

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механічної та електричної інженерії

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту
з навчальної дисципліни:

«Електричні станції і підстанції»

Освітньо-професійна програма
Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

для здобувачів вищої освіти
галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальність G3 Електрична інженерія
рівень вищої освіти перший (бакалаврський)



Полтава
2026

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з навчальної дисципліни «Електричні станції і підстанції» для здобувачів вищої освіти освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності G3 Електрична інженерія першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Семенов А., Бичков Я. Полтава: ПДАУ, 2026. 36 с.

Укладачі:

Бичков Ярослав, доцент кафедри механічної та електричної інженерії, кандидат технічних наук, доцент.

Семенов Анатолій, професор кафедри механічної та електричної інженерії, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

Рецензент:

Яхін Сергій, завідувач кафедри будівництва та професійної освіти, кандидат технічних наук, доцент.

Методичні рекомендації обговорено та схвалено на засіданні кафедри механічної та електричної інженерії 01 вересня 2026 р., протокол № 1.

Методичні рекомендації схвалено радою з якості вищої освіти спеціальності «Електрична інженерія» 01 вересня 2026 р., протокол № 1.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Мета та завдання курсового проєктування

Курсовий проєкт з навчальної дисципліни «Електричні станції і підстанції» є окремим освітнім компонентом професійної підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності G3 Електрична інженерія. Курсове проєктування спрямоване на закріплення, поглиблення та систематизацію теоретичних знань, а також на формування практичних навичок розрахунку, вибору обладнання та проєктування електричної частини електричних станцій і підстанцій.

Метою курсового проєктування є формування здатності обґрунтовувати та приймати інженерні рішення щодо структури, параметрів і складу електричної частини станцій і підстанцій з урахуванням надійності, електробезпеки, енергоефективності, техніко-економічної доцільності та вимог чинних нормативних документів.

Основні завдання курсового проєктування:

- аналіз вихідних даних і умов функціонування об'єкта проєктування;
- обґрунтування структурної та головної схеми електричних з'єднань;
- визначення кількості та вибір потужності силових трансформаторів;
- розрахунок характерних режимів і струмів короткого замикання;
- вибір та перевірка комутаційних апаратів, вимірювальних трансформаторів, струмопровідних частин і обладнання 0,4–110 кВ відповідно до завдання;
- обґрунтування рішень щодо релейного захисту, автоматики, власних потреб, заземлення та блискавкозахисту;
- техніко-економічне порівняння варіантів;
- розроблення пояснювальної записки та графічної частини з використанням сучасних цифрових засобів;
- набуття навичок роботи з нормативною, науково-технічною та каталоговою інформацією;
- підготовка до аргументованого захисту прийнятих інженерних рішень.

1.2 Нормативна основа та місце курсового проєкту в освітньому процесі

Організація виконання курсового проєкту здійснюється відповідно до чинної освітньо-професійної програми, навчального плану, робочої програми та силабусу навчальної дисципліни, Положення про організацію освітнього процесу в Полтавському державному аграрному університеті, Положення про організацію самостійної роботи здобувачів вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, Кодексу академічної доброчесності ПДАУ та інших локальних нормативних документів Університету в їх чинних редакціях.

Курсовий проєкт «Електричні станції і підстанції» має обсяг 3 кредити ЄКТС (90 годин) відповідно до ОПП, введеної в дію в оновленій редакції з 1 вересня 2025

року; для конкретного контингенту 2026–2027 навчального року обсяг, семестр і форма контролю уточнюються за чинним навчальним планом і силабусом.

1.3 Компетентності та програмні результати навчання

Виконання курсового проєкту насамперед сприяє формуванню ЗК1, ЗК5, ЗК6, ФК1, ФК3, ФК4, ФК5, ФК6, ФК7, а також досягненню ПРН1, ПРН7, ПРН8, ПРН10, ПРН16, ПРН17, ПРН19. Формулювання компетентностей і програмних результатів навчання застосовують у редакції чинної ОПП для відповідного року набору.

Таблиця 1.1 – Компетентності та програмні результати навчання

<i>Загальні компетентності</i>
Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу
Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми
<i>Фахові компетентності</i>
Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проєктування і розрахунків (САПР).
Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.
Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.
Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.
Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.
Здатність розробляти проєкти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.
<i>Програмні результати навчання:</i>
Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах
Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність
Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень.
Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.
Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні

1.4 Організація виконання курсового проєкту

Курсовий проєкт виконується здобувачем самостійно за індивідуальним завданням під керівництвом науково-педагогічного працівника кафедри. Керівник консультує щодо методики розрахунків, нормативної бази та оформлення, контролює дотримання графіка, але не підміняє самостійну інженерну роботу здобувача.

Здобувач зобов'язаний дотримуватися календарного графіка, подавати завершені етапи на консультацію, перевіряти достовірність вихідних даних і технічних характеристик, належно посилаючись на джерела та бути готовим пояснити кожне прийняте технічне рішення і виконаний розрахунок.

2 ТЕМАТИКА КУРСОВИХ ПРОЄКТІВ

Базова тема курсового проєкту повинна забезпечувати виконання повного циклу інженерного проектування електричної частини підстанції. Дослідницькі, цифрові та енергетично-гнучкі рішення доцільно включати як індивідуальне розширення базової теми, а не як заміну основних проєктних розрахунків.

Рекомендована тематика:

- проектування електричної частини одностансформаторної понижувальної підстанції 35/0,4 кВ для промислового або агропромислового об'єкта;
- проектування електричної частини двотрансформаторної підстанції 35/0,4 кВ;
- проектування підстанції 35–110/6–10 кВ із вибором та перевіркою основного обладнання;
- реконструкція або технічне переоснащення підстанції з підвищенням надійності та енергоефективності;
- проектування системи резервного живлення відповідальних споживачів на базі підстанції;
- проектування підстанції з техніко-економічним порівнянням двох варіантів головної схеми або трансформаторного обладнання.

За погодженням із керівником індивідуальне завдання може містити додатковий модуль: інтеграція фотоелектричної генерації або системи накопичення енергії; цифровий моніторинг і діагностика; елементи цифрової підстанції та ІЕС 61850; оцінювання втрат і показників якості електроенергії; підвищення стійкості електропостачання в аварійних режимах; удосконалення релейного захисту й автоматики.

3 ОБРАННЯ ТЕМИ, ЗАВДАННЯ ТА ЕТАПИ ВИКОНАННЯ

3.1 Обрання і затвердження теми

Тема обирається здобувачем із рекомендованого переліку або пропонується ним самостійно та погоджується з керівником. Тема має відповідати результатам навчання освітнього компонента і забезпечувати достатній обсяг розрахунково-проектної роботи. Остаточне формулювання теми та вихідні дані фіксуються у завданні на курсовий проєкт (додаток А).

3.2 Вихідні дані

У завданні зазначають: клас(и) напруги; призначення і тип підстанції; розрахункове навантаження або потужність трансформаторів; категорію надійності електроприймачів; параметри зовнішньої мережі або потужність короткого замикання; довжини та параметри живильних ліній; кліматичні/компонувальні дані, якщо вони потрібні; перелік обов'язкових розрахунків і графічних матеріалів; індивідуальний додатковий модуль, якщо передбачений.

3.3 Послідовність виконання

- отримання завдання та аналіз вихідних даних;
- формування структурної схеми та вибір варіантів головної схеми;
- вибір кількості й потужності силових трансформаторів;
- розрахунок робочих струмів і струмів короткого замикання;
- вибір та перевірка електричних апаратів і струмовідних частин;
- вибір вимірювальних трансформаторів, рішень РЗА, власних потреб, заземлення і блискавкозахисту;
- техніко-економічне порівняння та остаточний вибір варіанта;
- розроблення графічної частини;
- оформлення пояснювальної записки, самоперевірка і подання керівникові;
- усунення зауважень, допуск і захист курсового проєкту.

Рекомендований календарний графік наведено у додатку Г.

Конкретні строки встановлює керівник з урахуванням графіка освітнього процесу та силабусу на 2026–2027 навчальний рік.

4 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

4.1 Склад курсового проєкту

Курсовий проєкт складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка повинна містити титульну сторінку, завдання, зміст, вступ, основні розрахунково-проєктні розділи, висновки, список використаних джерел і, за потреби, додатки.

4.2 Рекомендована структура основної частини

- аналіз вихідних даних та вимог до надійності;
- структурна і головна схема електричних з'єднань;
- вибір кількості та потужності силових трансформаторів;
- розрахунок робочих режимів і струмів короткого замикання;
- вибір та перевірка високовольтних комутаційних апаратів;
- вибір вимірювальних трансформаторів та струмовідних частин;
- вибір обладнання сторони 0,4 кВ (за наявності);
- рішення щодо релейного захисту, автоматики та власних потреб;
- заземлення та блискавкозахист;
- техніко-економічне обґрунтування прийнятого варіанта;
- конструктивне виконання підстанції та підсумкові висновки.

4.3 Позначення конструкторських документів

Позначення документів формують за єдиним принципом кафедри. Рекомендований приклад для 2026 року: КП.ЕСП.G3EІбд_26.02.00.000 ПЗ, де КП – курсовий проєкт; ЕСП – скорочена назва освітнього компонента; G3EІбд_26 – шифр академічної групи; 02 – номер здобувача за списком; ПЗ – пояснювальна записка. Остаточне позначення узгоджується з керівником.

5 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ ПРОЄКТНИХ РОЗРАХУНКІВ

При проєктуванні електроустановки перед розробкою головної схеми складається структурна (функціональна) схема видачі електроенергії (потужності), на якій наводяться основні функціональні частини електричної установки (розподільні пристрої, трансформатори, генератори) і зв'язки між ними. Структурна (функціональна) електрична схема залежить від складу устаткування (числа генераторів, трансформаторів), розподілу генераторів і навантаження між розподільними пристроями (РП) різної напруги й зв'язку між цими РП.

Для вибору електричної схеми розподільного пристрою необхідно знати кількість приєднань (ліній, трансформаторів, генераторів) до РП кожного класу напруги.

Вибір схеми електричних з'єднань підстанції є визначальним фактом при її проектуванні, визначає повний склад елементів і зв'язків між ними. Обрана схема є вихідною при складанні принципових схем електричних з'єднань, схем власних потреб, вторинних з'єднань тощо.

Схема електричних з'єднань підстанції повинна відповідати наступним вимогам:

- мати достатню надійність електропостачання;
- мати можливість розширення підстанції;
- оперативна гнучкість та маневреність електричної схеми;
- бути енергоощадною.

Рекомендується за можливістю використовувати типові блочно-модульні принципи з урахуванням сучасних схемних рішень.

Згідно завдання студенту задається певний тип підстанції (за способом приєднання до електричної мережі) це тупикова, відпаєчна, прохідна (транзитна) або вузлова підстанція.

Двотрансформаторні підстанції обладнані автоматичною (з вимикачем і роз'єднувачами) або неавтоматичною (без вимикача) перемичкою на стороні високої напруги, в залежності від необхідності дії протиаварійної автоматики.

Прохідні (транзитні) підстанції вмикаються в розсічку лінії, як правило з двостороннім живленням і здійснюють через себе транзит електроенергії в межах енергосистеми. Тут дві секції шин високої напруги додатково з'єднуються між собою ще й ремонтною перемичкою, яка в нормальному режимі відключена, а транзит потужності здійснюється через перемичку з секційним вимикачем.

До схем вузлових підстанцій ставляться підвищені вимоги з точки зору надійності. Як правило, в цьому випадку застосовують схеми з багатократним приєднанням ліній (кільцеві схеми, схема 3/2 вимикача на ланцюг, схеми шини - трансформатор, та ін.).

На середній напрузі підстанцій (35-150 кВ) рекомендується використання таких схем:

- одинарна секціонована система шин (як правило при напрузі 35 кВ);
- одинарна секціонована система шин з обхідною (110-150 кВ), до шести приєднань;
- дві робочі і обхідна система шин (110-150 кВ), шість і більше приєднань.

На стороні низької напруги (6-10 кВ) необхідно застосовувати одинарну секціоновану систему збірних шин. При цьому секційний вимикач при роботі двох трансформаторів відключений з метою обмеження струмів короткого замикання.

5.1 Вибір кількості приєднань згідно категорії електроприймачів (забезпечення надійності електропостачання)

На початковому етапі проектування слід вирішити задачу визначення кількості ЛЕП. Рекомендується користуватися спрощеною методикою вибору.

Згідно з вимогами споживачі першої категорії повинні мати не менше двох незалежних джерел живлення: дві лінії, два трансформатори, два генератори з автоматичним вмиканням резервного (АВР); другої категорії – рекомендується два

джерела, але припустимо й одне (після техніко-економічного обґрунтування). Цим визначається мінімальне число ліній зв'язку з системою: для електростанцій та підстанцій, що живлять споживачів першої категорії – не менше двох, решти підстанцій – варіант з одною лінією та одним трансформатором.

5.2 Вибір основного електрообладнання.

До основного електрообладнання належать синхронні генератори, трансформатори та синхронні компенсатори. У курсовому проєкті слід застосовувати найновіше електрообладнання. Для цього рекомендується користуватися каталогами, а також довідниками та навчальними виданнями останніх років видання.

На підстанціях усіх категорій з вищою напругою 35...750 кВ встановлюють здебільшого два трансформатори. Установка більшої кількості трансформаторів потребує техніко-економічного обґрунтування. Дозволяється установка на підстанції одного трансформатора для живлення споживачів другої та третьої категорій при техніко-економічному обґрунтуванні та наявності резерву трансформаторів у системі або при умові забезпечення резервування живлення споживачів за зв'язками вторинної напруги з іншими джерелами живлення.

При двох трансформаторах потужність кожного трансформатора вибирається з урахуванням завантаження його не більш 70 % максимального навантаження підстанції у нормальному режимі роботи та допустимого післяаварійного тривалого перевантаження згідно з ДСТУ 2103-92, 2104-92, 2105-92, не більше, як в 1,4 рази для трансформаторів з системами охолодження М, Д, ДЦ та Ц.

Застосування триобмоткових трансформаторів доцільне, якщо навантаження на боці нижчої напруги трансформатора не менше (15...20) % навантаження на боці середньої напруги.

Знижувальні трансформатори потужністю 25 МВА та вище (при $U = 6; 10$ кВ) виконуються з розщепленою на дві гілки обмоткою НН. Кожна гілка такого трансформатора розрахована на половину потужності, тому опір трансформатора при короткому замиканні майже у 2 рази вище, ніж у звичайного двообмоткового трансформатора.

Під час вибору основного електрообладнання необхідно використовувати актуальні серійні вироби, технічні каталоги та офіційні дані виробників. Обладнання, зняте з виробництва, допускається наводити лише для порівняння або аналізу існуючих підстанцій.

На великих вузлових підстанціях, які з'єднують мережі двох суміжних напруг 110 кВ та вище (110/220; 150/330; 220/500 та ін.) застосовують лише автотрансформатори, що мають більш високі техніко-економічні показники у порівнянні з триобмотковими трансформаторами аналогічної потужності.

Промисловість випускає як двообмоткові ($S_{ном} \leq 400$ МВА), так і триобмоткові автотрансформатори ($S_{ном} \leq 250$ МВА) у трифазному (до 330 кВ) або однофазному виконанні. Третя обмотка призначена для живлення місцевого

навантаження (разом з навантаженням власних потреб) та приєднання компенсувальних пристроїв (напругою від 6 до 35 кВ).

Оскільки схеми підстанцій є стандартними, для проведення ТЕР при проєктуванні підстанції необхідно вибрати два варіанти потужностей трансформаторів (автотрансформаторів) таким чином, щоб сума потужностей двох трансформаторів або потужність одного (2-ї та 3-ї для споживачів категорій) не була меншою за сумарну потужність споживачів різних класів напруги.

При навчальному проєктуванні трансформатор (автотрансформатор) стандартної потужності з необхідною напругою обмотки ВН чи СН наводиться у завданні.

Конкретну модель трансформатора слід підібрати за каталогами пропозицій сучасних трансформаторів вітчизняних та закордонних виробників, застосовуючи маркування, наведене на рис.1.

5.3 Розрахунок струмів короткого замикання

Основною причиною аварійних режимів в електроустановках є трифазні, двофазні та однофазні замикання на землю, і однофазні короткі замикання. Розрахунки аварійних режимів при проєктуванні підстанції необхідні для вибору під станційної апаратури і перевірки струмоведучих частин на їх термічну і електродинамічну стійкість, а також для вибору релейного захисту і заземлюючих пристроїв.

За розрахунковий вид короткого замикання для вибору електричних апаратів й струмопроводів приймається трифазне коротке замикання. Попередньо необхідно скласти розрахункову схему, що відповідає максимальному значенню струму короткого замикання у визначених точках мережі на стороні високої ($K1$) і низької напруги ($K2$) трансформаторної підстанції рис. 2. При цьому необхідно пам'ятати, що секційний вимикач на стороні 6-10 кВ завжди вимкнений при роботі обох силових трансформаторів, а секційний вимикач на стороні 35-330 кВ може бути у ввімкненому стані (в залежності від типу підстанції).

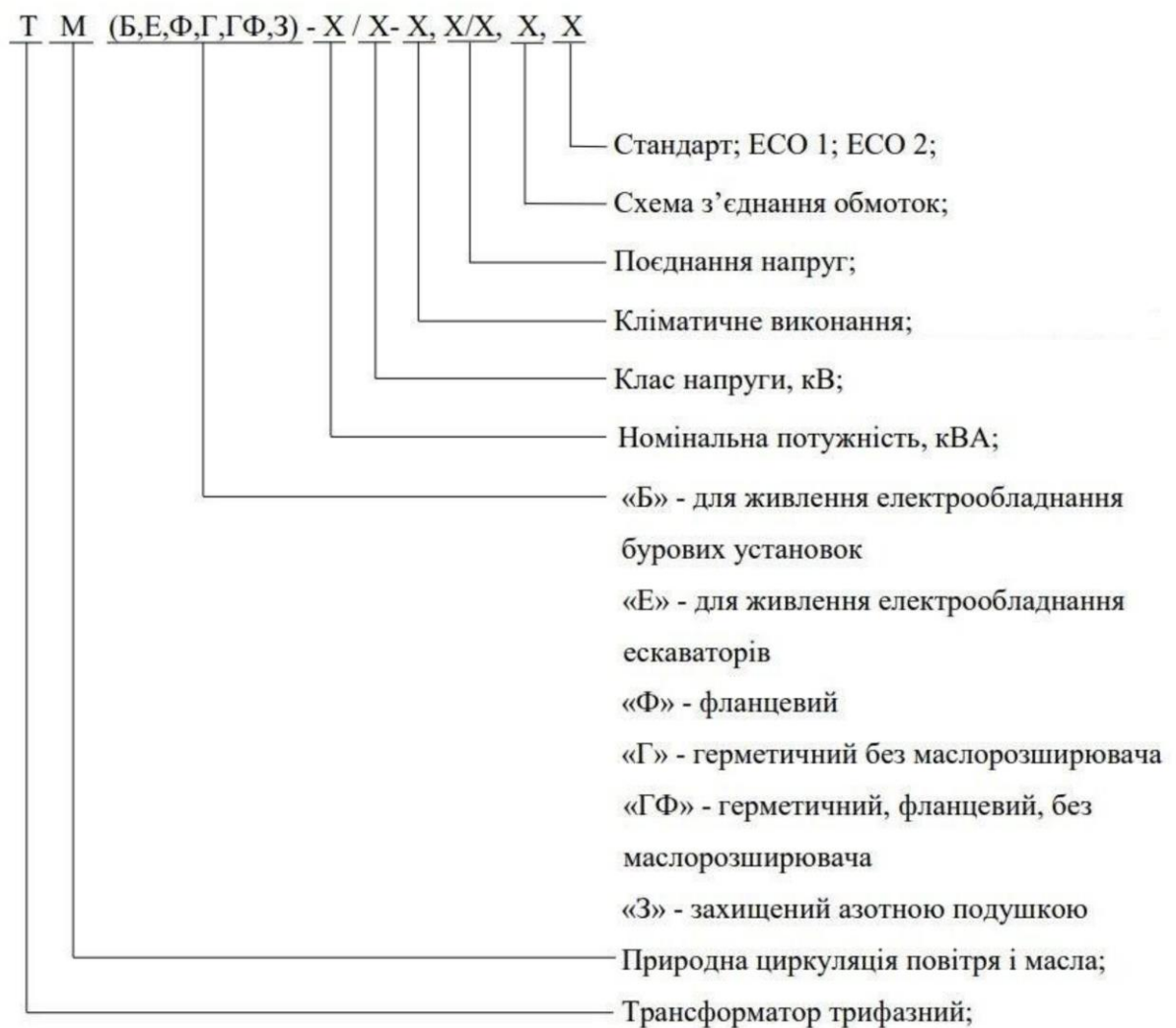


Рисунок 5.1 – Структура умовного позначення типу трансформатора.

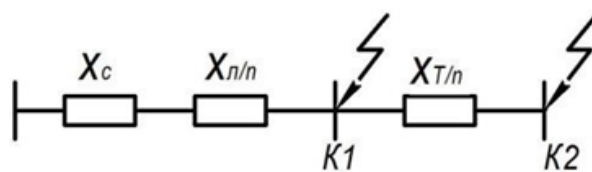


Рисунок 5.2 – Схема заміщення для розрахунку струму КЗ

За розрахунковою схемою складається схема заміщення, в якій вказуються джерела живлення й усі елементи ланцюга короткого замикання своїми реактивними опорами. Для спрощення розрахунків активними опорами схеми можливо знехтувати.

На рис. 2 x_c , x_n , x_T індуктивні опори відповідно системи, лінії високої напруги, трансформатора. Розрахунок струмів КЗ виконується в умовних одиницях.

Слід зазначити, що вибір виду розрахункового струму КЗ залежить від поставленої мети. Наприклад, розрахунковим видом струму КЗ при виборі та перевірці апаратів і провідників зазвичай є трифазний струм КЗ, Рідше (в мережах

110 кВ і вище) однофазний струм КЗ.

У цьому розділі варто розглянути розрахунок струмів трифазного короткого замикання напругою вище 1 кВ.

При розрахунках струмів КЗ допускається не враховувати:

- зсув по фазі ЕДС різних синхронних машин і зміну їх частоти обертання, якщо тривалість КЗ не перевищує 0,5 с.;
- струми намагнічування силових трансформаторів і автотрансформаторів;
- насиченість магнітних систем електричних машин;
- поперечна ємність повітряних ліній електропередачі напругою 110-220 кВ, якщо їх довжина не вище 200 км, і напругою 330-500 кВ, якщо їх довжина не перевищує 150 км;
- вплив активних опорів різних елементів вихідної розрахункової схеми на амплітуду періодичної складової струмів КЗ, якщо активна складова результуючого еквівалентного опору розрахункової схеми відносно точки КЗ не вище 30 % від індуктивної складової результуючого рівномірного опору.

На схемі показані трансформатори з розщепленими обмотками (рисунок 4, а).

Методика проведення розрахунку струмів короткого замикання для електричної схеми (рисунок 3) містить наступні розрахунки.

Еквівалентна схема розміщення буде мати вид, представлений на рисунку 4, б. Приймаємо потужність короткого замикання системи $S_k = 500$ МВА. Повітряна лінія довжиною 5 км з $x_{\text{пит}} = 0,4$ Ом/км.

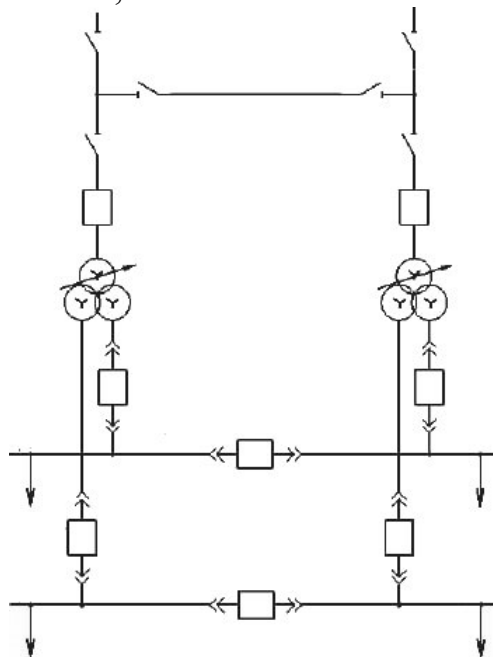


Рисунок 5.3 – Спрощена електрична схема підстанції

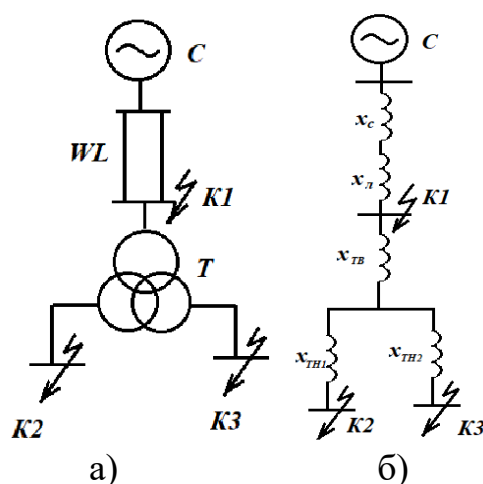


Рисунок 5.4 – Розрахункова схема (а) та схема заміщення (б)

Дані характеристик трансформаторів варто взяти із технічної документації виробника. Технічні параметри трансформатора які знадобляться для розрахунку зводяться за формою таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічні дані для розрахунків

Тип	$S_{\text{ном.Т, кВА}}$	Дані з каталогу					
		$U_{\text{ном обмоток, кВ}}$		$u_K, \%$		$P_K, \text{кВт}$	$P_X, \text{кВт}$
		ВН	НН	ВН–НН	НН1–НН2		
1	2	3	4	5	6	7	8

Розрахунок струмів короткого замикання для спрощення виконуються у відносних одиницях. Для переходу від реальних фізичних величин до відносних значень попередньо вибираються базисні величини. За базисне значення потужності S_6 приймають або сумарне значення потужності всіх джерел живлення, або число, кратне 10. У цьому розрахунку за базисну потужність можна прийняти $S_6 = 100 \text{ МВА}$, за базисну напругу U_6 – напругу того ступеня, на яку розраховуємо струм короткого замикання, що дорівнює середній номінальній напрузі $U_{\text{ср}}$ (кВ) відповідно до шкали середньої номінальної напруги: 0,23; 0,4; 0,69; 3,15; 6,3; 10,5; 21; 37; 115; 230; 347; 525; 787; 1200. У точці К1 на стороні ВН базисна напруга дорівнює $U_{\text{ср}} = U_6$, а на стороні НН у точках К2 та К3 $U_6 = 0,4 \text{ кВ}$.

Знаходимо у відносних одиницях опору схеми заміщення.

1. Опір системи:

$$x_{*б.,с.} = \frac{S_6}{S_K} \quad (5.1)$$

де S_6 – базисна потужність;
 S_K – потужність КЗ.

2. Опір повітряних ліній :

$$x_{*б.,л.} = x_{пит.} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{сер}^2} \quad (5.2)$$

де $x_{пит.}$ – питомий (погонний) індуктивний опір лінії, Ом/км;

l – довжина повітряних ліній

$U_{сер}$ – середня номінальна напруга на стороні ВН

3. Опір трансформатора:

$$x_{*б.,Тв.} = \frac{U_{к.в.}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{ном.Т}} \quad (5.3)$$

де $U_{к.в.} = u_{к.ВН-НН} - 0,25 \cdot u_{к.НН1-НН2}$ – напруга короткого замикання між обмотками

$S_{ном.Т}$ – номінальна потужність трансформатора

$$x_{*б.,Тн1.} = \frac{U_{к.Н1.}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{ном.Т}} \quad (5.4)$$

де $U_{к.Н1.} = U_{к.Н2.} = 0,5 \cdot u_{к.НН1-НН2}$

Для короткого замикання в точці K_1 знаходимо:

- результуючий опір до точки K_1 :

$$x_{*рез.(б)} = x_{*б.,с.} + x_{*б.,л.} \quad (5.5)$$

де $x_{*б.,с.}$ – з формули (5.1)

$x_{*б.,л.}$ – з формули (5.2)

- базисний струм в точці K_1 :

$$I_{б.} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{б.}}, \text{ кА} \quad (5.6)$$

Оскільки енергосистема пов'язана з точкою короткого замикання безпосередньо, то значення періодичної складової струму короткого замикання від системи при трифазному струмі короткого замикання для будь-якого моменту часу можна вважати рівним $I_{п,t} = I_{п,о} = \text{const}$.

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму короткого замикання в точці K_1 визначимо:

$$I_{п.,о.} = \frac{E_{*6}''}{x_{*рез(6)}} \cdot I_{6.}, \text{ кА} \quad (5.7)$$

де $E_{*6}''=1$ – середнє значення надперехідної ЕРС для енергетичної системи;
 $x_{*рез(6)}$ – з формули (5.5)
 $I_{6.}$ – з формули (5.6)

Ударний струм короткого замикання у точці К₁ слід визначати за формулою:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{п.,о.} \cdot k_{уд.}, \text{ кА} \quad (5.8)$$

де $k_{уд.} = 1,8$ – ударний коефіцієнт
 $I_{п.,о.}$ – з формули (4.7)

Потім проводиться розрахунок струмів короткого замикання на стороні нижчої напруги в точках К2 та К3. Значення, отримані для цих точок, будуть однаковими, тому розглянемо лише розрахунок у точці К2

Результуючий опір до точки К2:

$$x_{*рез.(6)} = x_{*6.,с.} + x_{*6.,л.} + x_{*6.,Тв} + x_{*6.,Тн1}. \quad (5.9)$$

де $x_{*6.,с.}$ – з формули (5.1)

$x_{*6.,л.}$ – з формули (5.2)

$x_{*6.,Тв}$ – з формули (5.3)

$x_{*6.,Тн1.}$ – з формули (5.4)

Базисний струм у точці К2:

$$I_{6.} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6.}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} \text{ кА} \quad (5.10)$$

Початкове значення періодичної складової трифазного струму короткого замикання в точці К2 визначимо за формулою:

$$I_{п.,о.} = \frac{E_{*6}''}{x_{*рез(6)}} \cdot I_{6.} \text{ кА} \quad (5.11)$$

де $x_{*рез(6)}$ – з формули (5.9)

$I_{6.}$ – з формули (5.10)

Ударний струм короткого замикання у точці К2 визначимо за формулою:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{п.,о.} \cdot k_{уд.} \text{ кА} \quad (5.12)$$

де $k_{уд.} = 1,8$ – ударний коефіцієнт

$I_{п.,о.}$ – з формули (5.11)

Отримані дані слід занести у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахункові значення струмів короткого замикання

№ з/п	Завдання	Відповідь
1	$I_{п.,о.}$ в точці K_1	
2	$I_{п.,о.}$ в точці K_2	
3	$i_{уд}$ в точці K_1	
4	$i_{уд}$ в точці K_2	

6 ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

Вибір апаратів для установки, що проєктується, починається з визначення за заданою електричною схемою розрахункових умов, а саме розрахункових робочих струмів приєднань і струмів КЗ.

Розрахункові величини зіставляються з відповідними номінальними параметрами апаратів. Для всього обладнання, яке буде вибиратися в курсовому проєкті, повинні бути додані посилання на сайт виробника.

6.1 Вибір високовольтних вимикачів

За розрахунковими даними вибирається високовольтний вимикач певного типу технічні дані якого заносяться у таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Технічні дані високовольтного вимикача

№ з/п	Найменування параметру	Значення
1.	Номінальна напруга, кВ	$U_{ном}$
2.	Найбільша робоча напруга, кВ	$U_{роб}$
3.	Номінальний струм за частотою 50 (60) Гц, А	$I_{ном}$
4.	Номінальний струм відключення, кА	$I_{від.ном}$
5.	Нормовані параметри струму включення, кА: а) початкове чинне значення періодичної складника б) найбільший пік	$I_{вкл.норм.}$ $i_{вкл.норм.}$
6.	Нормовані параметри наскрізного КЗ, кА: а) найбільший пік (струм електродинамічної стійкості) б) середньоквадратичне значення струму під час його протікання (Струм термічної стійкості для проміжку часу 3 с) в) початкове чинне значення періодичної складника	$i_{пр.с.}$ I_T $I_{пр.с.}$
7.	Нормований процентний зміст аперіодичної складової, %, не більше	$\beta_{нор}$

8.	Власний час включення, мс, не більше	$\tau_{\text{вл.вкл}}$
9.	Власний час відключення, мс	$\tau_{\text{вл.від}}$
10.	Повний час відключення, мс, не більше	$\tau_{\text{пов.вл.від}}$
11.	Безстокова пауза при АПВ, с, не менше	$\tau_{\text{паузи}}$
12.	Механічний ресурс, циклів ВО	N
13.	Комутаційний ресурс, циклів ВО: - при номінальному струмі - при номінальному струмі відключення	$N_{\text{ном}}$ $N_{\text{ном відкл.}}$
14.	Маса вимикача, кг (без трансформатора струму)	M

Вимикач вибирається за такими параметрами:

1) номінальній напрузі: $U_{\text{ном}} \leq U_{\text{мер.ном.}}$;

2) номінальному тривалому (робочому) струму:

$$I_{\text{роб}} \leq I_{\text{ном}}; I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$$

$$I_{\text{роб}} = \frac{S_{\text{Тном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}}; \quad (6.1)$$

$$I_{\text{max}} = 1,4 \frac{S_{\text{Тном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}} \quad (6.2)$$

3) швидкодії відключення:

а) на симетричний струм відключення: $I_{\text{п.,}\tau} \leq I_{\text{від.ном.}}$; де в розрахунках використовується $I_{\text{п.,}\tau} = I_{\text{п.,}0} = 2$

б) на відключення аперіодичної складової струму КЗ, але з початку знайдемо:

$$\tau = \tau_{\text{рз}} + \tau_{\text{вл.від}}, \text{ с} \quad (6.3)$$

де $\tau_{\text{рз}} = 0,01$ с – час дії релейного захисту; $\tau_{\text{вл.від}}$ – власний час відключення вимикача

$$i_{\text{а.,}\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.,}0} \cdot e^{-\tau/T_a}, \text{ кА} \quad (6.4)$$

де $i_{\text{а.,}\tau}$ – номінальне допустиме значення аперіодичної складової у струмі, що відключається для часу

$T_a = 0,03$ – постійна часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання

$$i_{\text{а.ном}} = \left(\sqrt{2} \cdot \frac{\beta_{\text{нор}}}{100} \right) \cdot i_{\text{від.ном}} \text{ кА} \quad (6.5)$$

$\beta_{\text{нор}}$ – нормоване значення вмісту аперіодичної складової у струмі, що відключається (%), яке визначається за кривою з довідників або встановлюється заводом-виробником;

За отриманими розрахунками

$$i_{a,\tau} = XX,XX \text{ кА} \leq i_{a.\text{нор}} \text{ кА} \quad (6.6)$$

Оскільки умови а) і б) виконуються, то умову в) можна не перевіряти.

в) якщо умова $I_{п,\tau} \leq I_{\text{від.нор}}$ дотримується, але при цьому $i_{a,\tau} \leq i_{a.\text{нор}}$, то перевірку по відключаючій здатності проводять по повному струму КЗ:

$$(\sqrt{2}I_{п,\tau} + i_{a,\tau}) \leq \sqrt{2}I_{\text{від.нор}}(1 + \frac{\beta_{\text{нор}}}{100}) \quad (6.7)$$

4) включаюча здатність $I_{п.о.} \leq I_{\text{вкл.норм.}}, i_{уд.} \leq i_{\text{вкл.норм.}}$:

$$I_{п.о.} = 2 \leq I_{\text{вкл.норм.}} \text{ кА} \quad (6.8)$$

$$i_{уд.} = 5,09 \text{ кА} \leq i_{\text{вкл.норм.}} \text{ кА} \quad (6.9)$$

де $I_{\text{вкл.норм.}}$ – нормоване діюче значення періодично складової струму включення вимикача;

$I_{п.о.}$ – початкове значення періодичної складової струму короткого замикання;

$i_{\text{вкл.норм.}}$ – нормоване миттєве значення струму включення вимикача (береться за каталогом);

$i_{уд.}$ – значення ударного струму короткого замикання;

5) граничного наскрізного струму КЗ – на електродинамічну стійкість:

$$I_{п.о.} = 2 \leq I_{\text{пр.с.}} \quad (6.10)$$

$$i_{уд.} = 5,96 \leq i_{\text{дин.с}} = i_{\text{пр.с.}} \quad (6.11)$$

де $I_{\text{пр.с.}}$ – діюче значення граничного наскрізного струму КЗ (за довідником);

$i_{\text{пр.с.}}$ – амплітудне значення граничного наскрізного струму КЗ (за довідником);

6) за тепловим імпульсом – на термічну стійкість: $B_k \leq I_T^2 \cdot \tau_T$ при умові $t_{\text{відкл.}} > t_T$; якщо $t_{\text{відкл.}} < t_T$, то $B_k \leq I_T^2 \cdot t_{\text{відкл.}}$

$$t_{\text{відкл.}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{пов.вл.від}} \quad (6.12)$$

$$B_K = I_{п.о}^2 (t_{відкл} + T_a), A^2 \cdot c \quad (6.13)$$

$$I_T^2 \cdot t_{відкл}, A^2 \cdot c \quad (6.14)$$

де I_T – граничний струм термічної стійкості за довідником;
 $\tau_T = 3$ – тривалість протікання струму термічної стійкості.

Оскільки в деяких випадках $t_{відкл.} > t_T$, то умова перевірки на термічну стійкість може мати наступний вид:

$$B_K = XX, XX A^2 \cdot c \leq I_T^2 \cdot t_{відкл}, A^2 \cdot c; \quad (6.15)$$

7) Напрузі, що відновлюється:

$$u_B \leq u_{в.норм} \quad (6.16)$$

де $u_{в.норм}$ – нормоване значення власної напруги, що відновлюється, на контактах вимикача при відключенні короткого замикання в ланцюгу; u_B – власна напруга, що відновлюється, на контактах вимикача при відключенні розрахункового короткого замикання в ланцюгу.

Отримані результати занести у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Умови вибору і перевірки вимикача.(приклад).

Вимикач серії ВР		
Розрахункові дані	Дані з каталогу	Умови праці
$U_{ном} = XX \text{ кВ}$	$U_{мер.ном.} = 12 \text{ кВ}$	$U_{ном} \leq U_{мер.ном.};$
$I_{роб} = XX \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	$I_{роб} \leq I_{ном}$
$I_{max} = XX \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	$I_{max} \leq I_{ном}$
$I_{п.,\tau} = XX \text{ кА}$	$I_{від.ном} = 25 \text{ кА}$	$I_{п.,\tau} \leq I_{від.ном}$
$I_{п.,о} = XX \text{ кА}$	$I_{від.ном} = 25 \text{ кА}$	$I_{п.,о} \leq I_{від.ном}$
$i_{a,\tau} = XX \text{ кА}$	$i_{a.ном} = 20 \text{ кА}$	$i_{a,\tau} \leq i_{a.ном}$
$I_{п.о.} = XX \text{ кА}$	$I_{пр.с.} = 20 \text{ кА}$	$I_{п.о.} \leq I_{пр.с.}$
$i_{уд.} = XX \text{ кА}$	$i_{пр.с.} = 50 \text{ кА}$	$i_{уд.} \leq i_{пр.с.}$
$i_{уд.} = XX \text{ кА}$	$i_{пр.с.} = 50 \text{ кА}$	$i_{уд.} \leq i_{вкл.норм.}$
$B_{к.розр} = XX \cdot 10^6 A^2 \cdot c$	$B_{к.вим} = 40 \cdot 10^6 A^2 \cdot c$	$B_{к.розр} \leq B_{к.вим}$

Таким чином, вибраний вимикач повністю задовольняє усім умовам вибору і перевірки.

6.2 Вибір роз'єднувачів

На підставі розрахунку трифазного короткого замикання $I_{(п.о.)}$, кА, $i_{(уд.)}$, кА, зробити вибір та перевірку роз'єднувача, що встановлюється на стороні вищої

напруги силового трансформатора. За основу вибору беремо номінальну потужність силового трансформатора.

За каталогами обираємо роз'єднувач зовнішньої установки, параметри якого наводимо у вигляді в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Технічні дані роз'єднувача

Найменування параметру	Номінал
Напруга	$U_{\text{ном}}, \text{кВ}$
Номінальний струм	$I_{\text{ном}}, \text{А}$
Струм електродинамічної стійкості	$i_{\text{пр.с.}}, \text{кА}$
Струм термічної стійкості	$I_T, \text{кА}$
Тривалість протікання струму термічної стійкості	$t_T, \text{с}$
Країна виробник	—
Спосіб монтажу	—
Місце установки	Зовнішній/внутрішній
Максимальна робоча напруга	$U_{\text{max}}, \text{кВ}$
Кількість опорних ізоляторів	шт.
Кількість полюсів	шт.
Комутаційна зносостійкість	кількість циклів

Роз'єднувачі вибираються за такими параметрами:

1) номінальній напрузі:

$$U_{\text{мерж.ном.}} \leq U_{\text{ном}}, \text{кВ} \quad (6.17)$$

2) номінальному тривалому (робочому) струму: $I_{\text{роб}} \leq I_{\text{ном}}$;

$$I_{\text{роб}} = \frac{S_{\text{Тном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}}, \text{А} \quad (6.18)$$

3) електродинамічної стійкості: $i_{\text{уд.}} \leq i_{\text{дин}} = i_{\text{пр.с.}}$

4) термічної стійкості – за умови $t_{\text{відкл.}} > t_T$ $B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$ якщо $t_{\text{відкл.}} < t_T$, то $B_K \leq I_T^2 \cdot t_{\text{відкл.}}$, де час відключення короткого замикання $t_{\text{відкл.}}$:

$$t_{\text{відкл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{пов.вл.від}}, \text{с} \quad (6.19)$$

$$B_K = I_{\text{п.о}}^2 (t_{\text{відкл}} + T_a), \text{А}^2 \cdot \text{с} \quad (6.20)$$

$$I_T^2 \cdot t_{\text{відкл}}, A^2 \cdot c \quad (6.21)$$

де I_T – граничний струм термічної стійкості за довідником;
 $t_T = 3$ – тривалість протікання струму термічної стійкості за довідником.
 Отримані результати слід оформити у вигляді таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – умови вибору та перевірки роз'єднувача

Роз'єднувач РДЗ-35/1000 УХЛ1		
Розрахункові дані	Дані каталогу	Умови роботи
$U_{\text{ном}} = \text{XX кВ}$	$U_{\text{мереж.ном.}} = \text{xx кВ}$	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{мереж.ном.}}$
$I_{\text{роб}} = \text{XX А}$	$I_{\text{ном}} = \text{xx}$	$I_{\text{роб}} \geq I_{\text{ном}}$
$i_{\text{уд.}} = \text{XX кА}$	$i_{\text{пр.с.}} = \text{xx кА}$	$i_{\text{уд.}} \geq i_{\text{пр.с.}}$
$B_{\text{к.роз}} = \text{XX} \cdot 10^6 A^2 \cdot c$	$B_{\text{к.вим}} = \text{xx} \cdot 10^6 A^2 \cdot c$	$B_{\text{к.роз}} \geq B_{\text{к.вим}}$

Таким чином, вибраний роз'єднувач повністю задовольняє усім умовам вибору і перевірки.

6.3 Вибір трансформатора струму

У цьому підрозділі необхідно виконати вибір і перевірку трансформатора струму за номінальною напругою і струмом, електродинамічною та термічною стійкістю, класом точності та допустимим вторинним навантаженням.

Як приклад можна вибрати трансформатор струму з порцеляною покриттям, вторинна обмотка якого має ланцюговий тип, сам трансформатор маслозаповнений типу РФЗМ. Параметри вибраного трансформатора заносяться в таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Технічні характеристики трансформатора струму

Найменування параметру	Значення
Номінальна напруга	$U_{\text{ном}}$
Номінальний струм первинної обмотки	$I_{1\text{ном}}$
Номінальний струм вторинної обмотки	$I_{2\text{ном}}$
Струм термічної стійкості	I_T
Струм електродинамічної стійкості	$i_{\text{дин.}}$
Тривалість протікання струму термічної стійкості	t_T
Номінальна вторинне навантаження при $\cos\varphi = 0.8$	S_2
Клас точності	S

Трансформатор струму (ТС) вибирається за такими умовами:

- 1) номінальна напруга: $U_{\text{ном}} \leq U_{\text{мереж.ном.}}$;
- 2) номінальний тривалий (робочий) струм $I_{\text{роб}} \leq I_{1\text{ном}}$:

$$I_{\text{роб}} = \frac{S_{\text{Тном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}} \text{ А} \quad (6.22)$$

де $I_{\text{роб}}$ – номінальний розрахунковий (робочий) первинний струм (навантаження) трансформатора струму;

$I_{1\text{ном}}$ – номінальний первинний струм трансформатора струму (за каталогами). Номінальний первинний струм повинен бути якомога ближче до робочого струму установки, оскільки недовантаження первинної обмотки призводить до збільшення похибок.

3) електродинамічна стійкість $i_{\text{уд.}} \leq i_{\text{дин.}}$:

4) термічна стійкість $B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$:

$$t_{\text{відкл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{пов.вл.від}}, \text{ с} \quad (6.23)$$

$$B_k = I_{\text{п.о}}^2 (t_{\text{відкл}} + T_a), \quad \text{А}^2 \cdot \text{с} \quad (6.24)$$

$$I_T^2 \cdot t_T, \text{А}^2 \cdot \text{с} \quad (6.25)$$

5) конструкція та клас точності (наприклад трансформатор струму маслозаповнений з порцеляною покриття, клас точності 0,2S);

6) вторинне навантаження $Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$, для подальших розрахунків знадобиться наступні величини: R_k ($R_k = 0,05 \text{ Ом}$ – при 2–3 приладах, $R_k = 0,1 \text{ Ом}$ – за більшої кількості приладів) ρ – питомий опір матеріалу дроту ($\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – для проводів із мідними жилами, $\rho = 0,0283 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – для проводів із алюмінієвими жилами) l_p – розрахункова довжина, яка залежить від схеми з'єднання трансформаторів струму (при включенні в одну фазу $l_p = 2l$; при включенні, у неповну зірку (дві фази) $l_p = \sqrt{3}l$; при включенні у повну зірку (в три фази) $l_p = l$).

Рекомендовано підключати один амперметр, який вибирається за каталогами. У залежності від споживаної потужності $S_{\text{прил}}$, ВА вибирається $R_k = 0,05 \text{ Ом}$, $l_p = l$. Монтаж слід проводити мідними дротами ($\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – для проводів із мідними жилами),

$$Z_{2\text{ном}} = \frac{S_2}{I_2^2}, \text{ Ом} \quad (6.26)$$

де $Z_{2\text{ном}}$ – номінальний повний опір навантаження (допустиме навантаження) вторинної обмотки трансформатора струму у вибраному класі точності;

Z_2 – вторинне навантаження трансформатора струму.

Індуктивний опір струмових ланцюгів невеликий, тому $Z_2 \approx R_2$:

$$R_2 = R_{\text{прил}} + R_{\text{пр}} + R_k, \quad (6.27)$$

де R_k – перехідний опір контактів

$$R_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_p}{S} \quad (6.28)$$

де $R_{\text{пр}}$ опір проводів.

$R_{\text{прил}}$ – опір приладів, підключених до трансформатора струму:

$$R_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_2^2}, \text{ Ом} \quad (6.29)$$

де $S_{\text{прил}}$ – повна потужність, яка споживається підключеними приладами (береться з довідника або каталогу для кожного приладу). А;

I_2 - струм вторинної обмотки трансформатора струму.

Для різних приєднань приймається приблизна довжина та подається у вигляді таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Довжина з'єднувальних проводів

Типи з'єднань	Довжина в метрах
Усі ланцюги ГРУ 6–10 кВ, крім ліній споживачам	XX, м
Лінії 6-10 кВ до споживачів	XX, м
Ланцюги генераторної напруги блочних станцій	XX, м
Усі ланцюги РП 35 кВ	XX, м
Усі ланцюги РП 110 кВ	XX, м
Усі ланцюги РП 220 кВ	XX, м
Усі ланцюги РП 330–500 кВ	XX, м

Щоб трансформатор струму працював у вибраному класі точності, необхідно витримати умову:

$$R_{\text{прил}} + R_{\text{пр}} + R_{\text{к}} \leq Z_{2\text{ном}}, \quad (6.30)$$

Знаючи $R_{\text{пр}}$, можна визначити переріз з'єднувальних проводів:

$$S = \frac{\rho \cdot l_p}{R_{\text{пр}}} \text{ мм}^2, \quad (6.31)$$

де ρ – питомий опір матеріалу дроту: $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – для проводів із мідними жилами, $\rho = 0,0283 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – для проводів із алюмінієвими жилами;

l_p – розрахункова довжина, $l_p = l$, м

За умовою міцності перетин для мідних жил має бути не менше $2,5 \text{ мм}^2$, для алюмінієвих – $4,0 \text{ мм}^2$. Перетин більше 6 мм^2 зазвичай не застосовується.

Монтаж зазвичай виконується мідними проводами, і через умову міцності слід вибирати переріз проводу $S \geq 2,5 \text{ мм}^2$

Усі розрахункові дані заносимо у таблицю 6.7.

Таблиця 6.7 – умови і перевірка трансформатора струму ТФЗМ-35

Розрахункові дані	Дані каталогу	Умови вибору
$U_{ном}, \text{кВ}$	$U_{ном}, \text{кВ}$	$U_{ном} \leq U_{мер.ном.}$
$I_{роб}, \text{А}$	$I_{роб}, \text{А}$	$I_{роб} \leq I_{ном}$
$i_{уд.}, \text{А}$	$i_{уд.}, \text{А}$	$i_{уд.} \leq i_{дин.}$
$B_{к.роз} \text{ А}^2 \cdot \text{с}$	$B_{к.роз} \text{ А}^2 \cdot \text{с}$	$B_{к.роз} \leq B_{к.ТС}$
$R_{пр} \leq 0,53 \text{ Ом}, R_k = 0,05 \text{ Ом}, Z_{2ном} = 0,6 \text{ Ом}, R_{прил} = 0,02 \text{ Ом},$ дроти з мідними жилами $S \geq 2,5 \text{ мм}^2$		

6.4 Вибір обладнання на стороні 0,4 кВ

Ввідно-розподільчі щити – це багатофункціональне обладнання на напругу 0,4 кВ, розроблене з урахуванням специфічних вимог до систем електроживлення мереж з активним струмовим навантаженням від 100 до 630 А і кількістю ліній, що відходять від 10 до 40. В одному корпусі поєднані системи захисту з боку трансформатора (введення) і з боку споживачів, облік, автоматичне введення резерву, компенсація реактивної потужності.

Під час вибору щитів варто навести обґрунтування та звернути увагу на особливості за якими було обрано саме їх:

- габарити;
- безпека персоналу;
- системи контролю якості електроенергії;
- захист від підвищеної/зниженої напруги, асиметрії або змішування фаз;
- можливість проведення оперативних перемикань.

7 ЗАЗЕМЛЕННЯ ТА БЛИСКАВКОЗАХИСТ ПІДСТАНЦІЙ

7.1 Розрахунок і перевірка заземлювального пристрою

Заземлювальний пристрій підстанції проєктують відповідно до чинних вимог електробезпеки та нормативних документів. У курсовому проєкті необхідно обґрунтувати конструкцію заземлювального пристрою, вихідні дані щодо питомого опору ґрунту, розрахункові умови та перевірити прийняте рішення за нормованими критеріями. Конкретний обсяг розрахунку визначає керівник залежно від класу напруги і теми проєкту.

Будівля і спорудження підстанції з достатнім ступенем надійності повинні захищатися відводами від уражень прямими ударами блискавок.

Блискавковідводи бувають стрижневі та тросові. Стрижневі застосовуються для захисту від прямих ударів блискавки у будівлі, тросові – для захисту ліній електропередач.

Розрахунок захисту від прямих ударів блискавки полягає у визначенні зон захисту, типів захисту та параметрів.

За типом блискавкозахист може бути наступним:

- однострижневий;

- двострижневий однакової або різної висоти;
- багаторазовий стрижневий;
- одиночний тросовий;
- багаторазовий (багатократний) тросовий.

Параметрами блискавкозахисту є:

h – повна висота стрижневого блискавковідведення, м;

h_0 – висота вершини конуса стрижневого блискавковідводу, м;

h_x – висота споруди, що захищається, м;

r_0, r_x – радіуси захисту на рівні землі і на висоті споруди, що захищається відповідно, м;

h_c – висота середньої частини подвійного стрижневого блискавковідводу, м;

$2r_c, 2r_x$ – ширина середньої частини зони подвійного стрижневого блискавковідведення на рівні землі і на висоті об'єкта, що захищається відповідно, м; L – відстань між двома стрижневими блискавковідводами, м.

7.2 Зона захисту одиночного стрижневого блискавковідводу

Якщо захист об'єкта забезпечується найпростішими блискавковідводами (одиночним стрижневим, одиночним тросовим, подвійним стрижневим, подвійним тросовим, замкнутим тросовим), стандартною зоною захисту одиночного стрижневого блискавковідводу висотою h є круговий конус висотою $h_0 < h$, вершина якого збігається з вертикальною віссю блискавковідводу (рис. 5). Габарити зони визначаються двома параметрами: висотою конуса h_0 і радіусом конуса лише на рівні землі r_0 .

Наведені нижче розрахункові формули (таблиця 7.1) застосовуються для блискавковідводів на висоті до 150 м.

Таблиця 7.1 – Розрахунок зони захисту одиночного стрижневого блискавковідводу

Надійність захисту	Висота блискавка-відведення h , м	Висота конуса h_0 , м	Радіус конуса r_0 , м
0,9	від 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	від 100 до 150	$0,85h$	$[1,2 - 10^{-3}(h - 100)]h$
0,99	від 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	від 30 до 100	$0,8h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	від 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$0,7h$
0,999	від 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	від 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$

	від 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$
--	----------------	------------------------------	-------------------------------------

Опираючись на габаритні розміри елементів підстанції, необхідно вибрати висоту блискавковідведення h , а надійність захисту вибрати з власних міркувань 0,99. Отже висота конуса буде дорівнювати $h_0 = 0,8 h$, м, а радіус конуса дорівнює $r_0 = 0,8 h$, м.

Для зони захисту необхідної надійності (рис. 5) радіус горизонтального перерізу r_x на висоті $h_x = 4$ м визначається за формулою:

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0}, \text{ м}$$

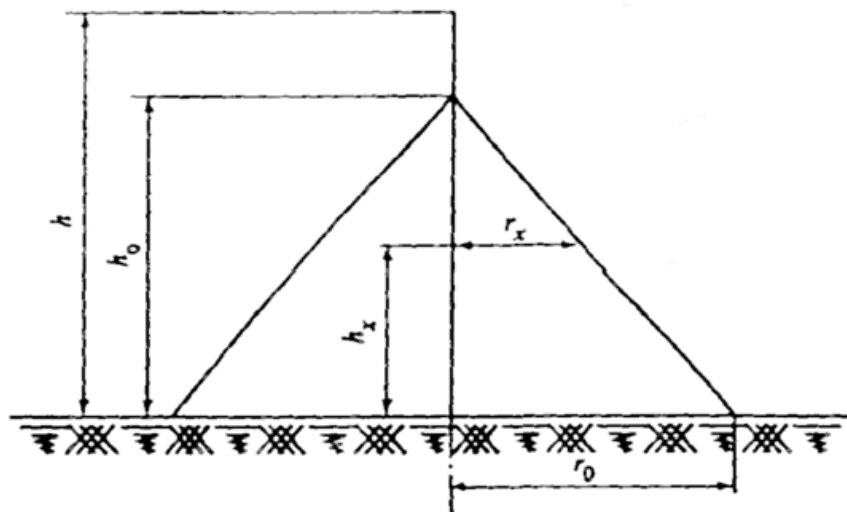


Рисунок 7.1 – Зона захисту одиночного стрижневого блискавковідводу

8 КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ ПІДСТАНЦІЇ

В цьому розділі курсового проєкту необхідно дати підсумок і основні висновки своєї роботи, а саме коротко охарактеризувати спроектовану підстанцію, описати особливості процесу розподілу електроенергії, надати характеристику вибраному обладнанню і їх конструктивних особливостей, обґрунтувати, чому саме ці, а не інші технічні рішення прийнято при проєктуванні.

9 ВИМОГИ ДО ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

9.1 Загальні вимоги

Пояснювальну записку оформлюють державною мовою з дотриманням чинних вимог ПДАУ, ДСТУ 3008:2015 та правил оформлення технічної документації, що застосовуються до навчального проєктування. Рекомендований формат: А4; шрифт Times New Roman 14 pt; міжрядковий інтервал 1,5; абзацний відступ 1,25 см. Остаточні параметри оформлення мають відповідати чинним

локальним вимогам Університету та завданню кафедри.

Титульний аркуш виконують за зразком, наведеним у Додатку А. Текст пояснювальної записки має бути логічним, технічно точним і містити не лише результати розрахунків, а й пояснення критеріїв вибору та короткі висновки після ключових етапів. Технічні характеристики обладнання підтверджують посиланнями на офіційні каталоги виробників або інші надійні джерела.

9.2 Формули, таблиці, рисунки та посилання

Формули подають спочатку в загальному вигляді, після чого розшифровують символи та наводять підстановку числових значень. Нумерацію формул, таблиць і рисунків доцільно виконувати в межах розділу (наприклад, (5.1), таблиця 5.1, рисунок 5.1). Усі об'єкти мають бути згадані в тексті до або безпосередньо після їх розміщення.

Бібліографічні посилання та список використаних джерел оформлюють за ДСТУ 8302:2015 або іншим стилем, установленим чинними методичними документами ПДАУ. Для веб-ресурсів зазначають назву ресурсу, URL і дату звернення.

10 ВИМОГИ ДО ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

Обов'язковий мінімум графічної частини визначається індивідуально. Рекомендується включати: однолінійну головну схему електричних з'єднань; план або компоновальну схему розміщення основного обладнання; за потреби – схему оперативних кіл, релейного захисту, заземлення, блискавкозахисту або інший аркуш, що дозволяє у повній мірі розкрити прийняте технічне рішення.

Кресленики виконують у CAD/CAIP або іншому програмному середовищі, що забезпечує нормативні умовні графічні позначення та читабельність. Формат аркушів, масштаб, основні написи і склад специфікацій узгоджуються з керівником. Електронні файли графічної частини подають у форматі, визначеному кафедрою; рекомендовано зберігати також PDF-копію для перевірки.

11 АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ І ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

11.1 Академічна доброчесність

Під час виконання курсового проєкту здобувач зобов'язаний дотримуватися Кодексу академічної доброчесності ПДАУ (від 24 червня 2026 р.), Порядку перевірки академічних текстів на наявність текстових запозичень та інших чинних локальних нормативних документів. Не допускаються академічний плагіат, фабрикація або фальсифікація результатів, подання роботи іншої особи як власної, використання вигаданих джерел чи неперевірених технічних характеристик.

Усі запозичені ідеї, методики, дані, схеми, рисунки та технічні характеристики мають супроводжуватися належними посиланнями.

Відповідальність за достовірність розрахунків, коректність джерел і прийняті інженерні рішення несе здобувач.

11.2 Використання систем штучного інтелекту

Системи генеративного штучного інтелекту можуть використовуватися як допоміжний інструмент для структурування інформації, мовного редагування, пояснення теоретичних положень, підготовки допоміжного програмного коду або пошуку напрямів розв'язання задачі, якщо це не суперечить Правилам використання систем штучного інтелекту в освітньому процесі ПДАУ (від 26 травня 2026 р.) та рекомендаціям викладача.

Заборонено без перевірки використовувати згенеровані ШІ значення параметрів обладнання, назви та реквізити стандартів, бібліографічні джерела, результати інженерних розрахунків або твердження, від яких залежить безпечність проєктного рішення. Здобувач повинен бути здатним самотійно пояснити і відтворити ключові розрахунки.

Якщо використання ШІ було суттєвим, здобувач подає коротку декларацію за формою Додатка Д із зазначенням системи, мети використання та способу перевірки отриманих результатів.

12 ПОДАННЯ, ПЕРЕВІРКА ТА ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Завершений курсовий проєкт подається керівникові у строки та у формі, визначені силабусом і графіком освітнього процесу. Після перевірки та усунення зауважень керівник приймає рішення щодо допуску до захисту. За потреби кафедра може вимагати електронну копію пояснювальної записки та графічної частини у визначеному середовищі.

Захист проводиться перед комісією або в іншій формі, передбаченій чинними документами ПДАУ. Рекомендована тривалість доповіді – 5–7 хвилин. У доповіді необхідно стисло охарактеризувати вихідні дані, головну схему, основні розрахунки, вибране обладнання, результати техніко-економічного порівняння та особливості прийнятих рішень. Під час відповідей здобувач має продемонструвати розуміння методики та вміння обґрунтувати власні рішення.

13 КРИТЕРІЇ ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ

Оцінювання розрахунково-пояснювальної записки та захисту курсового проєкту здійснюється за 100-бальною системою. Наведений у додатку В розподіл є рекомендованою деталізацією оцінювання поданої розрахунково-пояснювальної записки керівником курсового проєкту.

Підставами для зниження оцінки є необґрунтовані технічні рішення, системні помилки у розрахунках, невідповідність графічної частини пояснювальній записці, використання недостовірних джерел, невиконання вимог завдання та нездатність пояснити виконані розрахунки. Порядок повторного проходження семестрового контролю визначається чинним Положенням про організацію освітнього процесу

ПДАУ; у методичних рекомендаціях не встановлюються правила, що можуть йому суперечити.

14 РЕКОМЕНДОВАНІ НОРМАТИВНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

Під час виконання курсового проекту слід користуватися чинними редакціями нормативних документів. Перед застосуванням стандарту необхідно перевіряти його актуальний статус. Рекомендований нормативний та інформаційний мінімум:

- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) – чинна редакція.
- ДСТУ 3008:2015 «Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».
- ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».
- Серія ІЕС / ДСТУ EN ІЕС 60909 «Short-circuit currents in three-phase a.c. systems» – чинні частини для розрахунку струмів короткого замикання.
- Серія ІЕС / ДСТУ EN ІЕС 61936 для електроустановок змінного струму напругою понад 1 кВ – у чинній редакції.
- ІЕС 61850 – за наявності в індивідуальному завданні елементів цифрової підстанції, автоматизації або обміну даними.
- ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ: Мінрегіон України, 2016. 148 с.

Основні

1. Бахор З. М. Проектування підстанцій електричних мереж : навч. посіб. // З. М. Бахор, А. Я. Яцейко ; Нац. ун-т «Львів. політехніка». Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2023. 303 с.
2. Буслова Н. В., Янковська О. М. Проектування електричних мереж. Курсовий проект: навч. посіб. для студ. другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електричні системи і мережі». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 39 с.
3. Циганов О. М. Основи електропостачання : конспект лекцій для здобувачів початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. уклад. : О. М. Циганов, В. А. Мардлзявко, А. Ю. Руденко. Миколаїв «МНАУ», 2023. 229 с.
4. Остапчук О. В. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад.: О. В. Остапчук, П. Л. Денисюк, Ю. П. Матеєнко. Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. 183 с.
5. Шевчук С. П. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації

«Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. Електронні текстові дані (1 файл: 4,46 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 167 с.

6. Козирський В. В., Волошин С. М. Основи електропостачання: підручник. К.: ЦК «Компринт», 2021. 497с.

7. Давиденко Л. В. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник / Л. В. Давиденко, Н. В. Коменда, В. А. Давиденко, М. М. Євсюк. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244 с. ISBN 978-617-672-247-2.

8. Мазепа С.С. Електрообладнання промислових підприємств : навч. посіб. / С. С. Мазепа, Я. Ю. Марущак, А. С. Куцик. 2-ге вид., стер. Львів : Магнолія, 2024. 258 с.

9. Зайцев М.О., Кучанський В.О., Гунько І.О. Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустаткування. Монографія. Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2021.

10. ENTSO-E. Equipment reliability profile specification (Version 2.3). European Network of Transmission System Operators for Electricity, 2024.

11. Energy Group. Український виробник електротехнічного обладнання. Веб-сайт. URL: <https://eg-ltd.com.ua/production/> (дата звернення: 30.09.2026).

12. AMPERIA Веб-сайт. URL: <https://amperia.com.ua/ua/p712548978-transformator-maslyanyj-tmg.html> (дата звернення: 30.09.2026).

13. ТЕК Веб-сайт. URL: <https://ktek.com.ua/ua/p1577070892-transformator250-400.html> (дата звернення: 30.09.2026). 15. Український склад електрообладнання USEORG Веб-сайт. URL: <https://use.com.ua/ua/g69100864-transformatory-komplektnye-transformatoryne> (дата звернення: 30.09.2026).

Допоміжні

1. Давиденко Л.В., Коменда Н.В., Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.

2. Квітка С.О. Силові електронні пристрої в системах керування: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти. Мелітополь: Видавничополіграфічний центр «Люкс», 2021. 180 с.

3. Хілов В.С. Теоретичні основи електротехніки: підручник. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 2021. 433 с.

4. Кирик В.В. Електричні мережі. Підручник [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. В. Кирик ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 5,84 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 281 с.

5. Семенов А.О., Харак Р.М., Арендаренко В.М., Бичков Я.М. Розрахунок втрат електроенергії в розподільчих мережах при електропостачанні з використанням масляних та вакуумних вимикачів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. 2024. № 1 (8). с. 105-110.

6. Кулик В. В. та ін. Типові рішення при проектуванні електричних мереж напругою 110–330 кВ : навчальний посібник / В. В. Кулик, В. В. Тептя, О. Б. Бурикін, О. В. Сікорська. Вінниця : ВНТУ, 2018. 110 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра механічної та електричної інженерії

ЗАВДАННЯ

на курсовий проєкт з навчальної дисципліни:
«Електричні станції і підстанції»

здобувачеві вищої освіти 3 курсу ГЗЕІБд групи, освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Куш Дмитро Данилович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Розрахунок електричної частини одностанційної понижувальної підстанції для промислового підприємства з напругою XX/XX кВ з потужністю знижувального трансформатора XX кВА.

Початкові дані: напруга XX/XX кВ, потужність знижувального трансформатора XX кВА, навантаження 75%.

2. Термін подання проєкту на кафедру не пізніше ніж «__» _____ 202__ р.

3. Перелік питань, що підлягають опрацюванню:

3.1 Детальний опис трансформатора.

3.2 Розробка функціональної схеми.

3.3 Розрахунок струмів короткого замикання.

3.4 Вибір реакторів та струмопроводів.

3.5 Вибір і перевірка електричних апаратів високої напруги.

3.6 Вибір роз'єднувачів, відокремлювачів, короткозамикачів.

3.7 Вибір розрядників та обмежувачів перенапруги.

3.8 Вибір ізоляторів.

3.9 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

3.10 Розроблення графічної частини: однолінійна головна схема; план/компонування обладнання; за потреби – схема заземлення, блискавкозахисту, РЗА або інший аркуш відповідно до індивідуального завдання.

Дата видачі завдання «__» _____ 202__ р.

Керівник курсового проєкту _____ Ярослав БИЧКОВ
(підпис) (власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання _____ Дмитро КУШ
(підпис здобувача вищої освіти) (власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Полтавський державний аграрний університет

Кафедра механічної та електричної інженерії

Курсовий проєкт

«Електричні станції та підстанції»

**на тему «Розрахунок електричної частини однострансформаторної
понижувальної підстанції для промислового підприємства з напругою
XX/XX кВ з потужністю знижувального трансформатора XX кВА».**

Виконав

здобувач вищої освіти Куш Д. Д.

освітній ступінь бакалавр

3 курсу, 1 групи

освітньо-професійної програми

«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

факультету інженерно-технологічного

денної форми навчання

Науковий керівник Бичков Я. М.

Полтава 2026

Орієнтовний зразок листа оцінювання курсової роботи (проєкту)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Навчально-науковий інститут / факультет _____

Форма здобуття освіти _____

Спеціальність (спеціалізація) _____

Курс, група _____

Освітня програма _____

**Л И С Т О Ц І Н Ю В А Н Н Я
курсної роботи (проєкту)**

«_____»
(назва)

здобувача вищої освіти _____ на тему _____

Рівень оригінальності тексту (потрібне підкреслити): високий, достатній, умовний, низький.

Результати оцінювання курсової роботи (проєкту)

Критерії оцінювання курсової роботи (проєкту)*	Максимальна кількість балів	Отримані бали
1. Актуальність та відповідність проблеми змісту	15	
1.1. Обґрунтування актуальності обраної теми роботи (проєкту) та виділення невирішеної частини проблеми	5	
1.2. Відповідність змісту курсової роботи (проєкту) темі та затвердженому плану	5	
1.3. Відповідність мети, завдань, об'єкта і предмета змісту дослідження	5	
2. Теоретичні результати дослідження	15	
2.1. Ступінь розкриття теоретичних аспектів проблеми, обраної для дослідження, глибина і якість аналізу теоретичного матеріалу	5	
2.2. Наявність в роботі теоретичних рекомендацій за темою дослідження	5	
2.3. Відповідність висновків поставленим завданням	5	
3. Практична направленість результатів	15	
3.1. Якість практичного дослідження та його детальний аналіз з використанням наукових методів та новітніх інформаційних джерел	5	
3.2. Чіткість і наукова аргументованість виявлених проблем і рішень	5	
3.3. Наявність і обґрунтованість рекомендацій практичного характеру в роботі (проєкті)	5	
4. Якість оформлення роботи (проєкту)	14	
4.1. Дотримання вимог до структури роботи	4	
4.2. Ілюстративність роботи (проєкту) (наявність і відповідність таблиць, графіків, схем, діаграм, рисунків і списку використаних джерел чинним стандартам)	5	
4.3. Відповідність оформлення курсової роботи (проєкту) встановленим вимогам	5	
Загальна кількість балів за виконання курсової роботи (до захисту)	59	

Висновки (потрібне підкреслити):

- рекомендувати до захисту без доопрацювання;
- рекомендувати до захисту за умови доопрацювання _____
- не рекомендовано до захисту, потрібно значно доопрацювати _____

Роботу перевіряв _____
(науковий ступінь, вчене звання, посада, П.І. викладача кафедри, що перевіряв курсову роботу (проєкт))

«_____» _____ 202__ р.

(підпис)

Рекомендований календарний графік виконання курсового проєкту

№	Етап	Термін	Частка готовності
1	Отримання завдання та вихідних даних	29 січня 2027 р.	10 %
2	Головна схема та трансформатори	08 лютого 2027 р.	25 %
3	Розрахунок струмів короткого замикання	22 лютого 2027 р.	40 %
4	Вибір і перевірка устаткування	08 березня 2027 р.	65 %
5	Заземлення, блискавкозахист, додатковий модуль	22 березня 2027 р.	80 %
6	Графічна частина і ТЕО	1 квітня 2027 р.	90 %
7	Оформлення та подання	12 квітня 2027 р.	100 %

ДЕКЛАРАЦІЯ ПРО ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Я, _____, під час виконання
курсowego проекту використовував(ла) систему(и) ШІ:
_____. Мета використання:
_____. Отримані за допомогою
ШІ відомості та результати були перевірені за такими джерелами/способами:
_____. Підтверджую, що несу
відповідальність за достовірність поданих даних, розрахунків і технічних рішень.
Дата _____ Підпис _____.