаходити шлях до файлів і видаватиме повідомлення про помилку. Програма шукає наші бібліотеки за файлами, як вони тут розташовані. Ми можемо їх змінити, переставити.

Далі файл графічного меню для схем (Schematic Icon Menu File). Це файл із налаштуваннями графічного меню, з його компоновками. Якщо ми сюди щось додаємо, якісь компоненти, вони записуються у файл. Якщо ми перенесемо цей файл на інший комп'ютер, він також міститиме ці компоненти.

Так само для компоновальних образів в монтажній панелі (рис. 1.5). Шляхи до файлів (ACE_PANEL_MENU.DAT), де розташовані образи. Тут прописується файл із налаштуваннями графічного меню. У разі необхідності можна змінити цей файл натисканням «Browse» та вибором відповідного файлу на диску комп'ютера.

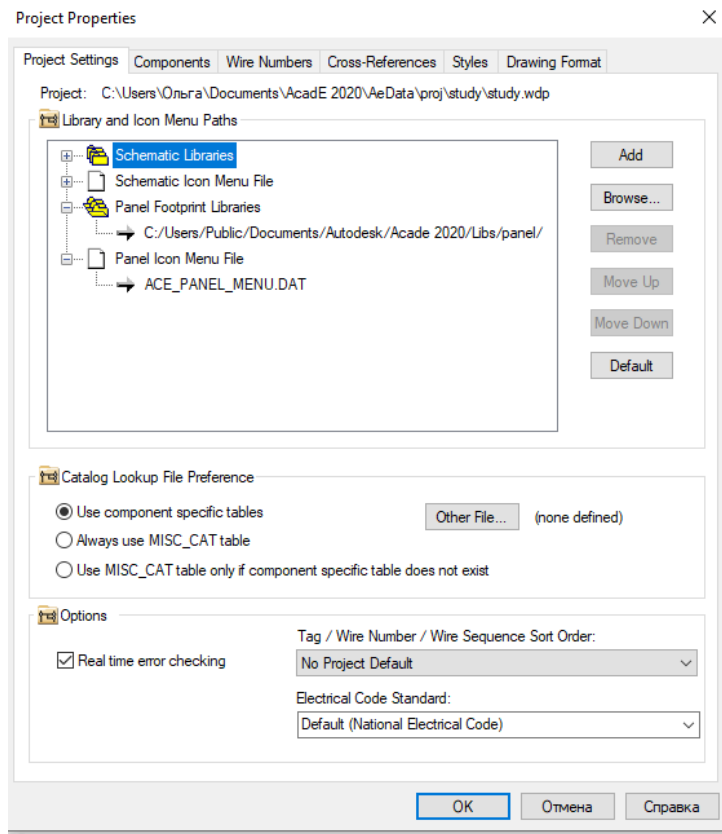


Рис. 1.5. Властивості проекту. Вибір меню файлів панелів.

Далі, в пункті «Кращі параметри пошуку в каталозі» (Catalog Lookup File Preference) призначається каталог. Можна використовувати стандартний каталог, можна вибрати додатковий каталог натисканням кнопки (Other File) та вибором необхідного файлу на диску комп'ютера. (рис. 1.6).

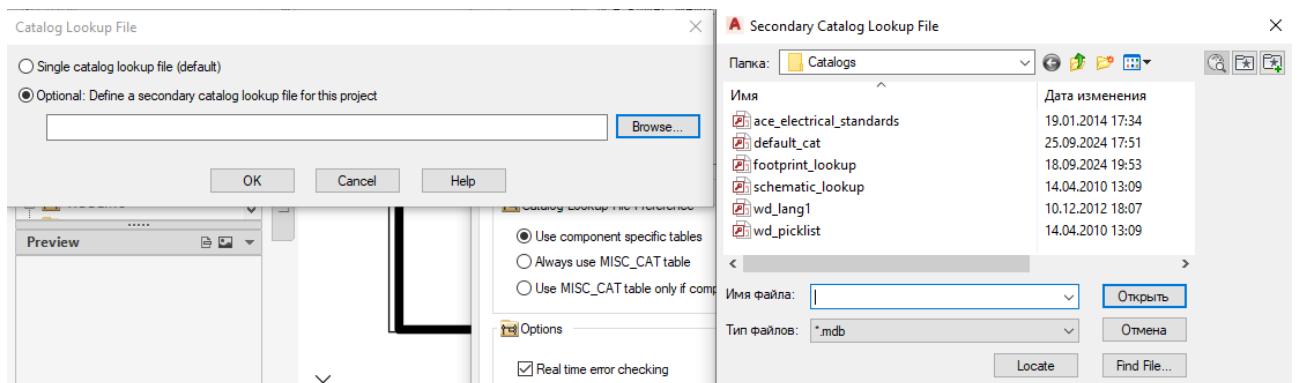


Рис. 1.6. Вибір додаткових файлів меню панелів

При створенні компонента ми можемо вибрати як основний файл, так і вторинний.

Далі в розділі «Параметри» (Option) (Рис. 1.5). Перевірка помилок у реальному часі (Real Time Error Checking) трохи сповільнює роботу, але помилки відразу перевірятимуться. Позначення послідовності проводів встановлюємо зверху донизу, зліва направо (рис. 1.7). Можна змінити по-іншому.

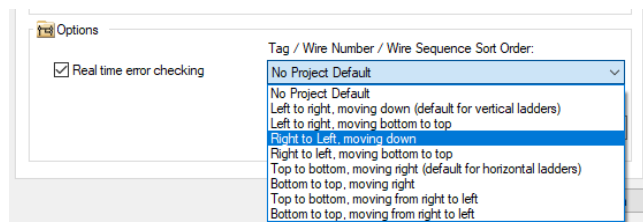


Рис. 1.7. Вибір послідовності нумерації проводів

Далі виставляємо «Стандарти електротехнічних нормативів» (Electrical Code Standart) .

«Компоненти» (Components) (рис. 1.5). У вікні, що виникає (рис. 1.8), буде показано, як відобразатиметься позиційне позначення компонента.

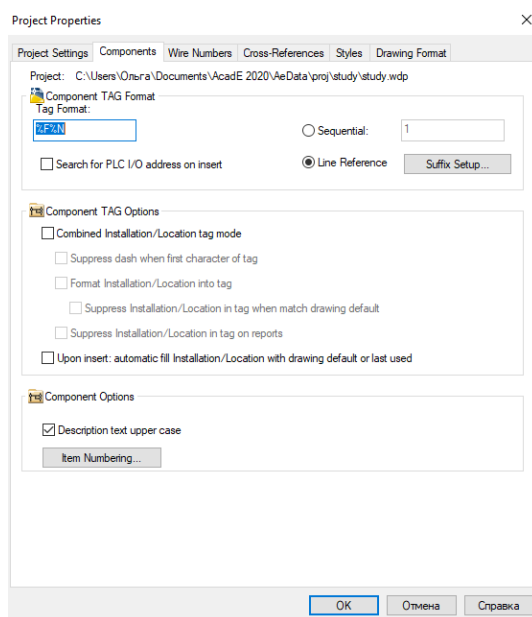


Рис. 1.8. Вкладка «Компоненти» (Components)

Тут «Корінь» (Tag Format)) - %F%N – F - це сімейство самого компонента і N - його позиційне позначення.

Для визначення де використовується вищезазначена інформація створимо нове креслення. В «Project manager» (Рис. 1.1) натискаємо «Нове креслення»

(New Drawing). Виникає вікно «Створення нового креслення» (Create New Drawing) (рис. 1.9).

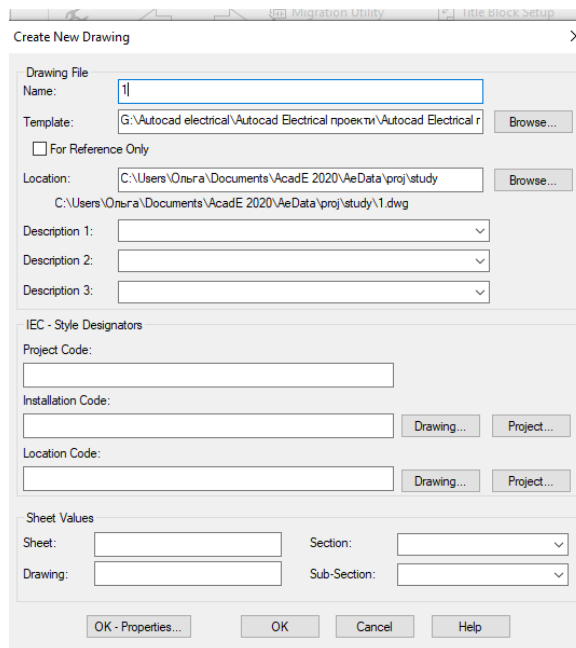
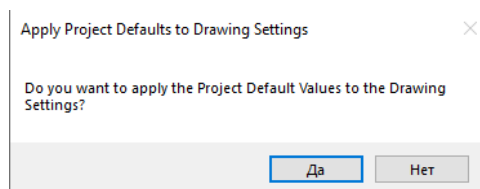


Рис. 1.9. Вікно «Створення нового креслення» (Create New Drawing)

Вводимо номер листа у вікні «Ім'я» (Name) наприклад 1. Більше поки що нічого не встановлюємо тут. Застосуємо значення по замовчанням.



При цьому створюється креслення. При вставці будь-якого компонента за умовчанням вставляються компоненти з позиційним позначенням, що заданий в «Tag Format» (рис. 1.8). В подальшому при встановленні компонентів це позначення можна змінювати.

Якщо в «Component TAG Options» (рис. 1.8) не поставити галочку, то на початку позиційного позначення відобразатиметься дефіс. Далі можна додавати позиційного позначення функціональної групи або місце. Ставимо галочку «Відобразити функціональну групу місце позиційних позначень» (Format Installation/Location into Tag) і тепер у нас у позиційному позначенні додається функціональна група та місце призначення креслення.

Пункт «Параметри компонента» (Component OptionS). Опис тексту у верхньому регістрі, тобто описова частина буде завжди у верхньому регістрі і нумерація елементів залишаємо на компонентній основі. Тут у форматі позиційного позначення ми можемо також додавати різні символи, щоб вставляти позиційне позначення, наприклад номер аркуша.

Нумерація проводів (Wire Numbers) (рис. 1.10), тут також формат нумерації проводів, це просто числова нумерація без коренів. Можна також додавати, що це буде за «Шаром проводів» (Based on Wire Layer), вибирати за місцем клеми (Based on Terminal Symbol Location) і так далі.

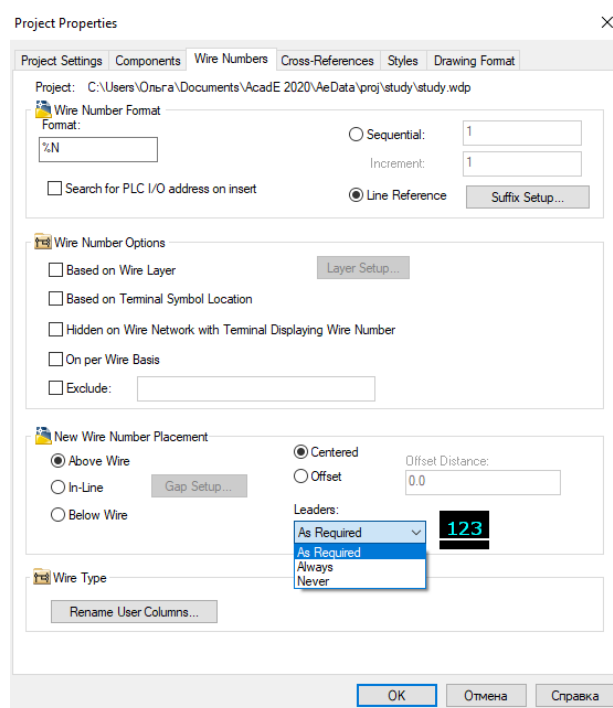


Рис. 1.10. Вікно налагодження нумерації проводів

Далі «Розміщення нового номеру дроту» (New Wire Number Placement). Номери дротів можна розміщувати над лінією (Above Wire), можна розмістити на лінії (In-line), при цьому буде вставлено розрив і по довжині. Якщо розміщувати над лінією, то номери проводів завжди будуть вертикальними. Якщо під лінією з'єднання, номери проводів будуть уздовж лінії, вздовж проводу. Якщо креслення вже створено, то властивості також потрібно міняти не тільки в проекті, а й у самому кресленні. Надалі нові креслення, які створюватимуться, вони копіюватимуть властивості проекту.

Виноски (Leaders). Можна виноску зробити «На вимогу» (As Required), «Завжди з виноскою» (Always) та «Ніколи» (Never).

Перехресні посилання (Cross-References) (рис. 1.11).

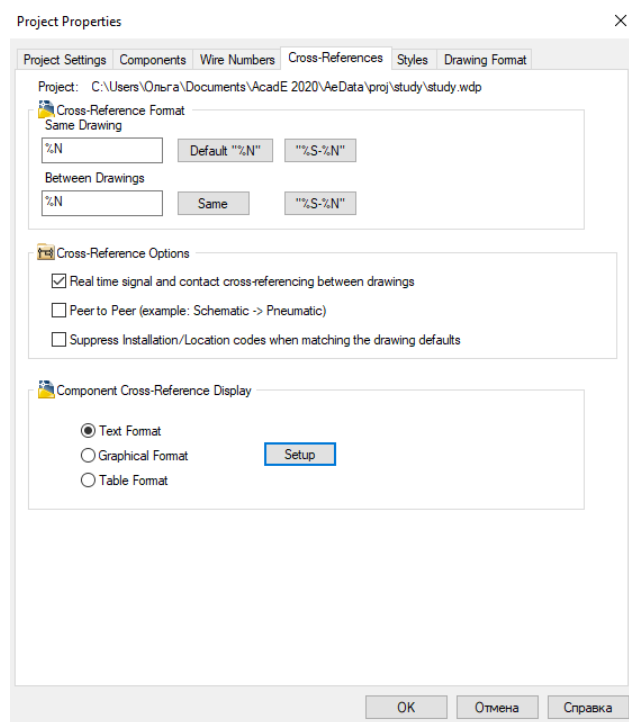


Рис. 1.11. Вікно перехресних посилань

Тут відображаються, як виглядатимуть перехресні посилання. «Всередині креслення» (Same Drawing) відобразатиметься лише номер стовпця, де розташований елемент, і «Між кресленнями» (Between Drawing) це буде аркуш та номер стовпця.

Відображення перехресних посилань (Component Cross-References Display). Можна відображати «Текстовий формат» (Text Format), що у нас буде просто напис і посилання на нього. Також тут можна поміняти роздільник, це за умовчанням крапка, можна поставити дефіс. У «Графічному форматі» (Graphical Format) відобразатиметься контакт і його позиційне розташування і в «Табличному форматі» (Table Format) виглядатиме як показано на рисунку 1.12. У табличному форматі необхідно також задати ще «Стиль таблиці» (Table Style).

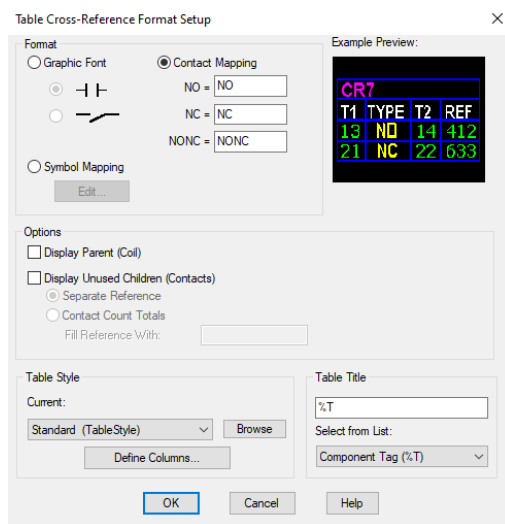


Рис. 1.12. Вікно налагодження табличних посилань

Далі «Стили» (Styles) (рис. 1.13).

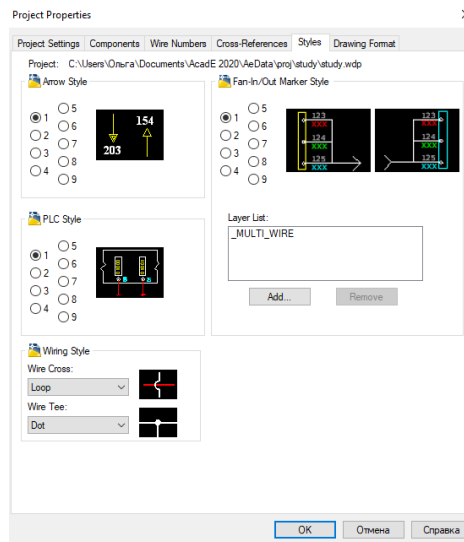


Рис. 1.13. Вікно «Стили» (Styles)

Тут можна вибрати різні стилі відображення стрілок (Arrow Style), стиль позначення розгалужувача вхід/вихід (Fan-In/Out Marker Style), стиль ПЛК (PLC Style), а також перетину та з'єднання проводів (Wiring Style). Це може бути просто перетин, петля чи розрив і також точка чи кут.

«Формат креслення» (Drawing Format) (рис. 1.14).

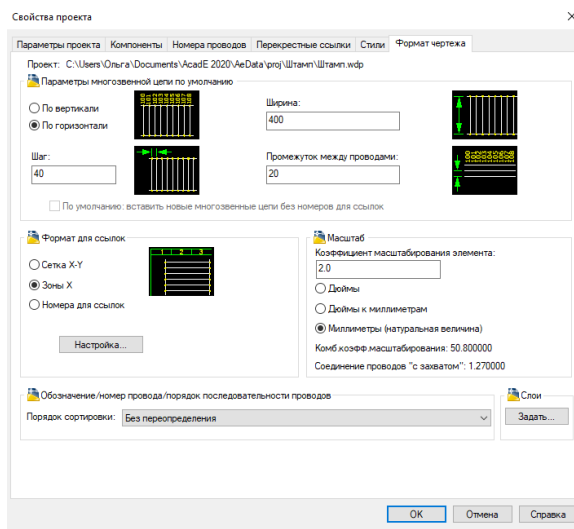


Рис. 14. Вікно «Формат креслення» (Drawing Format).

В даному вікні формуються всі параметри для креслення.

РОЗДІЛ 2. СТВОРЕННЯ УМОВНО-ГРАФІЧНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Розглянемо процес створення умовних графічних позначень (УГП) для схеми. УГП створюються у вкладці «Схема» (Schematic) чи «Панель» (Panel), пункт «Конструктор графічних образів» (Symbol Builder) (рис. 2.1).

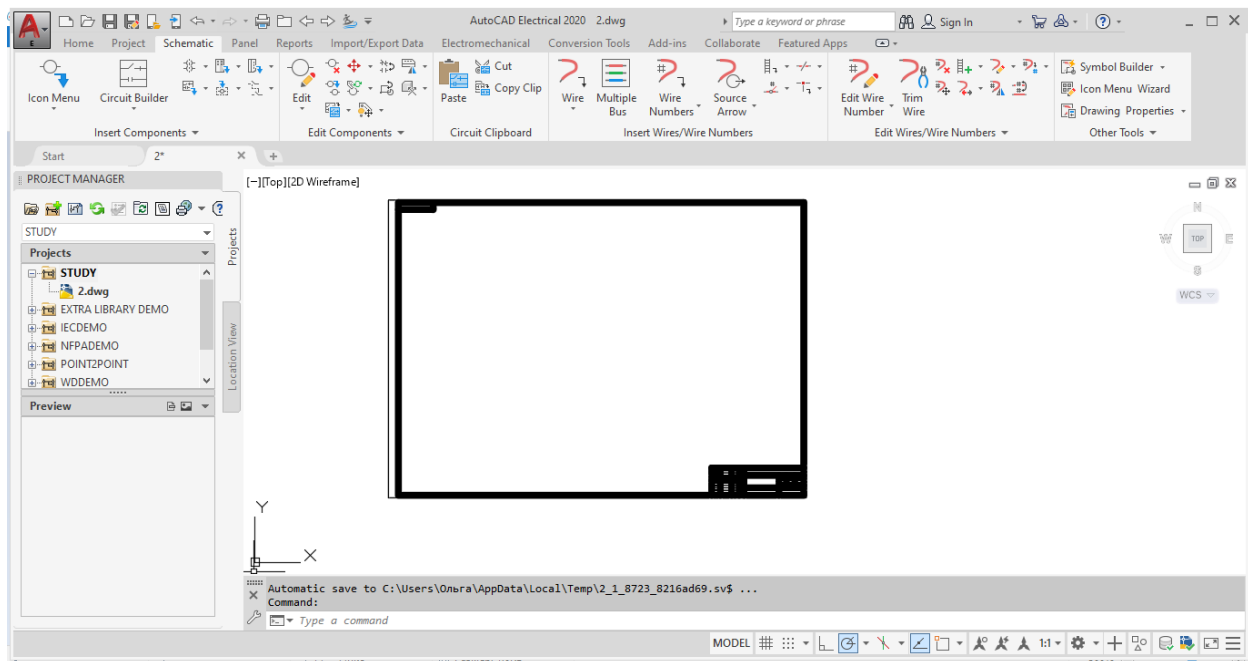


Рис. 2.1 Вікно Autocad Electric

У вікні вибору образу об'єкта (Select Symbol/Object) (рис. 2.2) вибирається існуючий (Browse), будь-який інший блок або об'єкти на екрані натисканням кнопки «Select Object».

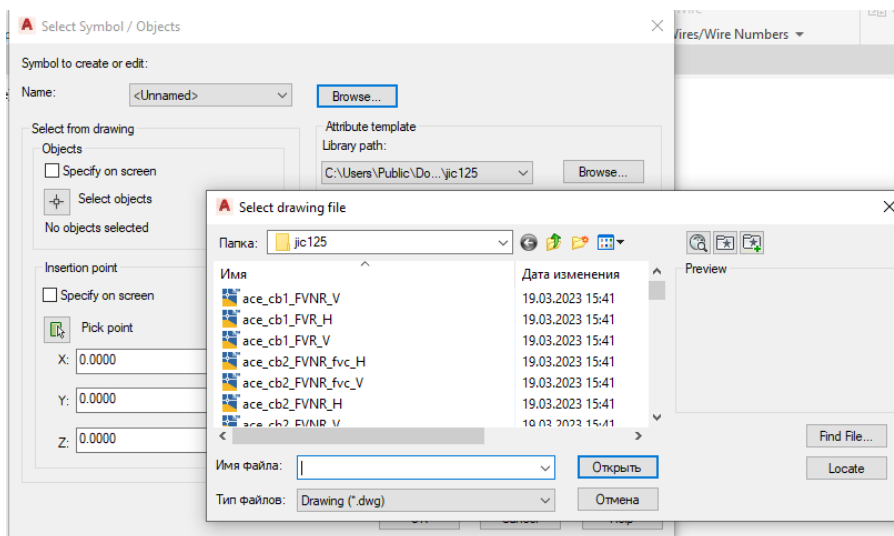


Рис. 2.2. Вікно вибору блоку

Точку вставки (Pick point) зараз не задаємо, її ми поставимо вже коли зберігатимемо образ.

Далі вибираємо, що за об'єкт ми будуватимемо (рис. 2.3).

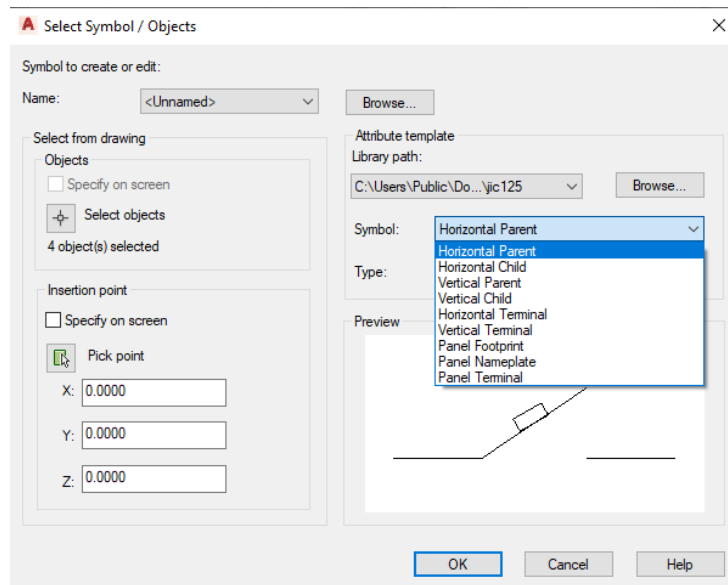


Рис. 2.3. Вікно вибору типу та орієнтації блоків

Це буде горизонтальний батьківський об'єкт (Horizontal Parent), горизонтальний дочірній об'єкт (Horizontal Child), вертикальний батьківський об'єкт (Vertical Parent), вертикальний дочірній об'єкт, горизонтальна або вертикальна клема (Horizontal Vertical), клема монтажної панелі (Footprint), образ компонування монтажної панелі (Panel Nameplate), або табличка монтажної панелі (Panel Terminal). Почнемо з вертикального батьківського об'єкту.

Далі вибираємо тип, яке сімейство ми створюватимемо (рис. 2.4) у вікні «Type». Від того, що ми виберемо, буде трохи відрізнятися атрибути.

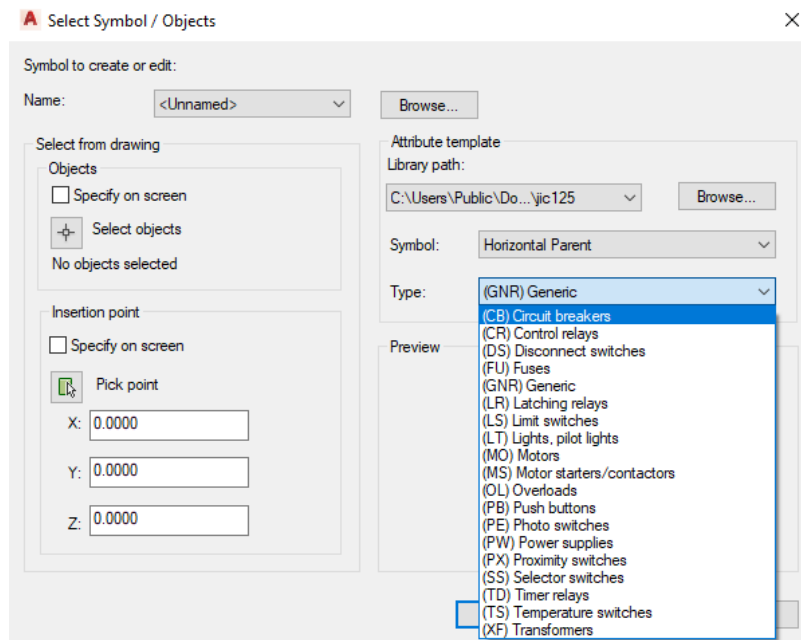


Рис. 2.4. Вибір сімейства УГП

Візьмемо автоматичний вимикач (Circuit breakers).

Після натискання «ОК» потрапляємо у вікно редагування. Тут у першу чергу будується саме УГП.

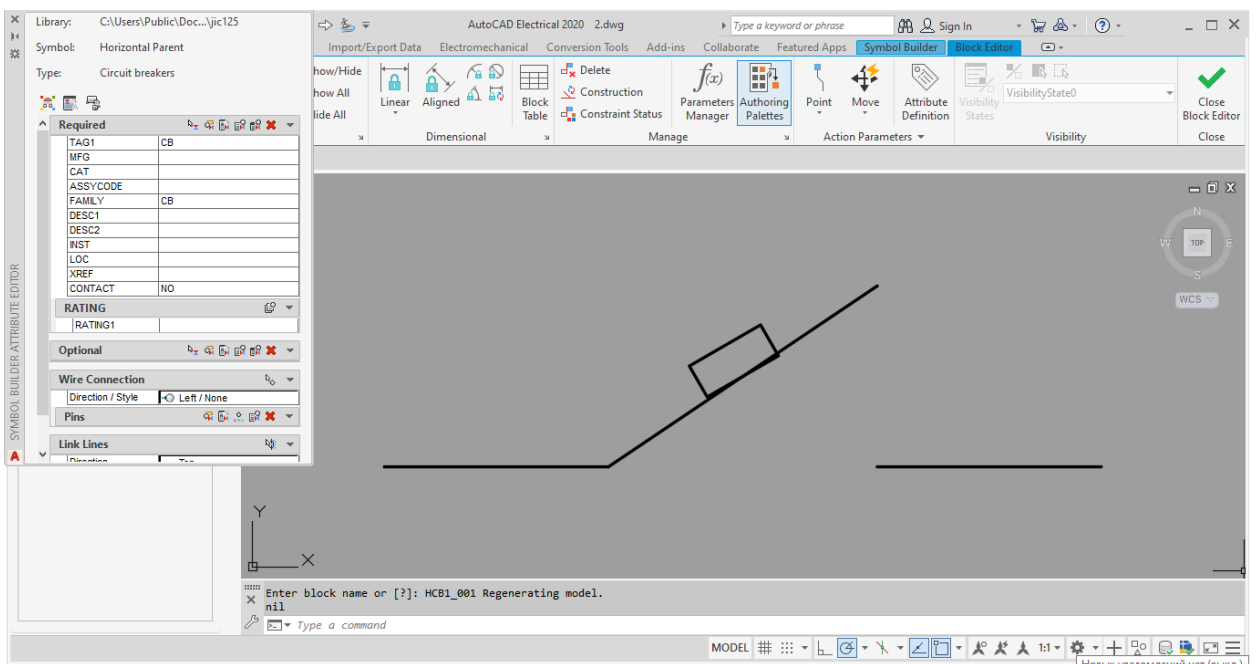


Рис. 2.5. Вікно редагування УГП

Воно креслиться стандартними засобами Autocad. Наприклад креслимо низьковольтний автоматичний вимикач.

Початок координат це точка вставки. Рекомендується його розташувати на лінії з'єднання. Після того як намалювали графічний образ вставляємо атрибути.

Вставляємо всі атрибути (рис. 2.6). Виділяємо всі атрибути (Required) (рис. 2.5) та вставляємо в креслення натисканням «Insert Attribute».

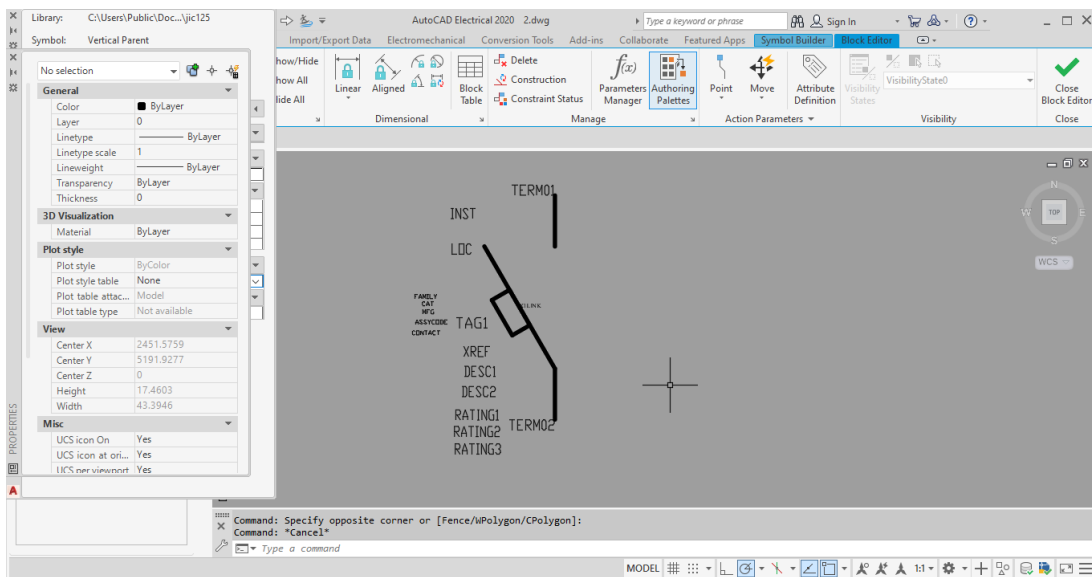


Рис. 2.6. Вікно вставки атрибутів УГП

Про значення атрибутів можна переглянути у довідці, ввівши в рядку пошук атрибути схем. Довідки атрибути можуть бути переведені, але вони розташовані в такому порядку як і у вікні.

Перший атрибут tag – це ім'я позиційного позначення. Вказавши тут якийсь текст, цей текст буде коренем позиційного позначення.

За замовчуванням для автоматів в Autocad Electric це Q. Можемо його змінити. QF. І тепер при вставці цього компонента позиційне позначення має QF. Якщо тут нічого не вставляти, тоді корінь позиційного позначення це тип сімейства.

Desk1, Desk2, Desk3 є описом компонента.

Xref - це посилання на дочірні компоненти.

Contact це позначення контакту. Якщо тут написати NC, то тоді програма розумітиме, що цей контакт нормально замкнутий. NO-НЦ це означає що контакт перемикається.

Тепер вставляємо значення Rating в поле графічного позначення натисканням кнопки Add Next в полі Rating. Це ми матимемо номінальне значення. Можна їх додати кілька.

Точка підключення (Wire Connection). Точка підключення це те місце, де у вас буде підключатися провід. При виборі точки підключення необхідно вибрати в полі «Diraction/Style» напрямлення підключення. Слева (left), справа (right), сверху (top), снизу (bottom), радіально (radial).

Натискаємо вставку точки підключення (Insert Wire Connection) і вказуємо по привязці до зображення місце, куди буде підключатися провід. Вибираємо знизу і зверху. Вставляється поле Term.

Якщо в полі Term 01-02 прописати значення, це значення буде номером контакту за замовчуванням.

Лінія зв'язку (Link line). Це лінія, яка пов'язує компоненти батьківські та дочірні. Це те місце, звідки починається ця лінія.

Припустимо у нас лінія зв'язку буде праворуч.

Вставляється справа від контакту з прив'язкою до УГП. Тепер нам залишається тільки розмістити ці написи там, де нам зручно.

Редагувати видимість у вікні Misk (рис. 2.7). Щоб прибрати видимість за замовчуванням, при цьому під час вставки компонента якісь дані не будуть виводитись на екран.

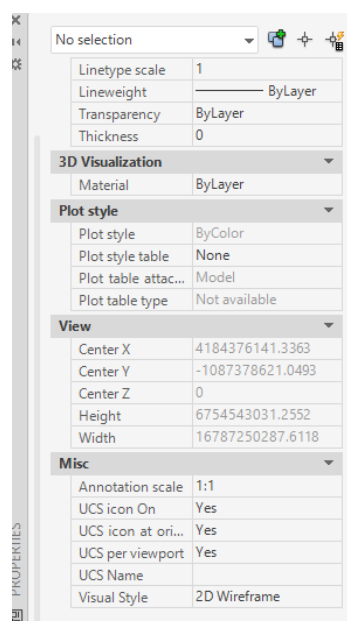


Рис. 2.7. Вибір видимості атрибутів УГП

Якщо вибрати «UCS icon On» як прихований вибравши Yes, то це значення не буде виводитися на екран. Якщо хочемо якісь значення зменшити висоту тексту. Це ми робимо у властивостях тексту. Ми можемо змінити висоту. Коли текст буде меншим. Також переставити атрибути. Закриваємо вікно редагування.

Тепер налаштовуємо збереження (рис. 2.8).

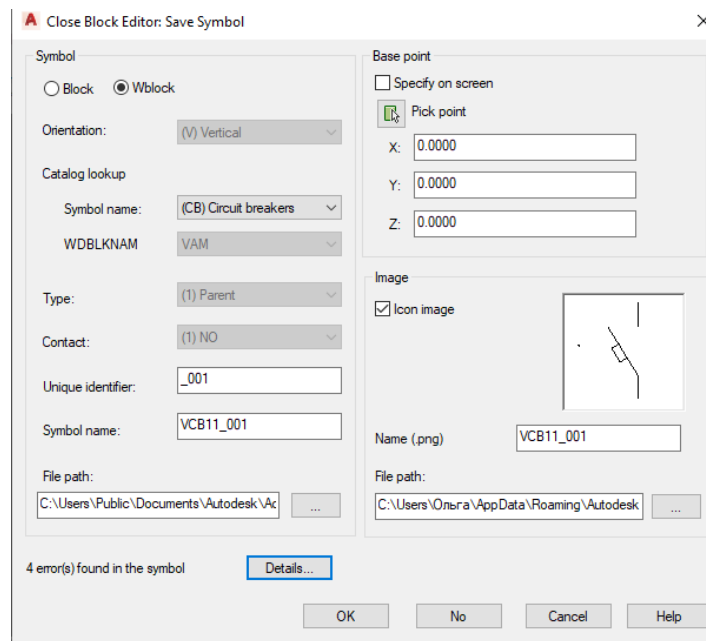


Рис. 2.8. Вікно збереження УГП

Тут показується у вікні «Orientation», що орієнтація у нас буде вертикальна «Vertical». У разі необхідності можна змінити орієнтацію.

Ім'я графічного блоку (Symbol name) це автоматичні вимикачі. Якщо тут ми це ім'я змінимо. То при вставці цього образу в пошук таблиці буде відкриватися інше сімейство УГП, наприклад реле управління.

Якщо необхідно створити горизонтальний автоматичний вимикач у вікні «Symbol name» необхідно літеру V поміняти на H. Тепер це горизонтальний компонент і програма буде розуміти, що це горизонтальний компонент.

«Unique identifier» це унікальний ідентифікатор. Після нижнього підкреслення ми можемо писати що завгодно. За цією першою частиною імені графічного образу програма визначає, що це за компонент. Інформація після символу підкреслення дублює унікальний ідентифікатор.

У вікні «Symbol name» V означає вертикальний, H – горизонтальний компоненти. Далі йде опис сімейства. Одиниця це те, що це батьківський

компонент. Наступна одиниця це те, що він нормально відкритий. Щоб правильно призначалися ці імена.

Для правильного позначення графічних образів необхідно звернутися в довідку. У довідці у пошуку введемо угоду про найменування графічних образів. В першій частині надається інформація який УГП має виглядати. Які компоненти позначаються, як підписуються.

Далі у вікні «File path» необхідно вказати шлях де зберігатиметься зображення цього компонента .

Тепер «Базова точка» (Pick Point) . Можна змінити базову точку вставки. Вказати на екрані. Усі зберігаємо.

Для використання створеного УГП необхідно його ввести в Графічне меню « Icon menu» (рис. 2.9).

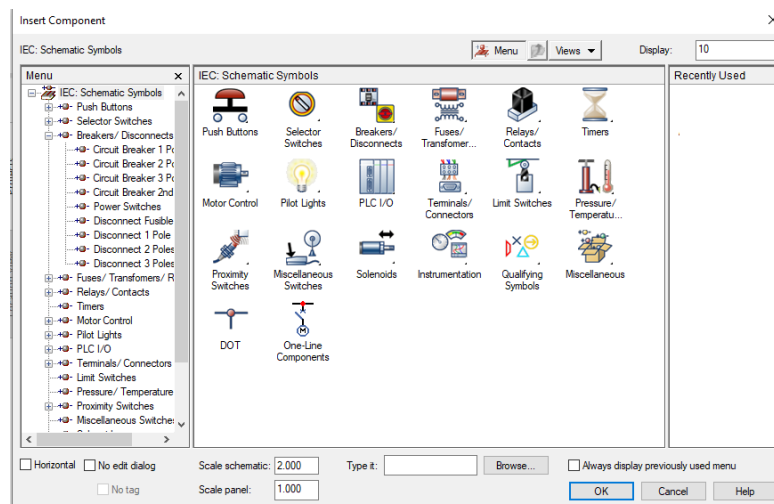
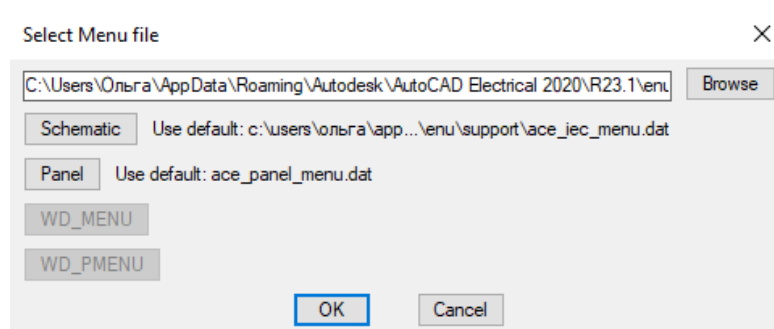


Рис. 2.9. Графічне меню

Для коригування УГП в меню використовується «Майстер графічного меню» (Icon Menu Wizard) інструментальних палітр Autocad Electric. Після натискання кнопки «Icon Menu Wizard» відкривається вікно вибору файлу меню (рис. 2.10).



Рисю 2.10. Вікно вибору файлу меню

В даному меню вибирається меню УГП або для схем «Schematic», або для панелів «Panel» в залежності від того, які панелі коригуються. Після підтвердження з'являється вікно «Майстер графічного меню» (рис. 2.1).

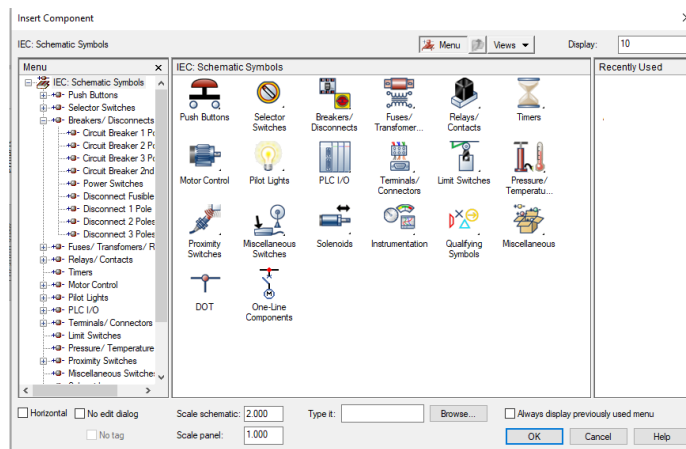


Рис. 2.11. Вікно «Майстер графічного меню».

При натисканні правої клавіші мишки виникає спадне меню (рис. 2.12), в якому необхідно вибрати «Add icon» та «Component...»

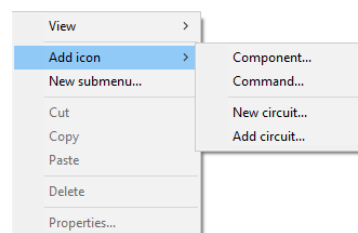


Рис. 2.12. Вибір алгоритму операцій

У вікно «Add icon – component» (рис. 2.13) , яке виникає, в графу «Name» вводимо довільну назву УГП, наприклад «Автоматичний вимикач 0.4 кВ».

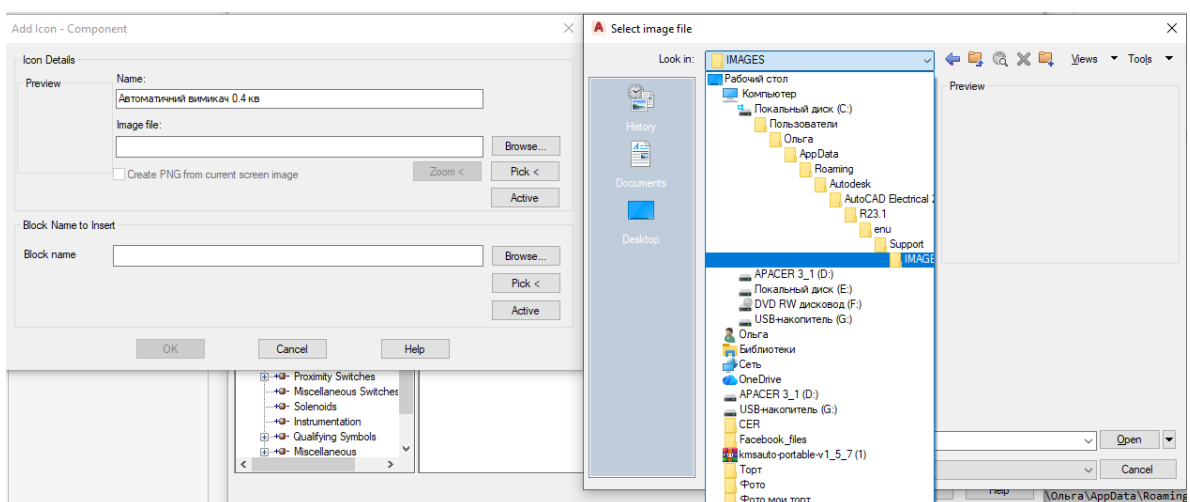


Рис. 2.13. Встановлення графічного зображення УГП

Для вибору зображення УГП у вікні «Image file» натисканням кнопки «Browse...» згідно маршруту, який показано справа на рисунку, вибираємо файл зображення УГП, який був введено при створенні УГП (VCB11-001).

У вікні «Block name» (рис. 2.13) натисканням кнопки «Browse...» згідно маршруту, який показано на рисунку 2.14, вибираємо файл блока УГП, який був введено при створенні УГП.

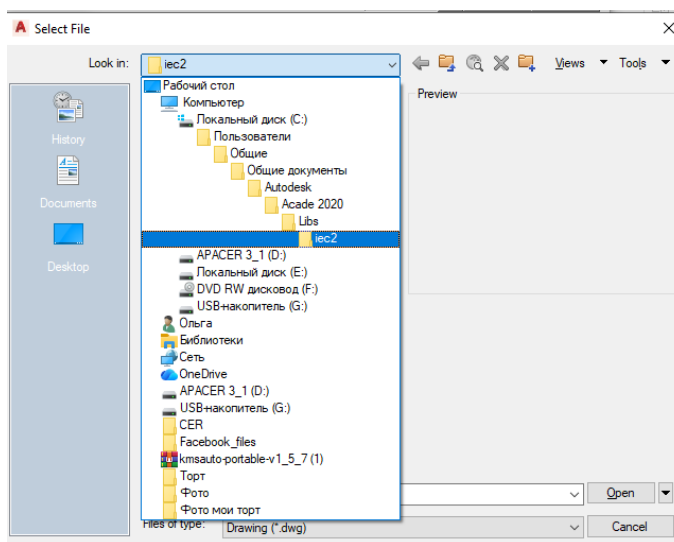


Рис. 2.14. Вибір маршруту до блока УГП

Натискаючи «ОК» отримаємо УГП в меню «Schematic Symbol» (рис. 2.15).

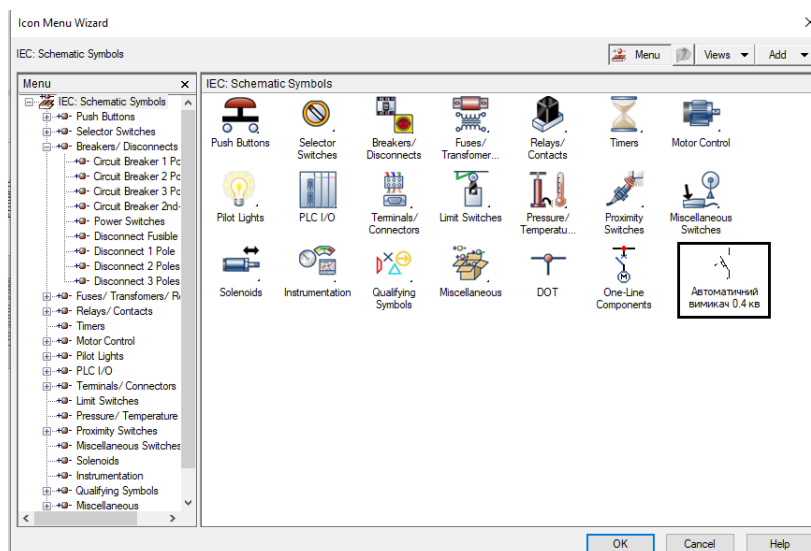


Рис. 2.15. Графічне меню з новим УГП

Таким чином отримаємо можливість оперативно вводити дане УГП в проекти.

1. Вибираємо потрібний «Шаблон» (Template) і «Місце» (Location) для нового файлу. За замовчанням у полі «Місце» вказано шлях до файлів активного проекту. Тобто. змінювати його не слід!

2. Заповнюємо рядки «Опис» (Description), «Аркуш» (Sheet) та «Креслення» (Drawing) за потреби.

Обов'язковим для заповнення є лише поле «Ім'я» (Name), решту полів можна буде заповнити пізніше, вибравши в контекстному меню файлу «Властивості» (> «Властивості креслення» (Drawing Properties) (рис. 3.3).

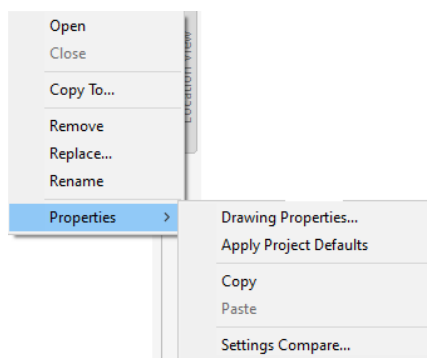


Рис. 3.3. Контекстне меню властивостей креслень

3. У вікні (рис. 3.2) натискаємо кнопку ОК для підтвердження або «ОК-властивості...» (OK- Properties), при цьому одразу здійснюється перехід до вікна властивостей нового креслення. На запитання «Застосувати стандартні значення для проекту до параметрів креслення»? (Do you want to apply the Project Default Values to the Drawing Sattings?) - Натискаємо кнопку «Так» і тоді властивості проекту копіюються у властивості креслення. Якщо вибрати кнопку "Ні" для креслення будуть використовуватися властивості заданого шаблону. Нове креслення додається на останню позицію в переліку креслень проекту.

4. При натисканні «ОК-властивості...» (OK- Properties) відкриється вікно «Властивості креслення» (Drawing Properties) (рис. 3.4), яке має декілька вкладок:

- Вкладка «Параметри креслення» (Drawing Satting) практично повністю повторює вікно «Створити нове креслення» (Create New Drawing), відносно властивостей креслення.

Якщо встановити «галочку» «Тільки для посилань» (For Reference Only), то креслення не використовуються в операціях позначення позиційних позначень, перехресних посилань та при формуванні звітів. Його ярлик у «Диспетчері проектів» зміниться – стане сірим.

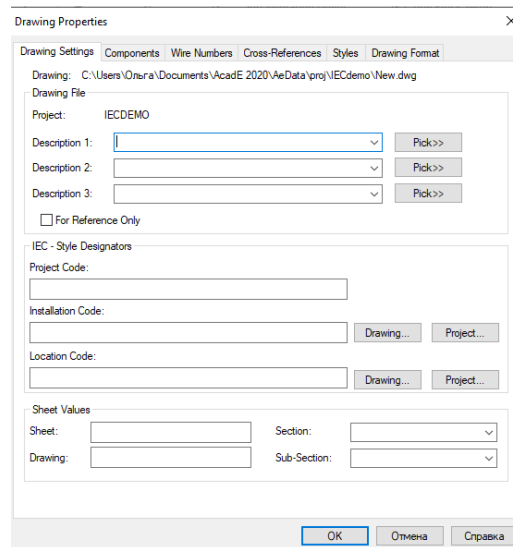


Рис. 3.4. Вікно «Властивості креслення» (Drawing Properties).
Вкладка «Параметри креслення» (Drawing Setting)

• Вкладка «Компоненти» (Components) (рис. 3.5), «Номери проводів» (Wire Numbers) (рис. 3.6), «Перехресні посилання» (Cross-References) (рис. 3.7), «Стилі» (Styles) (рис. 3.8), «Формат креслення» Drawing Format) (рис. 3.9) практично повністю повторює однойменні вкладки вікна «Властивості проекту». Таким чином, для окремого креслення можна задати ці параметри, відмінні від значень проекту.

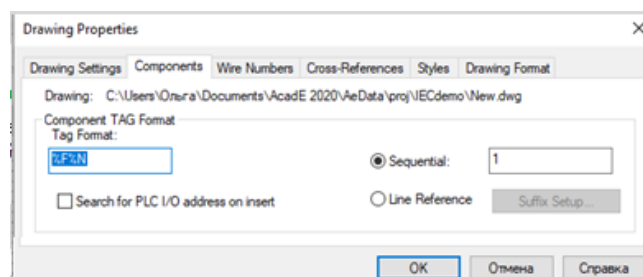


Рис. 3.5. Вкладка «Компоненти» (Components)

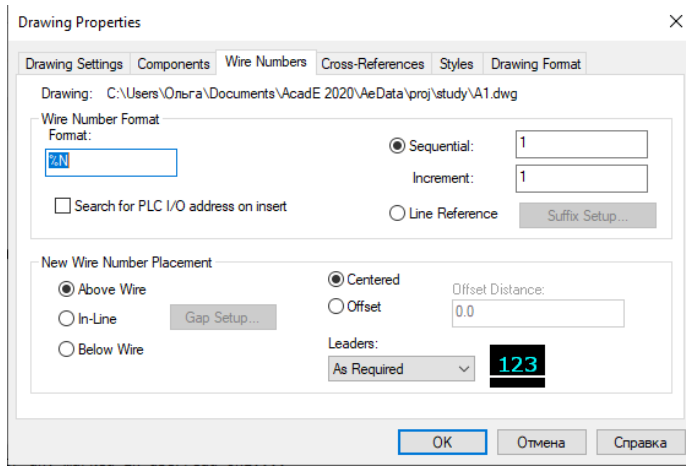


Рис. 3.6. Вкладка «Номери проводів» (Wire Numbers)

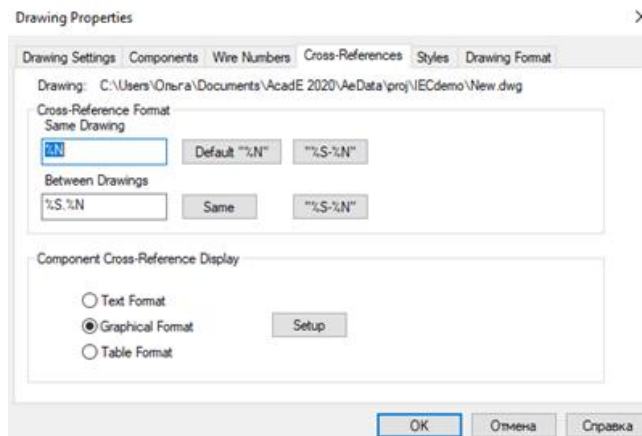


Рис. 3.7. Вкладка «Перехресні посилання» (Cross-References).

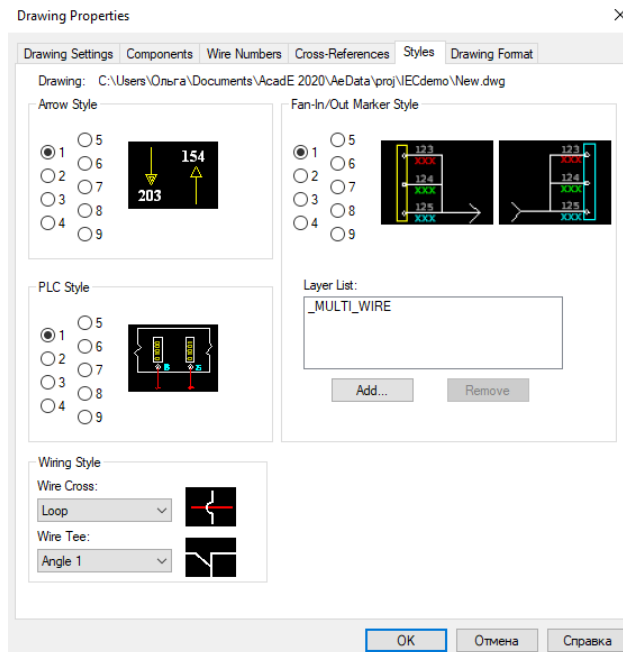


Рис.3. 8. Вкладка «Стилі» (Styles).

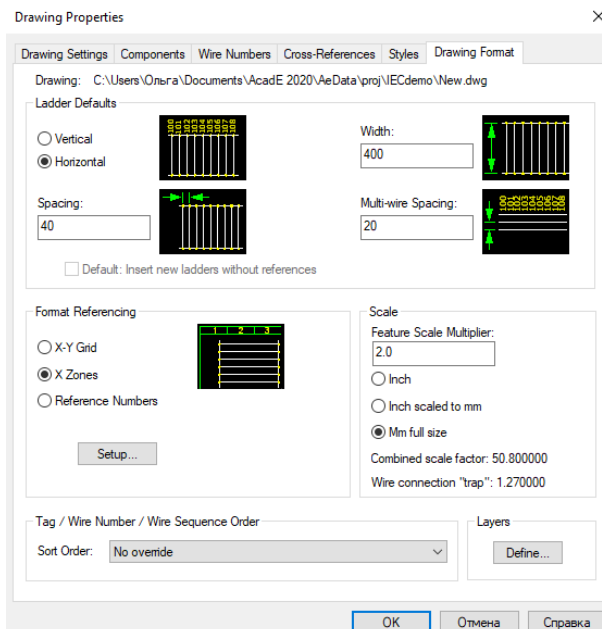


Рис. 3.9. Вкладка «Формат креслення» (Drawing Format).

3.2. Додавання та видалення креслень.

Додавати та видаляти креслення з проекту, як і змінювати їх порядок можна лише через контекстне меню файлу проекту.

Додавання креслень у проект. Іноді виникає необхідність не створювати нове креслення в поточному проекті, а додати існуюче креслення в проект.

Послідовність дій щодо додавання креслення до проекту:

1. В «Менеджер проектів» (Project Manager) (рис. 3.10) клацніть правою кнопкою миші на ім'я проекту (по файлу проекту) і в контекстному меню виберіть команду «Додати креслення...» (Add Drawing). При додаванні креслення до папки виберіть цю команду в контекстному меню папки. (Проект може бути неактивним).

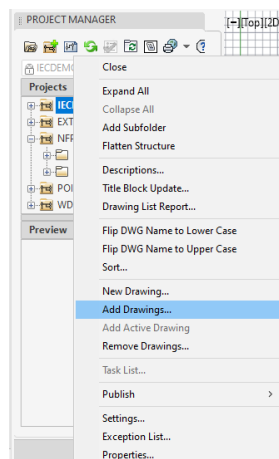


Рис. 10. Контекстне меню файлу проекту. Додавання креслень.

2. У стандартному діалозі вибору файлу виберіть файли для додавання до проекту. Додані креслення виявляться наприкінці списку. При необхідності просто перетягніть їх у потрібне місце, щоб створити необхідну послідовність креслень у проекті.

Видалення кількох креслень із проекту

Послідовність дій:

1. У Менеджері проектів необхідно клацнути правою кнопкою миші на ім'я проекту (по файлу проекту) і в контекстному меню вибрати команду «Видалити креслення...» (Remove Drawing) (рис. 3.11) (Проект може бути не активним).

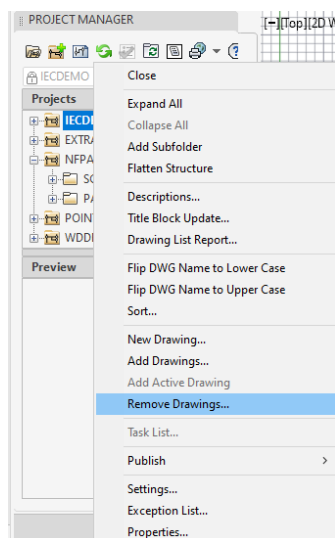


Рис. 3.11. Контекстне меню. Видалення файлів.

2. У вікні «Вибрати креслення для обробки» (Select Drawing to Process) вибирають файли, які потрібно видалити з проекту. Натискають «Обробити» (Process), щоб перемістити вибрані креслення в нижнє вікно.

3. Натискають кнопку ОК.

При видаленні креслень із проекту не відбувається їх видалення з диска. З файлу проекту просто видаляються посилання на файли, і вони більше не належать до цього проекту.

Видалення з проекту одного креслення

Послідовність дій:

1. У «Диспетчер проектів» (Project Manager) клацають правою кнопкою миші на ім'я креслення, яке потрібно видалити з проекту, і в

контекстному меню вибирають команду «Видалити» (Remove) (рис. 3.12).

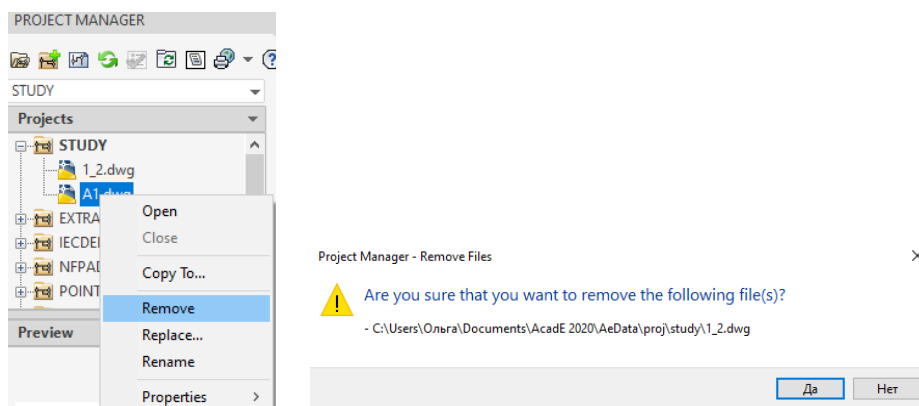


Рис. 3.12. Видалення з проекту одного креслення

2. У вікні справа, виникає, підтверджують видалення, натиснувши Так.

При видаленні креслення із проекту не відбувається його видалення з диска.

З файлу проекту просто видаляється посилання на файл і він більше не відноситься до цього проекту.

3.3. Додавання описів креслень та їх угруповання

Відкривши властивості креслення (для цього клацають правою кнопкою на ім'я потрібного файлу в «Диспетчер проектів» (Project Manager) і в контекстному меню вибирають «Властивості» (Properties) > Властивості креслення (Drawing Properties) (рис. 3.13) можна задати до 3 рядків «Опис» (Description) файлу.

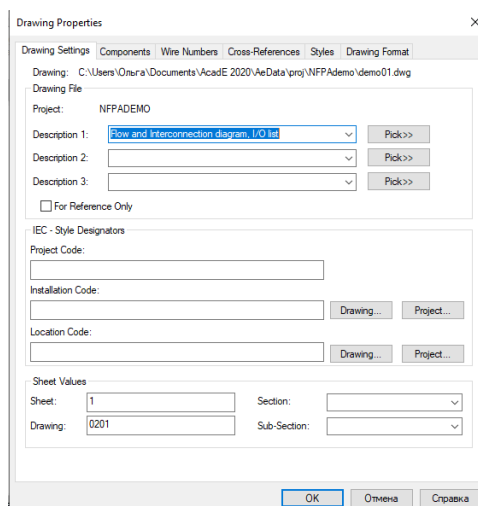


Рис. 3.13. Додавання описів креслень та їх угруповання

Ці описи зберігаються у файлі проекту, а не в самому кресленні. Інформація цих рядків може бути використана AutoCAD Electric для автоматичного заповнення штампів основного напису креслення, а також у звітах.

AutoCAD Electric дозволяє позначити креслення як довідковий файл (для цього треба поставити «галочку» «Тільки для посилань» (For Reference Only), щоб виключити його із процедур створення звітів, призначення позиційних позначень та присвоєння перехресних посилань. Такі креслення використовуються лише при виконанні процедур друку креслень проекту та оновлення даних основних написів.

Якщо проект містить велику кількість креслень і сортування за папками не достатньо, можна використовувати поділ креслень на розділи і підрозділи. Ці дані, як і «Опис» (Description), зберігаються у файлі проекту, і можуть бути використані при пакетній обробці файлів проекту, а саме для швидкого вибору потрібного набору файлів для обробки.

3.4. Зміна настройки відображення списку креслень

У Диспетчері проектів користувач може вільно змінити параметри відображення списку креслень проекту.

Для зміни настройки відображення списку креслень призначене спеціальне вікно «Налаштування відображення списку креслень» (Drawing List Display Configuration), яке викликається натисканням однойменної кнопки в меню «Диспетчер проектів» (Project Manager) (рис. 3.14).

Зазвичай відображаються лише імена креслень, але для відображення доступні такі параметри:

- Код функціональної групи (Installation Code) (%I)
- Код місця (Location Code) (%L)
- Розділ (Section)
- Підрозділ (Sub Section)
- Номер аркуша (Sheet Number) (%S)
- Номер креслення (Drawing Number) (%D)
- Опис креслення 1 (Drawing Description 1)

- Опис креслення 2 (Drawing Description 2)
- Опис креслення 3 (Drawing Description 3)

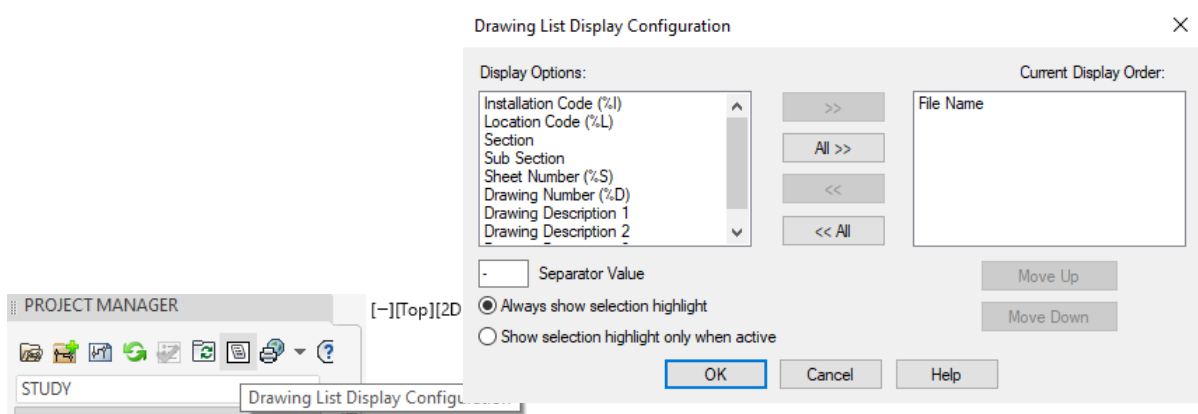


Рис. 3.14. Вікно «Налаштування відображення списку креслень» (Drawing List Display Configuration)

Параметри додаються у вікно «Поточний порядок відображення» (Current Display Order) та видаляються з нього кнопками >> та << відповідно. Порядок відображення параметрів змінюється кнопками Вгору (Move Up) та Вниз (Move Down). Як роздільник за замовчуванням використовується дефіс, який можна замінити на будь-який інший символ або навіть слово.

3.5. Пакетний друк проекту

Команда друк проекту використовується для пакетного друку всіх креслень проекту або їх частини. Виклик цієї команди здійснюється через кнопку меню «Диспетчер проектів» (Project Manager) – «Опублікувати/викреслити» (Publish/Plot) (Рис. 3.15) та вибору відповідної команди – «Друк проекту» (Plot Project).

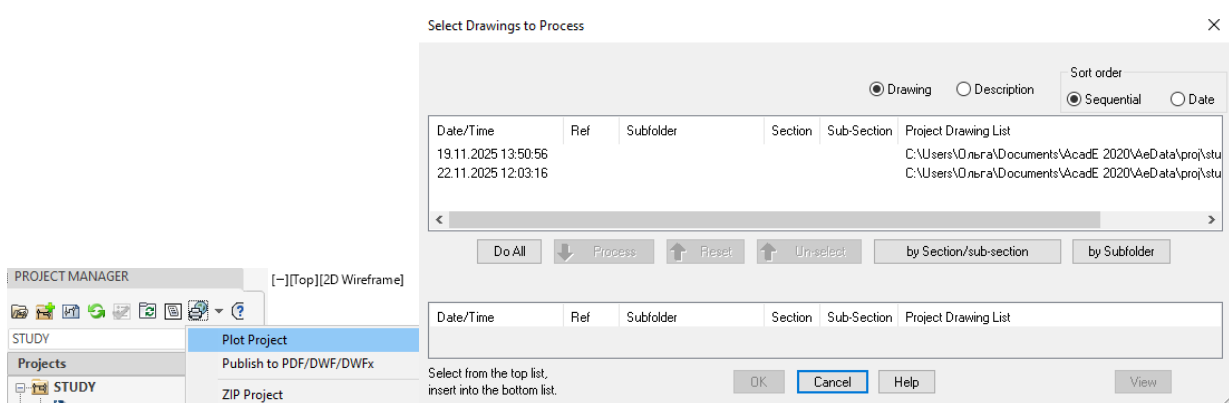


Рис. 3.15. Вікно «Опублікувати/викреслити» (Publish/Plot).

Для коректної роботи команди «Друк проекту» повинне бути відкритим одне із креслень проекту (зазвичай перший аркуш, з тих, що вам треба роздрукувати)!

4. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Електричні навантаження - це вихідні дані для вирішення важкого комплексу технічних та економічних питань, які виникають при проектуванні електричного постачання підприємства.

За ступенями надійності електропостачання, електроприймачі заводу відносяться до II категорії та I категорії (вентиляція 63кВт).

Споживачами електроенергії є асинхронні електродвигуни технологічного та сантехнічного обладнання, а також лампи розжарювання та люмінесцентні лампи електроосвітлення.

4.1. Опис метода розрахунку електричних навантажень

Розрахунок навантажень здійснюється для вибору та перевірки струмоведучих елементів (шин, кабелів, проводів), силових трансформаторів, а також для розрахунку втрат, коливань та відхилень напруг, вибору релейного захисту, сигналізації та компенсуючих пристроїв.

Для визначення розрахункових навантажень підприємства використовуємо метод коефіцієнта максимуму та коефіцієнта використання.

Розрахунок навантажень ведеться за найнавантаженішу зміну, під час якої є найбільшим споживачем електричної енергії.

Для даного підприємства відомі кількість, паспортні дані та режим роботи обладнання. Тому розрахункові навантаження визначають за формулою:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = K_B \cdot K_M \cdot P_H, \text{ кВт} \quad (4.1)$$

де: P_{CM} - середнє навантаження за найнавантаженішу зміну групи електроприймачів однакового режиму, кВт; P_H - сумарна встановлена потужність електроприймачів (ЕП) цієї групи, кВт; K_M - коефіцієнт максимуму навантаження; K_B - коефіцієнт використання.

За цією формулою визначаємо розрахункове активне навантаження групи ЕП. Групова встановлена потужність групи (ЕП) даного цеху визначається, як

сума номінальних напруг окремих ЕП, тобто:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{H_i} \quad (4.2)$$

Середня активна та реактивна потужності за найнавантаженішу зміну для групи ЕП одного режиму роботи визначається:

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H; \quad (4.3)$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cm}, \quad (4.4)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - функція від характерного $\cos \varphi$ для даної групи ЕП.

Коефіцієнт максимуму K_m активної потужності визначається для різних коефіцієнтів використання за довідковими таблицями в залежності від ефективного числа ЕП або за залежностями $K_m = f(n_e)$, при $K_B = 0,1-0,9$, в залежності від величини групового коефіцієнту використання та зведеного числа електроприймачів n_e .

У загальному виді ефективне число ЕП :

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{H_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{H_i}^2}; \quad (4.5)$$

Для спрощення розрахунків вводиться поняття коефіцієнту максимуму:

$$m = \frac{P_{H_{\max}}}{P_{H_{\min}}}; \quad (4.6)$$

Ефективне число електроприймачів приймається рівним дійсному їх числу, якщо $m < 3$. При $m > 3$ і $K_B = 0,2$:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{H_i}}{P_{H_{\max}}}, \quad (4.7)$$

де: $P_{H_{\max}}$ - потужність найбільшого ЕП групи, якщо $n_e > n$, то слід прийняти $n_e = n$.

При $m > 3$ та $n_e < 4$ - розрахункове навантаження приймається рівним:

$$P_p = \beta \cdot P_H, \text{ кВт}; \quad (4.8)$$

де β - коефіцієнт завантаження, який дорівнює 0,9 - для електроприймачів тривалого режиму роботи електрообладнання та 0,75 - для електроприймачів повторно-короткочасного режиму роботи.

ЕП, сумарна потужність яких не перевищує 5% потужності всієї групи, не враховується в виразах для т.

$$n_e < 10; Q_p = 1,1Q_{см}, \text{ квар.} \quad (4.9)$$

Після визначення електричних активних та реактивних навантажень, визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВА;} \quad (4.10)$$

4.2. Розрахунку навантаження цеху гумово-технічних виробів

Визначення середньої активної та реактивної потужності за найнавантаженішу зміну цеха.

Сумарна встановлена потужність електроприймачів цеху гумово-технічних виробів складає 1107,9 кВт;

$$P_{см} = K_B \cdot P_H = 0,24 \cdot 1107 = 265,88 \text{ кВт}; \quad (4.11)$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg } \varphi_{см} = 265,88 \cdot 0,88 = 234,49 \text{ квар.} \quad (4.12)$$

Знаходимо значення m:

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}} = \frac{210}{1,1} = 190,9 \quad (4.13)$$

Визначаємо ефективне число електричних приймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{H \max}} = \frac{2 \cdot 1107,9}{210} = 10,55. \quad (4.14)$$

Для визначення розрахункової потужності P_p , знаходимо коефіцієнт максимуму (за табличними даними)

$$K_M = f(n_e; K_B); \quad K_M = 1,300 \quad (4.15)$$

Знаходимо P_p й Q_p цеху:

$$P_p = K_M \cdot P_{см} = 1,18 \cdot 265,88 = 313,74 \text{ кВт}; \quad (4.16)$$

$$Q_p = Q_{см} = 234,49 \text{ квар.}$$

тому що $n_e > 10$.

Визначаємо повне розрахункове навантаження електроприймачів:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{313,74^2 + 234,49^2} = 391,69 \text{ кВА.} \quad (4.17)$$

Аналогічно розраховується навантаження для інших цехів заводу і результати зводяться у таблицю № 4.1.

Результати розрахунку електричних навантажень цехів

Таблиця № 4.1

| № п/п | Назва електроприймача | п шт | Pmin/Pmax кВт | Pном кВт | m | Kв | cosφ | tgφ | Pсм кВт | Qсм кВар | np | Km | Pp кВт | Qp кВар | Sp кВА |
|-------|---------------------------------|------|---------------|----------|-------|------|------|------|---------|----------|-------|------|---------|---------|---------|
| 1 | Котельня | 22 | 5,5/0,18 | 42 | 30,56 | 0,24 | 0,8 | 0,75 | 10,08 | 7,56 | 15,27 | 1,5 | 15,12 | 7,56 | 16,9047 |
| 2 | Корпус допоміжних служб | 57 | 152/1,1 | 484 | 138,2 | 0,14 | 0,5 | 1,73 | 67,76 | 117,36 | 6,368 | 2,64 | 178,89 | 129,1 | 220,606 |
| 3 | Цех підготовки | 44 | 170/1 | 1726 | 170 | 0,24 | 0,75 | 0,88 | 414,24 | 365,33 | 20,31 | 1,4 | 579,94 | 365,33 | 685,411 |
| 4 | Насосна станція зворотньої води | 10 | 30/3 | 80 | 10 | 0,7 | 0,8 | 0,75 | 56 | 42 | 5,333 | 1,15 | 64,40 | 46,2 | 79,2578 |
| 5 | Градирня | 8 | 30/2,2 | 60 | 13,64 | 0,7 | 0,8 | 0,75 | 42 | 31,5 | 4 | 1,2 | 50,40 | 34,65 | 61,1619 |
| 6 | Цех гумово-технічних виробів | 22 | 210/1,1 | 1107,9 | 190,9 | 0,24 | 0,75 | 0,88 | 265,88 | 234,49 | 10,55 | 1,18 | 313,74 | 234,49 | 391,688 |
| 7 | Цех термопластавтоматів | 22 | 26/5,5 | 286 | 4,73 | 0,24 | 0,75 | 0,88 | 68,64 | 60,535 | 22 | 1,23 | 84,43 | 60,535 | 103,887 |
| 8 | Цех виготовлення пробок | 66 | 135/0,18 | 1410 | 750 | 0,24 | 0,75 | 0,88 | 338,4 | 298,44 | 20,89 | 1,4 | 473,76 | 298,44 | 559,924 |
| 9 | Склади | 18 | 2,2/0,38 | 24 | 5,789 | 0,24 | 0,5 | 1,73 | 5,76 | 9,9766 | 21,82 | 1,4 | 8,06 | 9,9766 | 12,8281 |
| 10 | Склади готової продукції | 12 | 2,2/0,38 | 20 | 5,789 | 0,24 | 0,5 | 1,73 | 4,8 | 8,3138 | 18,18 | 1,4 | 6,72 | 8,3138 | 10,6901 |
| 11 | АПК | 88 | 5,5/0,18 | 156 | 30,56 | 0,4 | 0,8 | 0,75 | 62,4 | 46,8 | 56,73 | 1,13 | 70,51 | 46,8 | 84,6297 |
| 12 | 2хАДЗ15 | 2 | | 630 | | 0,8 | 0,9 | 0,48 | 504 | 244,1 | | 1 | 504,00 | 268,51 | 571,063 |
| | Разом | 66 | 392,78 | 1167,9 | | | | | 307,88 | 265,99 | | | 1511,63 | 961,71 | 1795,87 |

4.3. Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Виходячи з питомої потужності, що витрачається на одиницю освітлення площі виробничих корпусів і складів, визначається активна потужність яка витрачається на освітлення:

$$P_{p.o} = P_{num} \cdot F, \quad (4.18)$$

де $P_{p.o}$ - розрахункове освітлювальне навантаження, кВт; F - площа приміщення, м².

Приймаємо для освітлювання виробничих приміщень:

$$P_{num} = 15 \text{ Вт/м}^2;$$

для складів:

$$P_{num} = 10 \text{ Вт/м}^2.$$

Переважає більшість освітлювальних установок підприємства це люмінесцентні лампи, які працюють з коефіцієнтом потужності $\cos\varphi = 0,8$.

Реактивна складова розрахункової потужності цехів дорівнює

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \text{tg}\varphi. \quad (4.19)$$

Результата зведені у таблиці № 4.2.

Таблиця 4.2

| № п/п | Приміщення | $P_{пит}$ Вт/м ² | F, м ² | $P_{ро}$, кВт | $tg\varphi$ | $Q_{ро}$, кВар | $S_{ро}$, кВА |
|-------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------|-------------|--------------------|-------------------|
| 1 | Котельня | 20 | 292 | 2,92 | 0,75 | 2,19 | 3,65 |
| 2 | Корпус допоміжних служб | 15 | 1296 | 19,44 | 1,73 | 33,67 | 38,88 |
| 3 | Цех підготовки | 15 | 1026 | 15,39 | 0,88 | 13,57 | 20,52 |
| 4 | Насосна станція | 10 | 20 | 0,2 | 0,75 | 0,15 | 0,25 |
| 5 | Градирня | 10 | 24 | 0,24 | 0,75 | 0,18 | 0,30 |
| 6 | Цех гумово-технічних виробів | 15 | 1620 | 24,3 | 0,88 | 21,43 | 32,40 |
| 7 | Цех термопластавтоматів | 15 | 552 | 8,28 | 0,88 | 7,30 | 11,04 |
| 8 | Цех виготовлення пробок | 15 | 2052 | 30,78 | 0,88 | 27,15 | 41,04 |
| 9 | Склади | 20 | 78 | 1,56 | 1,73 | 2,70 | 3,12 |
| 10 | Склади готової продукції | 10 | 747 | 7,47 | 1,73 | 12,94 | 14,94 |
| 11 | АПК | 20 | 370 | 7,4 | 0,75 | 5,55 | 9,25 |
| | Разом | | | 120,9 | | 90,66 | 151,12 |

Повна розрахункова потужність освітлювального навантаження підприємства

$$S_{ро} = \sqrt{\sum P_{ро}^2 + \sum Q_{ро}^2} = \sqrt{120,9^2 + 90,66^2} = 151,12 \text{ кВА} \quad (4.20)$$

5. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА

Картограма навантажень будується для генплану заводу, який зображено на листі 1. Картограма навантажень підприємства являє собою розміщені по генплану круги, причому площі, обмежені цими окружностями, в масштабі $m \cdot \pi \cdot r^2$ дорівнює навантаженню цехів підприємства. Для кожного цеху будується свій круг, центр якого співпадає з центром електричних навантажень цеху. Для спрощення побудови картограми вважають, що навантаження цеху рівномірно розподілене по його площі.

ГПП, а також цехові підстанції необхідно намагатися розташувати як можна ближче до центрів навантажень, оскільки це дозволяє наблизити вищу напругу до центра споживання електричної енергії і значно скоротити протяжність як мереж високої, так і низької напруги, а також зменшити витрати провідникового матеріалу і зменшити втрати електроенергії в розподільних мережах.

Картограма навантажень дозволяє також безпосередньо представити розподілення електричних навантажень по території підприємства.

Картограму навантажень будемо будувати лише для активної потужності за таким алгоритмом:

1) будується базовий круг для найбільш завантаженого цеху таким чином щоб коло, утворене кругом, не торкалося меж інших цехів. В нашому випадку таким цехом є цех підготовки. Оскільки цехів із споживачами високої напруги небагато, то їх на першому етапі доцільно не враховувати. Такий крок покращить зовнішній вигляд картограми.

2) знаходиться радіус базового круга. В нашому випадку радіус круга дорівнює 30 мм.

3) відповідно до радіуса базового круга обчислюється масштабом площ кругів. В нашому випадку масштаб дорівнює

$$m = P_{po} / (\pi \cdot r^2); \quad (5.1)$$

$$m = 579,94 / (3,14 \cdot 30^2) = 21.$$

4) відповідно до отриманого масштабу площ кругів розраховуємо для інших цехів відповідні радіуси кругів. Для прикладу визначаємо радіус круга для цеху гумово-технічних виробів

$$r = \sqrt{\frac{P_{зц}}{\pi \cdot m}}; \quad (5.2)$$

$$r = \sqrt{\frac{338,04}{3,14 \cdot 0,21}} = 22,6 \text{ мм}$$

- 5) визначимо кут навантаження освітлювальних установок цеху грілок та силіконових виробів.

$$\alpha_{осв} = \frac{P_{по}}{P_{рц}} \cdot 360; \quad (5.3)$$

$$\alpha_{осв} = \frac{24,3}{338,04} \cdot 360 = 26^{\circ}.$$

- б) визначимо кут навантаження споживачів високої напруги для тих цехів, де вони є за формулою

$$\alpha_{ВН} = \frac{P_{р.ВН}}{P_p} \cdot 360. \quad (5.4)$$

Для інших цехів виконуючи лише етапи пунктів 4, 5 та 6 (де це потрібно) даного алгоритму визначаємо радіуси кругів та кутів навантаження освітлювальних установок. Результати по визначенню характеристик картограми навантаження наведені в табл. 5.1.

Центр електричних навантажень підприємства символізує центр споживання електроенергії. За допомогою центра електричних навантажень є змога розміщувати підстанцію на території підприємства без важких розрахунків.

Результати по визначенню характеристик картограми навантаження наведені в табл. 3. та листі №1 графічної частини.

Таблиця 5.1

| № | Назва цеху | x_i , мм | y_i , мм | P_p , кВт | P_{p0} , Вт | P_{BH} , кВ | P_{pc} , кВт | r , мм | $\alpha_{осв}$ | α_{BH} |
|----|-------------------------------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------|----------------|---------------|
| 1 | Котельня | 340 | 421 | 15,12 | 2,92 | | 18,04 | 5,2 | 58 | |
| 2 | Корпус допоміжних служб | 123 | 366 | 178,89 | 19,44 | | 198,33 | 17,3 | 35 | |
| 3 | Цех підготовки | 242 | 373 | 579,94 | 15,39 | 504 | 595,33 | 30,0 | 9 | 9 |
| 4 | Насосна станція | 452 | 366 | 64,4 | 0,2 | | 64,60 | 9,9 | 1 | |
| 5 | Градирня | 451 | 351 | 50,4 | 0,24 | | 50,64 | 8,8 | 2 | |
| 6 | Цех гумово- технічних виробів | 279 | 294 | 313,74 | 24,3 | | 338,04 | 22,6 | 26 | |
| 7 | Цех термопластавто матів | 226 | 223 | 84,43 | 8,28 | | 92,71 | 11,9 | 32 | |
| 8 | Цех виготовлення пробок | 302 | 193 | 473,76 | 30,78 | | 504,54 | 27,7 | 22 | |
| 9 | Склади | 448 | 181 | 8,06 | 1,56 | | 9,62 | 3,8 | 58 | |
| 10 | Склади готової продукції | 72 | 140 | 6,72 | 7,47 | | 14,19 | 4,6 | 190 | |
| 11 | АПК | 313 | 61 | 70,51 | 7,4 | | 77,91 | 10,9 | 34 | |
| | Разом | 267 | 290 | | 117,9 | 504 | 1963,95 | | | |

На основі вимірних координат центрів електричних навантажень визначимо центр електричних навантажень всього підприємства за формулами:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i}. \quad (5.5)$$

де x_i y_i - координати відповідного центра навантажень для i - того цеха. Для нашого випадку:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i} = 267 \text{ мм}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i} = 290 \text{ мм}.$$

6. ВИБІР КІЛЬКОСТІ І ПОТУЖНОСТІ ЦЕХОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Число і потужність цехових трансформаторів вибирають, виходячи з одержаних даних про повну розрахункову потужність цеху та категорії споживачів.

На ТП можуть встановлювати 1 або 2 трансформатори.

Якщо в цеху передбачено декілька підстанцій і електроприймачі мають I і II категорію. Встановлюють, як правило, двотрансформаторні підстанції і однострансформаторні з обов'язковим з'єднанням по нижчій напрузі.

Двотрансформаторні цехові підстанції мають застосовуватися при перевазі електроприймачів I і II категорій, а також при нерівномірному добовому чи річному графіку навантаження.

Потужність трансформатора вибирається на основі техніко-економічного розрахунку з врахуванням можливості перевантаження його в аварійному режимі.

Згідно з ПУЕ допускається після аварійне перевантаження трансформаторів на 40 % на час максимуму загальною добовою тривалістю понад 6 годин протягом не більше як п'яти діб.

При цьому коефіцієнт заповнення добового графіка в умовах перевантаження не повинен перевищувати 0,75, тобто:

$$S_c / (1,4 \cdot S_{\text{ном}}) < 0,75. \quad (6.1)$$

Отже, за вказаних умов перевищення середньодобового навантаження трансформатора над його номінальною потужністю допускається не більше як 5%.

Трансформатори перевантажувати по середній потужності не дозволяється. ПУЕ рекомендує перевантажувати трансформатори за рахунок нерівномірності добового графіка, графіка за місяць або за рік.

Номінальна потужність трансформатора на ТП 1

$$S_{\text{НОМ}}^{\text{ТР}} = \frac{S_p}{K_{\text{пер}}^{\text{ав}}} = \frac{1165,09}{1,4} = 832,21 \text{ кВА},$$

де $K_{\text{пер}}^{\text{ав}}$ - коефіцієнт перевантажувальної здатності трансформатора в аварійному режимі.

За $S_{\text{НОМ}}^{\text{ТР}}$ з табл.4.2 [2] вибираємо трансформатор типу ТМ-1000/10/0,4.

Аналогічно вибираються трансформатори для інших ТП.

Розміщення ТП показано на генплані підприємства (лист №1). Розподіл навантажень цехів на ТП наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

| №ТП | Назва цеху | S_p , кВА | $S_{p,ocв}$, кВА | $S_{p\Sigma}$, кВА | $S_{p\Sigma} / 1,4$, кВА | $S_{\text{тр.ном}}$, кВА |
|------|------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| ТП 1 | Цех підготовки | 685,41 | 15,39 | 1165,09 | 832,21 | 2x1000 |
| | Насосна станція | 79,26 | 0,2 | | | |
| | Градирня | 61,16 | 0,24 | | | |
| | Котельня | 16,90 | 5,84 | | | |
| | Корпус допоміжних служб | 220,61 | 38,88 | | | |
| | Склади готової продукції | 10,69 | 30,51 | | | |
| ТП 2 | Цех гумово-технічних виробів | 391,69 | 32,4 | 941,05 | 672,18 | 2x630 |
| | Цех термопластавтоматів | 103,89 | 11,04 | | | |
| | Склади | 12,83 | 8,28 | | | |
| | Цех виготовлення пробок | 278,24 | 3,12 | | | |
| | АПК | 84,63 | 14,94 | | | |
| ТП 3 | 2xАД 315 | 504 | | | | 1x630 |

ТП №1 передбачаємо вбудованою до цеху підготовки. Від цієї ТП отримуватимуть живлення цех підготовки, насосна станція зворотної води, градирня, котельня, корпус допоміжних служб та склади готової продукції. ТП №2 передбачаємо вбудованою в цех виготовлення пробок. Вона забезпечить живленням цех гумовотехнічних виробів, цех

термопластавтоматів, склади, цех виготовлення пробок та адміністративно-промисловий комплекс. ТП №3 передбачаємо вбудованою до підготовчого цеху поблизу електродвигунів 6 кВ.

7. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИБОРІВ

Одним з основних питань, що вирішують при проектуванні та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств є питання компенсації реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності з одночасним покращанням якості електроенергії безпосередньо в мережах промислових підприємств являється одним з основних напрямків скорочення втрат електричної енергії та підвищення ефективності електричних установок підприємства.

Встановлення джерела реактивної потужності призводить до зниження втрат в період максимуму навантаження в середньому на 0,08 кВт / квар.

Оскільки силове обладнання та освітлювальне навантаження розташовані на стороні низької напруги з напругою 0,4 кВ та електричне більш віддалена від джерела живлення, тому передача реактивної потужності в мережу НН потребує збільшення перерізу проводів та кабелів, підвищення потужності силових трансформаторів та супроводжується втратами активної та реактивної потужностей.

Витрати, зумовлені переліченими вище факторами, можна зменшити та навіть ліквідувати, якщо здійснити компенсацію реактивної потужності безпосередньо в мережі НН.

Для компенсації реактивної потужності встановлюємо низьковольтні КУ.

Виберемо низьковольтні КУ на ТП 1.

Оптимальне значення реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори ТП

$$Q_T = \sqrt{(S_T \cdot N_T^e \cdot \beta)^2 - (P_p)^2} ; \quad (7.1)$$
$$Q_T = \sqrt{(1000 \cdot 2 \cdot 0,75)^2 - 895,46^2} = 1203,39 \text{ квар,}$$

де $S_T = 1000$ кВА – потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції; $\Delta N_T^e = 2$ шт – кількість трансформаторів на ТП; $\beta = 0,8$ – коефіцієнт

завантаження трансформаторів; $P_p = 895,46$ кВт – розрахункова потужність електроприймачів напругою до 1 кВ.

Потужність КУ, що визначається пропускною здатністю трансформаторів ТП

$$Q_{HK1} = Q_{p.HH} - Q_T \text{ квар}; \quad (7.2)$$

$$Q_{HK1} = 593,53 - 1203,39 = -609,86 \text{ квар.}$$

Оскільки $Q_{HK1} < 0$, приймаємо $Q_{HK1} = 0$ квар.

Потужність КУ, які забезпечують оптимальну величину втрат електричної енергії в електромережах

$$Q_{HK2} = Q_{p.HH} - Q_{HK1} - \gamma \cdot S_T \cdot N_T^e \text{ квар}; \quad (7.3)$$

$$Q_{HK2} = 593,53 - 0 - 0,2 \cdot 1000 \cdot 2 = 193,52 \text{ квар,}$$

де $\gamma = f(k_1; k_2)$, k_1 – залежить від кількості змін і для підприємства яке працює в три зміни $k_1 = 11$; k_2 – залежить від характеристики електричної мережі і для радіальної мережі рівний

$$k_2 = \frac{l_{каб} \cdot S_T}{F_{каб}} \quad (7.4)$$

$$k_2 = \frac{2 \cdot 1000}{25} = 80.$$

Оскільки $Q_{HK2} > 0$, тоді $Q_{HK2} = 193,52$ квар.

Сумарна розрахункова потужність низьковольтних КУ

$$Q_{HK} = Q_{HK1} + Q_{HK2} \text{ квар}; \quad (7.5)$$

$$Q_{HK} = 0 + 193,52 = 193,52 \text{ квар.}$$

З розрахунків видно, що на стороні НН ТП 1 необхідно становити КУ потужністю $Q_{HK} = 193,52$ квар.

Отже згідно табл. 4.37 [1] вибираємо:

УКР-0,40-200-20УЗ.

Аналогічно вибираємо КУ для інших ТП і інформацію заносимо в таблицю

| Трансформаторна підстанція | Установка компенсації реактивної потужності |
|----------------------------|---------------------------------------------|
| ТП1 | УКР-0,40-200-20УЗ |
| ТП2 | УКР-0,40-180-20УЗ |

8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Короткі замикання є найбільш частими і важкими аваріями в електроенергетичній системі. Вони виникають при механічних пошкодженнях ізоляції, її пробі від перенапруг та старіння, обривів, накидах та перетині проводів, повітряних ліній, помилковій дії обслуговуючого персоналу.

Струми коротких замикань, що виникають в колі, небезпечні для електротехнічного обладнання. Тому для забезпечення надійності роботи мереж, електрообладнання, пристроїв релейного захисту проводиться розрахунок струмів короткого замикання.

Місце розташування точок короткого замикання вибираємо таким чином, щоб при короткому замиканні електрообладнання, що перевіряється та провідники знаходились в найбільш не вигідних умовах.

Завод гумових виробів, що проектується, отримує електроенергію від системи. За базову потужність для розрахунку струму короткого замикання приймаємо потужність:

$$S_6 = 1795 \text{ кВА.}$$

Базові напруги:

$$U_{61} = 10,5 \text{ кВ ;}$$

$$U_{62} = 0,4 \text{ кВ.}$$

Базові струми :

$$I_{61} = S_6 / (U_{61} \cdot \sqrt{3}); \quad (8.1)$$

$$I_{61} = 1795 / (10,5 \cdot \sqrt{3}) = 98,7 \text{ А ;}$$

$$I_{62} = 1795 / (0,4 \cdot \sqrt{3}) = 2,591 \text{ кА.}$$

Для розрахунку струмів короткого замикання зобразимо розрахункову схему електропостачання підприємства (рис. 2) і схему заміщення.

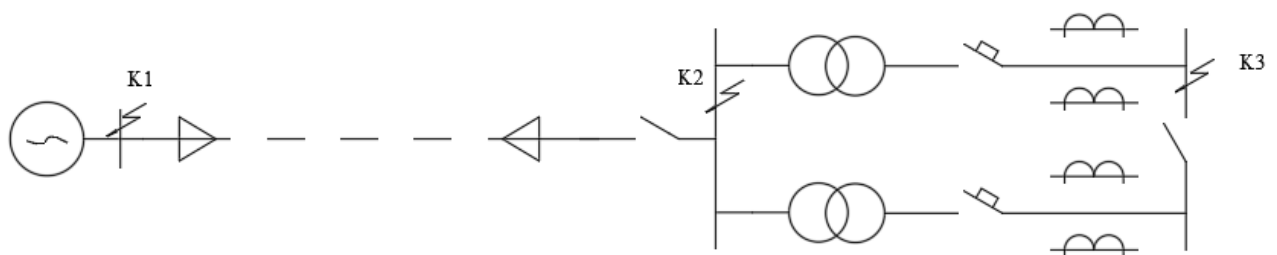


Рис. 8.1. Розрахункова схема електропостачання

В схему заміщення включені всі елементи зі своїми опорами, приведеними до базових умов. Схема заміщення приведена на рис. 3.

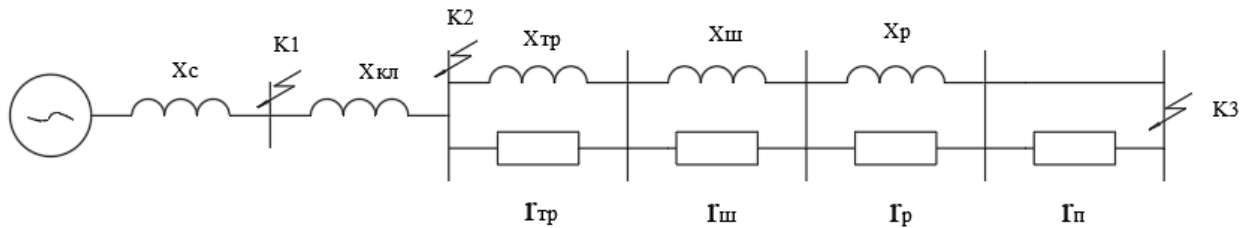


Рис. 8.2. Схема заміщення

Розраховуємо струм КЗ в точці К1.

Опір елементів.

1. Опір системи:

$$X^*_c = 0,4 \text{ в.о.}$$

2. Опір кабельної лінії:

$$X^*_{кл} = X_0 \cdot l (S_6 / U^2_{б2}) , \quad (8.2)$$

де X_0 – погоний опір кабельної лінії, $X_0 = 0,08 \text{ Ом/км}$;

l – довжина лінії $0,25 \text{ км}$.

$$X^*_{кл} = 0,08 \cdot 0,25 \cdot (1795/10,5^2) = 0,326 \text{ в.о.}$$

При знаходженні струмів короткого замикання необхідно розрахувати їх у відносних одиницях.

Струм короткого замикання приймаємо незмінним, так як система має набагато більшу потужність, ніж потужність заводу.

$$I^*_{\infty} = I_r^* = I_{00}^* = 1,05 / X_p , \quad (8.3)$$

де X_p – результуючий опір до точки короткого замикання.

$$I_1^* = 1,05 / X^*_c = 1,05 / 0,4 = 2,6 \text{ в.о.} \quad (8.4)$$

Струм короткого замикання в точці К1:

$$I_{кз1} = I_1^* \cdot I_б = 2,6 \cdot 98,7 = 0,26 \text{ кА.} \quad (8.5)$$

Ударний струм короткого замикання:

$$i_{уд} = K_u \cdot \sqrt{3} \cdot I_{00}, \text{ кА.} \quad (8.6)$$

В точці К1 ударний струм рівний:

$$i_{уд1} = K_y \cdot \sqrt{3} \cdot I_{кз1} = 1,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,26 = 0,85 \text{ кА}, \quad (8.7)$$

де $K_y = 1,9$ (для мереж напругою 10 кВ).

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні:

$$W = I_{\infty}^2 t, \quad (8.8)$$

де t – час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача.

Для сторони – 10 кВ:

$$t = 0,05 + 0,3 = 0,35 \text{ с.}$$

Тепловий імпульс :

$$W_1 = I_{00}^2 t = 0,26^2 \cdot 0,35 = 0,023 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}. \quad (8.9)$$

Розраховуємо струм КЗ в точці К2.

Струм короткого замикання:

$$I_{00}^* = 1,05 / X_p, \quad (8.10)$$

де $X_p^* = X_c^* + X_{кл}^* = 0,4 + 0,326 = 0,726 \text{ в.о.}$

$$I_2^* = 1,05 / X_p^* = 1,05 / 0,726 = 1,4 \text{ в.о.} \quad (8.11)$$

Струм короткого замикання:

$$I_{кз2} = I_2^* \cdot I_{б} = 1,4 \cdot 98,67 = 0,143 \text{ кА}. \quad (8.12)$$

В точці К2 ударний струм рівний:

$$i_{уд2} = K_y \cdot \sqrt{3} \cdot I_{кз2} = 1,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,143 = 0,47 \text{ кА}. \quad (8.13)$$

В точці К2 тепловий імпульс рівний:

$$W_2 = I_{00}^2 t = 0,143^2 \cdot 0,35 = 0,007 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}. \quad (8.14)$$

Розраховуємо струм КЗ в точці К3.

Опір елементів.

1. Опір системи. Для точок КЗ опором системи на вторинній стороні трансформаторів до 2500 кВА – можна знехтувати, так як його значення дуже маленьке і не відіграє суттєвої ролі.

2. Опір трансформатора:

$$X_{тр} = \sqrt{z_{mp}^2 - r_{mp}^2} = \sqrt{14,2^2 - 3,06^2} = 13,87 \text{ МОм}, \quad (8.15)$$

$$\text{де } z_{mp} = \frac{U_{\kappa} \cdot U_{н.о.м.}^2 \cdot 10^4}{S_{mp}} = \frac{5,6 \cdot 0,4^2 \cdot 10^4}{630} = 14,2 \text{ мОм}; \quad (8.16)$$

$$r_{mp} = \frac{P_{\kappa 3} \cdot U_{н.о.м.}^2 \cdot 10^6}{S_{mp}^2} = \frac{7,6 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{630^2} = 3,06 \text{ мОм}. \quad (8.17)$$

3. Опіри шин:

$$X_{ш} = X_0 \cdot l_{ш} = 0,145 \cdot 10 = 1,45 \text{ мОм}; \quad (8.18)$$

$$r_{ш} = r_0 \cdot l_{ш} = 0,044 \cdot 10 = 0,44 \text{ мОм}, \quad (8.19)$$

де X_0, r_0 – погонні опори (з довідника);

$l_{ш}$ – довжина шини, м.

4. Опір розчеплювача для автоматичного вимикача на струм 630 А:

$$X_p = 0,06 \text{ мОм}.$$

5. Сумарний опір перехідних контактів трансформатора струму дуги в місці КЗ для трансформатора потужністю 630 кВА:

$$r_{п} = 9,41 \text{ мОм}.$$

Отже, знаходимо сумарні опори для точки КЗ:

$$r_{\Sigma} = 3,06 + 0,44 + 0 + 8,41 = 11,91 \text{ мОм};$$

$$x_{\Sigma} = 13,87 + 1,45 + 0,06 = 15,38 \text{ мОм}.$$

Знаходимо струм КЗ в точці КЗ:

$$I_{\kappa 3} = \frac{U_{\delta} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{11,91^2 + 15,38^2}} = 11,87 \text{ кА}. \quad (8.20)$$

В точці КЗ ударний струм рівний:

$$i_{уд3} = K_u \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\kappa 3} = 1,1 \cdot \sqrt{3} \cdot 11,87 = 22,6 \text{ кА}, \quad (8.21)$$

де $K_u = 1,1$ (для мереж напругою 0,4 кВ).

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні:

$$W = I_{\infty}^2 t, \quad (8.22)$$

де t – час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача.

Для сторони – 0,4 кВ:

$$t = 0,07 + 0,6 = 0,67 \text{ с}.$$

В точці КЗ тепловий імпульс рівний:

$$B_3 = I_{00}^2 t = 11,87^2 \cdot 0,67 = 94,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Розрахунок проводимо в табличній формі. Результати розрахунків зводимо в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1

| № точки к.з. | X_p | $I_{кз}$ | $i_{уд}$ | B |
|--------------|-------|----------|----------|-------------------|
| | в.о. | кА | кА | кА ² с |
| 1 | 0,4 | 0,26 | 0,85 | 0,023 |
| 2 | 0,726 | 0,143 | 0,47 | 0,007 |
| 3 | 15,38 | 11,87 | 22,6 | 94,4 |

9. РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ 10 КВ

9.1. Розрахунок КЛ 10кВ

Для нормальної передачі електроенергії необхідно правильно вибрати переріз кабелів. Кабельні лінії повинні забезпечувати постачання приймачів електроенергією, забезпечувати необхідну пропускну здатність, мати температуру в допустимих границях.

Визначимо переріз кабелю живлення заводу.

Розрахункова повна потужність заводу становить:

$$S_p = 1795,87 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_{\text{норм.}} = \frac{S_{p.\text{црп}}}{\sqrt{3} \cdot n_{\text{пл}} \cdot U_{\text{ср.ном}}} = \frac{1795,87}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10,5} = 49,37 \text{ А}; \quad (9.1)$$

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot I_{\text{норм.}} = 2 \cdot 49,37 = 98,74 \text{ А.} \quad (9.2)$$

За табл. 10.1 [2] знаходимо економічну густину струму при $T_{\text{макс}} = 4500$ год для кабельної лінії $j_{\text{ек}} = 1,4 \text{ А/мм}^2$. Розрахункова площа поперечного перерізу провода:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм.}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{98,75}{1,4} = 70,53 \text{ мм}^2 \quad (9.3)$$

Розрахунки показують що для живлення заводу достатньо кабелю з перерізом жил 95 мм:

АСБ-10 3х95.

Визначимо переріз кабеля в приєднанні трансформатора 1000 кВА. Визначаємо струми нормального та максимального режимів:

$$I_{\text{норм.}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,735 \text{ А}; \quad (9.4)$$

$$I_{\text{макс.}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80,829 \text{ A}; \quad (9.5)$$

За табл. 10.1 [2] визначаємо економічну густину струму при $T_{\text{макс}} = 4500$ годин для кабельної лінії $j_{\text{ек}}^{\text{КЛ}} = 1,4 \text{ A/мм}^2$.

Визначаємо економічно вигідний переріз КЛ:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм.}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{80,829}{1,4} = 57,735 \text{ мм}^2 \quad (9.6)$$

За табл. 7.10 [2] вибираємо кабель типу ААБ2Л- 10-3х70, прокладений в землі.

Перевіряємо КЛ за умовами нагріву:

$$S_{\text{ст}} = 70 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 57,7 \text{ мм}^2, \\ I_{\text{дон}} \cdot k_n \geq I_{\text{макс}}, \quad (9.7)$$

$$165 \cdot 0,9 = 148,5 \text{ A} > 80,8 \text{ A},$$

де $k_n = 0,9$ - поправочний коефіцієнт (табл. 7.17 [2]).

Визначимо переріз кабеля в приєднанні трансформатора 630 кВА.

Визначаємо струми нормального та максимального режимів:

$$I_{\text{норм.}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,37 \text{ A}; \\ I_{\text{макс.}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,92 \text{ A};$$

За табл. 10.1 [2] визначаємо економічну густину струму при $T_{\text{макс}} = 4500$ годин для кабельної лінії $j_{\text{ек}}^{\text{КЛ}} = 1,4 \text{ A/мм}^2$.

Визначаємо економічно вигідний переріз КЛ:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм.}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{36,37}{1,4} = 25,97 \text{ мм}^2 \quad (9.8)$$

За табл. 7.10 [2] вибираємо кабель типу ААБ2Л- 10-3х50, прокладений в землі.

Перевіряємо КЛ за умовами нагріву:

$$S_{\text{ст}} = 50 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 25,97 \text{ мм}^2,$$

$$I_{доп} \cdot k_n \geq I_{max},$$

$$135 \cdot 0,9 = 121,5 \text{ A} > 50,92 \text{ A},$$

де $k_n = 0,9$ - поправочний коефіцієнт (табл. 7.17 [2]).

Визначимо переріз кабелю в приєднанні високовольтних двигунів АД 315 кВт. Номінальний струм АД становить:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{315}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,9 \cdot 0,924} = 36,449 \text{ A}.$$

Визначаємо економічно вигідний переріз КЛ:

$$S_{ек} = \frac{I_{ном.}}{j_{ек}} = \frac{36,449}{1,4} = 26,035 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз КЛ

$$S_{ст} > S_{ек},$$

$$S_{ст} = 70 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 26,035 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель типу ААБ2Л-6-3х35, прокладка в повітрі.

9.2. Розрахунок та вибір комутаційної апаратури

Згідно з ПУЕ апарати захисту за своєю вимірюючою здатністю мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки, що захищається, електричної мережі.

Допускається установка апаратів захисту, нестійких до максимальних значень струму короткого замикання, якщо найближчий апарат, розташований у напрямі до джерела живлення, забезпечує миттєве вимкнення струму короткого замикання.

Високовольтні комутаційні апарати вибирають за номінальними параметрами і перевіряють на комутаційну здатність, на динамічну та термічну стійкість до струмів аварійного режиму - режиму короткого замикання.

Методика вибору однакова для всіх комутаційних апаратів, проте найбільш повно її можна розглянути на прикладі вибору високовольтних вимикачів.

Відповідно до ГОСТ 687-78 високовольні вимикачі вибирають за такими умовами:

1. $U_{ном} > U_{ном.мережі}$;
2. $I_{ном} > I_{макс}$;
3. $I_{н..р.} \geq I_{П\tau_p}$;
4. $\sqrt{2} \cdot I_{н..р.} \cdot \left(1 + \frac{\beta_H}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{П\tau_p} + i_{a\tau_p}$;
5. $i_{дин} \geq i_{y\delta}$;
6. $i_{дин} \geq i_{но}$;
7. $I_{\tau}^2 \tau \geq B_k$.

У лівій частині рівнянь указані параметри вимикачів, що наведені в довідниках, у правій - дані мережі та розрахункові дані по струмах максимального режиму та режиму короткого замикання.

Умови 1,2 відповідають вибору високовольного вимикача за номінальними параметрами, які порівнюються з номінальною напругою мережі й робочим струмом необмежено довго за часом максимального режиму.

Розрахунок параметрів мережі до вибору вимикача.

Згідно ТУ розрахункові дані СКЗ на шинах 10 кВ підстанції 110/10 кВ «ДБК» $i_{дин} = 7,114$ кА. Ударний струм:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{но} \quad (9.8)$$

де K_y - ударний коефіцієнт на стороні ВН: $K_y = 1.369$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1.369 \cdot 7,114 = 13,77 \text{ кА.} \quad (9.9)$$

Стала часу затухання аперіодичної складової струму КЗ:

$$T_a = \frac{-0,01}{\ln(K_y - 1)} = \frac{-0,01}{\ln(1,369 - 1)} = 0,01 \text{ с} \quad (9.10)$$

Час на початку відключення КЗ:

$$\tau_{ПВ} = \tau_{P3} + \tau_{BB} = 0.01 + 0.015 = 0.025 \text{ с} \quad (9.11)$$

де τ_{P3} - час дії релейного захисту;

τ_{BB} - власний час відключення вакуумного вимикача.

Аперіодична складова струму КЗ:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{но} \cdot e^{\frac{-\tau_{ПВ}}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 7,114 \cdot e^{\frac{-0,025}{0,025}} = 0,83 \text{ А} \quad (9.12)$$

Для визначення теплового імпульсу від струмів КЗ перераховуємо $\tau_{ПВ}$.

Вважаємо, що: $\tau_{P3} = \tau_{P.P3} = 1,0 \text{ с}$ - час спрацювання релейного захисту.

Періодична складова теплового імпульсу:

$$B_n = I_{ПО}^2 \cdot \tau_{ПВ} = 7,114^2 \cdot 1,015 = 51,37 \text{ кА}^2\text{с} \quad (9.13)$$

Аперіодична складова теплового імпульсу:

$$B_A = I_{ПО}^2 \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{\frac{12 \cdot \tau_{ПВ}}{T_a}}\right) = 7,114^2 \cdot 0,01 \cdot \left(1 - e^{\frac{-2 \cdot 1,015}{0,01}}\right) = 0,51 \text{ кА}^2\text{с}$$

Сумарний тепловий імпульс:

$$B_K = B_{II} + B_A = 51,37 + 0,51 = 51,88 \text{ кА}^2\text{с} \quad (9.14)$$

Таблиця 9.1

Вибір вимикача в приєднанні живлячих ліній:

| № | Параметри вимикачів | Умова вибору | Розрахункові дані | Одиниці |
|---|-------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------------|
| 1 | $U_{ном} = 12$ | \geq | $U_{ном} = 10,5$ | кВ |
| 2 | $I_{ном} = 630$ | \geq | $I_m = 208,22$ | А |
| 3 | $I_{ном.відкл} = 12,5$ | \geq | $I_{ПО} = 7,114$ | кА |
| 4 | $1,41 \cdot I_{ном.відкл} \cdot (1 + \beta_n / 100) = 31,7$ | \geq | $1,41 \cdot I_{ПО} + i_a = 10,5$ | кА |
| 5 | $i_{дин} = 32$ | \geq | $i_y = 13,77$ | кА |
| 6 | $i_{дин} = 32$ | \geq | $I_{ПО} = 7,114$ | кА |
| 7 | $I_{\tau}^2 \cdot \tau = 468,75$ | \geq | $B_K = 51,88$ | кА ² -с |

Оскільки вакуумні вимикачі випускають на найменший номінальний струм 630 А то приймаємо до установлення даний тип як в приєднанні живлячих ліній, так і в приєднанні трансформаторів 1000 кВА, 630 кВА та АД 315 кВт, де максимальний струм 64,8, 51,7 та 36,4 А відповідно.

Вакуумний вимикач ВВ/TEL -12,5/630 має наступні електричні параметрами (табл. 9.2):

Таблиця 9.2

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Номінальна напруга, кВ | 10 |
| Найбільша робоча напруга, кВ | 12 |
| Номінальний струм (Іном), А | 630 |
| Номінальний струм відключення (Іо ном), кА | 12,5 |
| Наскрізний струм короткого замикання: + найбільший пік, кА, не більше + початкове діюче значення періодичної складової | 32 12,5 |
| Нормований процентний вміст аперіодичної складової,% | 40 |
| Середньоквадратичне значення струму за час його протікання (струм термічної стійкості). кА | 12,5 |
| Час протікання струму термічної стійкості, с | 3 |
| Власний час відключення вимикача 1. с, не більше | 0,015 |
| Повний час відключення, с, не більше | 0,025 |
| Власний час включення, с, не більше | 0,055 |
| Номінальна напруга живлення котушок електромагнітів (постійне), В | 220 |
| Номінальні параметри оперативної напруги живлення + змінне, В + постійне, В + діапазон, % | 100, 110, 220 24; 48; 110; 220 85-100 |
| Ресурс по комутаційній стійкості: + при номінальному струмі Іном, операцій «В» + при струмах короткого замикання $I=(60+100)\%$ від (Іо.ном), операцій «В» | 50 000 100 |
| Механічний ресурс, циклів «В» | 50 000 |
| Електричний опір головного ланцюга полюса, мком, не більше, при номінальному струмі 630 А | 60 |

10. РОЗРАХУНОК ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ 0.4 КВ

10.1. Вибір силових кабелів 0.4 кВ

Переріз провідників у цехових мережах визначають, виходячи з двох умов:

1. за умовою нагріву розрахунковим струмом:

$$I_{\text{ПР}} \geq \frac{I_{\text{розр}}}{k_{\text{прок}}}; \quad (10.1)$$

2. за умовою відповідності максимального струмового захисту апаратові:

$$I_{\text{ПР}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прок}}}; \quad (10.2)$$

де $k_{\text{прок}}$ - коефіцієнт прокладки; k_3 - кратність струму для провідника відносно струму апарата захисту; I_3 - струм апарата захисту (для запобіжника $I_3 = I_{\text{вст}}$, для автоматичного вимикача $I_3 = I_{\text{ном.р}}$).

Переріз провідника вибираємо за табл. 3.12-3.35 [2], виходячи з більшого значення $I_{\text{ПР}}$.

Визначаємо переріз кабелю від ТП №2 до РП 1 цеху гумових виробів:

$$I_{\text{розр.ном}} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{ном}}}; \quad (10.3)$$

$$I_{\text{розр.ном}} = \frac{65,99}{\sqrt{3} \cdot 0,75 \cdot 0,38} = 133,68 \text{ A}$$

Переріз кабелю визначаємо за максимальним розрахунковим струмом.

Приймаємо кабель марки АВВГ-3х35, у якого

$$145 \text{ A} \geq 133,68 \text{ A}$$

Значення допустимих струмів приймаємо з ПУЕ табл. 1.3.7

Аналогічно визначаємо інші кабелю. Результати розрахунку зводимо на листі 3 графічної частини.

10.2. Вибір апаратів захисту

Згідно з ПУЕ як апарати захисту мереж застосовуються автоматичні вимикачі або запобіжники.

Апарати захисту слід установлювати в місцях мережі, де переріз провідника зменшується, а також у місцях приєднання провідників, що захищаються, до живильної лінії.

Запобіжники мають встановлюватися на всіх незаземлених полюсах або фазах. Установлення запобіжників у нульових робочих провідниках заборонено. При захисті мереж з глухозаземленою нейтраллю розчеплювачі автоматичних вимикачів мають установлюватися в усіх незаземлених провідниках.

Апарати захисту за своєю вимикаючою здатністю мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки, що захищається, електричної мережі.

Номинальні струми плавких вставок і струми розчеплювачів автоматичних вимикачів слід обирати за розрахунковими струмами ділянок мережі, чи за номінальними струмами електроприймачів. Причому апарати захисту не повинні вимикати електроустановки при короткочасних перевантаженнях (пускові струми, пікові струми тощо).

Умови вибору автоматичних вимикачів:

За номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.мережі}} ; \quad (10.4)$$

де $U_{\text{ном.мережі}}$ - номінальна напруга мережі, в якій застосовується вимикач.

• За номінальним струмом розчеплювача:

$$I_{\text{ном.розч}} \geq I_{\text{розч}} \quad (10.5)$$

де $I_{\text{розч}}$ - розрахунковий струм ділянки мережі, що захищається.

- За номінальним струмом автоматичного вимикача:

$$I_{ном.а} \geq I_{ном.розч} \quad (10.6)$$

- За умовою спрацювання при короткочасних перевантаженнях:

$$I_{спр} \geq 1,25 \cdot I_{нік} \quad (10.7)$$

- За умовою спрацювання при однофазному короткому замиканні:

$$I_K^1 \geq 3 \cdot I_{спр} \quad (10.8)$$

Якщо автоматичний вимикач має тільки електромагнітний розчеплювач, то

$$I_K^1 \geq 1,1 \cdot I_{спр} \quad (10.9)$$

Перевірку за умовою спрацювання при однофазному короткому замиканні здійснимо наступним чином. Визначимо струм КЗ для найбільш віддаленого споживача, який живиться проводом не значного перерізу (1,5 мм²). Цей струм буде мінімальним із всіх струмів КЗ, тому якщо захист спрацює на його значення то отже спрацює і на більші струми.

Вибираємо автоматичні вимикачі серії LZM Eaton Україна. Вибрані вимикачі показані на листі №2 графічної частини.

11. РОЗРАХУНОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

Для живлення релейного захисту та автоматики, управління вимикачами, аварійної і попереджувальної сигналізації вибираємо в якості джерела живлення постійний струм на номінальну напругу 220 В. Для забезпечення надійного живлення оперативним струмом відповідних пристроїв мережа ділиться на різні ділянки, щоб пошкодження на одному з них не порушувало роботу інших.

Всі споживачі постійного оперативного струму діляться по ступеням їх відповідності на декілька категорій. Найбільш відповідальними із споживачів є ланцюги оперативного струму релейного захисту, автоматики та управління вимикачами.

При виборі типів релейного захисту (РЗ) слід керуватися тим, що пристрої РЗ мають забезпечувати автоматичне вимикання елемента, що захищається, на випадок його пошкодження, яке становить безпосередню безпеку для нього чи для всієї установки, а також у разі виникнення умов, що загрожують пошкодженням (різке зниження рівня масла у трансформаторі) або порушення нормального режиму роботи електроустановки. Якщо порушення нормального режиму роботи чи пошкодження не являють безпосередню безпеку для електроустановки, то пристрої релейного захисту мають забезпечувати сигналізацію, яка вказує на виникнення цих режимів.

При виборі джерел оперативного струму слід враховувати що постійний оперативний струм від акумуляторних батарей використовується на потужних підстанціях при наявності масляних вимикачів великої потужності, а також тоді, коли акумуляторні батареї необхідні крім живлення кіл оперативного струму для інших потреб (наприклад, на заводських ТЕЦ і т. ін.).

Частіше використовується змінний оперативний струм. Як джерела змінного оперативного струму використовуються вимірювальні трансформатори струму, напруги та власних потреб. Трансформатори струму можуть бути

надійними джерелами живлення захистів тільки від коротких замикань, що супроводжуються значними струмами пошкодження та непридатні для живлення оперативних кіл у робочих режимах, а також однофазних замиканнях на землю. Трансформатори напруги та власних потреб, навпаки, непридатні для живлення захистів при коротких замиканнях і можуть застосовуватися для керування у нормальних режимах, а також для захисту від пошкоджень, що не супроводжуються значними зниженнями напруги /перевантаження, виткові замикання трансформатора, зниження рівня масла/.

Для живлення кіл захисту у разі відсутності як напруги, так і струму у силових колах /наприклад, у паузу – АПВ/ використовують схеми з попередньо зарядженими конденсаторами. Зарядка конденсаторів здійснюється через зарядний пристрій від трансформаторів напруги чи власних потреб. Ці пристрої придатні для вимикання вимикачів практично а будь-якими приводами. Основним недоліком їх є імпульсність дії що обумовлює неможливість їх застосування для живлення елементів, які працюють зі значним уповільненням. В основному вони використовуються для вимкнення вимикачів і віддільників .

Як джерело випрямного оперативного струму використовуються випрямляючі блоки живлення, що являють собою пристрої, які підключають до трансформаторів струму, напруги чи власних потреб. Вони випрямляють струм і забезпечують постійну напругу, що використовується для живлення оперативних кіл. Бувають випрямлячі блоки живлення струму, напруги та комбіновані. Джерела випрямленого змінного струму можуть використовуватися для живлення захистів, що реагують на будь-які види пошкоджень і ненормальні режими роботи. Недоліками таких блоків є недостатня потужність для живлення котушок вмикання електромагнітних приводів і одночасного вимкнення кількох вимикачів а також неможливість їх використання при вимкненні джерела живлення.

При виборі схеми релейного захисту треба керуватися типовим схемними рішеннями. Проте слід пам'ятати про особливості конкретного РЗ,

що накладаються використовуваною комутаційною апаратурою, фактичне джерело оперативного струму, віддаленість підстанції від джерела живлення тощо.

Методика вибору струмів спрацьовування захистів визначається типом захистів і вимогами, що ставляться до її чутливості й надійності. Наприклад, для спрацювання вибирається з умов відстроювання від кидків струму намагнічування при вмиканні трансформатора й небалансу за зовнішніх коротких замикань. Струм спрацьовування максимального струмового захисту відстроюється від максимальних струмів навантаження.

Витримка часу максимального струмового захисту вибирається з умови узгодження із захистом попередньої ділянки. При узгодженні із захистом, що має незалежну витримку часу, ступінь часу обирається 0.35...0.6 с при узгодженні із захистом, що має залежну характеристику, – 0.6 ...1 с. При узгодженні зі швидкодіючим захистом ступінь часу обирається 0.35...0.4 с.

Загальні принципи побудови диференційного струмового захисту силових трансформаторів.

Поздовжній диференційний струмовий захист - основний швидкодіючий захист трансформаторів з обмоткою ВН 3 кВ та вище.

Згідно з правилами влаштування електроустановок рекомендується використовувати диференційний захист на поодинокі працюючих трансформаторах потужністю $S_{ном} \geq 6.3 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ і на трансформаторах потужністю $S_{ном} \geq 4 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, що працюють паралельно. Диференційний захист встановлюється також на трансформаторах потужністю $S_{ном} = 1...4 \text{ МВА}$ і у

випадку, якщо більш простий захист (струмова відсічка, максимальний струмовий захист) не задовольняє умовам чутливості або має більшу витримку часу (понад 0.5 с).

Розглянемо більш докладно релейний захист і автоматику знижувального трансформатора. Знижувальний трансформатор повинен мати максимальний струмовий захист від надструмів, узгоджений за струмом і часом з наступними елементами схеми. Окрім максимального струмового

захисту від надструмів силовий трансформатор, залежно від потужності повинен мати газовий захист, що забезпечує його вмикання при пошкодженні на стороні вищої напруги. Якщо на підстанції передбачене чергування персоналу чи передача попереджувальних і аварійних сигналів на який-небудь черговий пункт, то встановлюють захист трансформатора від перевантаження, який діє на сигнал з витримкою часу більшою за витримку часу інших захистів на об'єкті, як правило – 8...10с.

Максимальний струмовий захист.

Максимальний струмовий захист (МСЗ) – найпростіший і надійний захист, що широко застосовується для захисту трансформаторів.

Визначаємо номінальний струм на стороні 10 кВ:

$$I_{ном} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 36,64 \text{ А.} \quad (11.1)$$

Трансформатори струму прийняті з коефіцієнтом трансформації 50/5, схема захисту неповна зірка; $K_{СХ} = 1$.

Струм спрацювання захисту:

$$I_{СЗ} = \frac{K_H \cdot (I_{ном} \cdot K_{сзп} + I_{ном})}{K_{II}} = \frac{1,2 \cdot (36,64 \cdot 1,5 + 36,64)}{0,85} = 129,3 \text{ А,} \quad (11.2)$$

де $K_H=1,2$ – коефіцієнт надійності;

$K_{сзп}=1,5$ – коефіцієнт само запуску;

$K_{II}=0,85$ – коефіцієнт повернення реле.

Чутливість захисту при короткому замиканні на своїй ділянці:

$$K_q = \frac{I_{k \min}}{I_{СЗ}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 452}{129,3} = 3,02 > 2, \quad (11.3)$$

де $I_{k \min}$ – мінімально ймовірне значення струму при короткому замиканні на стороні вищої напруги трансформатора.

Уставка реле струму:

$$I_{CP} = \frac{I_{C3} \cdot K_{CX}}{K_{T,TC}} = \frac{129,3 \cdot 1}{10} = 12,9 \text{ A.} \quad (11.4)$$

Обираємо реле типу РТ – 40/20 з паралельним з'єднанням котушок.

Установка часу захисту (реле):

$$t_{c31} = t_{\max} + \Delta t. \quad (11.5)$$

Обираємо реле часу типу ЕВ - 122 з напругою 110 В постійного струму.

$$\Delta t = 0,12 + 0,12 + 0,1 + 0,1 = 0,44 \approx 0,4 \text{ с,}$$

де 0,12 – похибка двох реле ЕВ – 122;

0,1 – час до згасання дуги на контактах вимикача;

0,1 – запас часу.

Тоді

$$t_{c31} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ с;}$$

$$t_{c32} = 1,6 + 0,4 = 2 \text{ с.}$$

Розрахунок миттєвого діючого струмового захисту (відсічки).

Максимальний номінальний струм на стороні 10 кВ:

$$I_{MAX} = \frac{1,4 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 48,5 \text{ A.} \quad (11.6)$$

Відсічка – найбільш простий з диференційних захистів трансформаторів. Вона виконується за допомогою максимальних реле струму типу РТМ або

РТ – 40. При цьому відстройка захисту від піку струму намагнічування здійснюється за допомогою невеликої витримки. Справа в тому, що пік миттєвого значення струму намагнічення швидко знижується від початкового рівня $(6...8)I_{\text{НОМ}}$ до $(2...3) I_{\text{НОМ}}$ усього за 0.04...0.06 с. Приблизно такий самий час потрібен для спрацювання реле прямої дії типу РТМ. Реле побічної дії типу РТ-40 спрацьовує швидше, і щоб затягнути час спрацювання його доповнюють проміжним реле. В результаті приблизно з запасом 1.5 разів приймається

$$I_{C3} = 4,5 \cdot I_{MAX} = 4,5 \cdot 48,5 = 218,3 \text{ A.} \quad (11.7)$$

Вибір такого великого струму I_{C3} , як завжди, забезпечує також відстройку й від режиму зовнішнього короткого замикання.

Перевіримо коефіцієнт чутливості:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k \text{ min}}}{I_{C3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 452}{218,3} = 1,8 < 2. \quad (11.8)$$

Знаходимо вторинний струм:

$$I_{CP} = \frac{I_{C3} \cdot K_{CX}}{K_{T,TC}} = \frac{218,3 \cdot 1}{10} = 21,8 \text{ A.} \quad (11.9)$$

Так як $K_{\text{ч}} < 2$, встановлюємо додатково реле блокування за напругою диференційна.

Захист від перевантажень.

Струм спрацювання сигналізації:

$$I_{CC} = \frac{K_{\text{ВІД}} \cdot K_{CX}}{K_{\Pi}} \cdot I_{MAX} = \frac{1,05 \cdot 1}{0,85} \cdot 48,5 = 59,9 \text{ A.} \quad (11.10)$$

Струм спрацювання реле:

$$I_{CP} = \frac{I_{CC} \cdot K_{CX}}{K_{T,TC}} = \frac{59,9 \cdot 1}{10} = 6 \text{ A.} \quad (11.11)$$

Час спрацювання сигналізації:

$$t_{cc} = t_{c3}^{\text{мс3}} + \Delta t = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ с,} \quad (11.12)$$

де $\Delta t = 0,4 \text{ с}$ - ступінь селективності.

Таблиця 10.1

| Струм спрацювання | | Коефіцієнт чутливості | Час спрацювання захисту |
|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| захисту | реле | | |
| I _{сз} | I _{сп} | K _ч | t _{сз} |
| A | A | – | с |
| Відсічка | | | |
| 218.3 | 21.8 | 1.8 | – |
| Максимальний струмовий захист (МСЗ) | | | |
| 129.3 | 12.9 | 3.02 | 2 |
| Захист від перевантажень (з дією на сигнал) | | | |
| 59.9 | 6 | – | 2.4 |

12. РОЗРАХУНОК ЗАГАЛЬНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ ГУМОВО-ТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ

Загальні положення

При розрахунку і проектуванні загального освітлення цехів заводу керуємось основним регламентним документом а саме: «Посібник по розрахунку і проектуванні природного, штучного та комбінованого освітлення (до СНиП П-4-79)» від 20.11.1984р. Даний посібник містить основні методичні положення по вибору (визначенні) нормованих значень природного, штучного та комбінованого освітлення, методи їх розрахунку при проектуванні виробничих, громадських та жилих приміщень, а також установок зовнішнього освітлення.

При обладнанні освітлювальних установок застосовуються дві системи освітлювання: загальне освітлювання і комбіноване. Якість та економічність освітлювальних установок значно залежить від правильності вибору системи освітлювання.

Система загального освітлення застосовується для освітлення всього приміщення, в тому числі і робочих поверхонь.

Електричне освітлення може бути таких видів :робоче та аварійне. Робоче освітлення улаштовується в усіх приміщеннях і створює на робочих поверхнях нормоване освітлення.

Аварійне освітлення потрібне там, де при раптовому вимкненні робочого освітлення можливе виникнення вибуху або пожежі;масового травматизму, тривалого розладу технологічного процесу і т.д., а також порушення роботи відповідальних об'єктів (водопостачання, вузли зв'язку, пожежні пости, електрощитові і т.п.). Це освітлення називається аварійним освітленням, для продовження роботи воно повинно створювати на робочих місцях 5% нормованого робочого освітлення при системі загального освітлення, але не менше 2 лк.

Аварійне освітлення для евакуації людей повинно забезпечувати освітлення не менше 0,5 лк.

Воно обов'язкове в основних прохідних приміщеннях, коридорах і сходах, які служать для евакуації людей з адміністративних будівель, де працюють або перебувають одночасно понад 500 чоловік, а також в приміщеннях, де можуть знаходитися понад 100 чоловік.

Світильники аварійного освітлення приєднуються окремими лініями до незалежного джерела живлення або переключаються на нього автоматично при раптовому вимкненні робочого освітлення. Крім того, вони повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення типом, розміром або спеціально нанесеним знаком.

Найважливіше практичне значення має питання вибору джерела світла лампи розжарювання, люмінесцентні лампи та лампи типу ДРЛ, ДРІ та інше.

При вирішенні цього питання необхідно враховувати переваги та недоліки цих джерел світла, їх світлові, економічні і експлуатаційні характеристики.

Вибір світильника виконується на основі вимог світлотехнічних, економічних, у тому числі енергетичних, і умов навколишнього середовища.

Проектувальник повинен враховувати розподіл світлового потоку в залежності від призначення і характеру виробництва, конструкції приміщення.

Якщо вибраний світильник конструктивно не відповідає умовам зовнішнього середовища, це може призвести до його надмірного запилення (у запилених приміщеннях), за рахунок чого зменшується світловий потік, якій він випромінює; до виникнення корозії металевих частин і передчасного виходу його з ладу (в особливо вологих приміщеннях); до пошкодження ізоляції проводів (може виникнути коротке замикання між проводами або на корпус світильника); в пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях-до пожежі або вибуху.

Розрахунок загального освітлення цеху гумово-технічних виробів методом коефіцієнта використання світлового потоку

Цех гумово-технічних виробів займає виробничу площу 1620 м², та має розміри 35 на 46 м та висоту 8м. Для освітлення цеху плануємо використати

світильники типу ГСП-04В-250-762 виробництва ТОВ «Корпорація Ватра» з метало галогенними лампами типу ДРІ.

Відстань від стелі приймаємо 0,5м. Висота підвісу світильника над робочою поверхнею ($h_p = 0.8$ м):

$$h = H - h_p - h_c = 8 - 0,8 - 0,5 = 6,7 \text{ м} \quad (12.1)$$

Світильник ГСП-04В-250 має криву світлорозподілу типу Г, тому для нього можна прийняти $L/h = 0,8$ м тоді:

$$L = h \cdot 0,8 = 5,36 \text{ м}$$

Приймаємо відстань між рядами світильників 5 м. Відстань від крайнього світильника до стіни приймаємо $0,5 \cdot L$, тобто $l = 2,5$ м.

Кількість рядів:

$$N_p = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{46 - 2 \cdot 2,5}{5} + 1 = 9,2 \quad (12.2)$$

Приймаємо число рядів 10.

З характеристики конструкції будови приймаємо $\rho_n = 50\%$; $\rho_c = 30\%$;

$$\rho_p = 10\%$$

Визначаємо індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{35 \cdot 46}{6,7 \cdot (35 + 46)} = 2,96 \quad (12.3)$$

З табл. даних коефіцієнт використання $\eta_e = 0,7$. Визначаємо потрібний світловий потік одного ряду:

$$\Phi_{ряд} = \frac{E_n \cdot \kappa_z \cdot S \cdot z}{N_p \cdot \eta_e} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 1620 \cdot 1,1}{10 \cdot 0,7} = 76371,43 \text{ лм} \quad (12.4)$$

Використовуємо лампи ДРІ 250 Вт з розрахунковим потоком лампи $\Phi_l = 19000$ лм. Визначаємо потрібне число світильників в одному ряду

$$N = \frac{76371,43}{19000} = 3,76 \quad (12.5)$$

Приймаємо 4 світильники в одному ряду, а загальна кількість світильників в цеху буде становити 32.

Схема освітлення цеху наведена на аркуші графічної частини. Всі світильники розбиваємо на 8 груп (по ряду на кожну групу), крім того в першому, четвертому та шостому рядах відокремлюємо по 1 світильнику на аварійні групи. В допоміжних приміщеннях встановлюємо 3 лампи.

Щит аварійного освітлення живиться від щита АВР

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі розроблено систему електропостачання заводу гумово-технічних виробів з використанням Autocad Electric з метою використання можливостей програмного забезпечення для автоматизованого проектування систем електропостачання. Наведено опис процедури налагодження проектів, створення умовно-графічних позначень та алгоритм формування креслень в Autocad Electric. Можна констатувати висновок, що застосування Autocad Electrical під час проектування систем електропостачання підприємств дає можливість спростити процедуру проектування, запобігти можливості значних помилок в зазначеному процесі.

На основі інформації про електроспоживання обладнання типового заводу гумово-технічних виробів з використанням відомих методів, що отримані з навчальної літератури з обчислення завантажень на високих та низьких напругах, виконано необхідні розрахунки, вибір обладнання яке буде використовуватися в схемі електропостачання з наміром надійного та оптимального електрозабезпечення в нормальних та аварійних режимах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
2. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підруч. /В.Є. Шестеренко. – Вінниця: Нова Книга, 2011.– 656 с.
3. Сірий О.М. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств: Навч. Посібник /О.М.Сірий, В.Є.Шестеренко.–К.: ІСДО, 1993.–592 с.
4. Сірий О.М. Системи електроспоживання: розрахунки, вибір обладнання: навч. посіб. /О.М.Сірий; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. уні-тет харч. технол.–К.: НУХТ, 2011.–319 с.
5. Перехідні процеси в системах електропостачання: / М. М. Черемісін, О. М. Мороз, О. Б. Єгоров, С. В. Швець. – Харків: ТОВ «В справі», 2016. 260 с.
6. Закладний О. М. Енергозбереження засобами промислового електропривода / О. М. Закладний, А. В. Праховник, О. І. Соловей. К.: Кондор, 2005. 408 с.
7. Сокол Є.І. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Є.І.Сокол, Г.А.Сендерович, О.Г.Гриб та ін. – Харків:ФОП Бровін О.В., 2020. – 306 с.
8. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи [Електронний ресурс] на здобуття освінього ступеня «Магістр» за спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання» денної та заочної форм навчання/Укладачі С.М. Балюта, Ю.А. Чорний.- К.: НУХТ.- 2022.-22 с.
9. <https://arcada.com.ua/product/autocad-electrical/>