

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри

_____ В.П. Квасніков
«_____» _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА НАПРЯМОМ 6.050701 «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ»

Тема: «Система електропостачання офісного центру»

Виконавець _____ студент групи ЕС-214М Баришніков Дмитро Сергійович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник _____ к.т.н., доцент Сірий Дмитро Терентійович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу

“Охорона навколишнього середовища”: _____ Гай А.Є.

Консультант розділу “Охорона праці”: _____ Занько С.М.

Нормоконтролер: _____ Катаєва М.О.

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій

Напрямок 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедри

_____ В.П. Квасніков

« _____ » _____ 2020 р

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

_____ Баришнікова Дмитра Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: “Система електропостачання офісного центру”

затверджена наказом ректора від « _____ » _____ 2020 р.

2. Термін виконання роботи: з 05.10.2020 р. по 21.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: архітектурні креслення, техніко-економічні показники споруди, технологічні завдання розробників суміжних інженерних систем.

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Проектна документація електричної частини офісного центру. Загальні відомості. 2. Визначення розрахункових електричних навантажень офісного центру. 3. Проектування мереж електропостачання офісного центру вище 1 кВ. 4. Проектування мереж електропостачання офісного центру 0,4 кВ. 5. Технічна експлуатація електричного обладнання мереж електропостачання офісного центру. 6. Охорона праці. 7. Охорона навколишнього середовища.

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: План трансформаторної підстанції. Схема електрична принципова РУ-10 кВ. Схема електрична принципова РУ-0,4 кВ. Вид спреду РУ-0,4кВ. Схема підключення шинопроводу.

6. Календарний план—графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Ознайомлення з завданням	05.10.20-06.10.20	Виконано
2	Постановка задачі	07.10.20-08.10.20	Виконано
3	Розділ 1	08.10.20-22.10.20	Виконано
4	Розділ 2	23.10.20-06.11.20	Виконано
5	Розділ 3	07.11.20-21.11.20	Виконано
6	Розділ 4	22.11.20-06.12.20	Виконано
7	Оформлення вступу, реферату, висновків, переліку посилань	07.12.20-08.12.20	Виконано
8	Виконання ілюстративного матеріалу та написання доповіді	09.12.20-13.12.20	Виконано
9	Усунення недоліків та закінчення оформлення пояснювальної записки	14.12.20-19.12.20	Виконано

7. Консультація з окремих розділів:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	Гай Анжела Євгенівна		
Охорона праці	Занько Сергій Михайлович		

Дата видачі завдання: «05» жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи: _____ Сірий Дмитро Терентійович

Завдання прийняв до виконання: _____ Баришніков Дмитро Сергійович

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Система електропостачання офісного центру»: 100 сторінок, 22 рисунки, 16 таблиць, 12 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – будівля офісного центру.

Предмет дослідження – система електропостачання офісного центру.

Мета дипломної роботи – розробити проект електропостачання споруди цивільного призначення з використанням сучасного електротехнічного обладнання, використовуючи спеціалізована програмне забезпечення.

В дипломному проекті розглянуті поетапні кроки проектування системи електропостачання офісного центру.

У першому розділі викладені загальні вимоги до проектування систем електропостачання громадської будівлі, указано, як організовується процес проектування, розглянуті вимоги, що пред'являються до проектної та робочої документації.

У другому розділі розглядаються перші етапи проектування системи електропостачання. У розділі виконується розрахунок електричних навантажень офісного центру та вибір силових трансформаторів.

У третьому розділі проводиться розрахунок та вибір пристроїв РП 10 кВ. За результатом розрахунків та визначення вимог до РП 10 кВ складається схема та вибирається відповідне обладнання.

У четвертому розділі висвітлений завершальний етап проектування системи електропостачання. В даному розділі проведені всі розрахунки, які відносяться до мереж низької напруги (НН). На основі цих розрахунків та техніко-економічного аналізу вибране відповідне електротехнічне обладнання. Результатом виконання всіх пунктів даного розділу є розробка схеми систем електропостачання і розподілення НН, плани розташування обладнання та будівельно-конструкційні рішення.

В п'ятому та шостому розділах було присвячено увагу до охорони праці та охорони навколишнього середовища, вимоги та заходи щодо охорони праці та захисту навколишнього середовища.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СИЛОВІ ТРАНСФОРМАТОРИ,
АВТОИМАТИЧНІ ВИМИКАЧІ, РОЗПОДІЛЬЧА УСТАНОВКА, ВИСОКА
НАПРУГА, НИЗЬКА НАПРУГА

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ПРОЕКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ПРИ РОЗРОБЦІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОФІСНОГО ЦЕТРУ	12
1.1. Склад проектної документації та порядок її розробки.....	12
1.2. Основні вимоги, що пред'являються до роботи	15
1.3. Вихідні дані для виконання роботи та зміст роботи	16
1.4. Нормативно-технічна документація, що використовується при розробці	18
1.5. Загальні вимоги до системи електропостачання	20
1.6. Висновок	22
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ ТА ВИБІР СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ	24
2.1. Визначення розрахункових навантажень методом коефіцієнта попиту.....	24
2.2. Розрахунок потужності силових трансформаторів	28
2.3. Визначення категорії надійності електропостачання офісного центру	32
2.4. Вибір типу та марки силових трансформаторів.....	33
2.5. Розміщення силових трансформаторів та вимоги до місця установки	38
2.6. Розрахунок втрат потужності та енергії силового трансформатора.....	40
2.7. Висновок	41
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ ВИЩЕ 1 кВ.....	43
3.1. Основні положення	43
3.2. Вибір схеми мереж електропостачання 10 кВ	46
3.3. Вибір обладнання розподільчого пристрою 10 кВ	48
3.4. Технічний опис та розміщення КРП 10 кВ SM6.....	52
3.5. Розрахунок номінальних струмів силових вимикачів та вибір трансформатору струму	56
3.6. Висновок	58
РОЗДІЛ 4 ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ 0,4 кВ.....	59
4.1. Основні положення	59

4.2. Розрахунок та вибір шинопроводу для підключення РУ-0,4 кВ.....	66
4.3. Розрахунок та проектування розподільчого пристрою 0,4 кВ	68
4.4. Розрахунок конденсаторних установок	74
4.5. Висновок	75
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	Ошибка! Закладка не определена.
5.1. Вступ.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.2. Аналіз умов праці на робочому місці	Ошибка! Закладка не определена.
5.3. Розробка заходів з охорони праці	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.1. Штучне освітлення.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.2. Виробничий шум.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.3. Мікроклімат робочої зони.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.4. Пожежна безпека в розроблювальній роботі	Ошибка! Закладка не определена.
5.5. Висновок	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	Ошибка! Закладка не определена.
6.1. Енергозбереження та його наслідки.....	Ошибка! Закладка не определена.
6.2. Електрозбереження в електронній апаратурі.....	Ошибка! Закладка не определена.
6.3. Альтернативні джерела енергії.....	Ошибка! Закладка не определена.
6.4. Екологічно економічний ефект.....	Ошибка! Закладка не определена.
6.5. Утилізація комп'ютерів та оргтехніки	Ошибка! Закладка не определена.
6.6. Висновки.	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК БІБЛОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- СЕП – система електропостачання
- ТП – трансформаторна підстанція
- ГПП – головна понижувальна підстанція
- ЦРП – центральний розподільчий пункт
- ЛЕП – лінія електропередач
- НТД – нормативно-технічна документація
- ДСТУ – державний стандарт України
- ДБН – державні будівельні норми
- ГСТУ – галузеві стандарти
- СТП – стандарти підприємств
- ПУЕ – правила улаштування електроустановок
- КТП – комплектна трансформаторна підстанція
- ЗРУ – закрита розподільча установка
- ВН – висока напруга
- НН – низька напруга
- АВР – автоматичний вмикач резерву
- ЩВП – щит власних потреб
- ЦП – центр постачання
- РП – розподільчий пункт
- КРП – комплектний розподільчий пристрій
- РУ – розподільна установка
- ПЗВ – пристрій захисного відключення
- СББ – система блискавкозахисту будинку
- КЗ – коротке замикання
- СКЗ – струм короткого замикання

ВСТУП

Електропостачання передбачає забезпечення споживачів електричною енергією. На сьогоднішній день лише за умови надійного забезпечення якісною електроенергією можливе стабільне функціонування сучасного світу. На сьогоднішній день в світі створення матеріальних благ, які призначені для задоволення багатьох потреб людства, щільно пов'язаний з необхідністю виготовлення та експлуатації безлічі об'єктів, споруд, пристроїв тощо. Все це представляє собою штучні матеріальні комплекси. Їх особливість в тому, що вони не тільки створюються людиною, але й водночас прямо або опосередковано впливають на неї. Він може виявитися в будь-якому вигляді, наприклад, у вигляді викидів в атмосферу шкідливих речовин, погіршення екологічної обстановки, електромагнітних та радіаційних випромінювань тощо.

Помилки, допущені при проектуванні і конструюванні, важко, а іноді й неможливо виправити в процесі експлуатації без істотних капітальних вкладень. Помилки можуть призводити як і досить незначні наслідки, такі як нераціональні витрати сировини, матеріалів та енергоресурсів, так і можуть призвести до аварій, катастроф тощо.

Проектування – це процес розробки проектної документації. Проект (від лат. *Projectus* – кинутий вперед) є результатом інтелектуальної діяльності в сфері інформації, а виріб – виробничої діяльності в матеріальній сфері. Будівництво, реконструкція і розширення промислових об'єктів та їх інфраструктур (систем електропостачання, тепlopостачання тощо), виробництво нових виробів та впровадження сучасних технологій здійснюються на основі проектів. Інженерний проект – це зображення (модель) майбутнього устрою, об'єкта або системи, представлене в схемах, кресленнях, макетах, таблицях і описах, створених проектувальниками на основі розрахунків і зіставлення варіантів.

Порядок розробки проектної документації регламентується будівельними та нормативно-технічними документами.

Проект електропостачання (СЕП) – це сукупність електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електроенергією. До систем електропостачання входять мережі з напругами вище 1 кВ і нижче 1 кВ, які пов'язані між собою трансформаторними підстанціями. Електропостачання підприємств поділяється на зовнішнє і внутрішнє. До системи внутрішньої електропостачання входить комплекс електротехнічних споруд від точки приєднання до енергосистеми та до пункту прийому електроенергії споруди: до головної понижуючої підстанції або центрального розподільного пункту. Систем внутрішнього електропостачання – об'єкти підстанцій та комплексу мереж, що розташовані на території будівлі.

Наприклад, під час проектування електричної освітлення необхідно її розглядати як частину внутрішньої мережі, що зв'язана з системою внутрішнього електропостачання об'єкту, яка через систему зовнішнього електропостачання з'єднана з енергосистемою. Також необхідно враховувати вид трудової діяльності, умови навколишнього середовища. Враховується розстановка санітарно-технічного, технологічного устаткування. Все це безпосередньо впливає на конструктивне виконання і параметри електричної освітлювальної мережі.

Головне завдання дипломної роботи – це розробка проекту системи електропостачання. Він повинен відповідати діючій НТД в Україні. Вихідні дані для проекту: архітектурні креслення; техніко економічна показники офісного центру. Для покращення зручності та швидкості виконання роботи використовуються наступне програмне забезпечення: AutoCad, MathCad, Excel, Ecodial, CanCad, Rapsodie. Деякі програми також спрощують виконання креслень та частково виконують підбір необхідного електротехнічного обладнання.

РОЗДІЛ 1

ПРОЕКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ПРИ РОЗРОБЦІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОФІСНОГО ЦЕТРУ

1.1. Склад проектної документації та порядок її розробки

Проектна документація — затверджені текстові та графічні матеріали, якими визначаються містобудівні, об'ємно-планувальні, архітектурні, конструктивні, технічні, технологічні вирішення, а також кошториси об'єктів будівництва. [1] В свою чергу проектування – це певна послідовність дій, процес, в результаті якого створюється прототип необхідного об'єкту. Проекти бувають індивідуальні або ж типові. Часто в ході підготовки окремого проекту для індивідуального використання застосовують типові рішення, які використовують в різноманітних будівлях. Виходячи з специфіки задач, усі проектні рішення, що розроблюються, можна поділити на такі види:

- Нове будівництво;
- Модернізація, реконструкція, розширення існуючих об'єктів;
- Капітальний ремонт, відновлення, посилення будівель.

Проектна документація для будівництва повинна відповідати положенням законодавства, вимогам містобудівної документації, будівельних норм, стандартів та правил.

Проектна документація на будівництво об'єктів цивільного призначення та інженерної інфраструктури регламентує “Державні будівельні норми України” (ДБН).

Розробка проектної документації в будівельній діяльності, виконується на різних етапах робіт. Зазвичай цей процес переважно охоплює підготовчі етапи. Наприклад, під час початку нового будівництва забудовники зустрічаються з розробкою проектної документації ще під час етапу відведення земельної ділянки з земель державної або комунальної власності.

На підставі договорів, які укладені між замовниками і проектувальниками, виконуються проектні та вишукувальні роботи. Договір можна укласти на виконання передпроектних робіт, вишукувальних робіт та комплексу проектних робіт, окремих стадій або розподілу проекту. Розроблення проектної документації без інженерних вишукувань на нових земельних ділянках не допускається. Також не допускається при реконструкції об'єктів без уточнення раніше виконаних інженерних вишукувань. На підставі вихідних даних проектування здійснюється згідно законодавству України. Вихідні дані для виконання проектних робіт надає замовник, згідно відповідній стадії розробки, а також до початку виконання проектно-вишукувальних робіт. Проектувальник отримує замовлення на проектування об'єкта через замовника або за результатами архітектурного конкурсу чи тендерів, порядок проведення яких встановлений законодавством.

До вихідних даних відносяться:

- Архітектурно-планувальне завдання;
- Технічні умови інженерного забезпечення об'єкта;
- Вихідні дані від замовника згідно додатку А у ДБН (від 2014 р.);
- Завдання на проектування згідно додатку Б у ДБН (від 2014 р.).

Об'єкти нерухомості поділяються на п'ять категорій:

- До першої категорії відносять об'єкти не призначені для житла.

Наприклад трансформаторні будки, склади, гаражі та ін.;

- До другої категорії належать об'єкти призначені для житла до 50 осіб. До категорії відносять маленькі офісні будівля, приватні школи та садки, приватні житлові будинки, заміські будинки;

- В третю категорію входять об'єкти призначені до 300 осіб. В цю категорію входять багатоповерхові житлові будинки та офіси;

- Об'єкти четвертої категорії призначені для житла понад 300 осіб, з короткочасним перебуванням до 500 осіб. Це великі офісні споруди, залізничні вокзали, метро, торгові площі, школи та дитячі садки;

- П'ята категорія для об'єктів небезпечних для знаходження людей. Це атомні і теплові електростанції.

Стадії проектування

Для технічно нескладних об'єктів, також для об'єктів з використанням масового та повторного використання, що відносяться до I та II категорій здійснюється:

- В одну стадію – робочий проект;
- У дві стадії – для об'єктів виробничого призначення – техніко-економічний розрахунок, для об'єктів цивільного призначення – ескізний проект, для обох – робоча документація.

Розробка об'єктів III категорії складності складається у дві стадії: з проекту та робочої документації.

Об'єкти технічно складних IV та V категорій складності відносно містобудівних, архітектурних, екологічних та художніх вимог, впровадження нових будівельних технологій, конструкцій та матеріалів, інженерного забезпечення виконується в три стадії:

- Для об'єктів цивільного призначення – ескізний проект, для об'єктів виробничого призначення – техніко-економічне обґрунтування.

- Проект;
- Робоча документація.

Ескізний проект – ця стадія розроблюється для принципового визначення вимог до містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, функціональних рішень об'єкта, а також підтвердження можливості створення об'єкта.

Проект – ця стадія призначена для визначення наступних рішень об'єкта: містобудівної, архітектурної, екологічної, технічної, художньої, технологічної, а також для кошторисної вартості будівництва та техніко-економічних показників. Проект розроблюють на підставі завдання на проектування, вихідних даних. Також є підставою для розробки наступної стадії проектування, але тільки після погодження та підтвердження.

Робочий проект – стадія призначена для вирішення конкретних містобудівних, екологічних, художніх, архітектурних, технічних, технологічних та інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва, техніко-економічних показників та виконання будівельно-монтажних робіт. Робочий проект є інтегруючою стадією проектування і складається з наступних частин: затверджувальної та робочих креслень. Затверджувальна частина потребує погодження, експертизи та затвердження, робочі креслення розроблюються для будівництва об'єкту. Робочий проект проектується на підставі завдання на проектування та вихідних даних.

Робоча документація – ця стадія розроблюється на підставі затвердженої попередньої стадії.

Обов'язковій комплексній державній експертизі і погодженню з місцевими органами містобудування та архітектури підлягають усі вище наведені стадії, окрім робочої документації. Затвердженню підлягає тільки одна стадія, визначена в архітектурно-планувальному завданні.

1.2. Основні вимоги, що пред'являються до роботи

В роботі електропостачання приділяють увагу електричним мережам різних напруг. За допомогою мереж різних напруг здійснюється зв'язок електроприймачів з джерелами живлення. Суттєвий вплив на техніко-економічні показники СЕП впливає прийнята схема мережі. Вона встановлює параметри мережі та конфігурацію, також визначає розташування ліній та трансформаторних підстанцій.

Сучасна система електропостачання повинна відповідати таким основним вимогам нормативно-технічної документації і забезпечувати:

- належну якість електроенергії, показники якої повинні відповідати значенням встановлених в ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2010 [2];
- надійність відповідно до категорії електроприймачів;
- економічність – економічні та експлуатаційні витрати на мережу мають бути мінімальними, якщо вони забезпечують необхідну надійність електропостачання;

- можливість перспективного розширення мережі, збільшення пропускної здатності без суттєвих реконструкцій, з мінімальними втратами коштів;
- безпеку та зручність експлуатації;

Техніко-економічні показники електромережі істотно залежать від розробленої схеми. Вона визначає принцип з'єднання окремих складових частин і умов її резервування. Розробка таких частин як електрична, технологічна, будівельна повинні вестися взаємопов'язано. Неузгодженість дій проєктувальників може призвести до ускладнення під час прокладення різних комунікацій. Це може збільшити тривалість та складність монтажу, призвести до ускладнення умов експлуатації.

Під час розробки проєкту необхідно зважати на технологію електромонтажних робіт, зазвичай, вони виконуються в два етапи. Проєктувальникам-електрикам під час будівельної частини проєкту необхідно за завданням передбачати деталі і закладні частини, які необхідні для кріплення електрообладнання та прокладання проводів. До них входять: прорізи, борозни, канали, отвори тощо. Разом із застосуванням великоблокових електротехнічних апаратів та вузлів, повинно досить суттєво скорочувати терміни і підвищити якість електромонтажних робіт. Під час розробки системи електропостачання, потрібно передбачати можливість застосування типових рішень і впровадження сучасних рішень та сучасного обладнання, представленого виробником.

1.3. Вихідні дані для виконання роботи та зміст роботи

Електричні мережі будинків, споруд житлового-цивільного, комунального, промислового та іншого призначень, у необхідних випадках повинні буди розраховані окрім живлення власних електроприймачів та електроустаткування, також на живлення освітлення реклам, вітрин, зовнішнього освітлення, протипожежних установок, знаків безпеки, вогнів світлової огорожі, відповідно до завдання на початок розробки.

В ході розробки проводиться аналіз потужності електроприймачів, їх категорійність на напруги на якій вони працюють, також їх розташування. Визначаються групи приймачів електроенергії, та проектується чорновий варіант схеми електропостачання. На наступному етапі вирішується задача оптимального варіанту електричної мережі, порівнюють їх технічні та економічні показники.

Далі визначають технічні параметри при виборі електроустаткування. На даному етапі проектування виконується загальна розробка взаємозв'язків конструктивної частини, кабельних трас, технології монтажу тощо. За допомогою даних, що були отримані на даному етапі проводяться розрахунки з визначення параметрів системи електропостачання, також обирають обладнання для релейного захисту та автоматики.

На останньому етапі (завершальному) обирають необхідне обладнання, проводять техніко-економічні розрахунки з контролю якості та правильності прийнятих рішень.

Розробка систем електропостачання це складна задача, яку вирішують у НДІ та НПП. Не менш важливим але дещо простішим в плані підготовки спеціалістів є навчання розробка систем електропостачання, що обмежується розробкою її електротехнічної частини. Завдання на розробку та вихідні дані є підставою на виконання роботи. Проект електропостачання складається з пояснювальної записки та креслень.

Для виконання роботи необхідні наступні вихідні дані:

- Схематичний план району, в якому буде знаходитися об'єкт, який розробляється. Призначені для його електропостачання електричні мережі та трансформаторна підстанція, вказуються принципові схемі та параметри ТП, тип і перетин ліній електропередачі (ЛЕП). Також необхідно знати вимоги та вказівки енергопостачальної організації щодо компенсації реактивної потужності, релейного захисту тощо;
- Генеральний план з спорудами, будівлями, комунікаціями і погодженим ТП, розподільчими пунктами та трасами ЛЕП на ньому;

- Архітектурні плани офісного центру з інформацією про силове обладнання та освітлення;

Для розробки системи силового обладнання необхідні наступні вихідні дані:

- Схематичні плани об'єктів з розташованими в ньому технологічного, санітарно-технічного обладнання;

- Призначення, потужність, напруги, вимоги до управління автоматикою, комплектність електротехнічної складової, вимоги до керування автоматикою, надійності системи електропостачання;

- Дані про взаємозв'язок механізмів, агрегатів та установок;

- Відомості про джерела живлення;

- Настанови щодо резервування електропостачання, компенсацію реактивної потужності, обліку електроенергії тощо.

Для розробки системи електричного освітлення необхідні наступні вихідні дані:

- Схематичні плани і розрізи об'єкту з короткими відомостями про приміщення;

- Характеристика середовища і робіт, які виконуються в даних приміщеннях;

- Додаткові та спеціальні вимоги до освітлювального обладнання.

1.4. Нормативно-технічна документація, що використовується при розробці

Робота системи електропостачання офісного центру виконується з урахуванням актуальних вимог нормативно-технічної документації (НТД). Основні НТД в Україні:

- державні стандарти України (ДСТУ);

- державні будівельні норми (ДБН);

- галузеві стандарти (ГСТУ);

- технічні умови;

- державні класифікатори інформації;

- стандарти підприємств (СТП);

- керівні документи;
- технічний опис.

Основний НТД стандарт визначає технічну характеристику у виготовленні продукції: перелік показників її якості, необхідний рівень кожного із них, методи і засоби вимірювань, тестування тощо.

Стандартизацією називають певну діяльність, що має за мету досягнення оптимального ступеня впорядкування в певній галузі за допомогою встановлення положень для загального й багаторазового використання. Галузева стандартизація проводиться на рівні однієї конкретної галузі. Встановлені стандарти обов'язкові для використання всіма організаціями, установами і підприємствами України. Стандартизація допомагає в розробці і встановленні вимог, норм, правил, котрі забезпечують право на придбання товарів належної якості за прийнятною ціною, а також забезпечують право на безпечність і комфортність праці.

Термін морального старіння обладнання, механізмів та приладів дуже швидко скоротився. Основним критерієм зняття з виробництва виробу є економічні переваги виробництва й експлуатації нового виробу того ж самого призначення, але за кращими технічними можливостями та іншими якостями. Саме з цієї причини стандарти повинні вдосконалюватися.

Головною метою стандартизації є створення системи НТД, яка буде встановлювати прогресивні вимоги до продукції, яка виготовляється для задоволення потреб господарської діяльності, населення та оборони держави.

Існують наступні види стандартів:

- Обов'язкові чи рекомендованим технічним документом, який дає характеристику якості матеріалів, виробів, методів їх вироблення, понять, умовних позначень тощо;
- Основною одиницею чи фізичною константою;
- Будь-яким предметом для фізичного порівняння.

Державним стандартам прирівнюються державні будівельні норми та правила, державні класифікатори техніко-економічної та соціальної інформації.

Галузеві стандарти України розробляють у разі відсутності таких у ДСТУ. Також їх можуть розробляти за потребою у встановлені вимог, котрі перевищують або доповнюють вже існуючі державні стандарти. Вони не повинні суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ. Стандарти ГСТУ обов'язкові для всіх підприємств даної галузі, і обов'язкові для інших підприємств котрі використовують або застосовують продукцію даної галузі.

Стандарти підприємств створюють для продукції, яку виготовляють і застосовують лише на конкретному підприємстві. Вони не повинні суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ і ГСТУ. Об'єктами стандартів підприємств є складові продукції, технологічне оснащення, технологічні процеси, процеси та управління виробництвом. На підставі міжнародних угод про співробітництво, СТП можуть використовуватися як міжнародні, регіональні та державні стандарти.

Технічний опис – документ, який містить опис на конкретний вид продукції, особливостей її виготовлення, перелік та витрату основних і допоміжних матеріалів, вказує порядок виробництва найпростіших товарів.

Технічні умови – нормативний документ, який встановлює вимоги до продукції, що випускається. Технічні умові завжди є частиною внутрішньої документації підприємства з випуску продукту або надання послуг. ТУ необхідні в разі відсутності на продукцію в ДСТУ, ГСТУ або інших стандартів; в разі якщо існуючі стандарти не підходять підприємству з яких-небудь причин.

Державні класифікатори систематизують різноманітну інформацію, що забезпечує єдність понять, які використовуються для опису процесів.

Керівні документи доповнюють і розширюють вже існуючі норми та стандарти, містять вимоги та інструкції для проектування, улаштування та застосування.

1.5. Загальні вимоги до системи електропостачання

Система електропостачання – комплекс пристроїв для передачі і розподілення електричної енергії від джерела живлення до приймачів.

До системи електропостачання пред'являються наступні вимоги:

- надійність;
- якість електроенергії;
- безпека обслуговування системи;
- уніфікованість;
- економічність (енергоефективність та енергозбереження);
- гнучкість;
- наближеність джерел до споживачів.

Безпечне живлення споживачів електроенергією є однією із найважливіших задач розробки та подальшої експлуатації систем електропостачання. В залежності від категорії споживачів, перерви в електропостачанні об'єктів, можуть призвести до різних небажаних наслідків, значного матеріального збитку тощо.

Режим роботи електричної енергії та електростанцій повністю залежить від споживання електроенергії.

Основні характеристики споживачів зі сторони погляду електропостачання:

- Сумарна потужність встановлених електроприймачів;
- Режим роботи електроустаткування;
- Вимоги до безперебійності.

Схема електропостачання повинна забезпечувати якість електричної енергії у нормальних умовах експлуатації відповідно до ДСТУ EN 50160:2014 “Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення” (далі – ДСТУ EN 50160:2014).

Якість електричної енергії – це сукупність властивостей, які визначають дію на електрообладнання, прилади та апарати, що оцінюється показниками якості електроенергії. Показники якості характеризують рівень електромагнітних перешкод у СЕП за частотою, діючому значенні напруги, форми його кривої, симетрії та імпульсом напруги. Погіршення якості електричної енергії у системі електропостачання зумовлено технологічним процесом виробництва, передачею, розподілом та споживанням електричної енергії. Електромагнітна сумісність електричних мереж, досягається дотриманням встановлених норм якості

електроенергії на електропостачальних організаціях та електричних мереж споживачів електроенергії.

Покращення якості електроенергії досягають наближенням джерел живлення і застосуванням підвищених напруг в живильних та розподільчих мережах; зменшенням реактивного опору елементів схеми від джерел до електроприймачів; включенням вторинних обмоток трансформатора на паралельну роботу, котрі живлять різко змінні навантаження тощо.

1.6. Висновок

В даному розділі розглянуто необхідні підходи і відомості для початку розробки електричної частини роботи.

Проект електропостачання роботи розроблюється за допомогою наступних вихідних даних:

1. архітектурно-будівельного розділу;
2. завдання суміжних розділів;
3. концепції пожежної безпеки комплексу.

Робота розроблюється відповідно з чинними в Україні нормативно-технічними документами:

- ПУЕ 2010 (Правила улаштування електроустановок);
- ДБН В.2.5-23-2010 “Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення”;
- ДБН В.2.5-27-2006 “Захисні заходи електробезпеки в електроустановок-будівництва будівель і споруд”;
- ДБН В.2.5.-28-2018 “Природне і штучне освітлення”;
- ДНАОП 0.00-1.32-01 “Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок” (або НПАОП-40.1-1.32-01);
- ДСТУ Б В.2.5-38: 2008 “Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд”;
- ДБН В.1.1-7-2016 “Пожежна безпека об'єктів будівництва”;

- ДБН В.2.2-9:2018 “Громадські будинки та споруди. Основні положення”;

Електрообладнання, яке використовується в даній роботі, відповідає вимогам забезпечення підвищеної експлуатаційної надійності, експлуатаційних витрат, мінімальної площі розміщення та енергозбереження.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ ТА ВИБІР СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

2.1. Визначення розрахункових навантажень методом коефіцієнта попиту

Розрахункове навантаження визначає необхідні технічні характеристики елементів електромережі: перерізи і види та марки провідників, потужності й типи трансформаторів. Перевищення очікуваних навантажень споживачами призводить до перевитрат провідів і кабелів, завищення потужності трансформаторів. Зменшення, в свою чергу, призводить до зайвих витрат в мережі, перегріву провідників і трансформаторів, тепловому зносу та скороченню нормального терміну їх роботи. В обох випадках наведені можливі економічні витрати, що є результатом неправильно визначених розрахункових навантажень. Тому під час розробки електричні навантаження бажано визначати точніше.

Внаслідок недостатньої повноти, точності і вірогідності вихідної інформації про будь-які випадкові фактори, що формують навантаження, не можуть бути визначені з високою точністю. При визначенні розрахункових навантажень припустимими помилки вважають $\pm 10\%$.

Визначення електричних навантажень входить до першого етапу розробки системи електропостачання. Перший етап необхідний для вибору та перевірки трансформаторів на температурні відхилення, розрахунку відхилень і коливань напруги тощо.

Коефіцієнтом попиту називають відношення суміщеного максимуму навантаження приймачів електроенергії до їх сумарної встановленої потужності.

$$K_{\text{п}} = \frac{\sum P_{\text{max}}}{\sum P_{\text{ном}}} \quad (2.1)$$

де $P_{\text{ном}}$ – потужність електроспоживача, що зазначена в таблиці або його паспорті. При тривалій роботі електроспоживачів номінальна активна потужність

$P_{\text{ном}} = P_{\text{уст}}$, електроприймачі з повторно-короткочасним режимом роботи в паспорті, вказують потужність $P_{\text{пасп}}$ при певній тривалості роботи включення ПВ в частках одиниці.

Розрахунок навантаження офісного центру виконується згідно з ДБН В.2.5-23:2010 “Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення”

$P_{\text{ос.з}}$ – розрахункове навантаження кабельних ліній, які живлять освітлення офісного центру, визначається за формулою:

$$P_{\text{ос.р}} = P_{\text{ос.р.ус}} * K_{\text{поп.ос.р}} \quad (2.2)$$

де $P_{\text{ос.р.ус}}$ – встановлена потужність робочого освітлення, кВт;

$K_{\text{поп.ос.р}}$ – коефіцієнт попиту освітлення, який залежить від встановленої потужності. Коефіцієнти попиту для розрахунку навантажень робочого освітлення мережі слід обирати за таблицею 3.7 [3].

Таблиця 2.1 [3]

Коефіцієнти попиту для розрахунку навантажень робочого освітлення мережі

Організації підприємства та установи	$K_{\text{поп.ос.р}}$ – залежно від встановленої потужності робочого освітлення, кВт							
	10	15	25	50	100	200	400	>500
Організації і установи управління, адміністративні будинки пром підприємств, установи фінансування, кредитування і страхування, загальноосвітні школи, спеціальні навчальні заклади, навчальні корпуси профтехучилищ, підприємства побутового обслуговування, торгівлі, перукарні	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Примітка. Коефіцієнт попиту для встановленої потужності робочого освітлення, не зазначеної у таблиці, визначається інтерполяцією.								

Розрахункова навантаження силових ліній живлення і вводів $P_{\text{сил}}$ визначається за формулою:

$$P_{\text{сил}} = P_{\text{елп.ус}} * K_{\text{поп.сил}} \quad (2.3)$$

де $P_{елп_{ус}}$ – установлена потужність електроприймачів (крім протипожежних і резервних пристроїв), кВт;

$K_{поп_{сил}}$ – розрахунковий коефіцієнт попиту.

Коефіцієнти попиту для розрахунку навантаження вводів і ліній силових електричних мереж слід визначати за таблицями 2.2 і 2.3 [3].

Таблиця 2.2 [3]

Коефіцієнти попиту для розрахунку навантаження вводів і силових ліній мереж

Лінії до силових електроприймачів	$K_{поп_{сил}}$ приймається при кількості працюючих електроприймачів	
	до 5	5 та більше
Будівель (приміщень) управління, проектних і конструкторських організацій (без харчоблоків), готелів (без ресторанів), продовольчих і промтоварних магазинів, загальноосвітніх шкіл, спеціальних навчальних закладів і професійно-технічних училищ (без харчоблоків)	згідно з табл. 2.3	згідно з табл. 2.3
Сантехнічного і холодильного обладнання, холодильних установок систем кондиціонування повітря	згідно з табл. 2.3	згідно з табл. 2.3
Пасажирських і вантажних ліфтів, транспортерів	згідно з 3.11 і табл. 3.5 [3]	згідно з 3.11 і табл. 3.5 [3]
<p>Примітка 1. Розрахункове навантаження повинне бути не меншим ніж потужність найбільшого з електроприймачів.</p> <p>Примітка 2. Коефіцієнт попиту для одного електроприймача приймають таким, що дорівнює 1.</p> <p>Примітка 3. Коефіцієнти попиту для кількості працюючих електроприймачів, не зазначених в таблиці, визначають інтерполяцією.</p>		

Таблиця 2.3 [3]

Коефіцієнти попиту для розрахунку навантаження вводів і силових ліній мереж

Кількість електроприймачів теплового устаткування підприємств громадського харчування і харчоблоків, підключених до даного елемента мережі	2	3	5	8	10	15	20	30	Від 60 до 100	Більше 125
$K_{\text{попсил}}$ для технологічного обладнання	0,90	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	0,45	0,40	0,30	0,25
Примітка 1. Коефіцієнти попиту для ліній, що живлять окремо механічне, холодильне чи сантехнічне устаткування, а також ліфти, підйомники тощо, приймаються за таблицею 2.3.										

Через відсутність повної інформації про електроспоживачів офісного центру, для виконання орієнтовних розрахунків електричних навантажень використовується таблиця 2.4 [3]

Таблиця 2.4 [3]

Дані для орієнтовних розрахунків електричних навантажень

Об'єкти будівництва	Одиниця вимірювання	Питоме навантаження	Розрахункові коефіцієнти	
			потужності $\cos\varphi$	реактивного навантаження $\text{tg}\varphi$
Будівлі (приміщення) для науково-дослідних установ, проектних, управлінських, громадських організацій та культових будинків та споруд, адміністративні будинки промпідприємств:	кВт на м ² корисної площі	0,055	0,85	0,62
а) з кондиціонуванням повітря;				
б) без кондиціонування повітря		0,04	0,90	0,48

Електроспоживачі слід розбивати на групи відповідно за їх характеристиками. Таблиця розрахунку електричних навантажень 2.5, формується за допомогою використання формули 2.1.3, техніко-економічних показників та інформацію від суміжних інженерних відділів.

Таблиця 2.5

Таблиця розрахунку електричних навантажень

№	Споживач	Кіл/ площа, шт/м ²	$P_{\text{пит}}$ Вт/м ²	$K_{\text{поп}}$	$\cos\varphi$	$P_{\text{розр}}$, кВт	$Q_{\text{розр}}$, квар	$S_{\text{розр}}$, кВА
1	Офісні приміщення	1355,00	46,00	1,00	0,90	61,80	29,93	68,67
2	Загальні зони	882,00	9,5	1,00	0,92	8,27	3,52	8,99
3	Система кондиціонування	2196,00	10,00	1,00	0,85	21,96	13,61	25,84
4	Система вентиляції	2196,00	25,00	1,00	0,85	54,90	34,02	64,59
5	Тепловий пункт	1,00	45,00	0,80	0,85	6,50	4,03	7,65
6	Насосна	1,00	15,00	0,80	0,85	2,50	1,55	2,94
7	Система безпеки	1,00	30,00	1,00	0,85	6,00	1,97	6,32
	Всього				0,88	161,93	88,64	184,98

Розрахована повна потужність офісного центру дає можливість переходити на наступний етап розробки. На наступному етапі потрібно обрати схему електропостачання та силові трансформатори.

2.2. Розрахунок потужності силових трансформаторів

Надійність системи електропостачання повинна відповідати характеру електроспоживачів, які від неї живляться. В правилах улаштування електроустановок (ПУЕ) електроприймачі виділяють на 3 категорії:

- I категорія – електроприймачі, перерва в роботі яких може викликати небезпеку для життя людей, значні матеріальні збитки споживачам електроенергії, розклад складного технічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства;
- II категорія – електроприймачі, переривання електропостачання яких може призвести до масового недовипуску продукції, масових простоїв

робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів;

- III категорія – електроприймачі які не підходять під визначення I та II категорій.

Електроприймачі першої категорії потрібно забезпечити електроенергією від двох незалежних джерел живлення. В разі порушення електропостачання перерва від одного джерела живлення можна допускати на час автоматичного відновлення електроенергії. Перемикання джерел живлення повинно бути здійсненим за мінімально короткий термін, бажано не змінюючи режим роботи обладнання споживачів. Для особливої групи електроприймачів I категорії передбачається додаткове живлення від третього незалежного взаєморезервуючого джерела живлення. Так само як і друге незалежне джерело живлення, для третього можуть бути використані місцеві електростанції, агрегати безперебійного живлення, акумуляторні батареї тощо.

Електроприймачі другої категорії повинні бути забезпечені електроенергією двома незалежними взаєморезервуючими джерелами живлення. Для другої категорії допустим часом переривання електропостачання, є час необхідний для увімкнення резервного живлення черговим персоналом або виїзної оперативної бригади.

Електропостачання для третьої категорії може здійснюватися від одного джерела живлення, за умови що час ремонту або заміни пошкоджених елементів, не перевищує одну добу.

В Україні правила будови електроустановок щодо відношення забезпечення надійності електропостачання виконуються згідно з ПУЕ та ДБН В.2.5-23:2010. Згідно з таблицею 2.6 [3] необхідно визначити категорію надійності електропостачання даної роботи, та його окремих компонентів.

Категорії надійності електропостачання

Назва будівлі (будинку, споруди, приміщення) та електроприймачів	Категорія надійності електропостачання
Будинки установ, організацій, офісів за чисельності працюючих понад 2000 осіб незалежно від кількості поверхів: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
Будинки установ, організацій, офісів заввишки до 16 поверхів включно за чисельності працюючих від 50 до 2000 осіб включно;	II
Будинки установ, організацій, офісів за чисельності працюючих до 50 осіб включно незалежно від кількості поверхів (крім будинків установ органів управління обласного, міського та районного значення, які належать до II категорії);	III
Дахові котельні, котельні, прибудовані до житлових будинків, і котельні, вбудовані в громадські будинки та споруди (згідно зі Зміною № 1 СНиП II-35): електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
решта електроприймачів:	
- у котельних II категорії надійності відпуску тепла споживачам;	II
Теплові пункти (бойлерні): що обслуговують житлові будинки заввишки до 16 поверхів включно.	II

Згідно до таблиці 2.6 дана робота електропостачання підходить до II категорії надійності. Тому згідно з п. 2.6 в ДБН В.2.5-23:2010 [3], рекомендується здійснювати від двох незалежних взаєморезервованих джерел. Допускається перерва в електропостачанні на час, необхідний для вмикання резервного живлення черговим персоналом чи виїзною оперативною бригадою. За незалежні джерела живлення обрано два трансформатори, кожен з яких живить свою секцію збірних шин 0,4 кВ. Між секціями буде встановлено апарат вводу резервного електропостачання. Такий метод встановлення дає можливість переключити секцію на якій немає напруги на резервний трансформатор. Далі необхідно розподілити навантаження електроприймачів на дві секції збірних шин. Для цього навантаження з таблиці 2.5

розподіляється на 2 плеча, кожне з них буде мати власне джерело живлення – силовий трансформатор. Результати з кожною секцією збірних шин вказуються в таблицях 2.7 та 2.8.

Таблиця 2.7

Навантаження електроприймачів на першій секції збірних шин

№	Споживач	Кіл/ площа, шт/м ²	$P_{пит}$ Вт/м ²	$P_{уст}$	$K_{поп}$	$cos\varphi$	$P_{розр}$, кВт	$Q_{розр}$, квар	$S_{розр}$, кВА
1	Офісні приміщення	312,57	53,75	16,80	1,00	0,90	16,80	8,14	18,67
2	Офісні приміщення	312,57	54,71	17,10	1,00	0,90	17,10	8,28	19,00
3	Офісні приміщення	360,49	37,45	13,50	1,00	0,90	13,50	6,54	15,00
4	Офісні приміщення	369,39	38,98	14,40	1,00	0,90	14,40	6,97	16,00
1	Загальні зони	245,72	9,77	2,40	1,00	0,92	2,40	1,02	2,61
2	Загальні зони	245,72	7,62	1,87	1,00	0,92	1,87	0,80	2,03
3	Загальні зони	195,72	9,75	1,91	1,00	0,92	1,91	0,81	2,07
4	Загальні зони	195,17	10,70	2,09	1,00	0,92	2,09	0,89	2,27
1	Система вентиляції	2196,00	10,00	21,96	1,00	0,85	21,96	13,61	25,84
	Компенсована потужність*							50	
	Всього (I з.ш.)	2196,00		92,03	1,00	0,90	92,03	47,06	103,49

Таблиця 2.8

Навантаження електроприймачів на другій секції збірних шин

№	Споживач	Кіл/ площа, шт/м ²	$P_{пит}$ Вт/м ²	$P_{уст}$	$K_{поп}$	$cos\varphi$	$P_{розр}$, кВт	$Q_{розр}$, квар	$S_{розр}$, кВА
1	Система кондиціонування	2196,00	25,00	54,90	1,00	0,85	54,90	34,02	64,59
-1	Технічні приміщення	779,00	10,00	2,33	0,30	0,90	2,33	1,13	2,59
-1	Тепловий пункт	1,00	45,00	6,50	0,80	0,85	6,50	4,03	7,65
1	Насосна	1,00	15,00	2,50	0,80	0,85	2,50	1,55	2,94
1	Система безпеки	1,00	30,00	6,00	1,00	0,95	6,00	1,97	6,32
	Компенсована потужність*							45	
	Всього (II з.ш.)	2196,00		72,23	0,78	0,88	72,23	42,70	84,08
	Всього по офісному центру:	2196,00		184,9 8	0,92	0,89	161,93	88,64	184,98

*Розрахунки потужності установок компенсації енергії проведені в розділі 4.

2.3. Визначення категорії надійності електропостачання офісного центру

Потужність трансформаторів повинна бути такою, щоб при виході з роботи одного, інший трансформатор з урахуванням допустимого міг би перейняти на себе навантаження усіх споживачів. Електропостачання роботи буде виконуватися від трансформаторної підстанції в режимі 10/0,4 кВ.

Втрати в мережах 0,4-110 кВ у великих і середніх силових трансформаторах в режимі холостого ходу може досягати 40%, а в малих від 2 до 10%, що переважно живлять комунально-побутові споживачі. Допускається під час розробки СЕП обирати потужність трансформаторів по умовам аварійних перевантажень, які визначені для попереднього навантаження трансформаторів, не перевищуючий $0,8 S_{T.ном}$

Потужність силового трансформатора можна обирати знаючи значення $S_{тр}$, це повна потужність силового трансформатора, кВА:

$$S_{тр} \geq S_{розр} \quad (2.4)$$

де $S_{розр}$ – повна розрахункова потужність електроприймачів підключених до силового трансформатору.

Беручи дані з таблиці 2.5 та номінальні значення потужності силових трансформаторів в формулу 2.4, отримано наступні значення:

$$S_{тр1} \geq 103,49 \text{ кВА для першої секції збірних шин};$$

$$S_{тр2} \geq 84,08 \text{ кВА для другої секції збірних шин}.$$

Приймаємо потужності силових трансформаторів $S_{тр1} = S_{тр2} = 160 \text{ кВА}$.

Оптимальне значення коефіцієнтів завантаження:

$$K_{зн} = 0,6 - 0,8, K_{за} = 1,1 - 1,4$$

Наступним розраховують коефіцієнт завантаження силових трансформаторів у нормальному режимі:

$$K_{зн} = \frac{S_{розр}}{n * S_{тр}} \quad (2.5)$$

$$K_{зн} = \frac{184,98}{2 * 160} = 0,61$$

Далі визначають коефіцієнт завантаження силових трансформаторів у аварійному режимі:

$$K_{\text{за}} = \frac{S_{\text{розр}}}{n * S_{\text{тр}}} \quad (2.6)$$

$$K_{\text{за}} = \frac{184,98}{1 * 160} = 1,15$$

В аварійному режимі, коефіцієнт завантаження допустимий при експлуатації силових трансформаторів.

2.4. Вибір типу та марки силових трансформаторів

В п. 2.11 ДБН В.2.5-23:2010 [3] вказано, що у громадських будинках та спорудах іншого призначення дозволяється розташовувати вбудовані, прибудовані і дахові ТП, комплектних розподільчих підстанціях (КТП), закритих розподільчих установках (ЗРУ) напругою до 10 кВ включно. Також в наступному п. 2.12 ДБН В.2.5-23:2010 [3] зазначено: Розміщувати масляні трансформатори у вбудованих і прибудованих ТП, КТП, ЗРУ забороняється.

Виходячи з вимог вказаних вище, ТП буде прибудованого типу, розташована позаду офісного центру. Використовуватися для електропостачання об'єкту будуть силові трансформатори сухого типу з вводами з ізоляцією із суміші епоксидної смоли та кварцового порошку. Потужність кожного 160 кВА.

Умови експлуатації

- Максимальна температура навколишнього середовища
- Середньодобова температура навколишнього середовища
- Середньорічна температура навколишнього середовища



Рис 2.1 Силовий трансформатор марки Geafol

Загальні характеристики трансформатора

- Виробник – Siemens
- Найменування – Geafol
- Модель Geafol __ кВА 10/0,4 кВ, IP 00
- Тип установки – внутрішня
- Матеріал ВН обмотки – алюміній
- Матеріал НН обмотки – алюміній
- ВН/НН – 10/0,4 кВ
- Частота – 50 Гц
- Спосіб охолодження – природне повітряне\примусове повітряне

(AN\AF)

- Ступінь захисту – IP 00

Електротехнічні параметри трансформатора

- Номінальна потужність – 160 кВА

- Номінальна напруга – 10 кВ
- Випробувальна напруга промислової частоти – 28 кВ
- Напруга холостого ходу обмотки НН – 400 В
- Частота – 50 Гц
- Спосіб і діапазон регулювання напруги – ПБВ $\pm 2 \times 2,5\%$
- Схема і група з'єднань обмоток – $\Delta/Y_n - 11$
- Втрати напруги холостого ходу – 400 Вт
- Втрати напруги КЗ – 2,75 кВт
- Напруга КЗ – 6 %
- Струм КЗ – 1,3 %
- Рівень шуму, акустична потужність L_{wa} – 54
- дБ (А) акустичний тиск L_{pa} на дальності в 1м – ___

Умови експлуатації

- Температура навколишнього середовища -25..+40 (° C);
- Висота над рівнем моря, не більше – 1000 (м);
- Відносна вологість повітря – не більше 80% при температурі в +25 (° C).

Трансформатор Geofol – це сухий трифазний трансформатор з обмоткою високої напруги з алюмінієвої фольги. Даний тип обмотки поєднує в собі простоту намотки з високим рівнем надійності. Ізоляція в такий обмотці піддається впливу меншої напруги, ніж в обмотках іншого типу. Ізоляція складається з компаунду епоксидної смоли та кварцового наповнювача. В результаті обмотки не потребують технічного обслуговування, вони вологостійкі, стійкі до загоряння та мають властивості самозагасання.

Трансформатори типу Geafol відповідають вимогам VDE 0532/IEC 60076-11. Також вони можуть виготовлятися з урахуванням стандартів конкретної країни.

Для температурного контролю трансформатору можуть бути використані термістори типу РТС або РТ 10 і капілярний термометр. Відстежується температура обмоток ВН та в деяких випадках відстежується температура магнітопроводу. Усі

трансформатори даної марки, як мінімум, забезпечені термістором типу РТС для використання його в цілях відключення. (Рис 2.2)

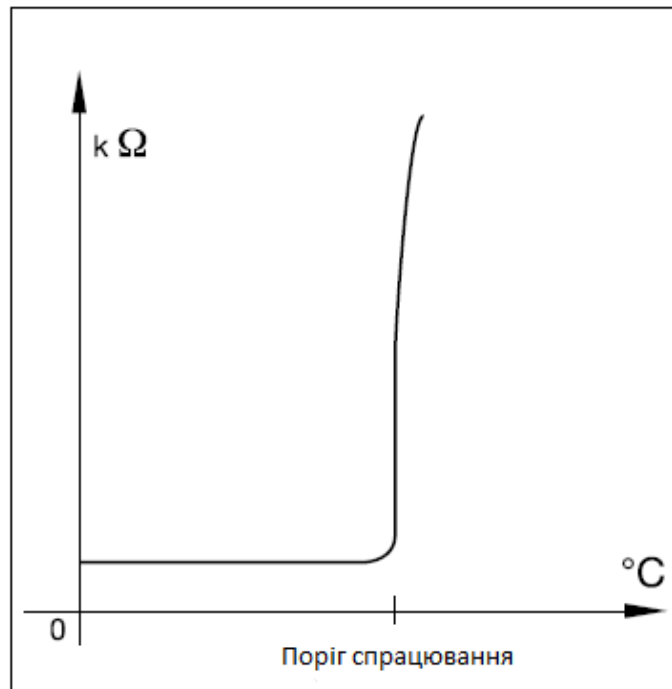


Рис.2.2. Характеристика термістора РТС

У випадку трифазного трансформатора система складається з трьох термісторів, з'єднаних послідовно. (Рис 2.3) В відповідності з DIN необхідно використовувати пристрій відключення, також по датчику на кожен фазу.

При досягненні певної температури відбувається ступінчата зміна опору и внаслідок цього спрацьовує контакт пристрою відключення. При зниженні температури обмоток на шість градусів нижче допустимої температури, контакт повернеться у вихідне положення. Система контролю виконана відказобезпечною та має захист від обриву в ланцюгу термісторів.

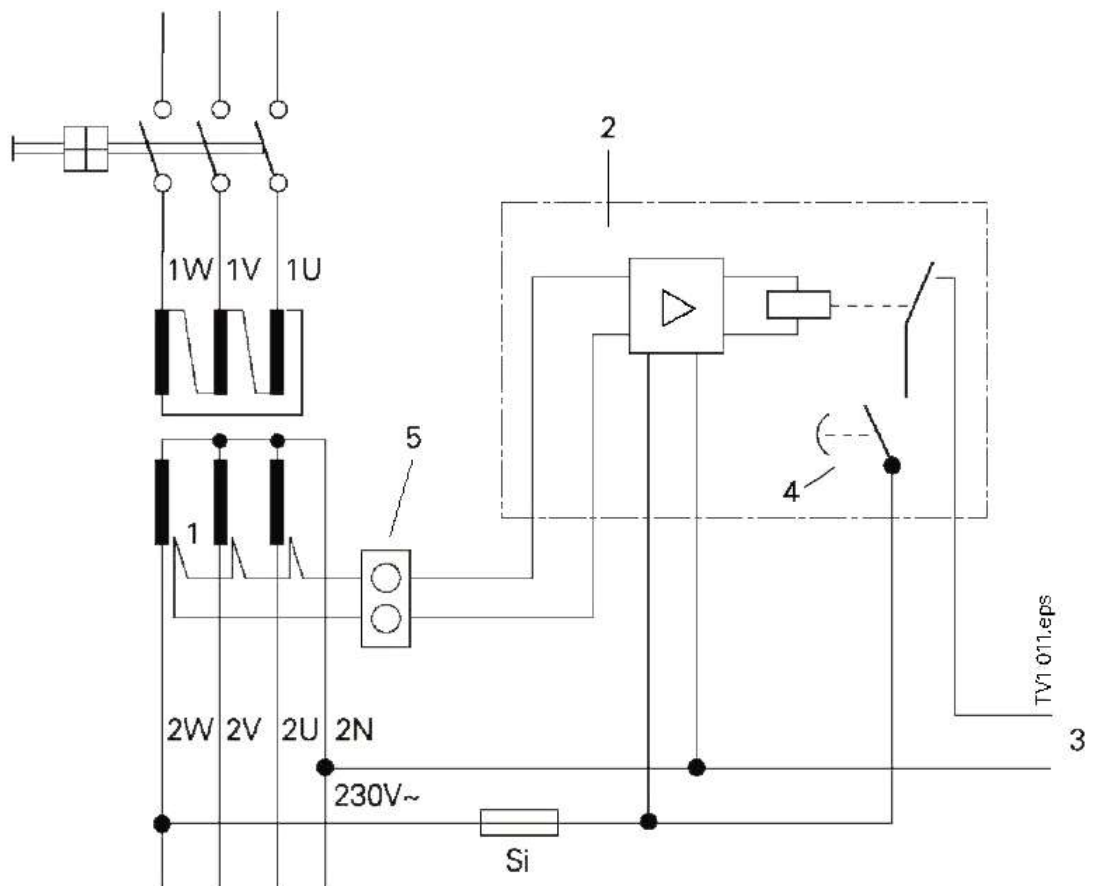


Рис 2.3 Система контролю температури

Де:

1. Термістор типу РТС;
2. Пристрій відключення;
3. Сигнал або відключення;
4. Контакт реле часу;
5. Клема на трансформаторі.

Коли для контролю температури використовуються дві системи термісторів, то одна слугує для сигналізації, а інша для відключення. Температури спрацювання цих систем відрізняється на 20 градусів. Також ще одна система може керувати вентилятором. Допустима температура навколишнього середовища для пристроїв відключення дорівнює 55°C .

2.5. Розміщення силових трансформаторів та вимоги до місця установки

Розміщення та установка силових трансформаторів виконується згідно до розділу 2 [4] та главою 4.2 [5], за рекомендаціями виробника.

Основні вимоги до розташування трансформаторів:

- Виконання в роботі вентиляції приміщення де розташований трансформатор, який необхідний для розсіювання тепла від силового трансформатору;
- Дотримання мінімальних відстаней до стін чи інших об'єктів;
- Забезпечення необхідного доступу до контактних площадок та регулюючих відпайок;
- Встановлення трансформаторів поза зоною з ризиком затоплення;
- Транзит інженерних систем через камеру трансформаторів заборонений, крім випадків які описані в главі 4.2 [5].

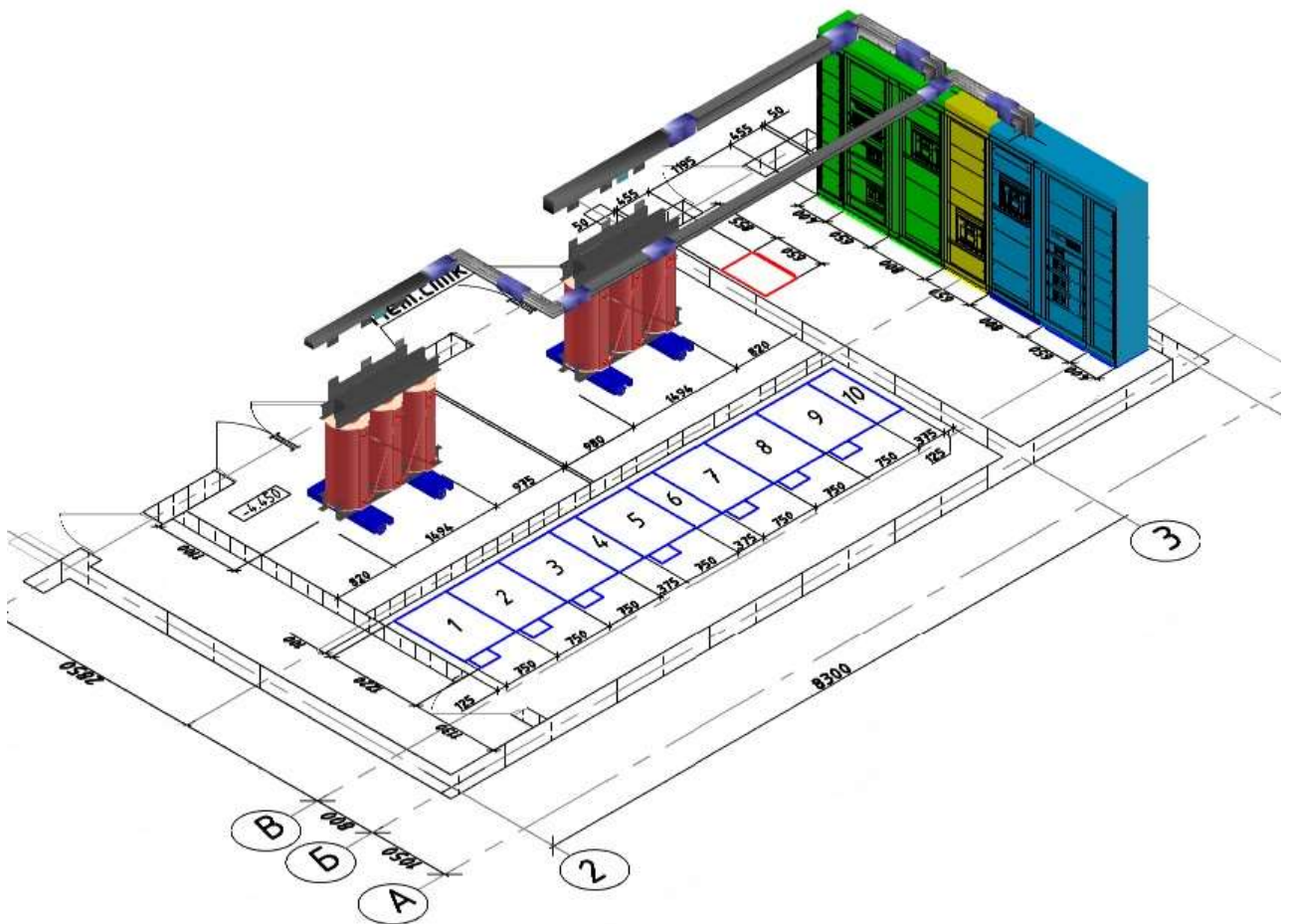


Рис 2.4. План розташування електрообладнання ТП

Підключення кабелів зі сторони ВН до трансформатора виконується зверху до верхньої частини. Кріплення кабелів і шин повинно бути виконано без механічних напруг в точках приєднання та на роз'ємах. Відстань між кабелями або шинами і поверхнею обмотки ВН повинно бути не менше 120мм, приєднання на плоскій панелі високовольтної сторони включно, де мінімальний зазор визначається конструкцією затискачів ВН.

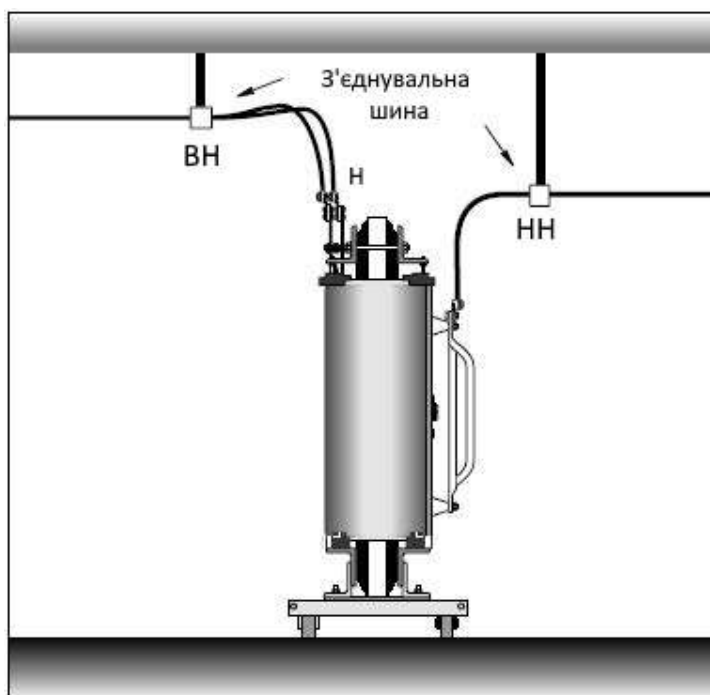


Рис 2.5. Стандартне приєднання кабелів ВН зверху

Для забезпечення необхідного охолодження трансформатора в приміщенні трансформатору необхідна організація вентиляційної системи. Оптимальне для охолодження трансформатора система вентиляції включає в себе розташовані на протилежних сторонах відсіку нижній впускний отвір, з площею S та верхній випускний отвір з площею S' . Недостатня циркуляція повітря зменшує тривалу та короткочасну здатність роботи при перевантажуванні трансформатора.

Визначення висоти розташування та площі вентиляційних отворів:

$$S = \frac{0.18 * P}{\sqrt{H}} = \frac{0.18 * 3.2}{\sqrt{2.8}} = 0.35 \text{ м}^2 \quad (2.7)$$

$$S' = 1.10 * S = 1.10 * 0.35 = 0.39 \text{ м}^2 \quad (2.8)$$

Де S – площа отвору впускання повітря, м^2 ;

S' – площа отвору випуску повітря, м^2 ;

P – сумарні втрати трансформатора, кВт, при 120 °С;

H – висота розташування випускного отвору по відношенню до впускного, м.

Формула дійсна для середньої температури навколишнього середовища в +20 °С, висоти над рівнем моря до 1000 м.

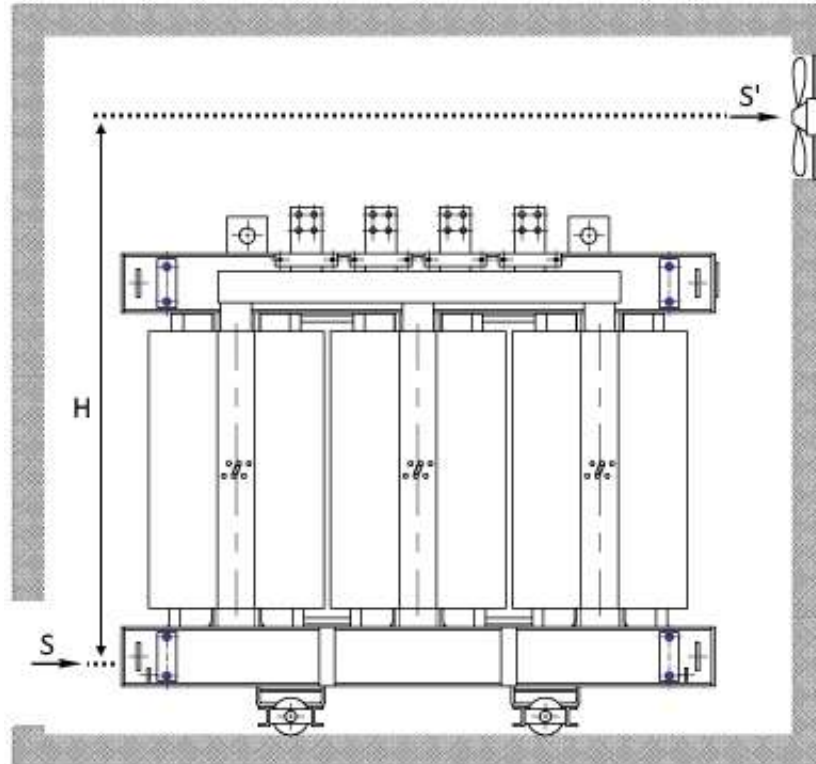


Рис 2.6. Примусова вентиляція

В роботі передбачена примусова вентиляція, в приміщенні вона необхідна в випадках перевищення температури навколишнього середовища, в приміщеннях з малою або поганою вентиляцією і при частих перевантаженнях. Вентилятор може керуватися термостатом і може бути встановлений у верхній частині приміщення. Рекомендована продуктивність вентилятору, м³/с, при 20 °С дорівнює $0,1 * P$, де P – сумарні втрати трансформатору, кВт.

2.6. Розрахунок втрат потужності та енергії силового трансформатора

Визначення втрат активної потужності в трансформаторі:

$$\Delta P_T = \Delta P_{ст} + \Delta P_{об} * K_3^2 = 0.4 + 2.75 * 0.6^2 = 1.42 \text{ кВт} \quad (2.9)$$

$$\Delta P_{ст} \approx \Delta P_{хх} = 0,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{об} \approx \Delta P_{кз} = 2,75 \text{ кВт}$$

Визначення втрат реактивної потужності в трансформаторі:

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{ст} + \Delta Q_{рас} * K_3^2 = 2.08 + 9.6 + 0.61^2 = 5.65 \text{ квар}, \quad (2.10)$$

$$\Delta Q_{ст} \approx i_{xx} * S_{н.т} * 10^{-2} = 1,3 * 160 * 10^{-2} = 2.08 \text{ квар}, \quad (2.11)$$

$$\Delta Q_{об} \approx u_{xx} * S_{н.т} * 10^{-2} = 6 * 160 * 10^{-2} = 9.6 \text{ квар}. \quad (2.12)$$

Визначення повних втрат потужності в трансформаторі:

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{1,42^2 + 9,6^2} = 5.83 \text{ кВА}. \quad (2.13)$$

Визначення активної енергії в трансформаторі:

$$\Delta W_{ат} = \Delta W_{ст} + \Delta W_{об} = \Delta P_{xx} * t + \Delta P_{кз} * K_3^2 * \tau \quad (2.14)$$

$$\Delta W_{ат} = 0.4 * 3650 + 2.75 * 0.61^2 * 2100 = 3608 \text{ кВт * г},$$

де, τ – умовна кількість годин, протягом яких максимальний струм, який протікає постійно, створює втрати енергії рівні дійсним втратам енергії за рік. Визначається згідно з рис. 1.4.1 [4]. В даній роботі становить 2100 год.

Визначення втрат реактивної енергії в трансформаторі:

$$\Delta W_{рт} = S_{н.т} (i_{xx} * t + u_{кз} * K_3^2 * \tau) * 10^2 \quad (2.15)$$

$$\Delta W_{рт} = 160(1,3 * 3650 + 6 * 0,61^2 * 1500) * 10^2 = 8354 \text{ квар * г}.$$

Визначення повних втрат в трансформаторі:

$$\Delta W_{пт} = \sqrt{\Delta W_{ат}^2 + \Delta W_{рт}^2} = 8354 * 10^3 \text{ кВа * г} \quad (2.16)$$

2.7. Висновок

Виконані в даному розрахунку навантаження в даному розділі дозволили визначити кількість і потужність силових трансформаторів. Було обрано два силових трансформатори потужністю 160 кВА кожний. В розділі було визначено тип силових трансформаторів – це сухі трансформатори з литою ізоляцією виробника Siemens, марки Geafol. Коефіцієнти завантаження становлять 61% і 115% для нормального та аварійного режимів відповідно. Встановлення вентиляторів під обмотками трансформаторів може збільшити коефіцієнт навантаження для аварійного режиму

від 140% до 150%. Обрана потужність трансформаторів передбачає можливість зростання потужності і кількості електроспоживачів у майбутньому.

За допомогою розрахунку потужності було визначено розміри та параметри силових трансформаторів, за допомогою яких було розроблено креслення обладнання камери трансформаторів.

В подальшому за допомогою виконаної таблиці розрахунку навантаження можна розробити схему електропостачання 0,4 кВ.

На базі обраного обладнання та результатами розрахунків, будівельно-монтажна організація проводить встановлення трансформаторів, підключення кабелів ВН тощо.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ ВИЩЕ 1 кВ

3.1. Основні положення

Живлення трансформаторної підстанції, в даній роботі, буде здійснюватися по двопробієвій схемі кабельними лініями з напругою в 10 кВ:

- з однієї сторони від I секції збірних шин РП-10 кВ №1;
- з іншої сторони від I секції збірних шин РП-10 кВ №2.

Відповідно до ДБН В.2.5-23:2010 [3], категорія надійності електропостачання офісного центру прийнята як друга. В роботі передбачені пристрої автоматичного вмикання резерву (АВР) в РУ-0,4 кВ.

Трансформаторна підстанція за планом буде вбудованою в підвальному приміщенні. В роботі передбачені наступні приміщення: камери силових трансформаторів, приміщення РУ-10 кВ, приміщення РУ-0,4 кВ, розташованих на рівні -4,200 (рис. 3.1.).

Розміри приміщень трансформаторної підстанції визначені з врахуванням габаритів відповідного обладнання з дотриманням вимог гл. 4.1. і 4.2. [5].

Передбачена можливість цілодобового безперешкодного доступу до приміщень та пристроїв ТП обслуговуючим персоналом компанії електропостачання. Схема РУ-10 кВ в роботі має одинарну секціоновану систему збірних шин. Для забезпечення кращої надійності експлуатаційних умов електромережі комірки в 10 кВ встановлюються силові вимикачі на вводах та фідерних лініях, секційним вимикачем з'єднуються I та II секції шин РУ-10 кВ. В нормальному режимі кожна лінія живлення 10 кВ вмикається на свою секцію шин РУ-10 кВ трансформаторної підстанції. Секціонування шин 10 кВ виконується за допомогою елегазового вимикача СВ-10 кВ. Вимикач у нормальному режимі роботи РУ вимкнений. Включення та виключення секційного вимикача виконується в ручному режимі.

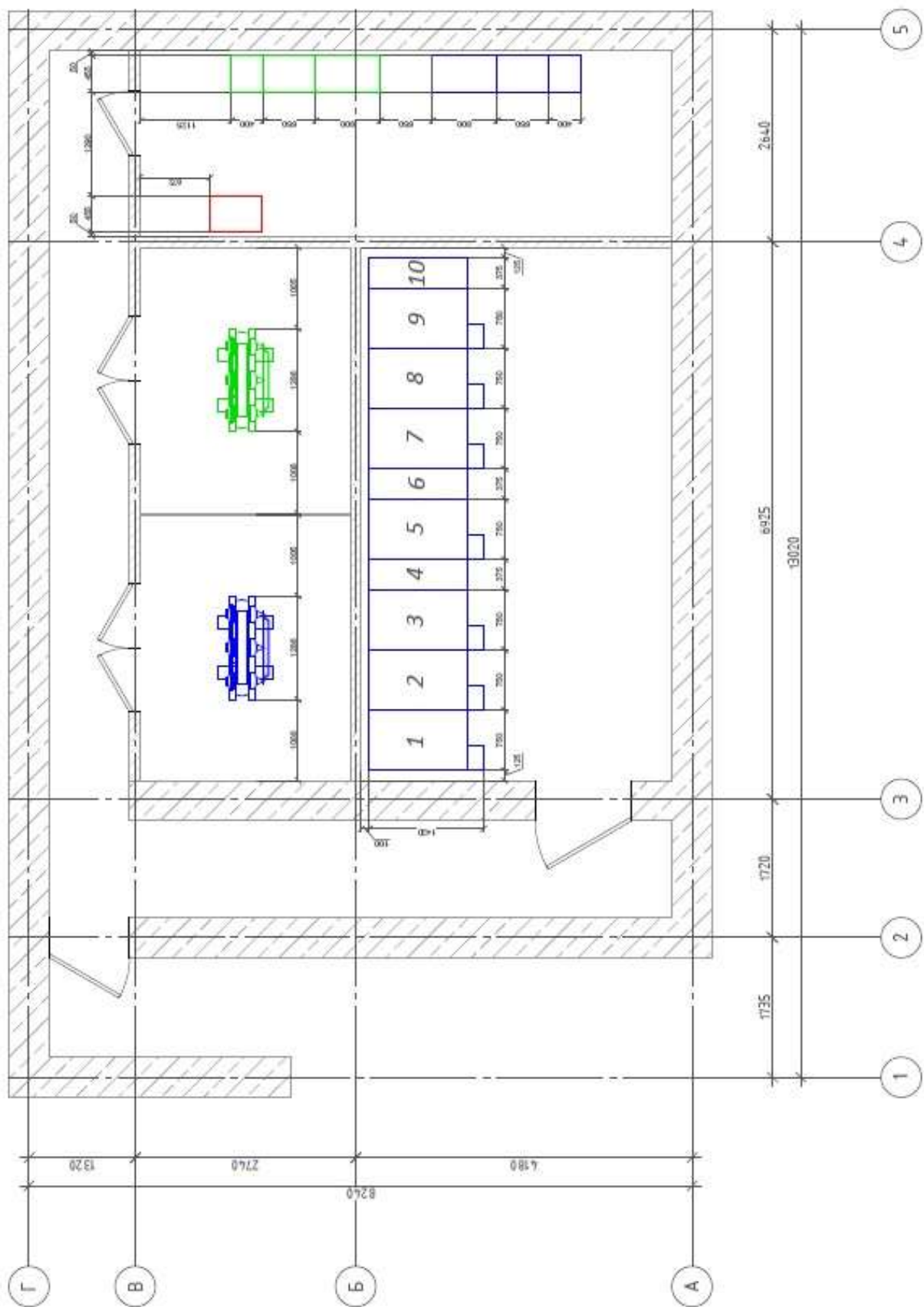


Рис. 3.1. План розташування електрообладнання ТП

ТП комплектується сухими трансформаторами з ізоляцією із суміші епоксидної смоли та кварцового порошку, що робить трансформатор негорючим та вогнестійким. Має напруги 10/0,4 кВ та можливість регулювання напруги зі сторони вищої напруги $\pm(2 \times 2.5\%)U_{ном}$. Максимальне допустиме значення коефіцієнту перевантаження трансформаторів в аварійному режимі прийняте $K_{п} = 1,4$.

Релейний захист, управління та сигналізація виконується на мікропроцесорних пристроях релейного захисту типу Seram S50 для ввідних комплектних розподільчих пристроях і Seram S24, що знаходяться в комірках SM-6. З шафи оперативного струму буде виконуватися живлення управлінням та сигналізацією. Виробник після отримання завдання та заповненого опитувального листа, розробляє шафу оперативного струму (схема шафи оперативного струму не розглядається). Живлення шафи оперативного струму виконується від трансформаторів РУ-10 кВ.

Схема з'єднання обмоток трансформаторів: $\nabla/Y - N - 11$. Нейтралі обмоток 0,4 кВ виконуються глухозаземленими.

Передбачені наступні види захисту для силових трансформаторів:

- Seram 2000 (T22) – реле, яке забезпечує максимальний струмовий захист у складі комірок РУ–10 кВ, котрі живлять трансформатори.
- Захист від перегріву обмоток трансформаторів з забезпеченням сигналізації при досягненні температури обмоток в 140 °С в диспетчерський пункт. При досягненні 150 °С з впливом на відключення в складі комірок РУ-10 кВ, відповідно до кожного трансформатора. За захист від перегріву відповідають датчики температури, котрі входять до комплекту та щитків теплового захисту трансформаторів.

Робоче та аварійне освітлення в приміщеннях трансформаторної підстанції передбачено мережею з напругою в 220 В та 36 В відповідно. Мережа в 36 В визначається як ремонтне освітлення з переносними світильниками, її живлення виконується від щита власних потреб (ЩВП).

Вентиляція приміщень ТП виконується як природне, так і примусове. Природна вентиляція призначена для приміщень з обладнанням, що містить елегазовий наповнення. Для силових трансформаторів виконується з примусовою вентиляцією,

яке відповідає вимогам гл. 4.2. [5]. Вентиляція ТП призначена для видалення теплових залишків від роботи силових трансформаторів. Примусова система вентиляції вмикає вентилятори автоматично при досягненні температури середовища ТП в 35 °С. Також автоматично вентилятори перестають працювати як температура середовища ТП знизиться до 30 °С.

Кабельні лінії 10 кВ виконуються згідно з планом зовнішніх мереж. Кабельні лінії 10 кВ будуть прокладені з використанням алюмінієвого трьохжильного силового кабелю марки АПвБПнг(А)-НФ. Кабель має ізоляцію з зшитого поліетилену, герметизацію струмоведучих жил та зниженої горючості.

Після прокладення струмопроводів та інших комунікацій, отвори в конструкціях приміщень після прокладання ущільнюються матеріалом, який дає необхідний рівень вогнестійкості. Він повинен давати не менший рівень вогнестійкості самої конструкції, але не меншим 45 хм. Кабельні вводи в приміщення ТП захищаються додатково азбоцементними трубами з діаметром 100 мм. Даний метод забезпечує механічний захист та гідроізоляцію.

В проекті ТП виконується внутрішній контур заземлення. Опір контуру повинен бути меншим за 2 Ом. Реалізація внутрішнього контуру заземлення здійснюється за допомогою сталеві штаби 25x4 мм, до якої приєднуються всі опорні конструкції. Через сталеву штабу 40x4 мм, з'єднуються зовнішній та внутрішні контури заземлення.

3.2. Вибір схеми мереж електропостачання 10 кВ

Під час побудови мережі електропостачання необхідно виконувати вимоги ПУЕ. Розподілення електроенергії від центру постачання (ЦП) або РП до мережевих трансформаторних підстанцій виконується по розподільчим мережам 10 кВ. Схеми побудови міських мереж бувають досить різноманітними. Вибір схем в більшості залежить від потрібного рівня надійності електропостачання електроспоживачів. Доволі важливим критерієм також є територіальне розміщення споживачів відносно

розташування ЦП або РП. В даній роботі електропостачання використовується двопротенева схема електропостачання (Рис. 3.2).

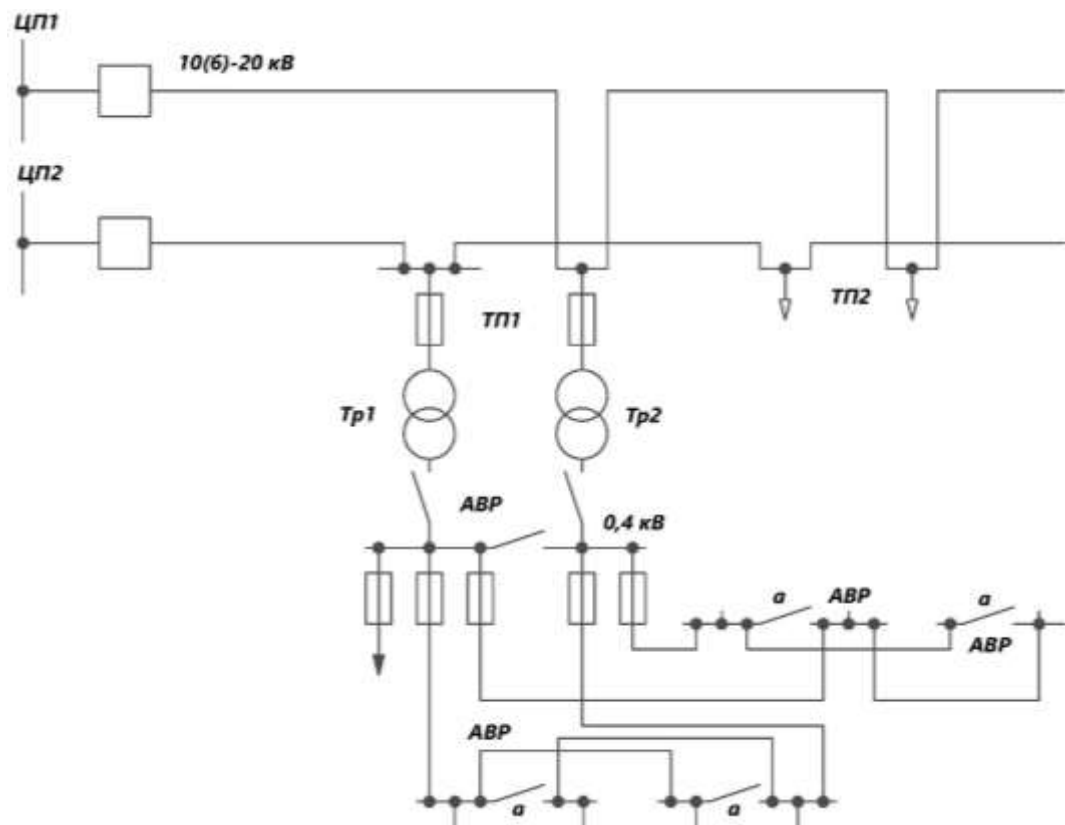


Рис. 3.2. Схема двопротеневої мережі електропостачання

Питання наявності автоматизованих пристроїв, які можуть забезпечити необхідну надійність, залежно від категорії електроприймачів, досить актуальне. Для електроприймачів I та II категорій, основним методом побудови є двопротенева схема з двостороннім живленням з використанням АВР на напрузі 0,4 кВ двотрансформаторних ТП. Кожний трансформатор отримує живлення по окремій незалежній лінії. Під час пошкодження одного з двох трансформаторів або однієї з ліній другий трансформатор бере все навантаження ТП на себе. Цей метод забезпечується завдяки спеціальній схемі АВР на стороні 0,4 кВ. Відповідно до категорії електроприймачів виконується мережа 0,4 кВ, в межах однієї ТП.

Схема РУ-10 кВ складається з двох секцій збірних шин. Секції виконуються з використанням модульних розподільчих пристроїв з повітряною ізоляцією SM 6 від компанії Shneider Electric. Схема розподільчої установки РУ-10кВ зображена на рис. 3.3.

Секції складаються з наступних елементів:

- з ввідних комірок;
- комірок трансформатора напруги;
- комірок силового трансформатора;
- фідерних комірок;
- комірки секційного вимикача;
- комірок трансформатору власних потреб.

3.3. Вибір обладнання розподільчого пристрою 10 кВ

В мережі 10 кВ у РУ-10 кВ для захисту від аварійних режимів використовують автоматичні силові вимикачі та високовольтні запобіжники.

Електротехнічні можливості силових вимикачів характеризуються наступними параметрами:

- номінальною напругою $U_{\text{ном}}$;
- номінальним струмом $I_{\text{ном}}$;
- струмом динамічної стійкості $I_{\text{д}}$;
- струмом термічної стійкості $I_{\text{Т}}$ та часом $t_{\text{Т}}$;
- номінальним струмом вимкнення $I_{\text{вим. ном}}$;
- повним часом вимкнення вимикача $t_{\text{вимик.}}$;

Високовольтні запобіжники характеризуються за:

- номінальною напругою;
- струмом динамічної стійкості;
- струмом термічної стійкості та часом;
- номінальним струмом вимкнення;
- селективністю;

Вибір вимикачів здійснюється за струмом і напругою в нормальному режимі. Далі їх перевіряють на термічну та динамічну стійкість, умови відключення в аварійному режимі.

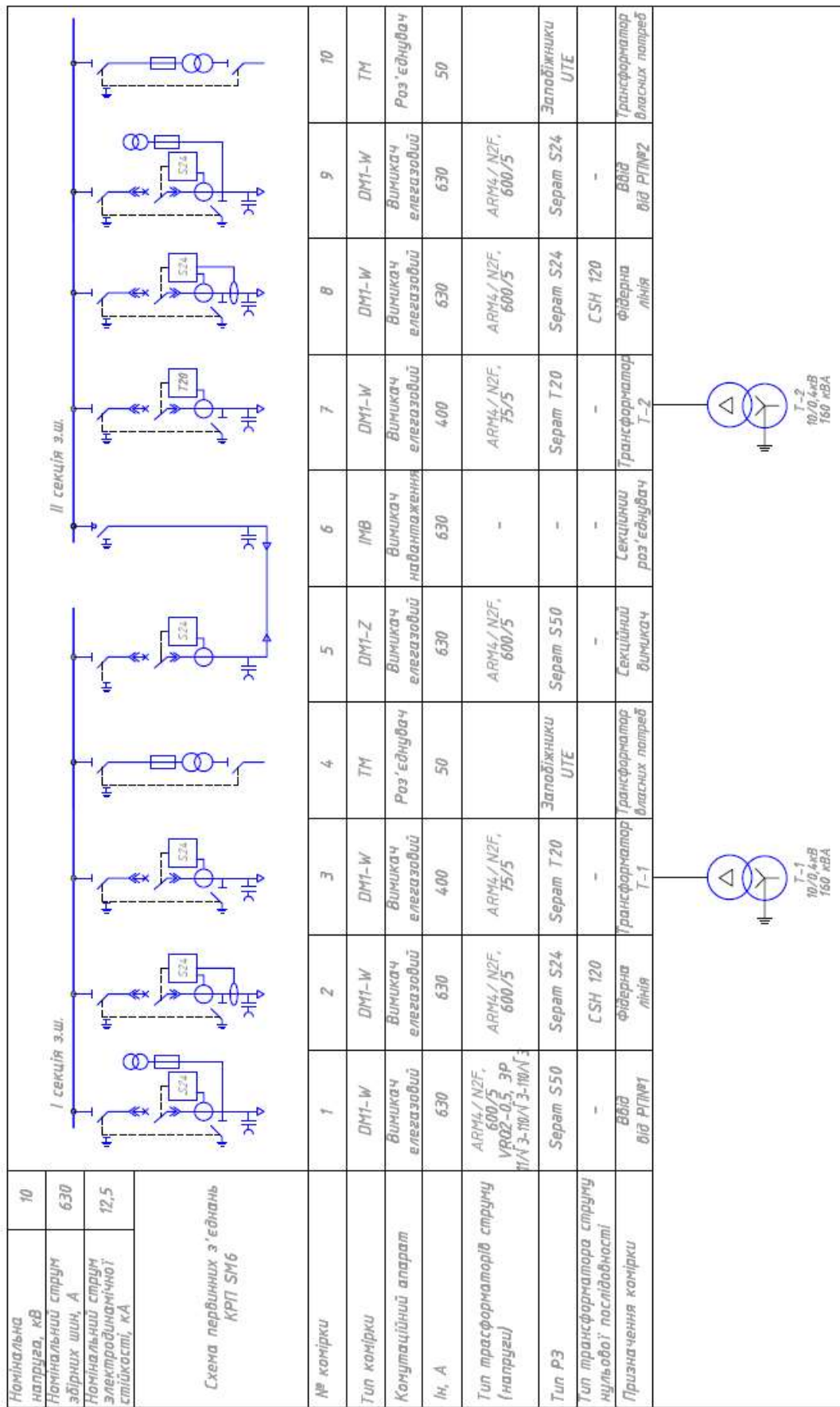


Рис. 3.3. Схема електропостачання РУ-10 кВ

1) Номінальна напруга мережі, в якій встановлюються вимикачі:

$$U_{с.ном} \leq U_{ном}, \quad (3.1)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга вимикача.

2) Розрахунковий струм тривалого режиму ланцюга, в якому встановлюється вимикач:

$$I_{розрах} \leq I_{ном}, \quad (3.2)$$

де $I_{ном}$ – тривалий номінальний струм вимикача.

Розрахунковий струм $I_{розрах}$ обирається значення при відключенні однієї з кабельних ліній (в даному випадку):

$$I_{розрах} = 2I_{роб}, \quad (3.3)$$

де $I_{роб}$ – тривалий робочий струм однієї лінії.

3) Струм динамічної стійкості перевіряється початковим періодичним надперехідним струмом КЗ, ударним струмом КЗ в ланцюгу, де встановлений вимикач:

$$I_{д} \leq I_{пр.с}, \quad (3.4)$$

де $I_{пр.с}$ – граничний наскрізний струм, який є припустим для даного вимикача $i_{уд} \leq i_{пр.с}$, де $i_{пр.с}$ – номінальний струм динамічної стійкості вимикача.

4) Вимикаюча здатність перевіряється симетричною складовою струму КЗ, яка відповідає розрахунковому часу τ відключення КЗ:

$$I_{п\tau} \leq I_{вим. ном}, \quad (3.5)$$

де $I_{вим. ном}$ – номінальний, симетричний струм відключення вимикача та аперіодичної складової струму КЗ, що відповідає часу до моменту розходження дугогасних контактів вимикача:

$$i_{a\tau} \leq i_{а. ном}, \quad (3.6)$$

де $i_{а. ном}$ – номінальний аперіодичний струм відключення вимикача.

5) Струм термічної стійкості перевіряється інтегралом Джоуля струму КЗ, який характеризується кількістю теплоти, $кА^2 * с$, яка виділяється у вимикачі за термін короткого замикання:

$$B_{к} \leq I_{т}^2 * t_{т}, \quad (3.7)$$

де I_T – граничний струм термічної стійкості, який вимикач може витримати без пошкодження протягом граничного часу термічної стійкості t_T .

б) Під час живлення від джерела нескінченної потужності буде незмінна періодична складова струму короткого замикання, тоді

$$I_d = I_{п.о.} = I_{к3} \quad (3.8)$$

де $I_d = I_{п.о.}$ – початкове діюче значення періодичної складової струму КЗ.

7) Ударний струм КЗ:

$$i_y = 1,8\sqrt{2}I_{п.о.} = 2.55 * I_{п.о.} = 2.55 * 9.5 = 24.2 \text{ кА}, \quad (3.9)$$

Значення струму короткого замикання (СКЗ) $I_{к3}$ в даній роботі не розглядається. Енергопостачальна організація видає значення $I_{к3} = 9,5$ кА на шинах РУ-10 кВ.

Під час визначення періодичної складової струму короткого замикання в момент розходження контактів вимикача $I_{нт} = I_{п.о.}$.

8) Аперіодична складова струму КЗ до моменту розходжень контактів для точки КЗ К1 визначається за формулою (3.10). Сталу часу T_a для установок більше 1 кВ можна обрати приблизно 0,05 с. Розрахунковий час знаходиться розрахунком мінімального часу дії релейного захисту і власного часу відключення вимикача. Для розрахункового часу потрібно знайти аперіодичну складову для наведеного прикладу. Значення мінімального часу дії релейного захисту і власного часу відключення вимикача, обирається як 0,01с та 0,1с відповідно.

$$i_{ат} = \sqrt{2}I_y e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} * 24.2 * e^{-\frac{11}{0.05}} = 3.79 \text{ кА}, \quad (3.10)$$

де τ – розрахунковий час, для якого необхідно знайти $i_{ат}$.

9) Визначається розрахунковий час $\tau = t_{з. \text{ мін.}} + t_{с. \text{ вик.}}$,

де $t_{з. \text{ мін.}}$ – мінімальний час дії релейного захисту, який обирається рівнім 0,01с.

$t_{с. \text{ вик.}}$ – особистий час відключення вимикача, обирається за типом вимикача.

10) Повний інтеграл Джоуля СКЗ я результатом дії періодичної $B_{к. н.}$ і аперіодичної $B_{к. а.}$ складових струму КЗ:

$$B_{к.} = B_{к. н.} = B_{к. а.} \quad (3.11)$$

При віддаленому КЗ, коли періодична складова струму КЗ в часі не змінюється,

$$B_K = I_{н.о.}^2 \left[t_{відкл.} + T_a \left(1 - e^{-\frac{2t_{відкл.}}{T_a}} \right) \right], \quad (3.12)$$

де $t_{відкл.} = t_{з.} + t_{вимик.}$ – час від початку КЗ до його відключення, с;

$t_{з.}$ – час дії релейного захисту, с;

$t_{вимик.}$ – повний час відключення вимикача з приводом, с.

Якщо $\frac{t_{відкл.}}{T_a} = \frac{1}{2}$, то можна використати вираз:

$$B_K = I_{н.о.}^2 (t_{відкл.} + T_a) = (9.5 * 10^3)^2 * 0.16 = 14.4 * 10^6 \text{ А с} \quad (3.13)$$

Використовуючи дані отримані з розрахунків та дані з каталогів на вимикачі 10 кВ, обираємо з наведених умов вимикачі на ввідних та секційних комірках РУ-10 кВ. Отримані дані заносимо до табл. 3.1.

3.4. Технічний опис та розміщення КРП 10 кВ SM6

В даній роботі були обрані комплектними розподільчими пристроями типу SM6 з елегазовими вимикачами. Вони необхідні для комплектування схеми електропостачання РУ-10 кВ.

Таблиця 3.1

Умови вибору вимикачів

Умови вибору	Розрахункові значення	Паспортні дані
$U_{с.ном} \leq U_{ном}$	$U_{с.ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{с.ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{розрах} \leq I_{ном}$	$I_{розрах} = 479 \text{ А}$	$I_{розрах} = 630 \text{ А}$
$I_{д} \leq I_{пр.с}$	$I_{д} = 9,5 \text{ кА}$	$I_{д} = 12,5 \text{ кА}$
$i_{уд} \leq i_{пр.с}$	$i_{уд} = 24,2 \text{ кА}$	$i_{уд} = 40 \text{ кА}$
$I_{нт} \leq I_{вим. ном}$	$I_{нт} = 9,5 \text{ кА}$	$I_{нт} = 12,5 \text{ кА}$
$i_{ат} \leq i_{а. ном}$	$i_{ат} = 3,79 \text{ кА}$	$i_{ат} = 5 \text{ кА}$

Ввідна комірka комплектуемого розподільчого пристрою (КРП) SM6 зображена на рис 3.4.

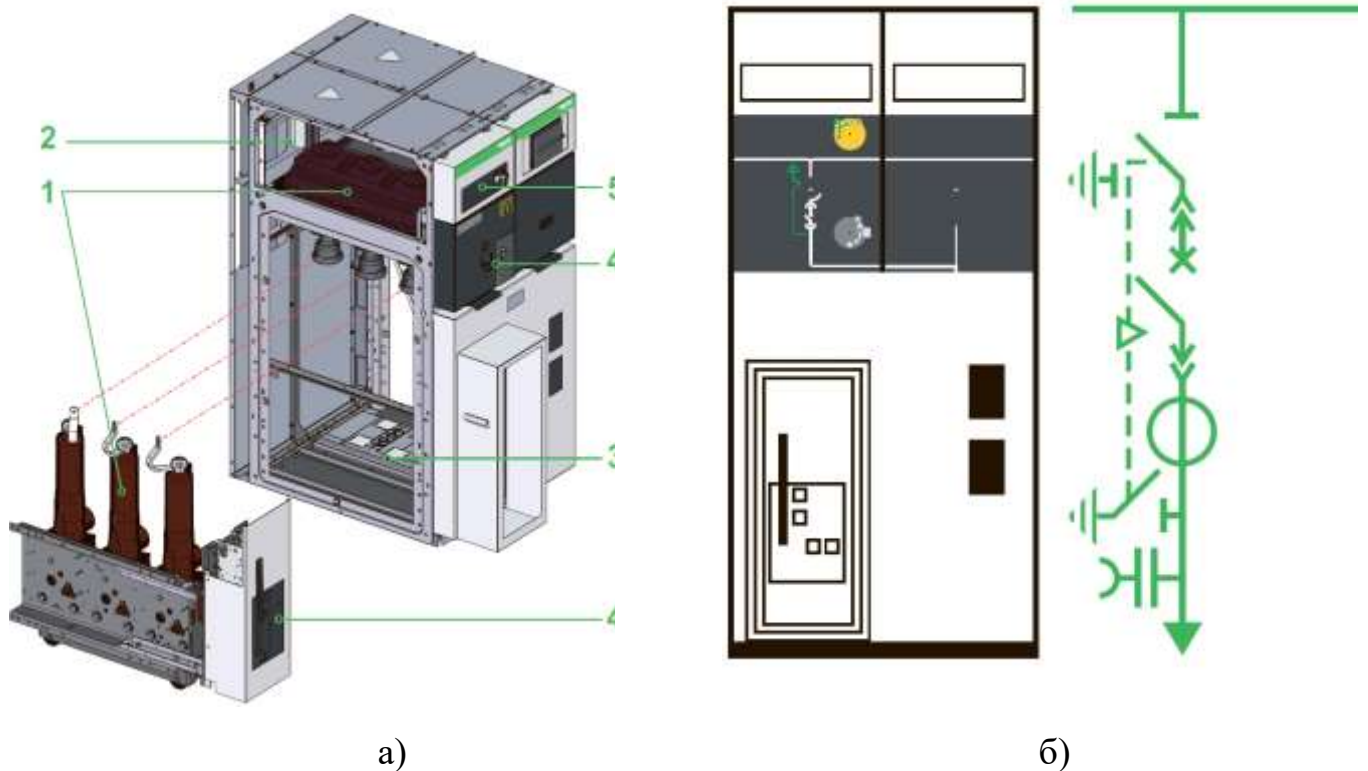


Рис 3.4. Ввідна/фідерна комірка КРП: а) КРП SM6 б) схема КРП SM6

Ввідна комірка КРП SM6 має наступний склад:

1. Комутаційний апарат – елегазовий вимикач та шинний роз'єднувач. Трипозиційний апарат роз'єднувача і заземлюючого роз'єднувача в одному корпусі, який заповнений елегазом;
2. Збірні шини – усі шини розташовані в одній горизонтальній площині, що забезпечує можливість подальшого розширення розподільчого пристрою;
3. Кабельний відсік та відсік вимикача – доступ до відсіку здійснюється з передньої сторони, що дає доступ підключення до контактів вимикача. Всі комірки оснащуються трансформаторами струму. У ввідні комірки встановлюються додаткові трансформатори напруги, які необхідні для обліку електроенергії. Встановлюється силовий вимикач SF1 – це елегазовий вимикач з моторизованим приводом та стандартною схемою керування, об'єднаний з реле захисту.
4. Механізм приводу – містить елементи, які приводять в дію управління вимикачем та шинним роз'єднувачем, також керує відповідними індикаторами.
5. Низьковольтний відсік – дає можливість встановлювати релейний захист та містить ланцюги вторинної комутації. У відсіку встановлюється

мікроконтролерний пристрій релейного захисту Seram, випробувальні роз'єми та ланцюги вторинної комутації.

Всі комірки з силовими вимикачам, окрім секційних КРП та КРП захисту силових трансформаторів, обладнані розрядниками.

Таблиця 3.2

Характеристики КРП SM6

Робоча напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12,5
Випробування підвищеною напругою пром. частоти U_d (1 хв), кВ	40
Напруга грозового імпульсу U_p (1.2/50 мкс), кВ	75
Номинальна частота, Гц	50
Номинальний струм термічної стійкості (1 с) I_k , кА	12,5
Номинальний струм електродинамічної стійкості I_p , кА	40
Номинальний струм збірних шин, А	630
Нейтраль	ізольована

Конструктивні характеристики КРП SM6:

- Тип вбудованих комутаційних апаратів – елегазові герметичні низького тиску;
- Тип вимикачів – елегазові;
- Система збірних шин – одинарна;
- Матеріал шин – мідь;
- Покриття шин – ϵ ;
- Умови обслуговування – з одностороннім обслуговуванням.

Комірки секційного вимикача та роз'єднувача КРП SM6.

На рис 3.5. зображені схеми КРП секційного вимикача DMZ-1 та роз'єднувача ІМВ. Комірка секційного вимикача майже однакова з наведеною вище коміркою силового вимикача.

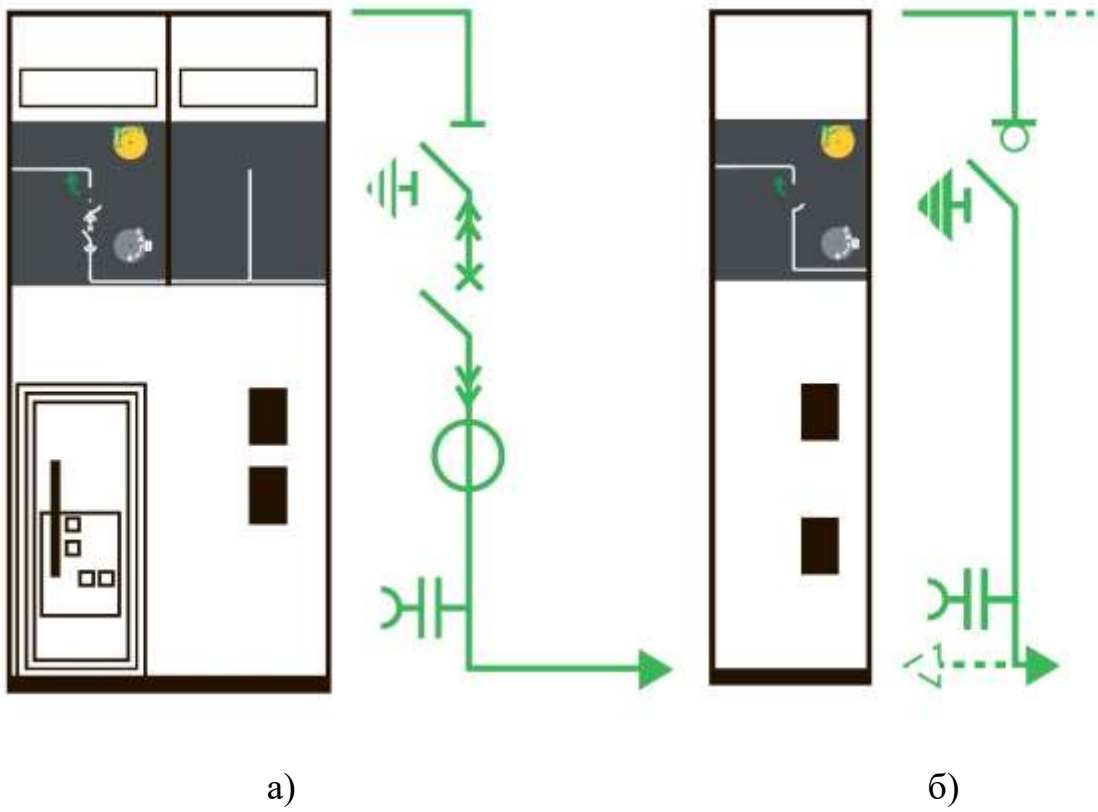


Рис. 3.5. Схеми КРП секційного вимикача DMZ-1 (а) та роз'єднувача ІМВ (б)

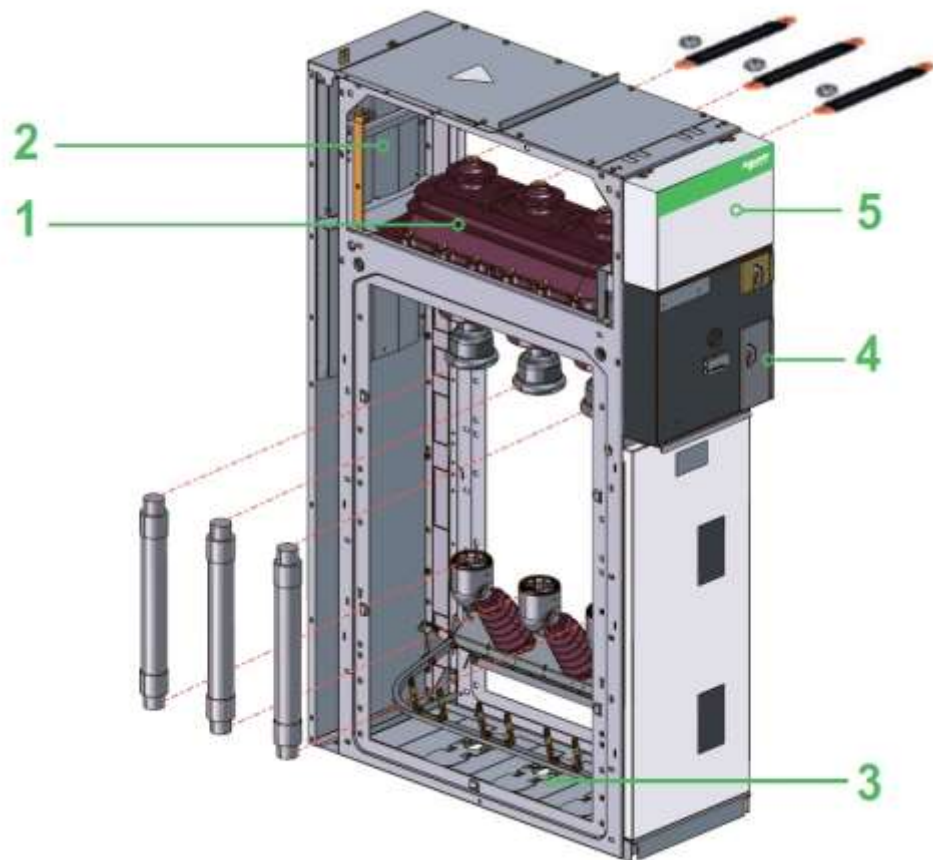


Рис. 3.6. Комірка секційного роз'єднувача

Зображена на рис. 3.6. комірка секційного роз'єднувача складається з:

1. Комутаційний апарату – трьохпозиційний апарат вимикачу навантаження, заземлюючого роз'єднувача.
2. Збірні шини – вони розташовані в одній горизонтальній площині, що дає можливість подальшого розширення розподільчого пристрою.
3. Підключення – підключення до нижніх контактів вимикача навантаження та заземлюючого роз'єднувача, доступ до відсіку яких можливий з передньої сторони.
4. Механізм приводу – містить елементи, які приводять в дію управління вимикачем та шинним роз'єднувачем, також керує відповідними індикаторами.
5. Низьковольтний відсіку – відсік для релейного захисту та ланцюгів вторинної комутації.

3.5. Розрахунок номінальних струмів силових вимикачів та вибір трансформатору струму

Номінальний струм силового вимикача визначається за формулою:

$$I_n = \frac{S_{max}}{\sqrt{3}U_n}, \quad (3.14)$$

де S_{max} – найбільша прогнозована потужність, яка може проходити через вимикач, кВА;

U_n – номінальна напруга мережі, кВ.

Максимальну потужність, яка може проходити через вимикачі ввідних та секційних комірок № 1, 4, 5, 8, визначає енергопостачальна організація. Значення максимальної потужності становить 8300 кВА, тому:

$$I_n = \frac{8300}{\sqrt{3} * 10} = 479,2 \text{ А}$$

Отримані дані заносяться до табл. 3.1. Виходячи з отриманих даних, обираються силові вимикачі з номінальним струмом 630А. Для всіх комірок, крім КРП силових трансформаторів.

Номінальний струм для комірок, живлячих силові трансформатори:

$$I_n = \frac{160}{\sqrt{3} * 10} = 10 \text{ A}$$

З отриманих даних, обираються силові вимикачі з номінальним струмом 400А, для комірок № 3, 4 (найменший номінал вимикачів у виробника).

Трансформатори струму обираються відповідно до номінальних струмів, що проходять через комірки. Основна вимога до трансформаторів струму:

$$I_{\text{розра}} \leq I_{\text{ном. тр.}} \quad (3.15)$$

де $I_{\text{розра}}$ – розрахунковий струм, що проходить через вимикач;

$I_{\text{ном. тр.}}$ – номінальний струм трансформатора струму.

Також необхідно враховувати чутливість трансформаторів струму. Номінали та типи трансформаторів заносяться в схему на рис. 3.3.

Також встановлюються трансформатори нульової послідовності в тип CSH-120, до комірок № 2, 8.

Розміщення комірок КРП в РУ-10 кВ виконується відповідно до розділу 4 [5] та вимог виробника (рис. 3.7.).

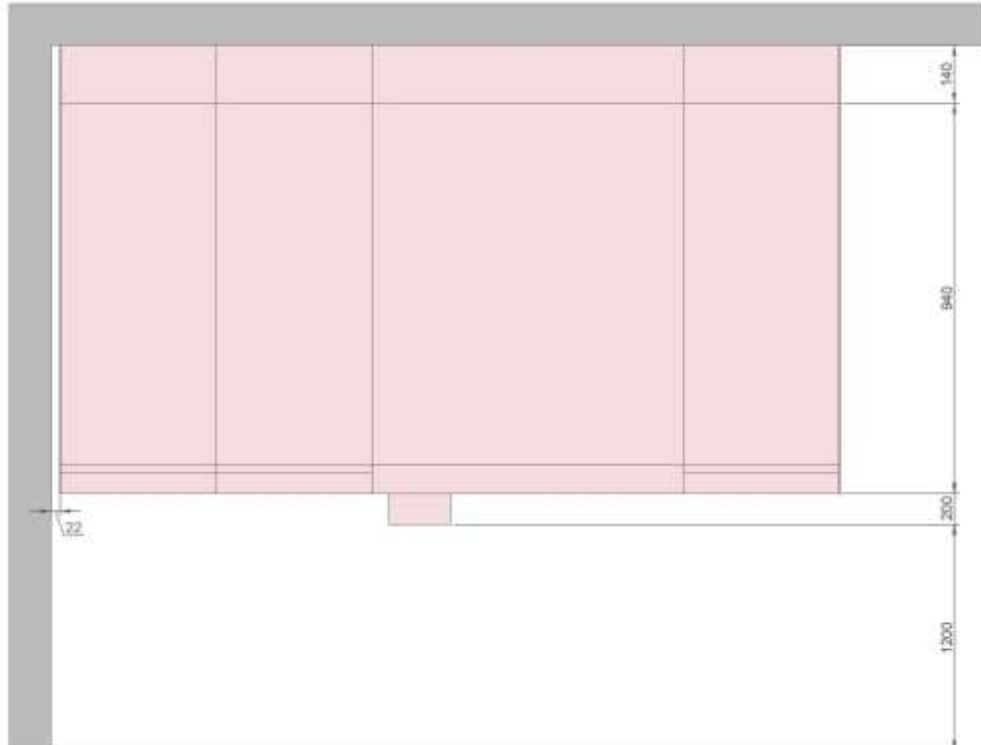


Рис. 3.7. Стандартне розміщення комірок SM6

На рисунку зображено мінімально допустимі розміри, які необхідні для правильного розміщення комірок. На плані розташування електрообладнання трансформаторної підстанції, зображено розміщення комірок SM6 (див. рис. 3.1.). КРП повинні бути розміщені в один ряд, да задньою стороною повернуті до стіни. Тому комірки замовляються з трьохстороннім захистом від електричної дуги при КЗ (спереду, зліва, справа).

3.6. Висновок

В даному розділі було визначено основні положення щодо розробки живлення трансформаторної підстанції. Був розроблений план розташування електрообладнання ТП. Електропостачання офісного центру буде виконуватися за допомогою двопрменевої схеми.

Проведено розрахунки елегазових силових вимикачів та комплектного розподільчого пристрою, за результатами яких було обрано комірки SM6 з необхідними характеристиками. Комплектація та розміщення обраних комірок 10 кВ відповідають вимогам нормативно-технічної документації. З урахуванням вимог та розрахунків сформовано схему електропостачання РУ-10 кВ, план розміщення електрообладнання трансформаторної підстанції.

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ 0,4 кВ

4.1. Основні положення

Електропостачання. Живлення офісного центру виконується від РУ–0,4 кВ. Електроприймачі систем життєзабезпечення комплексу відносяться до першої групи надійності електропостачання з встановленим АВР. Комплекс решти електроприймачів відносяться до другої та третьої категорії надійності електропостачання.

До систем життєзабезпечення будівлі відносяться:

- Система диспетчеризації будівлі;
- Обладнання охоронного, пожежного постів;
- Вентилятори системи підпору повітря;
- Вентилятори димовидалення;
- Насоси системи внутрішнього пожежного водопроводу;
- Дренажні насоси;
- Системи та пожежної та охоронної сигналізації;
- Система відеоспостереження та контролю допуску;
- Система аварійного освітлення;
- Система експлуатаційного освітлення;
- Система пожежного оповіщення;
- Обладнання теплового пункту;
- Обладнання систем водопостачання та очищення води;
- Обладнання систем зв'язку.

Компонентні рішення.

РУ-0,4 розташовується на -1 поверсі, на висоті -4,300м. Габарити приміщення РУ0,4 розраховані з урахуванням необхідності встановлення відповідного

обладнання з дотриманням вимог гл. 4.1. [5]. Двері в усіх електротехнічних приміщеннях РУ-0,4 відкриваються назовні та мають замкові механізми. Необхідна бути природна вентиляція приміщень, температура в приміщенні РУ-0,4 повинна бути з обліково-вимірювальною апаратурою, не менше ніж 5 °С в будь-який час року. Повинен бути забезпечений необхідний рівень вогнестійкості огорожувальних конструкцій. Повинен бути прямий безперешкодний доступ до компонентів електротехнічних приладів обслуговуючим персоналом служби експлуатації інженерних мереж. Комутаційно-захисна апаратура і переріз збірних шин РУ-0,4, вибрані з розрахунку на аварійний режим мережі 0,4 кВ з урахуванням вимог гл. 1.3 [5]

Система електропостачання. Електроспоживачі протипожежних системі мають власний ВРП та підключені до нього, яке пофарбоване в червоний колір. Для систем охоронної та пожежної сигналізації, відео-спостереження та контролю доступу, диспетчеризації проекту передбачено систему безперебійного електричного живлення. Передбачено системи припловно-витяжної вентиляції, кондиціонування при сигналі “Пожежа” з панелі пожежного посту.

Мережі живлення 380/220 В. Електропостачання споживачів в роботі РУ-0,4 кВ працює через 2 секції збірних шин, що живляться від відповідних силових трансформаторів. На вводі встановлено пристрій автоматичного включення резерву (АВР) (рис. 4.1.).

Технічні характеристики і обладнання РУ-0,4 кВ обрано в роботі за рахунок результатів розрахунків аварійних режимів (перевантаження та КЗ). Всі комутаційні апарати трансформаторної підстанції із захисними функціями повинні задовольняти вимоги по селективності та чутливості захисту в аварійних режимах. Панелі РУ-0,4 кВ і розподільчі щити мають контакти для диспетчеризації режиму мережі системою BMS, також індикатори наявності напруги на них. Передбачений технічний облік електроенергії для всіх секцій РУ-0,4 кВ. Облік електроенергії здійснюється завдяки електронним лічильникам реактивної та активної електроенергії. Компенсація реактивної потужності реалізована завдяки конденсаторним батареям з автоматичним

регулюванням для обох секцій збірних шин РУ 0,4 кВ. Це забезпечує підтримку коефіцієнта потужності на рівні не менше 0,96.

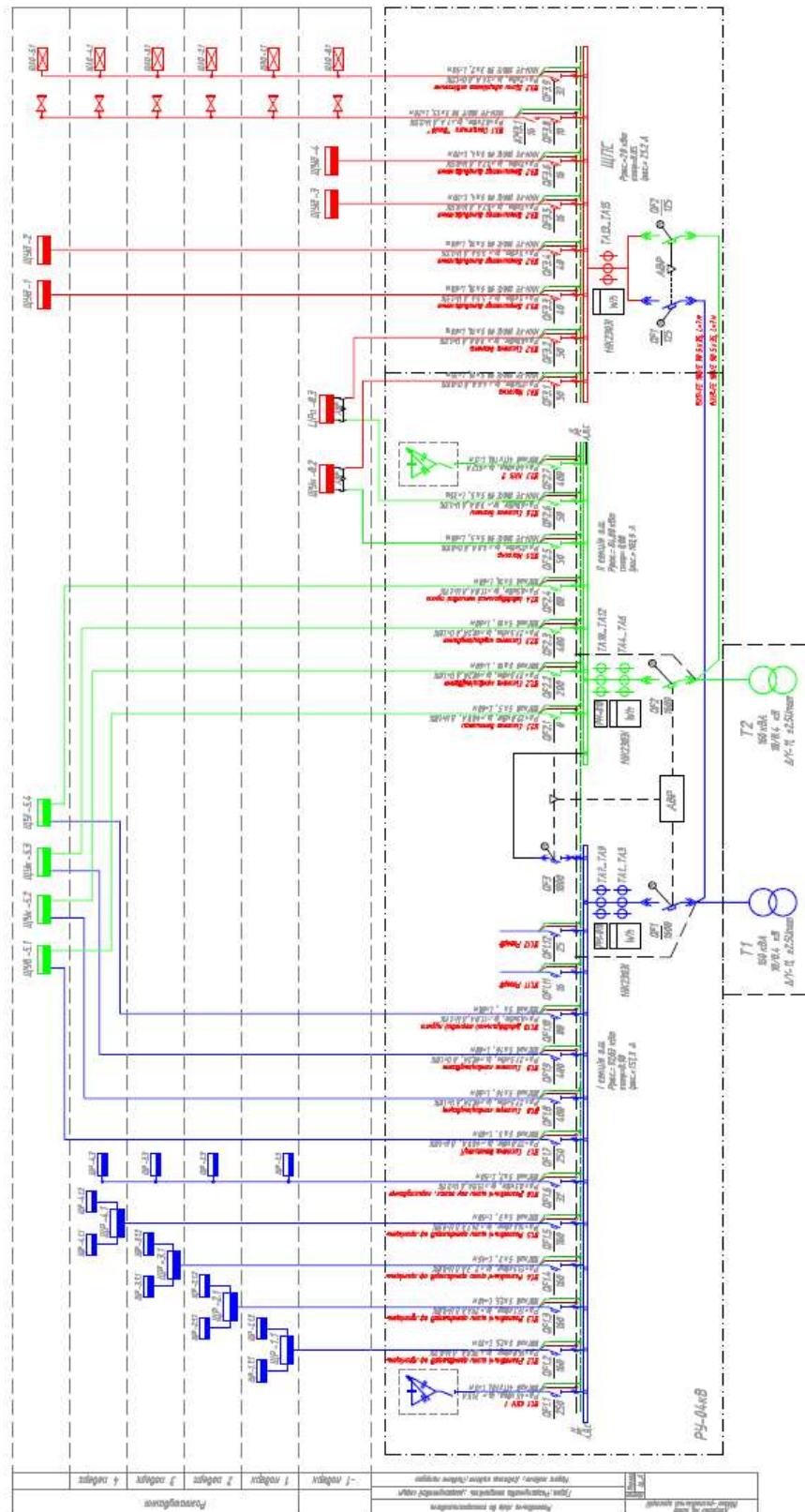


Рис. 4.1. Схема електропостачання 0,4 кВ

Розподільчі та групові мережі 380/220 В. Щитки розподільчої мережі окремими кабельними лініями підключені до РУ-0,4 кВ.

Живлення інженерних систем офісного центру виконується відповідними електричними щитами з установкою безпосередньо в технічних приміщеннях даних систем: котельня, насосна, вентиляційні камери, приміщення слабострумівих систем. Передбачені електротехнічні приміщення, в яких розміщуються поверхові розподільчі щитки і групові щитки. Забезпечений доступ до електротехнічних ніш з території зон загального користування. Кожний щиток обладнаний загальним автоматичним вимикачем. Всі групові та розподільчі, які відходять, захищені апаратом захисту. Застосовуються пристрої захисного відключення (ПЗВ) для захисту групових ліній і для живлення побутових розеток.

На передній панелі шафи керування технологічними системами мають перемикачі режиму роботи для кожного окремого пристрою та індикатори пристроїв. Також на передній панелі щитів управління вентиляційними системами, передбачені сигнальні вогні. Електротехнічні щити виготовлені з листового металу з дверцями, які закриваються на замок. Кабельні проводки підведені до клемників, що розташовані у верхній частині щитів. Елементи розподільчих і групових мереж (щити, клеми, комутаційні апарати) мають маркування. Для розподільчих щитів орендаторів в поверхових щитах встановлені автоматичні вимикачі та виконаний облік електроенергії, вони повинні бути встановлені орендаторами в орендованих зонах.

Електроосвітлення. В роботі є наступні системи освітлення:

- Робоче;
- Безпеки;
- Евакуаційне;
- Чергове;
- Ремонтне.

У приміщеннях офісного центру передбачена система загального робочого освітлення. Освітлювальні прилади які входять до освітлення безпеки входять в систему загального освітлення. По лініях основних проходів розташовані

світильники освітлення безпеки, вони живляться від системи аварійного освітлення.

Освітлення безпеки розташовано в наступних приміщеннях:

- в коридорах;
- на сходових майданчиках;
- суміжних приміщеннях, де водночас може знаходитися більше 50 осіб;
- диспетчерській;
- охоронно-пожежному пості;
- серверній;
- комутаційних приміщеннях;
- електрощитових;
- вентиляційних камерах;
- насосній.

Світильники системи евакуаційного освітлення живляться від системи аварійного освітлення. Показчики напрямків мають вбудовані акумулятори. Вони повинні робити мінімум протягом 1 години при зникненні електропостачання.

Аварійне освітлення знаходиться в наступних приміщеннях:

- в коридорах;
- вестибюлях;
- приміщеннях де водночас може знаходитися більше 100 осіб;
- близько виходів з коридорів;

Світильники показчики шляхів евакуації повинні бути встановленні на висоті не менше ніж 2 м:

- над виходами з приміщень, в яких водночас може знаходитися більше 100 осіб;
- біля виходів з коридорів, біля приміщень в яких водночас може знаходитись більше 50 осіб;
- вздовж коридорів довжиною більше 25 м, відстань між світильниками не повинна бути більше 25 м;
- у місцях поворотів коридорів;

- над виходами конференц-залу;

У електрощитових приміщеннях, комутаційних слабострумкових системах, насосній, котельній, вентиляційних камерах та в інших приміщеннях інженерних систем встановлено ремонтне освітлення для переносних світильників з напругою 36 (12) В.

В роботі передбачений такий рівень освітленості приміщень:

- в вестибюлях, холах – 250-300 лк;
- коридорах та сходових майданчиках – 100-150 лк;
- приміщеннях бізнес центру – 400-500 лк;
- диспетчерській та охоронно пожежних постах – 400-500 лк;
- зони технічних входів – 30-70;
- коморах технічних приміщень – 100-150 лк.

Дані по освітленості вказані на рівні в 0,85 м від підлоги, після 100 годин експлуатації джерел світла.

В роботі використовуються енергоефективні джерела світла. Освітлення в загальних зонах, офісах, паркінгу та за можливістю в інших приміщеннях використовуються світлодіодні джерела світла. Технічні і експлуатаційні характеристики та виконання світильників відповідають категоріям приміщень, умовам навколишнього середовища.

Будова електричних мереж. Згідно з умовами улаштування внутрішніх електричних мереж п. 4.27-4.53 [3], прокладено живильну, розподільчу, групову мережі. Вибір перерізів кабельних ліній, розподільчих та групових мереж задовольняє падіння напруги від джерела до електроспоживачів, що не перевищує 5%. Для влаштування горизонтальних ділянок мережі передбачені оцинковані перфоровані коробки для відкритих проводок що знаходяться на технічних поверхах і за підвісними стелями.

Виконується облік електроенергії на вводах РУ-0,4 кВ; на окремих функціональних зонах і орендаторів офісів. Лічильники встановлені в шафах обліку, в шафах встановлені оглядові віконця.

Обрані лічильники компанії виробника Teletec відповідають вимогам:

- Сертифіковані та рекомендовані до використання службою енергозбуту енергопостачальної організації;
- Електронні, вимірюють активну та реактивну енергію в двох напрямках;
- Можуть вести багатотарифний облік, відображати графік навантаження, відображати моніторинг параметрів мережі, мають виходи для знаття показників сигналів системою управління будинком.

Захисне заземлення. Використовуються система заземлення типу TN-C-S. Електроенергія подається з комбінованим нулем, підключеного до глухозаземленої нейтралі. Заземлюючі провідники прокладено окремо від нульових по всім довжинам ліній, починаючи від заземлення нейтралі силових трансформаторів (заземлюючих пристроїв РУ-10 кВ та РУ-0,4 кВ). Опір заземлюючого контуру для заземлення нейтралей силових трансформаторів ТП, захисного заземлення силового обладнання, блискавкозахисту, обрано відповідно до гл 1,7 [5]. Конфігурація зовнішнього заземлюючого пристрою, визначається окремим розрахунком на основі вишукувальних робіт з вимірювання опору ґрунту, враховуючи існуючі природні заземлення і повторні заземлення. Також повинні відповідати вимогам ПУЕ, ДБН В.2.5-27-2006, НПАОП-40.1-1.32-02, ДСТУ Б В.2.5-35:2008.

В роботі передбачено головну заземлюючу шину (ГЗШ) в приміщенні РУ-0,4 кВ, вона виконана з міді, переріз якої не менше перерізу РЕ провідника живлячої жили. Вона вбудована в панель РУ-0,4 кВ. Захист від електричного струму в разі пошкодження ізоляції реалізовано наступні захисту: захисне заземлення, автоматичне захисне відключення живлення, зрівнювання потенціалів.

Система зрівнювання потенціалів працює через приєднання до загального контуру вирівнювання потенціалів всіх металевих струмопровідних частин:

- контуру заземлення;
- пристрою блискавкозахисту;
- обладнання зв'язку;
- антенних приладів;

- металевих повітропроводів;
- кабельних металоконструкцій;
- трубопроводів системи каналізації;
- трубопроводів системи опалення та охолодження;
- трубопроводів гарячого, холодного та пожежного водопостачання;

З'єднання заземлюючих захисних провідників та провідників системи зрівнювання потенціалів зроблені методом зварювання або болтовим з'єднанням, що забезпечує надійність з'єднань та неперервність електричного кола.

Блискавкозахист. Згідно з ДСТУ Б В.2.5-35:2008 будівля повинна бути забезпечена III рівнем блискавкозахисту. Від прямого влучання блискавки в будівлю вбудовано систему блискавкозахисту будинку (СББ). Він складається з блискавкоприймачів, струмовідводів та заземлювачів. За блискавкоприймачі використовується металева сітка з сталевих дротів перерізом 8 мм. Сітка прокладена відкрито на покрівлі будівлі. Усі виступаючі металеві об'єкти на даху приєднано до сітки, неметалеві об'єкти обладнано додатково блискавкоприймачами і також приєднано до сітки. В якості струмовідводів використовується сталевий дріт перерізом 8 мм. Він розташований по фасаду не ближче ніж 10 м один від одного і не ближче ніж 3 м від входів та в місцях недосяжних для людей. В якості заземлювача блискавкоприймача обрано металевий контур із сталевих горизонтальних електродів перетином 4x40 мм, який прокладений по периметру будівлі на глибині не менше 0,5 м, і на відстані від стін фасаду не менше 1 м. Всі контури в землі з'єднані між собою.

4.2. Розрахунок та вибір шинопроводу для підключення РУ-0,4 кВ

В роботі для підключення силового трансформатора і панелей РУ-0,4 кВ використовується шинопровід. Шинопровід обирають за номінальним струмом, струмом термічної стійкості, струмом електродинамічної стійкості та падінням напруги.

Номінальний струм шинопроводу визначається за формулою:

$$I_{\text{ном. ТР}} \frac{160}{\sqrt{3} * 0.4 * 0.96} = 240 \text{ А}$$

Величина струму короткого замикання на виводах НН трансформатору визначається за формулою:

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{100}{e_{\text{к}} \%} * I_{\text{ном. ТР}} = \frac{100}{6} * 240 = 4 \text{ кА} \quad (4.1)$$

Де $e_{\text{к}} \%$ – напруга КЗ трансформатора (див. розділ 2).

Величина ударного струму короткого замикання визначається за формулою:

$$I_{\text{кз уд}}^{(3)} = \sqrt{2} * K_{\text{уд}} * I_{\text{кз}}^{(3)} = 1,41 * 0,28 * 4 = 7.2 \text{ кА} \quad (4.2)$$

Де $K_{\text{уд}}$ – ударний коефіцієнт, який визначається за Рис. 1.9.1 [4].

Виходячи з отриманих результатів розрахунків вибирається шинопровід. В роботі буде використовуватися шинопровід типу Canalis KSC.

Таблиця 4.1

Характеристики шинопроводу

Номінальна напруга ізоляції, В	1000
Номінальна робоча напруга, В	1000
Номінальний струм, А	400
Струм термічної стійкості, кА	36
Струм електродинамічної стійкості, кА	75
Клас захисту	IP55
Конструкція	3L + N + PE
Матеріал струмоведучої частини	Алюміній

Підключення до силового трансформатора виконується через спеціальний інтерфейс ER N1, що зображено на рис. 4.2, а. Ввід шинопроводу в панелі РУ-04 кВ виконується універсальним інтерфейсом (рис. 4.2,б). Монтаж шинопроводу виконується слідуючи рекомендаціям виробника. Кріплення шинопроводу до стелі здійснюється за допомогою шпильок, між собою шинопровід з'єднують через болтове з'єднання.

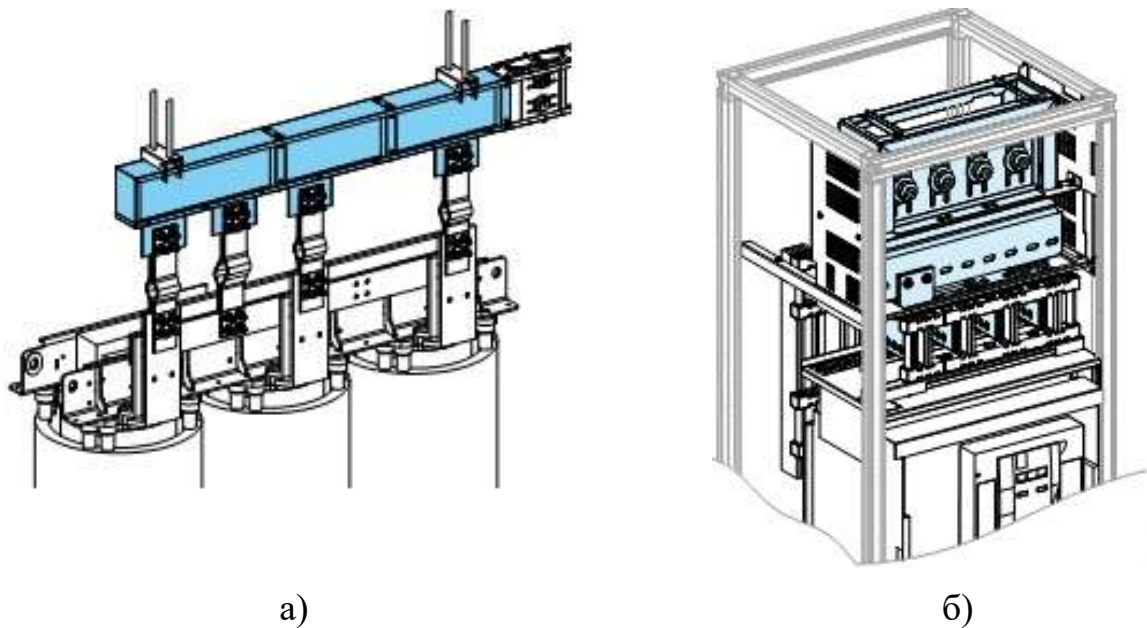


Рис. 4.2. а) Інтерфейс ER N1 б) універсальний інтерфейс

4.3. Розрахунок та проектування розподільчого пристрою 0,4 кВ

Для розробки РУ-0,4 кВ необхідно наступне:

- скласти принципову схему електропостачання 0,4 кВ;
- провести розрахунки номінальних струмів груп електроспоживачів;
- обрати перерізи кабельних ліній;
- вибрати апарати захисту та розробити низьковольтний комплектний пристрій.

На базі розрахунків електричних навантажень, проведених у розділі 2, виконуються схема електропостачання 0,4 кВ та обираються апарати кабельних ліній. Схема починає формуватися з розроблятих з розділу електроспоживачів на окремі групи по їх характеристикам, технології та місця розташування. На наступному етапі, групи електроспоживачів наносяться на загальну принципову схему електропостачання офісного центру. Електрична схема оформлюється відповідно до ДСТУ Б А.2.4-21:2008. Готова схема електропостачання наведена на рис. 4.2. Далі виконуються розрахунки, які необхідні для вибору комплектуючих РУ 0,4-кВ, типу та перерізів кабельних ліній. Обчислюються всі параметри розподільчої системи.

Вибір ввідних та секційного апаратів захисту. На вводі в РУ-0,4 кВ встановлено два автоматичних вимикача для підключення всіх секцій до силових трансформаторів. Також встановлено секційний автоматичний вимикач та пристрій автоматичного включення резерву. Ці пристрої забезпечують I категорію надійності електропостачання, яка необхідна за вимогами замовника.

Номінальний струм ввідного автоматичного вимикача визначається за формулою 3.1. Враховується коефіцієнт перевантаження, у випадку роботи одного силового трансформатора ($K_{за} = 1,15$):

$$I_{розр\ вв\ АВ} = \frac{800 * 1,15}{\sqrt{3} * 0,4 * 0,96} = 277\text{ А}$$

Виходячи з результатів розрахункового струму та струму КЗ після трансформатору обирається з каталогу автоматичний вимикач з номінальним струмом 630А (мінімально можливий у даного виробника) і допустимим струмом короткого замикання 20 кА.

Номінальний струм секційного автоматичного вимикача визначається за формулою:

$$I_{розр\ ск\ АВ} = 0,7 * I_{розр\ вв\ АВ} = 0,7 * 1411 = 193,7\text{ А}$$

Коефіцієнт 0,7 враховує нерівномірність розподілення навантаження на кожній секції збірних шин. За результатами розрахунку обирається автоматичний вимикач з номінальним струмом 630А, з допустимим струмом 20 кА

Переріз жил кабелів розподільчих мереж 0,4 кВ. Вони повинні бути вибрані, а потім перевірені за припустимим тривалим навантаженням струмом на нагрівання в нормальному і післяаварійному режимах. Також перевіряються на припустиму втрату напруги в нормальному та післяаварійному режимах. Переріз жил кабельних ліній обрано згідно з п. 1.3 [5]. Тривалий струм, що може проходити через кабель визначається за формулою:

$$I_{кл} \geq K_{зх} * I_{роб.} \quad (4.3)$$

де $I_{роб.}$ – значення робочого струму, що проходить через кабельну лінію до електроспоживача в нормальному режимі.

$K_{зх}$ – коефіцієнт захисту ($K_{зх} = 1$ для нормальних приміщень (безпечних)).

Кожному значенню $I_{\text{кл}}$ відповідає певний переріз жил кабельних ліній. Розрахунок $I_{\text{роб}}$ виконується за формулою 3.4.

На допустимі втрати напруги кабель перевіряють за формулою:

$$\Delta U\% = \frac{10^5}{\gamma F U_H^2} \sum PL, \quad (4.4)$$

де γ – питома провідність міді, $\gamma = 58 \frac{\text{мм}}{\text{Ом*мм}^2}$;

F – переріз кабельної лінії мм²;

U_H – лінійна напруга мережі, В;

$\sum PL$ – сума моментів навантаження, кВт * м.

Кінцеві дані заносяться до таблиці 4.3

Таблиця 4.2

Розрахунок основних параметрів мережі

Пове рх	Електроспоживач	$P_{\text{уст}}$, кВт	К попи ту	$\cos \varphi$	$P_{\text{розр}}$, кВт	$I_{\text{розр}}$, А	Довжи на, м	Момент , кВт*м	$\Delta U\%$
1	Офісні приміщення	16,80	1,00	0,90	16,80	28,36	35	588	2,81
2	Офісні приміщення	17,10	1,00	0,90	17,10	28,87	40	684	3,27
3	Офісні приміщення	13,50	1,00	0,90	13,50	22,79	45	607,5	3,63
4	Офісні приміщення	14,40	1,00	0,90	14,40	24,31	50	720	2,87
1..5	Загальні зони	8,27	1,00	0,92	8,27	13,65	50	413,4	2,47
-1	Система вентиляції	21,96	1,00	0,92	21,96	39,25	60	1317,6	3,15

Пове рх	Електроспоживач	$P_{\text{уст}}$, кВт	К попи ту	$\cos \varphi$	$P_{\text{розр}}$, кВт	$I_{\text{розр}}$, А	Довжи на, м	Момент , кВт*м	$\Delta U\%$
1	Система кондиціонування	54,90	1,00	0,85	54,90	98,13	60	3294	2,46
-1	Тепловий пункт	6,50	0,80	0,85	6,50	11,62	60	390	2,33
-1	Насосна	2,50	0,80	0,85	2,50	4,47	60	150	0,9
1	Система безпеки	6,00	1,00	0,95	6,00	9,60	35	210	1,25

На всіх лініях використовуються апаратами захисту автоматичні вимикачі.

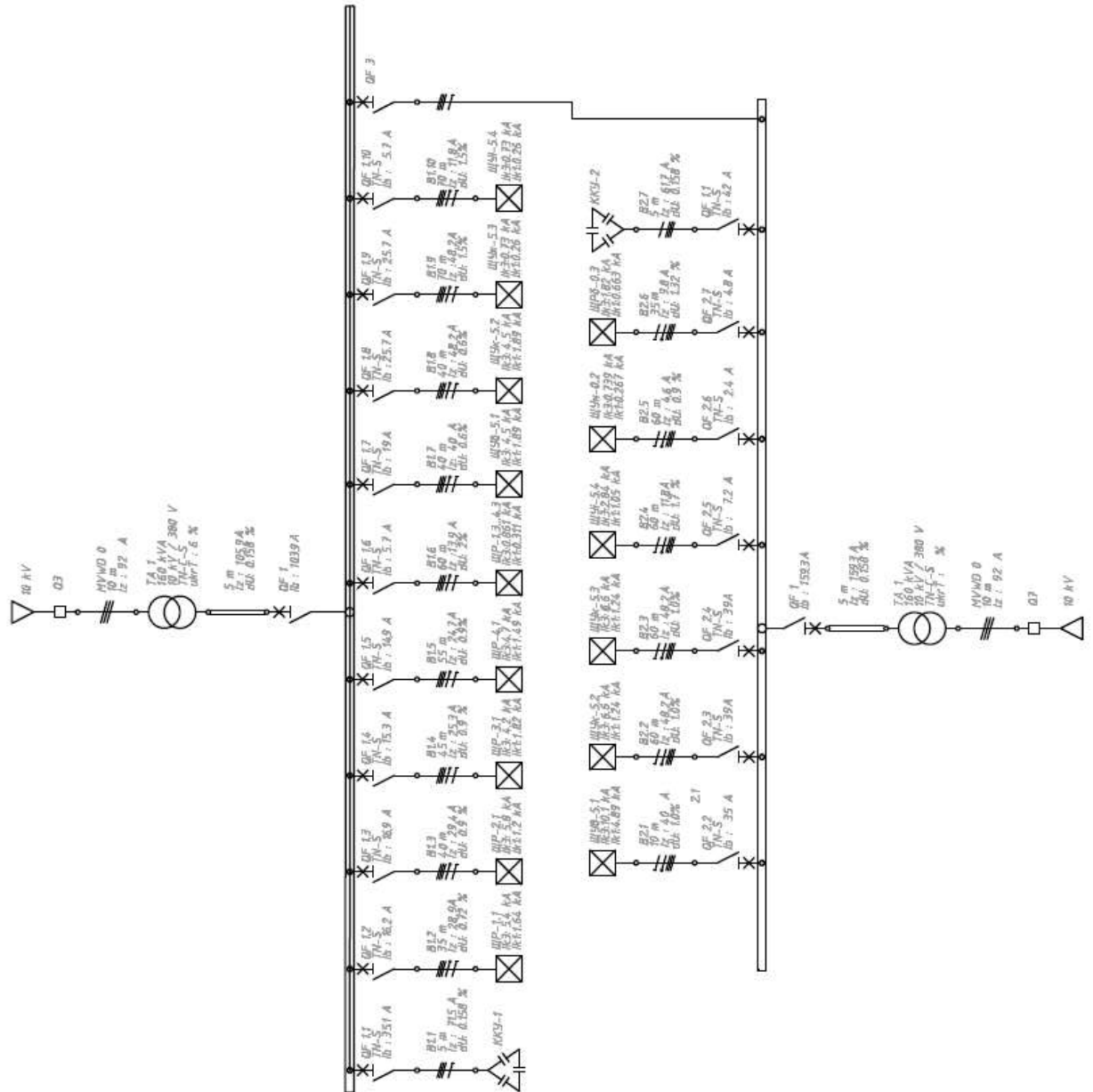


Рис. 4.3. Розрахунок Струмів КЗ

Для лінії без електричного двигуна:

$$I_{н.р.} \geq I_{роб.} \tag{4.5}$$

Для лінії з електричним двигуном:

$$I_{н.р.} \geq 1,25 * I_{роб.} \tag{4.6}$$

Далі обираються номінальні характеристики автоматичних вимикачів. Після цього перевіряються апарати за наступними параметрами:

- надійністю спрацювання:

$$I_K^{(1)} \geq 3 * I_{н.р.}, \quad (4.7)$$

- вимикаючою здатністю

$$I_{вим} \geq \sqrt{2} * I_K^{(3)}, \quad (4.8)$$

де $I_K^{(1)}, I_K^{(3)}$ – значення струмів одно- і трифазного короткого замикання відповідно, кА;

$I_{вим}$ – струм автоматичного вимикача по каталогу, кА.

Струми короткого замикання розраховуються в програмі Escodial. Для розрахунків електрична схема переноситься до програми. Кінцеві результати записуються в табл. 4.9.

Таблиця 4.3

Перевірка автоматичних вимикачів

№	Ум. позначення	$I_{розр}, A$	$I_{к.з.}, 1\phi, кА$	$I_{к.з.}, 3\phi, кА$	$I_{відкл.}$	$I_{ном.АВ}, A$
В 1.2	ЩР-1.1	28,36	0,7	1,84	18	32
В 1.3	ЩР-2.1	28,87	0,65	1,65	18	32
В 1.4	ЩР-3.1	22,79	2,03	4,02	18	32
В 1.5	ЩР-4.1	24,31	0,64	1,37	18	32
В 1.6	ЩР-1.3...4.3	13,65	0,55	1,1	9	16
В 1.7	ЩУВ-5.1	39,25	0,62	1,33	18	50
В 1.8	ЩУК-5.2	98,13	1,03	2,51	25	125
В 1.9	ЩУК-5.3	98,13	1,03	2,51	25	125
В 1.10	ЩУі-5.3	11,62	0,54	1,23	9	16
В 2.1	ЩУВ-5.1	39,25	0,91	2,23	18	50
В 2.2	ЩУК-5.2	98,13	1,03	2,51	25	125
В 2.3	ЩУК-5.3	98,13	1,03	2,51	25	125
В 2.4	ЩУі-5.3	11,62	0,45	1,11	9	16
В 2.5	ЩУН-0.2	4,47	0,43	1,05	9	16
В 2.6	ЩРБ-0.3	9,60	0,51	1,19	9	16
В 3.1	ЩУН-0.2	4,47	0,43	1,05	9	16
В 3.2	ЩРБ-0.3	9,60	0,51	1,19	9	16
В 3.3	ЩУД-1	5,50	0,51	1,07	9	16
В 3.4	ЩУД-2	5,50	0,51	1,07	9	16
В 3.5	ЩУД-3	3,7	0,4	0,97	9	16
В 3.6	ЩУД-4	3,7	0,4	0,97	9	16

Також в програмі Escodial перевіряється селективність спрацювання апаратів захисту. На рис. 4.4 зображено, як приклад, селективність ввідного автоматичного вимикача QF2 та QF2.2

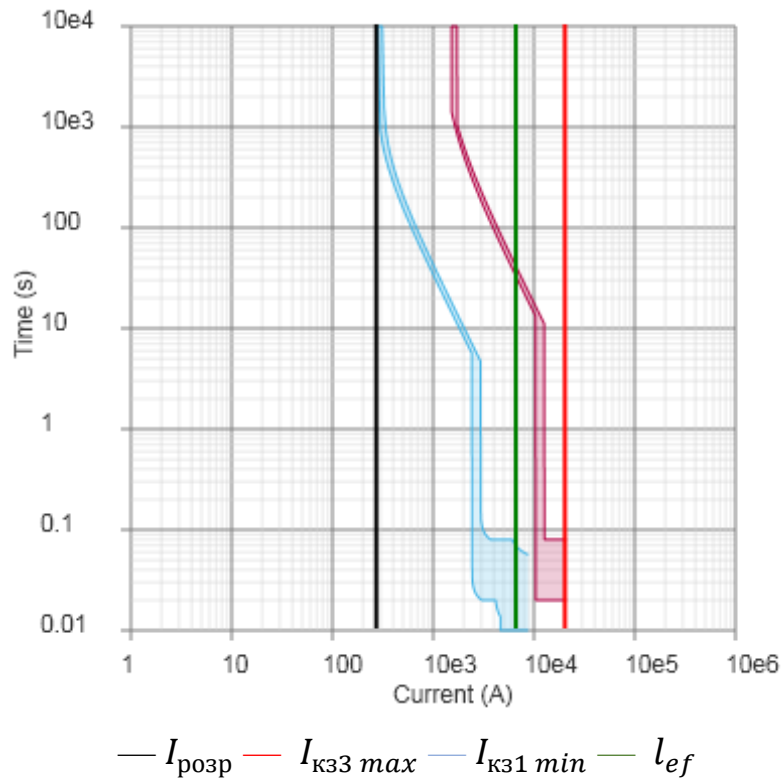


Рис. 4.4 Селективність автоматичного вимикача QF2 та QF2.2

На графіку видно, що автоматичні вимикачі повністю селективні на всіх ділянках. Після кінцевого формування схеми 0,4 кВ отримані дані заповнюються в програмі Rapsody. В програмі проектується конструкція РУ-0,4 кВ. Отримана конструкція наведена на рис. 4.5.

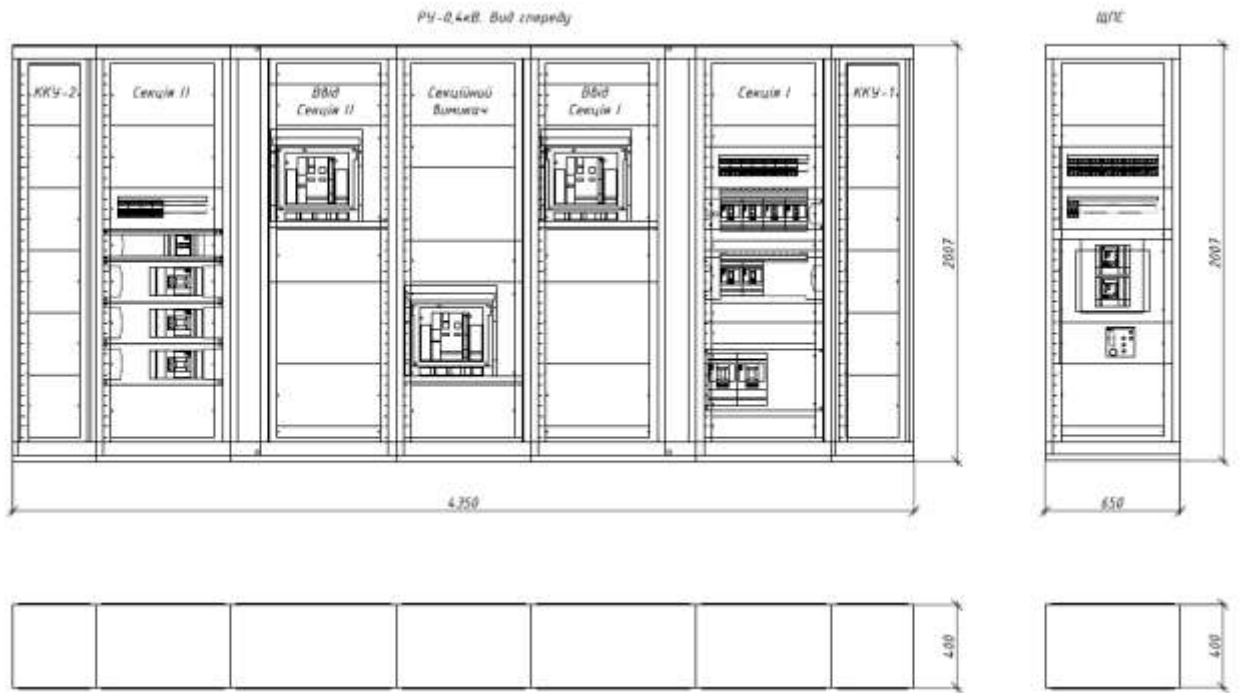


Рис. 4.5. РУ-0,4 кВ.

4.4. Розрахунок конденсаторних установок

Вибрати пристрій підвищення коефіцієнту потужності можна знаючи наступні параметри:

- розрахункову реактивну потужність компенсуючої установки;
- тип компенсуючої установки;
- напруга компенсуючої установки.

В роботі застосовується централізована компенсація реактивної потужності. Через це компенсуюча установка підключається до збірних шин РУ-0,4 кВ. Коефіцієнт потужності для I секції становить 0,89, для другої II становить 0,85.

Розрахункова реактивна потужність компенсуючої установки визначається за наступним співвідношенням:

$$Q_{к.р} = \alpha * P_p (tg\varphi - tg\varphi_k) \quad (4.9)$$

$$Q_{к.р} = 0,93 * 92,03(0,72 - 0,16) = 49 \text{ квар для I секції збірних шин,}$$

$$Q_{к.р} = 0,93 * 72,23(0,79 - 0,16) = 44 \text{ квар для II секції збірних шин,}$$

де $Q_{к.р}$ – розрахункова потужність компенсуючої установки, квар.

α – коефіцієнт, який враховує підвищення $\cos\varphi$ природнім способом, приймається як 0,93.

$tg\varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності до компенсації,

$tg\varphi_k$ – коефіцієнт реактивної потужності після компенсації,

P_p – розрахункова потужність, кВт.

Обираємо комплектну компенсуючу установку, в її комплект входить: конденсатори, мікропроцесорний контролер який переключає рівні компенсації, автоматичні вимикачі, контактори, для живлення контролера обліку реактивної енергії вбудовані конденсатори струму і напруги. Весь комплект буде встановлений в окремий щиток. До кожної комплектної компенсаторної установки входять 3 конденсаторів. Вони підключаються до необхідного для компенсації потужності, в залежності від коефіцієнту потужності. З каталогу підбирається необхідна компенсуюча установка.

Сумарна потужність конденсаторів I секції збірних шин: $10 + 15 + 25 = 50$ квар.

Сумарна потужність конденсаторів II секції збірних шин: $5 + 15 + 25 = 45$ квар.

4.5. Висновок

Було розраховано та обрано необхідне основне обладнання РУ-0,4 кВ. За допомогою розрахунків потужності принципової схеми електропостачання було розроблено схему РУ-0,4 кВ. На наступному етапі були проведені розрахунки, необхідні для вибору комутаційних та захисних апаратів, КЛ, компенсуючих установок тощо. Розроблено основні вимоги для виконання мережі розподілення та електропостачання 0,4 кВ.

Для спрощення розрахунків і зменшення часу на виконання роботи, було використано наступне програмне забезпечення: Rapsodie, Ecodial, Excel та CanCad.

Перевірка автоматичних вимикачів на струми короткого замикання та перевірка на селективність, було виконано в програмі Ecodial. Тривимірні траса шинопровода виконувалася в програмі CapCad, вона дає змогу отримати більше візуальної інформації та спрощує розташування його в просторі.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі на тему “Система електропостачання офісного центру” було розроблено електропостачання офісного центру від вводу зі сторони ВН до споживачів електричної енергії. Розроблено проект електропостачання споруди цивільного призначення на базі сучасного електротехнічного обладнання, з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

В першому розділі розглянуто перші етапи проектування систем електропостачання будівель цивільного призначення. Проаналізовано процес проектування, вимоги до проектів та необхідні нормативно-технічні документи.

Другий розділ включає в себе розрахунок електричних навантажень, вибір силових трансформаторів та вибір місця розташування трансформаторів за вимогами НТД. Було обрано сухі силові трансформатори з литою ізоляцією виробника Siemens типу Geafol. Ці трансформатори мають високу експлуатаційну надійність та безпечність. Також вони досить екологічні за рахунок слабкої горючості та пожежобезпечності.

В третьому розділі було розроблено мережу електропостачання офісного центру 10 кВ. Обрано двопробеневу схему електропостачання мережі, після чого було складене схему розподільчої мережі. Вона складається з двох секцій збірних шин, вони виконуються на базі комплектних розподільчих пристроїв типу SM6 виробника Shneider Electric. КРП SM6 – це універсальні комірочки, вони підходять майже під любі існуючі схемні рішення трансформаторних підстанцій та розподільчих підстанцій з напругою 10(6) кВ. Для захисту від аварійних режимів в високовольтній мережі використовуються елегазові силові вимикачі та високовольтні запобіжники.

Заключний етап розробки системи електропостачання офісного центру виконаний в четвертому розділі. В ньому проведені розрахунки, що відносяться до мереж НН. Було обрано шинопровід та розроблено в спеціальному програмному CanBrass забезпеченні тривимірну модель його підключення. Такий підхід спрощує розуміння підключення та кріплення шинопроводу, підвищує швидкість виконання

робіт та зменшує вірогідність неправильного підключення. Далі проведено розрахунки та проектування РП-0,4 кВ. Частина розрахунків було виконано в Escodial, а саме розрахунки струмів КЗ. Використання даного програмного забезпечення підвищує точність розрахунків та виконання роботи, дещо спрощує систему розрахунків мережі 0,4 кВ.

В п'ятому та шостому розділах було присвячено увагу до охорони праці та охорони навколишнього середовища, вимоги та заходи щодо охорони праці та захисту навколишнього середовища, що грає дуже високу роль у сучасному світі.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про регулювання містобудівної діяльності: закон України від 3 липня 2016 р. № 1315-VII // Відомості Верховної Ради України. – 2012. № 34. – Ст. 334.
2. ДСТУ:ІЕС 61000-4-30-2010 Електромагнітна сумісність. Частина 4-30. Методи випробування та вимірювання. Вимірювання показників якості електричної енергії.
3. ДБН В 2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
4. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. М.: ИНФА-М, 2005.-214 с., ил.- (Профессиональное образование).
5. Правила устройства электроустановок. 2-е изд., перераб. и доп. –Х.: Изд-во «Форт», 2009. – 736с.
6. Конституція України. Закон України “Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року” № 2697-VIII від 28.02.2019: прийнята на восьмій сесії Верхов. Ради України 28 лютого 2019 р. – Київ : Відомості Верховної ради (ВВР), 2019. – 70 с.
7. Конституція України. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” №1264-XII від 16.10.2020: прийнята на дванадцятій сесії Верхов. Ради України 16 жовтня 2020 р. – Київ: Відомості Верховної ради (ВВР), 2020. – 546 с.
8. Голубев М.Л. Расчет токов короткого замыкания в электросетях 0,4-35 кВ.- М.: Энергия, 1980.- 88 с.
9. В.М. Блок, Г.К. Обушев Л.Б. Паперно и др. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электротехнических специальностей вузов. –М.: Высш. шк., 1990. –383с.
10. Охорона праці в галузі: Навч. посіб. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. – 268 с.