

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово – економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

Методичні рекомендації
для виконання курсового проекту з дисципліни
«Електропостачання підприємств і цивільних споруд»
для студентів спеціальності
5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустаткування
підприємств і цивільних споруд»

Методичні рекомендації для виконання курсового проекту для спеціальності 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустановок підприємств і цивільних споруд» Чернігівського промислово економічного коледжу Київського національного університету технології та дизайну. – Чернігів, 2016.

В основу рекомендацій покладені основні питання вивчення дисципліни «Електропостачання підприємств і цивільних споруд».

Методичні рекомендації для проектування курсового проекту розраховані на студентів третього курсу.

Рецензент: В.В. Олійник. викладач вищої категорії ЧПЕК КНУТД

Укладач: О.І. Кравець, викладач спеціальних дисциплін

Розглянуто і затверджено
на засіданні ЦК електротехнічних дисциплін

Протокол № _____

Голова ЦК В.В.Олійник

Розглянуто і затверджено
методичною радою

Протокол № _____

Зміст

Загальні вимоги до складу пояснювальної записки і графічної частини курсового проекту	2
Вступ	4
1 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	4
1.1 Характеристика споживачів електроенергії і визначення категорії електропостачання	4
1.2 Вибір і розрахунок електричних навантажень	5
1.3 Компенсація реактивної потужності	6
1.4 Вибір типу, числа і потужності трансформаторів підстанції	7
1.5 Розрахунок і вибір мереж напругою понад 1 кВ	8
1.6 Розрахунок і вибір мереж напругою до 1 кВ	11
1.7 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою понад 1 кВ	12
1.8 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою до 1 кВ	16
1.9 Вибір електрообладнання і перевірка його на дію струмів короткого замикання	16
1.10 Розрахунок і вибір релейного захисту	19
1.11 Розрахунок заземлювального пристрою	21
1.12 Висвітлення питань охорони праці, безпеки життєдіяльності та екології	23
2 ВИСНОВКИ	23
Література	24

Загальні вимоги до складу пояснювальної записки і графічної частини курсowego проекту

Метою курсового проектування з дисципліни «Електропостачання підприємств і цивільних споруд», є:

- 1 Закріпити і систематизувати знання студентів, отриманих по загальнотехнічних і спеціальних дисциплінах.
- 2 Розвинути навички самостійної роботи з технічною літературою, довідниками, нормативними документами, Держстандартами і обчислювальною технікою.
- 3 Навчити працювати творчо, практично застосовувати теоретичні знання при рішенні виробничо-технічних питань, переносити в нові ситуації раніше отримані знання.
- 4 Підготувати студентів до виконання дипломних проектів.

Завдання до курсового проекту включає наступні розділи:

Вступ

1 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

- 1.1 Характеристика споживачів електроенергії і визначення категорії електропостачання
- 1.2 Вибір і розрахунок електричних навантажень
- 1.3 Компенсація реактивної потужності
- 1.4 Вибір типу, числа і потужності трансформаторів підстанції
- 1.5 Розрахунок і вибір мереж напругою понад 1 кВ
- 1.6 Розрахунок і вибір мереж напругою до 1 кВ
- 1.7 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою понад 1 кВ
- 1.8 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою до 1 кВ
- 1.9 Вибір електрообладнання і перевірка його на дію струмів короткого замикання
- 1.10 Розрахунок і вибір релейного захисту
- 1.11 Розрахунок заземлювального пристрою
- 1.12 Охорона праці, безпека життєдіяльності та екологія

2 ВИСНОВКИ

Пояснювальна записка містить пояснення і технічне обґрунтування прийнятих рішень, повинна мати обсяг, що не перевищує 30 сторінок паперу формату А4 з розміщенням тексту на одній стороні листа. Пояснювальна записка оформляється відповідно до Держстандартів і ЄСКД.

При викладенні матеріалу використовується невизначена форма («визначається», «вибирається», «приймається»).

Не слід приводити в записці більш одного прикладу розрахунків. Результати розрахунків аналогічних елементів зводяться в таблицях. З метою скорочення обсягу записки рекомендується широко використовувати зведені таблиці результатів розрахунків. В пояснювальній записці не допускаються довгі міркування, повторення вже відомих доведень, великі витяги з підручників, спеціальної літератури або інших джерел. Кожний розділ необхідно починати з постановки задачі і закінчувати короткими висновками, що пояснюють логіку переходу від однієї частини роботи до іншої. Записка обов'язково повинна мати посилання на використані джерела.

Пояснювальна записка пишеться від руки, чітким почерком або набирається на комп'ютері і представляється в плетінні з пронумерованими сторінками.

На початку її містяться завдання на проектування, зміст, а в кінці – список використаної літератури.

Обсяг графічних матеріалів – два креслення формату А1.

Всі схеми на аркушах і в пояснювальній записці повинні виконуватись з дотриманням відповідних умовних графічних позначень Держстандартів та ЄСКД. Схеми повинні бути виконані чітко, з мінімальним перетинанням ліній і рівномірним заповненням листа. Кожне креслення повинно мати штамп.

Для курсового проекту рекомендуються такі креслення:

- 1 Схема електропостачання підприємства;
- 2 План розміщення електротехнічних споруд (з розташуванням ТП, РП, ГЗП, кабельними трасами);
- 3 План, розріз і схема заповнення (ГЗП, РП, ТП і т.д.);
- 4 Релейний захист (трансформатора, збірних шин і т.д.);
- 5 Конструктивне креслення апаратів управління і захисту.

Перелік креслень, які виконуються у конкретному проекті, задається керівником проекту.

Дані методичні вказівки не є підручником, тому для успішного виконання проекту студенти повинні засвоїти програмний матеріал, а також використовувати необхідні довідкові матеріали.

Вступ

У вступі необхідно дати оцінку значенню електричної енергії для промислових підприємств, цивільних споруд, а також діяльності населення України. Викладення студентами питань виробництва, розподілення та споживання електричної енергії на підприємствах та цивільних спорудах, що потрібно для усесторонньої підготовки техніка-електрика.

1 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика споживачів електроенергії і визначення категорії електропостачання

Згідно з ПБЕ, усі споживачі електроенергії по надійності і безперебійності електропостачання поділяються на три категорії:

1 Електроспоживачі, порушення електропостачання яких може бути небезпечним для життя людей, принести значний збиток народному господарству, привести до пошкодження обладнання, масовому браку продукції, порушенню складного технологічного процесу або роботи особливо важливих елементів міського господарства;

2 Електроспоживачі, порушення електропостачання яких може привести до масового недовипуску продукції, простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських жителів;

3 Інші електроспоживачі, що не підходять під визначення I і II категорії (наприклад, електроспоживачі цехів несерійного виробництва, допоміжних цехів і таке інше).

У цій частині потрібно детально проаналізувати режим роботи, особливості електрообладнання і специфіку технологічного процесу конкретного промислового підприємства, визначити, до якої категорії по надійності і безперебійності електропостачання відноситься це підприємство.

1.2 Вибір і розрахунок електричних навантажень

Загальні положення

Електричні навантаження визначаються для наступного вибору і перевірки струмоведучих елементів і трансформаторів по нагріву. Основні вихідні дані для розрахунків беруться з завдання на проектування.

У навчальних проектах по електропостачанню підприємств і цивільних споруд, як правило, застосовуються два методи визначення розрахункових навантажень:

- по середній потужності і коефіцієнту максимуму (метод впорядкованих діаграм);
- по номінальній потужності і коефіцієнту попиту.

Визначення розрахункових навантажень по методу коефіцієнта попиту

Для групи приймачів розрахункове навантаження визначається в кВт, кВАр, кВА за формулами:

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_{\text{НОМ}}, \quad (1.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi, \quad (1.2)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (1.3)$$

де P_p , Q_p , S_p – відповідно розрахункові активна, реактивна і повна потужності навантажень;

K_{Π} – коефіцієнт попиту даної групи споживачів, який приймається з довідкових матеріалів;

$P_{\text{НОМ}}$ – сумарна номінальна потужність даної групи приймачів (відповідно завданню), кВт;

$tg\varphi$ – визначається по середньозваженому характерному для даної групи споживачів $\cos\varphi$, який приводиться в довідникових матеріалах.

Розрахункове навантаження вузла системи електропостачання (цеху, корпусу, підприємства) визначається сумою розрахункових навантажень окремих груп споживачів, які входять в даний вузол, з урахуванням коефіцієнта різнотривалості максимумів навантаження.

$$S_p = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{pi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{pi}\right)^2}, \quad (1.4)$$

де $\sum_{i=1}^n P_{pi}$ – сума розрахункових активних потужностей навантажень окремих груп (цехів) приймачів;

$\sum_{i=1}^n Q_{pi}$ – сума розрахункових реактивних потужностей навантажень окремих груп (цехів) приймачів.

Розрахунки електричних навантажень для цехів підприємства заносяться до таблиці 1.1

Таблиця 1.1- Розподіл навантаження по цехах

Назва цеха	P_{pI} , кВт	P_{pII} , кВт	P_{pIII} , кВт	$P_{p.осв}$, кВт	$\sum P_p$, кВт	$\sum Q$, кВАр	$\sum Q_m$, кВАр	S_p , кВА	P_{pI} , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1.3 Компенсація реактивної потужності

У цьому розділі розраховується коефіцієнт потужності, потужність компенсуючого пристрою, вибираються конденсаторні батареї, обраховується реактивна потужність, яка передається через трансформатор, а також повна потужність цеху з урахуванням компенсуючого пристрою. Розрахунки проводяться для одного цеху. В пояснювальній записці ці розрахунки для інших цехів не приводяться, а результати зносяться до таблиці.

1.4 Вибір типу, числа і потужності трансформаторів підстанції

В цьому розділі розраховується потужність силових трансформаторів цехових підстанцій і трансформаторів головної знижувальної підстанції (ГЗП) в залежності від категорії електропостачання і відповідного коефіцієнта завантаження $K_{з.н.}$.

На підстанціях рекомендується встановлювати не більше двох трансформаторів.

На двотрансформаторній підстанції потужність трансформатора вибирається з урахуванням необхідної потужності при виході з ладу одного з трансформаторів. Той трансформатор, що залишився при роботі повинен прийняти на себе все навантаження підстанції (якщо з деяким її обмеженням – за рахунок відключення споживачів III категорії), враховуючи допустиме аварійне перевантаження. Значення перевантаження трансформатора в аварійному режимі роботи підстанції встановлюється ПБЕ. ПБЕ допускає перевантаження на 40% на час максимуму загальної добової тривалості не більше ніж 6 годин в межах 5 діб. Отже, якщо в нормальному режимі трансформатори навантажені на 75% і менше, то умова вибору номінальної потужності кожного трансформатора на двох трансформаторній підстанції виглядає наступним чином:

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{S_a}{1,4}, \quad (1.5)$$

де S_a – потужність навантаження в післяаварійному режимі, кВА.

Таблиця 1.2 – Технічні дані вибраних трансформаторів

Назва цеху	Тип трансформатора	S, кВА	U ₁ , кВ ВН	U ₂ , кВ НН	Втрати		U _{к.з.} ,%	I ₀ ,%	Кількість
					$\Delta P_{\text{х.х.}}$	$\Delta P_{\text{к.з.}}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Картограма навантаження

Для побудови картограми навантажень вибирається масштаб: 1 см:20 м.

Приймається, що центр електричних навантажень співпадає з геометричним центром будівлі цеху. На картограму наноситься в масштабі цехи, визначаються їхні координати.

Координати головної знижувальної підстанції y_0, x_0 , м:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (1.6)$$

Головну знижувальну підстанцію потрібно розташовувати як можна ближче до центра навантажень.

1.5 Розрахунок і вибір мереж напругою понад 1 кВ

При виборі перерізу мережі визначаючою є сила струму навантаження в нормальному і після аварійному режимах (пошкодження однієї лінії). Площа перерізу кабелів вибирається по робочій силі струму і економічній щільності струму і перевіряється:

- по нагріву робочим (розрахунковим) струмом;
- по втраті напруги;
- на термічну стійкість до струмів короткого замикання.

Економічно обґрунтована площа перерізу q_e , мм²:

$$q_e = \frac{I_p}{j_e} \quad (1.7)$$

Розрахункова (робоча) сила струму, I_p , А:

$$I_p = \frac{S_{\text{МАКС}}}{n \cdot \sqrt{2} \cdot U_{\text{НОМ}}} \quad (1.8)$$

де $S_{\text{МАКС}}$ - повна максимальна потужність, що передається по лінії, кВА;

j_e - економічна щільність струму, А/мм²;

n - кількість паралельних ліній.

1.5.1 Перевірка по нагріву

Перевірка зводиться до порівняння робочої (розрахункової) сили струму в лінії з табличним значенням допустимого струмового навантаження струмопроводу $I_{\text{доп}}$.

В нормальному режимі:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пр}}, \quad (1.9)$$

В післяаварійному режимі:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{пер}}, \quad (1.10)$$

де $K_{пр}$ - поправочний коефіцієнт на умовах прокладки кабелів;

$K_{пер}$ — допустимий коефіцієнт перевантаження в післяаварійному режимі.

Допустимий коефіцієнт перевантаження кабельних ліній нормується ПБЕ: «якщо в нормальному тривалому режимі роботи найбільше навантаження не перевищує 80% повного тривалого допустимого струму по нагріву, то допускається на час ліквідації аварійного режиму короточасне перевантаження до 130% на час максимумів тривалістю не більш ніж шість годин на добу протягом п'ятьох діб».

Таким чином, при вказаних вище умовах припустимо для кабельних ліній $K_{пер} = 1,3$.

1.5.2 Перевірка за втратою напруги

Вибраний переріз кабелю повинен відповідати як економічним умовам, так і умовам забезпечення споживачів якісною електричною енергією. З цією метою мережі перевіряються на втрату напруги. Відповідно ПБЕ, для силових мереж відхилення напруг від номінальної повинно складати не більш ніж $\pm 5\%$.

Втрата напруги ΔU , % за формулою:

$$\Delta U = \frac{(P_{\max} \cdot R_{л} + Q_{\max} \cdot X_{л}) \cdot 10^{-3}}{U_{\text{НОМ}}^2} \cdot 100, \quad (1.11)$$

де P_{\max} , Q_{\max} - відповідно, активна і реактивна розрахункова потужність, що передається по лінії, кВт, кВАр;

$R_{л}$, $X_{л}$ - активний і реактивний опір лінії, Ом:

$$R_{л} = r_0 \cdot l, \quad (1.12)$$

$$X_{л} = x_0 \cdot l, \quad (1.13)$$

де r_0 - активний опір ланки лінії довжиною 1 км, Ом/км;

x_0 - індуктивний опір ланки лінії довжиною 1 км, Ом/км; для КЛЕП приймаються $x_0 = 0,08$ Ом/км;

l – довжина лінії, км.

Перевірка на термічну стійкість

Термічна стійкість кабелю для струму трифазного замикання залежить від площі його перерізу.

Для перевірки використовується формула:

$$Q_{\min} = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C}, \quad (1.14)$$

де I_{∞} - сила струму короткого замикання, що встановився, А;

$t_{\text{пр}}$ - приведений час короткого замикання, с;

C - коефіцієнт термічної стійкості.

Якщо по одній з трьох умов перевірки економічно доцільно площа перерізу не проходить, приймають більшу, що відповідає цій умові. Результати розрахунків зносяться до таблиці 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Параметри вибраних кабелів

Назва цеху	I_p , А	q_e , мм ²	q , мм ²	Марка кабелю	U_n , кВ
1	2	3	4	5	6

Таблиця 1.4 – Параметри вибраних кабелів

Кількість жил	$I_{\text{доп}}$	ΔU , %	Кількість кабелів, шт.
1	2	3	4

1.6 Розрахунок і вибір мереж напругою до 1 кВ

При розрахунку цехових електричних мереж напругою до 1 кВ проводиться вибір перерізу проводів і кабелів, а також захисних апаратів - запобіжників і автоматичних вимикачів. В таблицю 1.5 вписуються паспортні дані двигунів, які є в завданні на проектування.

Таблиця 1.5 – Паспортні дані двигунів

Тип двигуна	P_n , кВт	I_n , А	η , %	$\cos \varphi$	I_p/I_n	$n_{\text{об/хв}}$
1	2	3	4	5	6	7

Запобіжники для двигунів вибираються за двома умовами:

1 Плавка вставка не повинна вимикати двигун при тривалому струмі навантаження

2 Вставка не повинна перегорати при короткочасних навантаженнях, зв'язаних з пусковими струмами електродвигунів. Вибрані запобіжники зносяться до таблиці 1.6

Таблиця 1.6 – Параметри вибраних запобіжників

Двигун	I_n , А	Тип запобіжника	$I_{пх.в.}$, А	Марка і переріз кабелю
1	2	3	4	5

Переріз розподільчих струмопроводів до одиночних двигунів вибирається по тривало-допустимому струму і умовами прокладки.

Розрахунковий струм магістральної мережі I_p , А:

$$I_p = K \cdot \sum_1^n I_n \quad (1.15)$$

де K - коефіцієнт для групи двигунів.

Вибраний переріз магістрального кабелю перевіряється на втрату напруги. В проекті можна прийняти довжину магістральної лінії 50м.

Автоматичний вимикач магістральної лінії вибирається по номінальному струму і номінальному струму теплового розчіплювача.

1.7 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою понад 1 кВ

В електричних установках можуть виникати різні види коротких замикань, які супроводжуються різким збільшенням сили струму. Тому електрообладнання, що встановлюється в системах електропостачання, повинні бути стійкими до струмів короткого замикання.

Для розрахунку сили струмів короткого замикання складають розрахункову схему, яка відповідає нормальному режиму роботи системи електропостачання, вважаючи (для підвищення надійності), що всі джерела живлення включені

паралельно. В розрахунковій схемі враховують опори живильних генераторів, трансформаторів, високовольтних ліній (повітряних і кабельних), реакторів.

По розрахунковій схемі складають схему заміщення рисунок (1.1), в якій вказують опори джерел і споживачів і намічають точку для розрахунку сили струмів короткого замикання.

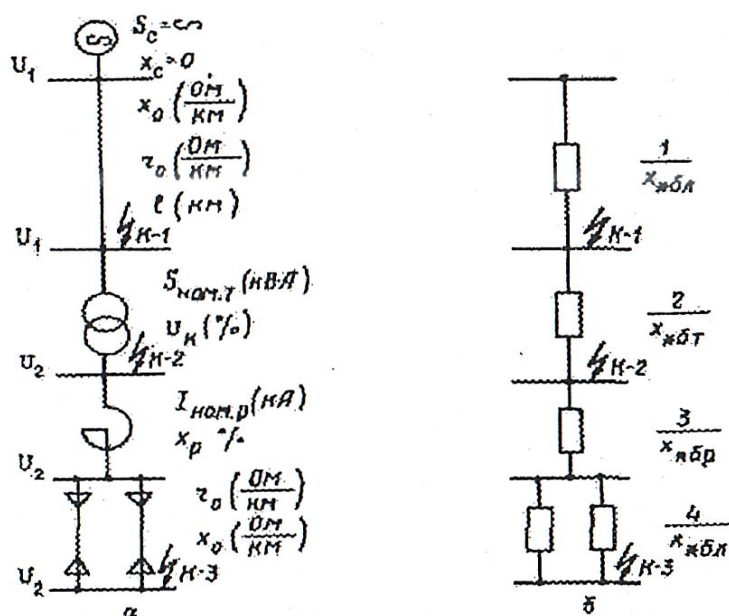


Рисунок 1.1 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б)

Для генераторів, трансформаторів та високовольтних ліній і коротких ланок розподільної мережі взагалі враховують тільки індуктивні опори. При значній довжині мережі (повітряної і кабельної) враховують також її активні опори, оскільки у віддалених точках короткого замикання виявляється зниження ударного коефіцієнту.

Визначення параметрів схеми заміщення проводять у відносних базисних одиницях. При цьому методі всі розрахункові дані приводять до базисної напруги 0,4; 0,69; 3,15; 6,3; 10,5; 37; 115кВ. В якості базисної потужності $S_б$ можна вибрати потужність, яку приймають при розрахунках за одиницю, наприклад потужність системи, сумарні номінальні потужності генераторів станції або трансформаторів підстанції або зручне для розрахунків число, кратне 10 (як правило 100).

Базисна сила струму $I_б$, А:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (1.16)$$

Відносний базисний реактивний і активний опори ліній:

$$x_{*б.л.} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} \quad (1.17)$$

$$r_{*б.л.} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (1.18)$$

де X_0 – реактивний опір ланки лінії довжиною 1 км, Ом/км;

l – довжина лінії, км;

r_0 – активний опір на 1 км довжини лінії, Ом/км.

Приймається $X_0 = 0,4$ Ом/км для повітряних ЛЕП і $X_0 = 0,08$ Ом/км для кабельних ЛЕП;

Активний опір r_0 , Ом/км за формулою:

$$r_0 = \frac{1000}{\gamma \cdot q}, \text{ Ом/км} \quad (1.19)$$

де γ – питома провідність проводів, м/Ом·мм²;

q – площа перерізу проводу однієї фази, мм².

Примітка: знаходять з довідкових таблиць або визначають за формулою (1.19).

Опір трансформаторів:

$$x_{*б.т.} = \frac{U_{к.з.} \cdot S_6}{100 \cdot S_{н.т.}}, \quad (1.20)$$

де $U_{к.з.}$ – напруга короткого замикання трансформатора, %;

$S_{н.т.}$ – номінальна потужність трансформатора, МВ·А.

При потужності трансформаторів $S_{н.т.} < 630$ кВА, для яких звичайно враховують відносний активний опір $r_{*б.т.}$, Ом:

$$r_{*б.т.} = \frac{\Delta P_M}{S_{н.т.}}, \quad (1.21)$$

де ΔP_M – втрати в металі (міді, короткого замикання) трансформатора кВт.

Примітка: значення ΔP_M беруть з довідникових даних.

$$X_{*б.т.} = \sqrt{U_{к.з.}^2 - r_{*б.т.}^2} \cdot \frac{S_6}{S_{н.т.}}, \quad (1.22)$$

де $U_{к.з.}$ – напруга короткого замикання трансформатора у відносних одиницях, %.

Опір генераторів:

$$X_{*б.г} = X''_d \cdot \frac{S_б}{S_{н.г}}, \quad (1.23)$$

де X''_d – надперехідний реактивний опір генератора у повздовжній осі полюсів у відносних одиницях;

$S_{н.г}$ – номінальна потужність генератора, МВ·А.

Примітка: для турбогенераторів $X''_d = 0,125$; для генераторів з заспокійливою обмоткою $X''_d = 0,2$; без заспокійливої обмотки $X''_d = 0,27$; для синхронних і асинхронних двигунів $X''_d = 0,2$;

Реактивний опір реактора $X_{*б.р}$, Ом:

$$X_{*б.р} = \frac{x_p}{100} \cdot \frac{I_б \cdot U_{н.б}}{I_{н.р} \cdot U_б}, \quad (1.24)$$

де X_p – реактивний опір реактора, %;

$I_{н.р}$ – номінальна сила струму реактора, кА;

$U_{н.р}$ – номінальна напруга реактора, кВ.

Примітка: значення X_p , $I_{н.р}$ і $U_{н.р}$ беруть з довідкових даних.

В схемі заміщення всі вказані опори виражають у відносних одиницях і записують на схемі заміщення.

В курсовому проектуванні слід користуватися методом розрахунку сили струму короткого замикання від джерела необмеженої потужності. По цьому методу, якщо потужність джерела живлення достатньо велика (система необмеженої потужності), ЕРС його незмінна і точка короткого замикання значно віддалена від джерела живлення, то періодична складова сили струму короткого замикання вважається незмінною і визначається за формулою:

$$I_k = \frac{I_б}{Z_{*б}}, \quad (1.25)$$

де $I_б$ – базисна сила струму кА;

$Z_{*б}$ – повний опір, який виражений у відносних одиницях і приведений до базисної потужності.

$$Z_{*б} = \sqrt{r_{*б}^2 + X_{*б}^2}, \quad (1.26)$$

При цьому опори системи до точки з'єднання споживача приймають рівним нулю і значення періодичної сумарної визначають тільки опорами окремих елементів ланки короткого замикання.

Якщо значення приведенного активного опору $r_{*6} \leq 0,3X_{*6}$, то його не враховують, а сили струму і потужність короткого замикання відповідно:

$$I_k = \frac{I_6}{X_{*6}}, \text{ кА} \quad (1.27)$$

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_k, \quad (1.28)$$

$$S_k = \frac{S_6}{X_{*6}}, \quad (1.29)$$

де S_k – потужність короткого замикання, МВ·А;

i_y – ударне значення сили струму короткого замикання, кА;

K_y – ударний коефіцієнт.

1.8 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою до 1 кВ

Цей розрахунок проводиться для одного з цехів. Складається розрахункова схема і схема заміщення. Враховується активний опір силового трансформатора, трансформатора струму контактів, шин і автомата. Враховується індуктивний опір силового трансформатора шин і автомата.

Обчислюється сумарний активний і індуктивний опір і повний опір мережі 0,4 кВт Z , мОм.

$$z = \sqrt{\sum r^2 + \sum x^2}, \quad (1.30)$$

Струм трифазного короткого замикання низьковольтної мережі

$$I_{п.о.} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot z}, \quad (1.31)$$

Результати розрахунків по розділам 1.7 і 1.8 зносяться до таблиці 1.7

Таблиця 1.7 – Результати розрахунків параметрів короткого замикання

Точка к.з	$I_p, \text{ А}$	$I_{к.з.}, \text{ кА}$	$i_y, \text{ кА}$	$S, \text{ МВ} \cdot \text{ А}$
1	2	3	4	5

1.9 Вибір електрообладнання і перевірка його на дію струмів короткого замикання

В курсовому проекті виконується вибір електрообладнання підстанції ГЗП і ТП. Струмopовідні частини (шини, кабелі) і всі види апаратів (вимикачі, роз'єднувачі, відокремлювачі, короткозамикачі, вимірювальні трансформатори

для електроустановок) повинні вибиратись у відповідності з розрахунками максимальних розрахункових значень (сили струмів, напруг, потужностей відключення) для нормального режиму роботи і режиму короткого замикання. Для їх вибору порівнюються вказані розрахункові значення з допустимими значеннями для струмопровідних частин і високовольтного обладнання. Складається таблиця порівняння вказаних розрахункових і допустимих значень. При цьому для забезпечення надійності безаварійної роботи розрахункові значення повинні бути менші допустимих.

Таблиця 1.8 – Вимикачі навантаження

Умови вибору і перевірки	Розрахункові дані	Довідкові дані (тип вимикача)
По напрузі $U_{уст} \leq U_H$		
По силі тривалого струму $I_{р.макс} \leq I_{ном}$		
По вимикаючій здатності $I_K \leq I_{відкл}$		
На електродинамічну стійкість $i_y \leq i_{дин}$		
На термічну стійкість $I_K^2 t_{пр} \leq I_t^2 t_t$		
По конструкції і роду встановлення		

Таблиця 1.9– Роз'єднувачі і відокремлювані

Умови вибору і перевірки	Розрахункові дані	Довідникові дані (тип вимикача)
По напрузі $U_{уст.} \leq U_H$		
По силі тривалого струму $I_{р.макс.} \leq I_H$		
На електродинамічну стійкість $i_y \leq i_{дин}$		
На термічну стійкість $I_K^2 t_{пр} \leq I_t^2 t_t$		
По конструкції і роду встановлення		

Таблиця 1.10 – Трансформатори струму

Умови вибору і перевірки	Розрахункові дані	Довідникові дані (тип вимикача)
По напрузі $U_{уст} \leq U_{ном}$		
По силі тривалого струму $I_{роб.макс} \leq I_{ном}$		

Продовження таблиці 1.10

По конструкції і класу точності		
По вторинному навантаженню $S_{2P} \leq S_{ном}$		
На електродинамічну стійкість $i_y \leq K_d \sqrt{2} \cdot I_{ном}$		
На термічну стійкість $I_k^2 t_{пр} \leq (K_T I_{ном})^2 t$		
По роду встановлення		

Таблиця 1.11 – Трансформатори напруги

Умови вибору і перевірки	Розрахункові дані	Довідникові дані (тип вимикача)
По напрузі $U_{уст} \leq U_n$		
По класу точності		
По конструкції і схемі з'єднання обмоток		
По вторинному навантаженню $S_{2P} \leq S_{ном}$		
По роду встановлення		

1.9.1 Вибір шин ГЗП

Шини вибираються по силі струму навантаження і перевіряються на термічну і динамічну дію струмів короткого замикання.

Перевірка шинопроводів на термічну стійкість виконуються по силі струму короткого замикання, що встановився і приведену часі дії цього струму.

Мінімальний переріз по термічній стійкості $q_{мін}$, мм² за формулою:

$$q_{мін} = \frac{I_{к.з} \cdot \sqrt{t_{пр}}}{C}, \quad (1.32)$$

де $q_{мін}$ – площа термічно стійкого перерізу, мм²;

$I_{к.з.}$ – сила сталого струму короткого замикання, А;

$t_{пр}$ – приведений час короткого замикання, с.

C – коефіцієнт термічної стійкості: для алюмінієвих шин $C = 88$, для мідних шин $C = 171$.

Шини перевіряються на динамічну стійкість до струмів короткого замикання.

Найбільша механічна напруга в металі при згині σ_p , $\frac{\text{кг}\cdot\text{с}}{\text{см}^2}$:

$$\sigma_p = \frac{1.76 \cdot 10^{-3} \cdot i_y^2 \cdot l^2}{a \cdot W}, \quad (1.33)$$

де l - відстань між опорними ізоляторами, см;

a - відстань між осями шин суміжних фаз, см;

W - момент опору, см^3 .

При розташуванні шин горизонтально, см^3 :

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (1.34)$$

При розташуванні шин на ребро, см^3 :

$$W = \frac{h \cdot b^2}{6} \quad (1.35)$$

де h – довжина сторін шин, см.

Розрахункові значення напруг в шині повинні бути менші допустимих.

1.10 Розрахунок і вибір релейного захисту

В курсовому проекті вибирається і розраховується релейний захист силового трансформатора. Для захисту трансформатора приймається:

- максимально струмовий захист на стороні низької напруги;
- струмова відсічка на стороні високої напруги трансформатора;
- газовий захист від внутрішніх пошкоджень.

Номінальна сила струму на сторонах ВН і НН $I_{Н1}, I_{Н2}$, А:

$$I_{Н1} = \frac{S_{Н.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{Н,1}}, \quad (1.36)$$

$$I_{Н2} = \frac{S_{Н.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{Н,2}}, \quad (1.37)$$

де $S_{Н.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВ А;

$U_{Н,1}, U_{Н,2}$ - відповідно номінальна напруга на сторонах високої і низької напруги трансформатора, кВ.

Намічається встановлення трансформаторів струму. Вибираються трансформатори струму на стороні високої напруги і на стороні низької напруги.

Вибираються для максимально-струмового захисту реле максимального струму і реле часу.

Сила струму спрацьовування максимально струмового захисту, А:

$$I_{\text{спр.з}} = \frac{k_{\text{над}} \cdot k_{\text{сх}}}{k_{\text{в}} \cdot k_{\text{т.т}}} \cdot I_{\text{н2}}, \quad (1.38)$$

де $k_{\text{над}}$ - коефіцієнт надійності;

$k_{\text{сх}}$ - коефіцієнт схеми;

$k_{\text{в}}$ - коефіцієнт повернення.

Коефіцієнт чутливості захисту при трифазному короткому замиканні на стороні НН трансформатора:

$$k_{\text{ч}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{\text{к.2}}}{I_{\text{спр.з}} \cdot k_{\text{т.2}}}, \quad (1.39)$$

Допустимий коефіцієнт чутливості. Розрахунковий коефіцієнт чутливості захисту при двофазному короткому замиканні на стороні низької напруги трансформатора повинен бути більше або дорівнювати допустимому коефіцієнту чутливості.

Струм спрацювання відсічки, яка встановлюється на стороні високої напруги трансформатора $I_{\text{спр.р}}$, А:

$$I_{\text{спр.р}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{в}} \cdot I_{\text{к.б}}}{k_{\text{т.1}}}, \quad (1.40)$$

де $k_{\text{н}}$ - коефіцієнт надійності;

$k_{\text{в}}$ - коефіцієнт повернення;

$k_{\text{т.1}}$ - коефіцієнт трансформації струму.

Розрахунковий коефіцієнт чутливості повинен бути більше або дорівнювати допустимому коефіцієнту чутливості 1,5. Для максимально-струмового захисту приймається реле струму РТ-40/20.

Коефіцієнт чутливості відсічки при двофазному короткому замиканні:

$$k_{\text{ч}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{\text{к.1}}}{I_{\text{спр.р}} \cdot k_{\text{т}}}, \quad (1.41)$$

де $I_{\text{к1}}$ - сила струму короткого замикання на стороні високої напруги, А.

Живлення встановленого на трансформаторі захисту здійснюється оперативним змінним струмом з застосуванням реле прямої дії типів РТМ і РТВ,

реле непрямої дії типу РТ-80, газового реле ПГЗ-22, вказівного реле типу РУ-21 і проміжного реле типу РП-341.

Захист від внутрішніх пошкоджень в трансформаторі здійснюється газовим реле ПГ-22. Пошкодження всередині трансформатора, які викликані міжвитковими і міжфазними замиканнями, супроводжуються виділенням газу і зниженням рівня масла. При всіх видах пошкоджень газу, що утворилися внаслідок пробою масла і ізоляції проводів, направляються через реле, встановлене на трубопроводі, що з'єднує бак трансформатора з розширником, і витісняють масло з камери реле в розширювач. При цьому діє попереджувальний сигнал. У разі бурхливого газоутворення, який супроводжується течією струменя масла під тиском, поступає сигнал на відключення трансформатора.

Для трансформаторів потужністю 630 кВ·А і вище, а також для трансформаторів 400 кВ·А і вище, що встановлені в середині цеху, газовий захист обов'язковий; для трансформаторів потужністю 1000÷4000 кВ·А — обов'язковий тільки при відсутності диференційного або максимально-струмового захисту з витримкою часу 0,5÷1 с.

1.11 Розрахунок заземлювального пристрою

При розрахунку заземлювального пристрою визначаються тип заземлювачів, їх кількість і місце розташування, а також переріз заземлювальних провідників. Цей розрахунок виконується для очікуваного опору заземлювального пристрою у відповідності з існуючими вимогами. При розрахунку задається периметр заземлювального пристрою.

Сила струму однофазного замикання на землю I_3 , А:

$$I_3 = \frac{U \cdot (35 \cdot I_{\text{каб}} + I_{\text{П}})}{350} \quad (1.42)$$

де U - лінійна напруга мережі, кВ;

$I_{\text{каб}}$ і $I_{\text{П}}$ - сумарна довжина електрично зв'язаних між собою кабельних і повітряних ліній, км.

Опір заземлювального пристрою R_3 , Ом:

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3}, \quad (1.43)$$

де $U_3 = 250$ В, якщо заземлюючий пристрій виконується тільки для установ напругою вище 1000В;

$U_3 = 125$ В, якщо заземлювальний пристрій одночасно виконується і для установок до 1 кВ;

I_3 - розрахункова сила струму замикання на землю, А.

Приймається найменший опір заземлювального пристрою для мережі з напругою 10/0,4кВ

Розрахунковий питомий опір ґрунту ρ , Ом·м:

$$\rho = \rho' \cdot \Psi, \quad (1.44)$$

де ρ' - вимірний питомий опір ґрунту, Ом м;

Ψ - коефіцієнт підвищення опору.

При відсутності даних вимірів для розрахунків користуються приблизними значеннями питомих опорів ґрунтів. Розрахункові значення коефіцієнтів підвищення опору для різноманітних ґрунтів і глибин закладення.

Знаючи розрахунковий питомий опір ґрунту, можна визначити опір одиночного заземлювача. В розрахунках використовують наступні спрощені формули:

- для заглибленого пруткового електрода діаметром 12 мм, довжиною 5 м:

$$R_{o.пр} = 0,00227 \cdot \rho, \quad (1.45)$$

- для електрода з кутової сталі розміром 50 x 50 x 5 мм, довжиною 2,5 м:

$$R_{o.ел} = 0,0034 \cdot \rho, \quad (1.46)$$

- для електрода з труби діаметром 60 мм, довжиною 2,5 м:

$$R_{o.тр} = 0,00325 \cdot \rho, \quad (1.47)$$

де ρ виражене в Ом·см.

Кількість вертикальних заземлювачів: n_1 , шт

$$n = \frac{R_0}{\eta \cdot R_3}, \quad (1.48)$$

де R_0 - опір заземлювального пристрою, Ом;

η - коефіцієнт екранування;

R_3 - опір за нормами для конкретної мережі, Ом.

1.12 Висвітлення питань охорона праці, безпека життєдіяльності та екології

В цьому розділі описуються вимоги до персоналу з електробезпеки при проведенні монтажних та ремонтних робіт з напругою 10кВ і з напругою до 1кВ.

Електропостачання представляє собою небезпеку для екології. В проекті потрібно описати, які заходи застосовуються для уникнення шкідливих факторів електромагнітного випромінювання.

В пояснювальній записці потрібно описати небезпеку для екології розлитого трансформаторного масла і засоби для уникнення просочування масла в ґрунт в місці розташування ГЗП і ТП.

2 ВИСНОВКИ

В цьому розділі акцентується увага на основних розрахунках, на складених розрахункових і схем заміщення, на виборі високовольтних апаратів шин і ізоляторів.

В висновку описуються новітні технології, які впровадженні в електропостачання підприємства.

Література

- 1 Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. – Ленинград: «Энергоатомиздат», 1987 г.
- 2 Дьяков В.И. «Типовые расчеты по электрооборудованию». – Москва: «Высшая школа», 1991 г.
- 3 Постников Н.П., Рубашов Г.М. «Электроснабжение промышленных предприятий». – Ленинград: «Строиздат», 1989 г.
- 4 Рожкова Л.Д., Козулин В.С. «Электрооборудование станций и подстанций». – Ленинград: «Энергоатомиздат», 1990 г.
- 5 Липкин Б.Ю. «Электроснабжение промышленных предприятий». – Москва: «Высшая школа», 1990 г.

