

«ЕЛЕКТРИЧНІ ПІДСТАНЦІЇ ТА МЕРЕЖІ»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсового проєкту

спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
назва освітньо- професійної програми	Інжиніринг електропостачання та електромеханічних систем у металургії та гірництві

Запоріжжя 2025

Рекомендовано Науково-методичною
радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №8 від 27.06.2025 р.)

Автори:

Лисенко О.Г., канд. техн. наук, доцент
Папаїка Ю.А., доктор техн. наук, професор

Рецензент:

Рухлов А.В. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації, електро-
та робототехнічних систем ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКА».

Л63 Лисенко О. Г., Папаїка Ю. А. Електричні підстанції та мережі : методичні
рекомендації до виконання курсового проєкту для здобувачів вищої освіти за
першим (бакалаврським) рівнем. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 52 с.

Методичні вказівки включають методичні рекомендації до структури
та змісту курсового проєкту; вимоги до оформлення пояснювальної
записки та захисту курсового проєкту, критерії оцінювання курсового
проєкту, зразок титульної сторінки, завдання, рекомендовані літературні
джерела.

УДК 621.311 (072)

ЗМІСТ

1	МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	5
2	РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО СТРУКТУРИ ТА ЗМІСТУ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	8
2.1	Загальні вимоги до змісту та структури КП	8
2.2	Рекомендації щодо змісту, реферату, вступу та переліку скорочень, символів і спеціальних термінів	9
2.3	Рекомендації щодо розділу «Розрахунок електричної частини знижувальної трансформаторної підстанції»	9
2.3.1	Постановка задачі	9
2.3.2	Визначення сумарної розрахункової потужності підстанції і вибір типу та потужності трансформаторів	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.3	Визначення величини розрахункових робочих струмів	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.4	Розрахунок теплового імпульсу струмів КЗ	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.5	Розробка конструктивного виконання підстанції	13
2.3.6	Вибір апаратів відкритої та закритої частин розподільної підстанції	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.6.1	Вибір вимикачів	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.6.2	Вибір роз'єднувачів	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.6.3	Вибір запобіжників	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.6.4	Вибір трансформаторів струму	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.6.5	Вибір трансформаторів напруги	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.6.6	Вибір шин у кабелів	Помилка! Закладку не визначено.
2.3.6.7	Вибір ізоляторів шинних конструкцій	21
2.3.6.8	Вибір джерел оперативного струму	22
2.4	Рекомендації щодо розділу «Розрахунок електричної мережі високої напруги»	23
2.4.1	Загальна характеристика електричної мережі	23
2.4.2	Визначення втрат потужності та енергії в трансформаторах	Помилка! Закладку не визначено.
2.4.3	Визначення технічних параметрів ЛЕП	24
2.4.4	Розрахунок основних режимів електричної мережі	Помилка! Закладку не визначено.
2.4.5	Забезпечення якості електричної енергії в мережі	Помилка! Закладку не визначено.
2.5	Рекомендації щодо формулювання висновків	27
3	ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	28
3.1	Загальні вимоги до оформлення тексту	28
3.2	Вимоги до оформлення основного тексту	28
3.3	Вимоги до оформлення рисунків	29
3.4	Вимоги до оформлення таблиць	29
3.5	Вимоги до оформлення формул	30
3.6	Вимоги до оформлення переліків	31
3.7	Вимоги до оформлення посилань	32
3.8	Вимоги до оформлення переліку посилань	32
3.9	Вимоги до оформлення додатків	33
3.10	Вимоги до оформлення презентації	33

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	33
4.1 Етапи виконання та захисту курсового проєкту.....	33
4.2 Права та обов'язки керівника курсового проєкту, здобувача освіти, комісії із оцінювання курсових проєктів	35
4.3 Застереження щодо академічної доброчесності.....	36
4.4 Регламенти і процедури виявлення порушень вимог академічної доброчесності та наслідки такого виявлення	40
4.5 Критерії оцінювання курсового проєкту	42
4.6 Порядок оскарження результатів оцінювання курсового проєкту	44
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА	46
ДОДАТОК А	
БЛАНК ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА	48
ДОДАТОК Б	
БЛАНК ЗАВДАННЯ	49
ДОДАТОК В	
ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ.....	51
ДОДАТОК Г	
ВАРІАНТИ ТИПОВИХ СХЕМ ПІДСТАНЦІЙ	52

1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Курсовий проєкт (КП) – це компонент професійного ядра освітньої програми «Інжиніринг електропостачання та електромеханічних систем в металургії та гірництві», виконання якого забезпечує набуття здобувачами вищої освіти першого бакалаврського рівня загальних та фахових компетенцій.

Під час роботи над КП передбачається поєднання та поглиблення теоретичних знань і практичних умінь, набутих здобувачами освіти в результаті вивчення дисципліни професійної підготовки бакалаврів «Електричні підстанції та мережі».

КП є індивідуальною творчою роботою, яка виконується здобувачем вищої освіти самостійно під керівництвом викладача згідно із поставленими завданнями.

Розробка КП сприяє розширенню та поглибленню теоретичних знань, розвитку навичок їх практичного використання, формує вміння самостійного розв'язання конкретних професійних завдань, створює підґрунтя для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра.

Метою курсового проєкту є набуття здобувачами практичних навичок з розрахунку електричних режимів та вибору електрообладнання, що застосовуються у вирішенні практичних задач електроенергетики, а також закріплення та впровадження у практику знань та навичок, набутих під час вивчення курсу.

Завдання курсового проєкту передбачає розробку електричної схеми для електропостачання споживачів головної знижувальної трансформаторної підстанції.

Для досягнення цієї мети необхідно поставити та вирішити такі **завдання:**

- сформулювати постановку задачі;
- навести опис вихідних даних;
- спроєкувати відповідну електричну схему та обґрунтувати компоновку розподільчих пристроїв підстанції;
- підготувати презентацію результатів виконання курсового проєкту, продемонструвати вміння обґрунтовано та коректно презентувати та аргументувати власну думку перед професійною аудиторією під час захисту.

Курсовий проєкт спрямований на отримання здобувачами наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей:

Загальні компетентності:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

– здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

– здатність працювати автономно.

Фахові компетентності:

– здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування 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 виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

– здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

– здатність розраховувати, експлуатувати та технічно обслуговувати електротехнічне обладнання систем електропостачання гірничих та металургійних підприємств.

У результаті виконання КП здобувач вищої освіти повинен продемонструвати достатній рівень сформованості наступних програмних результатів навчання:

– 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.

– вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

– розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

– вміти самостійно вчитися, опанувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

– застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

– вміти розраховувати, експлуатувати та технічно обслуговувати електротехнічне обладнання систем електропостачання гірничих та металургійних підприємств [1].

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО СТРУКТУРИ ТА ЗМІСТУ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

2.1 Загальні вимоги до змісту та структури КП

Курсовий проєкт повинен мати чітку і логічну структуру, складовими якої є:

1. Пояснювальна записка (за необхідністю зміст пояснювальної записки може бути змінено за узгодженням з керівником курсового проєкту):

- Титульний лист (Додаток А).
- Завдання (див. Додаток Б).
- Зміст.
- Перелік умовних позначень, скорочень, символів і спеціальних термінів (за необхідності).
- Вступ.
- Завдання 1. Розрахунок електричної частини знижувальної трансформаторної підстанції.

1.1 Визначити розрахункову потужність трансформаторної підстанції, виходячи з кількості та потужності споживачів, обрати які потрібно за номером варіанту Х з таблиці В.1 (Додаток В).

1.2 Виконати вибір силового електрообладнання підстанції.

1.3 Визначити склад споживачів власних потреб підстанції, обрати трансформатори власних потреб та джерела оперативного струму.

- Завдання 2. Розрахунок електричної мережі високої напруги.

2.1 Визначити розрахункову потужність повітряної лінії з урахуванням втрат потужності в трансформаторах

2.2 Виконати вибір технічних параметрів повітряної лінії. Побудувати схему заміщення.

2.3 Виконати розрахунок основних режимів електричної мережі.

2.4 Перевірити регулюючу спроможність трансформаторів підстанції.

- Графічна частина. Розробка принципової однолінійної електричної схеми трансформаторної підстанції та повітряної ЛЕП.

- Висновки.

- Перелік використаних джерел.

2. Презентація, що передбачає коротке та вичерпне представлення результатів курсового проєкту для його захисту перед комісією.

2.2 Рекомендації щодо змісту, реферату, вступу та переліку скорочень, символів і спеціальних термінів

У змісті послідовно перераховуються заголовки розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів, додатків і вказуються сторінки, на яких вони розміщені. Якщо сторінок декілька, вказується номер першої сторінки, з якої починається пункт і де розташований заголовок пункту. Зміст повинен включати всі заголовки, наявні в тексті.

Перелік скорочень, символів і спеціальних термінів містить скорочення, символи і терміни, які розташовуються у вигляді стовпчика, в якому ліворуч наведені скорочення (символ, спеціальний термін), а праворуч - їхнє детальне розшифрування.

У вступі необхідно: навести обґрунтування необхідності виконання роботи при сучасному стані проблеми (актуальність теми), сформулювати мету та задачі роботи [2].

2.3 Рекомендації щодо розділу «Розрахунок електричної частини знижувальної трансформаторної підстанції»

2.3.1 Постановка задачі

Одним з найважливіших елементів системи електропостачання є електричні станції та підстанції. Нормальне функціонування генераторів, трансформаторів, синхронних компенсаторів та комутаційної апаратури забезпечує надійність генерування, передачі, розподілу електричної енергії.

Розділ «Розрахунок електричної частини знижувальної трансформаторної підстанції» повинен містити вирішення наступних задач:

1. Вибір схеми підстанції.
2. Визначення сумарної розрахункової потужності підстанції і вибір типу та потужності трансформаторів.
3. Визначення величин розрахункових робочих струмів.
4. Розрахунок величин теплового імпульсу.
5. Розробка конструктивного виконання підстанції.
6. Вибір апаратів відкритої і закритої частин розподільної підстанції.
7. Розрахунок і вибір струмопроводів і ізоляторів.
8. Вибір джерел оперативного струму.

Вибір схеми підстанції проводиться відповідно з завданням по принципівій схемі і виконується відповідно з ДСТУ.

Проектована підстанція може бути головною (ГПП) або підстанцією глибокого вводу (ПГВ) з споживачами в основному першої і другої категорії, які працюють в довготривалому режимі. В цьому випадку

доцільно застосування в РП 6-10 кВ комплектних розподільчих пристроїв з вимикачами на вкатних візках.

При розробці однолінійної схеми і визначенні числа шаф РП 6-10 кВ підстанції, крім підключень вводу і споживачів, які вказані в завданні, необхідно запланувати до встановлення шафи міжсекційних вимикачів, шафи трансформаторів напруги і трансформаторів власних потреб, шафи з розрядниками, а також резервні шафи. Питання застосування струмообмежуючих реакторів студент вирішує самостійно.

На підстанціях промислових підприємств, як правило, застосовують спрощені схеми розподільчих пристроїв 35-220 кВ без збірних шин зі зменшеною кількістю вимикачів.

2.3.2. Визначення сумарної розрахункової потужності підстанції і вибір типу та потужності трансформаторів

В курсовому проєкті при визначенні розрахункових навантажень для споживачів з тривалим режимом роботи доцільно застосовувати найбільш простий метод розрахунку максимальних значень навантажень – метод коефіцієнта попиту.

Порядок визначення максимальних значень розрахункових величин.

1. Навантаження трансформаторів $P_{m.m}$ і $Q_{m.m}$ з урахуванням коефіцієнта завантаження в нормальному режимі:

$$P_{m.m} = K_z \cdot n_m \cdot S_m \cdot \cos \varphi_m; \quad (2.1)$$

$$Q_{m.m} = P_{m.m} \cdot \operatorname{tg} \varphi_m, \quad (2.2)$$

де K_z – коефіцієнт завантаження трансформаторів;

n_m – кількість трансформаторів, підключених до однієї секції шин;

S_m – номінальна потужність трансформаторів з первинною напругою 6 або 10 кВ;

$\cos \varphi_m$ – коефіцієнт потужності трансформаторних навантажень.

2. Активна $P_{m.cd}$ та реактивна $Q_{m.cd}$ потужності, які споживаються синхронними електродвигунами СД, визначаються за формулами (2.3) і (2.4):

$$P_{m.cd} = K_n \cdot n_{cd} \cdot P_{cd}; \quad (2.3)$$

$$Q_{m.cd} = P_{m.cd} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cd}, \quad (2.4)$$

де K_n – коефіцієнт попиту;

$\cos \varphi_{cd}$ – коефіцієнт потужності. Для СД прийняти випереджуючий $\cos \varphi$

Аналогічно визначаються $P_{м.ад}$ і $Q_{м.ад}$ для асинхронних двигунів.

3. Навантаження споживачів:

$$P_{м.сн} = n_{сн} \cdot S_{сн} \cdot \cos \varphi_{сн} \quad (2.5)$$

$$Q_{м.сн} = P_{м.сн} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{сн} \quad (2.6)$$

4. Сумарна розрахункова потужність підстанції:

$$S_{нб} = n_c \sqrt{(P_{м.т} + P_{м.сп} + P_{м.ад} + P_{м.сд})^2 + (Q_{м.т} + Q_{м.сп} + Q_{м.ад} - Q_{м.сд})^2} \quad (2.7)$$

де n_c – число секцій РП 6-10 кВ.

Вибір потужності трансформаторів виконується, виходячи з повної розрахункової потужності об'єкта добового графіка навантажень і показників, які характеризують сезонні зміни навантажень, а також в залежності від кліматичних умов. Трансформатори ГПП і ПГВ, як правило, вибирають так, щоб при виході з роботи одного, інший забезпечив би роботу підприємства на час заміни трансформатора з урахуванням можливого зменшення навантажень і з використанням допустимого перевантаження трансформатора. Вибір потужності трансформаторів необхідно виконувати відповідно до ДСТУ. На двотрансформаторних ГПП і ПГВ при відсутності резервування по мережам вторинної напруги потужність кожного трансформатора вибирають рівною 0,65-0,7 сумарного розрахункового навантаження.

Вибір потужності трансформаторів виконується за умовою:

$$S_{нт} \geq \frac{S_{м.авар}}{K_{2ав.}}, \quad (2.8)$$

де $S_{м.авар}$ – максимальне навантаження в аварійному режимі, яке визначається за розрахунковим навантаженням $S_{м}$ з урахуванням допустимого зменшення (відключення частини споживачів III категорії);

$K_{2ав.}$ – найбільший коефіцієнт перевантаження в аварійному режимі.

У курсовому проекті при відсутності відповідного добового графіка навантажень підприємства і значення еквівалентної температури охолоджуючого повітря допустиме аварійне перевантаження трансформатора слід прийняти $K_{2ав.} = 1,4$.

2.3.3. Визначення величини розрахункових робочих струмів

Для вибору електричних апаратів ВРП і ЗРП, а також вибору перетину шин і кабелів необхідне визначення відповідних розрахункових струмів нормального і форсованого режимів роботи електроустановок.

1. Розрахунковий робочий струм $I_{p.n.}$ ліній вводу в нормальному режимі

$$I_{p.n.(1,2)} = \frac{0,7 S_{nm}}{n_g \cdot \sqrt{3} \cdot U_{n(1,2)}}, \quad (2.9)$$

де n_g – число вводів;

$U_{n(1,2)}$ – відповідне значення напруги на високій стороні і збірних шинах ЗРП.

2. Розрахунковий робочий струм вводу в післяаварійному (форсованому) режимі (при вимкненні одного з вводів)

$$I_{p.\phi.(1,2)} = 2 \cdot I_{p.n.(1,2)} \leq \frac{1,4 S_{nm}}{n_g \sqrt{3} U_{n(1,2)}} \quad (2.10)$$

3. Розрахунковий робочий струм секційного вимикача дорівнює робочому струму секції $I_{p.n.}$.

4. Розрахункові струми споживачів, приєднаних до шин ЗРП:

а) приєднання цехового трансформатора:

$$I_{p.n.m} = \frac{K_z \cdot S_{nm}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.11)$$

$$I_{p.\phi.m} = \frac{1,4 S_{nm}}{\sqrt{3} U_n} \quad (2.12)$$

б) приєднання синхронного (асинхронного) електродвигуна:

$$I_{p.n.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} \quad (2.13)$$

$$I_{p.\phi.} = 1,05 I_{p.n.} \quad (2.14)$$

в) приєднання стороннього споживача

$$I_{p.\phi.cn} = \frac{S_{cn}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.15)$$

2.3.4. Розрахунок теплового імпульсу струму КЗ

Перевірка апаратів, шин і кабелів на термічну стійкість оцінюється за найбільшим тепловим імпульсом струму B_{κ} при три - або двофазному КЗ.

При віддаленому КЗ він може бути визначеним за формулою

$$B_{\kappa} = I_{n0}^2 (t_{\epsilon} + T_a) \quad (2.16)$$

Час дії (час вимикання) струму КЗ t_{ϵ} складається з повного часу вимикання вимикача і часу дії основного релейного захисту

$$t_{\epsilon} = t_{n.в} + t_{pz} \quad (2.17)$$

Час дії релейного захисту може бути прийнятим: для вимикачів тупикових приєднань $t_{pz} = 0,01$ с; для ввідних вимикачів ліній підстанцій $t_{pz} = 1,2$ с; для ввідних вимикачів РП 6-10 кВ $t_{pz} = 0,6$ с.

2.3.5. Розробка конструктивного виконання підстанції

Компоновка обладнання електричних підстанцій (ПС) залежить від типу ПС, кількості встановленого обладнання, умов площадки, на якій споруджується підстанція та інших факторів. При розробці конструкції підстанції потрібно керуватися ПУЕ [3], нормами технологічного проектування підстанцій напругою 35-750 кВ, інструкцією з проектування електропостачання промислових підприємств та іншими нормативними матеріалами.

Підстанції промислових підприємств, як правило, складаються з розподільчого пристрою, розташованого на відкритому повітрі (ВРП) і закритого розподільчого пристрою (ЗРП) напругою 6-10 кВ.

Як правило, розподільчі пристрої 35 кВ і вище споруджуються відкритими. Всі апарати ВРП переважно розташовані на невисоких основах (металевих або залізобетонних). Апаратура комутації та керування зовнішньої установки здатна протистояти дії вітру, дощу, снігу, забрудненням, конденсації, льоду та інею.

Конструктивне виконання підстанції в значній мірі залежить від апаратури комутації, особливо від типу вимикача.

Основні вимоги, що пред'являються до вимикачів для КРП полягають в наступному

- 1) надійність в роботі і безпека для обслуговуючого персоналу;

- 2) можливо малий час вимикання;
- 3) по можливості малі габарити і маса;
- 4) простота монтажу;
- 5) безшумність роботи;
- 6) порівняно невисока вартість;
- 7) малі витрати на обслуговування і експлуатацію;
- 8) ремонтпридатність.

Вимога надійності є однією з найважливіших вимог, оскільки від надійності вимикачів, їх готовності до роботи в будь-яких (у тому числі і в аварійних) режимах роботи безпосередньо залежать надійність електроживлення, безперебійність електропостачання споживачів, а також збереження всього застосованого в КРП електрообладнання. Термін служби вимикача повинен бути не менше 20 років.

У об'єм загальних вимог до вимикачів для КРП входять також вимоги за кліматичними умовами експлуатації: вимикачі повинні бути розраховані на кліматичне виконання У і наступну категорію розміщення: для КРП зовнішньої установки – категорію 2 і для КРП внутрішньої установки – категорію 3. Крім того, на вимикачі для КРП розповсюджуються вимоги безпеки, викладені в ГОСТ 12.2.007.0 75 "Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки" і ГОСТ 12.2.007.3 7:1 "Електротехнічні пристрої на напругу понад 1000 В. Вимоги безпеки".

Застосовані в даний час сучасні вимикачі для КРП в основному відповідають переліченим вище вимогам, включаючи і вимоги вищезгаданих Гостів, чого не можна сказати про застарілі конструкції вимикачів. Особливу складність в експлуатації застарілих конструкцій вимикачів викликають їх приводи, які раніше поставлялися окремо від вимикачів. У КРП останніх конструкцій ця трудність усунена: всі застосовані вимикачі мають вбудовані в них приводи, що невід'ємною, конструктивно не виділеною частиною вимикача.

Слід зупинитися ще на одній вимозі до вимикачів і до КРП в цілому, яку пред'являють особливо відповідальні споживачі: скорочення витрат на обслуговування і експлуатацію як вимикачів, так і КРП в цілому.

Із усього різноманіття конструкцій високовольтних вимикачів в КРП, КТП, КСО і інших аналогічних електроустановках в даний час застосовуються наступні типи вимикачів 6 – 10 кВ: вакуумні і елегазові.

2.3.6. Вибір апаратів відкритої і закритої частин розподільної підстанції

2.3.6.1. Вибір вимикачів

Вимикач, що вибирається повинен працювати без пошкодження в найбільш важкому за умовами експлуатації режимі роботи мережі. Тому вибір вимикача, здатного безвідмовно працювати протягом всього терміну експлуатації мережі, рекомендується проводити в 2 етапи.

На першому етапі, виходячи з умов найбільш важкого режиму роботи мережі і інших умов експлуатації (вимикаючої здатності вимикача, необхідної частоти вмикань та вимикань, комутаційних перенапруг, необхідності забезпечення повної вибухо- та пожежебезпеки і т. п.) слід вибрати тип вимикача для КРП.

При виборі типу вимикача для КРП в першу чергу повинно враховуватися наступне:

– При номінальній напрузі 6 – 10 кВ і нормальних комутаціях доцільно застосовувати маломасляні вимикачі, а при частих комутаціях вакуумні і елегазові, які мають великий термін служби.

– При великих номінальних струмах вимикання (так само, як і при великих номінальних напругах) рекомендується застосовувати повітряні і елегазові вимикачі. При цьому, проводячи економічну оцінку доцільності установки вибраного типу вимикача, слід враховувати, що, хоча вакуумні вимикачі мають велику вартість, застосування їх виправдане зважаючи на малі витрати на технічне обслуговування і великий термін служби дугогасячих пристроїв (25 років і більше).

На другому етапі, скориставшись каталогами фірм-виробників вимикачів для КРП, слід провести порівняння номінальних параметрів вибраного типу вимикача з параметрами електричної мережі в місці його установки: номінальна напруга вимикача повинна бути рівна або більше номінальної напруги мережі, що захищається; його номінальний тривалий струм повинен перевищувати номінальний струм електроустановки; номінальний струм вимикання вимикача повинен бути більше максимального розрахункового струму КЗ I_k у момент контактів.

При визначенні струму I_k повинні розглядатися всі можливі варіанти КЗ і з них повинен бути вибраний найбільш важкий, яким звичайно є режим відключення трьох- і однофазного КЗ на землю. Розрахунок аперіодичної складової повинен проводитися з урахуванням того, що КЗ відбулося в мить, коли напруга в одній з фаз рівна нулю. Номінальний струм вмикання вимикача повинен бути не меншим, ніж струм, який через вимикач ударний струм КЗ.

Крім того, при виборі вимикача слід мати на увазі, що у момент розмикання контактів вимикача аперіодична складова струму КЗ не повинна перевищувати аперіодичний струм, гарантований заводом-виробником. Зазвичай цей струм виражається у відсотках номінального струму вимикання. Розрахунковий час розмикання контактів вибирається мінімально можливим.

Разом з номінальним струмом вимикання повинні враховуватися цикли (послідовність вмикань (В) і вимикань (О) – В), при яких вимикач працює. Номінальний струм вимикання вимикачів без АПВ гарантується при циклі О -180-ВО-180-ВО.

Термічна стійкість перевіряється з умови протікання через вимикач струму КЗ протягом максимального часу, обумовленого спрацьовуванням захисту. Номінальний струм електродинамічної стійкості вимикача повинен перевищувати максимально можливе значення ударного струму КЗ, яке може бути в електроустановці.

Вимикачі, що випускаються промисловістю, випробовуються при типових швидкостях відновлення напруги. Тому звичайно немає необхідності проводити розрахунок швидкості відновлення напруги в проєктованих мережах і порівнювати з умовами, які мали місце при випробуваннях апарату.

В пояснювальній записці студент наводить приклад вибору вимикача напругою U_1 відповідно з попередньо наведеними умовами.

Приводить з належним обґрунтуванням вибір типу вимикача для ЗРП, вибирає відповідний тип КРП напругою 6 – 10 кВ.

Вибір вимикачів КРП рекомендується проводити в табличній формі (табл. 2.1) за основними параметрами.

Таблиця 2.1 – Вибір вимикачів КРП

Тип вимикача приєднання	вводу		секційного		споживача	
	катал. дані	розрах. дані	катал. дані	розрах. дані	катал. дані	розрах. дані
1. $U_n \geq U_{уст}$ (кВ)						
2. $I_n \geq I_{р.ф.}$ (А)						
3. $I_{вим} \geq I_{н.т}$ (кА)						
4. $\sqrt{2} \cdot I_{вим} (1 + \beta_n) \geq \sqrt{2} \cdot i_{н.т} + i_{а.т}$ (кА)						
5. $i_{дин} \geq i_y$ (кА)						
6. $I_{м.с}^2 \cdot t_{м.с} \geq B_k$ (кА ² ·с)						

2.3.6.2. Вибір роз'єднувачів

Роз'єднувачі вибирають за номінальною напругою і номінальним струмом і перевіряють їх на динамічну і термічну стійкість в режимі КЗ.

Умови вибору роз'єднувачів наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Вибір роз'єднувачів

Параметри роз'єднувача	Умови вибору
1. Номінальна напруга	$U_n \geq U_{уст}$
2. Номінальний струм	$I_n \geq I_{р.ф.}$
3. Номінальний струм динамічної стійкості	$i_{дин} \geq i_y$
4. Номінальний тепловий імпульс	$I_{м.с.}^2 t_{м.с.} \geq B_{\kappa}$

Роз'єднувачі, вбудовані в комплектні розподільчі пристрої, вибирати не треба, оскільки їх параметри відповідають параметрам вимикача, встановленого в шафі КРП.

2.3.6.3. Вибір запобіжників

Запобіжники напругою понад 1000 В обирають за номінальною напругою U_n , номінальним струмом I_n , номінальним струмом вимикання $I_{вим.н}$, за конструкцією і за родом установки (внутрішня, зовнішня). Вибір виконується за умовами:

$$U_n \geq U_{уст}; \quad (2.18)$$

$$I_n \geq I_{р.ф.}; \quad (2.19)$$

$$I_{вим.н} \geq I_{но}. \quad (2.20)$$

Номінальний струм плавкої вставки запобіжника обирається за умовами захисту обладнання та умовами селективності. Якщо запобіжник призначений для захисту силових трансформаторів, то плавка вставка обирається з урахуванням стрибка струму намагнічування відповідно до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Номінальні струми плавкої вставки запобіжників

Номінальний струм трансформатора, А	1	3	5	8	10	20	30	70	100	145	210
Номінальний струм плавкої вставки, А	3	7,5	10	15	30	40	50	100	150	200	300

Запобіжники серії ПКТН (ПКН) для захисту трансформаторів напруги обирають тільки за номінальною напругою.

2.3.6.4. Вибір трансформаторів струму

Вибір типу трансформаторів струму, як і трансформаторів напруги, проводять в залежності від типу КРП.

Трансформатори струму для живлення вимірювальних приладів обирають за номінальною напругою, за номінальними струмами $I_{1н}$, $I_{2н}$, за класом точності і вторинним навантаженням. У режимі КЗ трансформатор струму необхідно перевірити на динамічну і термічну стійкість. Вибір трансформаторів струму за класом точності виконують відповідно з ПУЕ. Трансформатори струму для ввімкнення лічильників, за якими ведуться грошові розрахунки, повинні мати клас точності 0,5. Для технічного обліку допускається застосування трансформаторів струму класу точності 1,0. Для включення щитових електровимірювальних приладів трансформатори струму повинні мати клас точності не нижче 3,0. Для релейного захисту – клас 10 (Р).

Умови вибору трансформаторів струму наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Вибір трансформаторів струму

Параметри трансформатора струму	Умови вибору
1. Номінальна напруга	$U_n \geq U_{уст}$
2. Номінальний первинний струм	$I_{1н} \geq I_{р.ф.}$
3. Номінальний вторинний струм	5 або 1 А
4. Клас точності	В залежності від призначення
5. Номінальне вторинне навантаження	$Z_n \geq Z_2$
6. Електродинамічна стійкість	$i_{дин} \geq i_y$ або $\sqrt{2}K_d I_{1н} \geq i_y$
7. Термічна стійкість	$I_{м.с.}^2 t_{м.с.} \geq B_k; (K_m I_{1н})^2 t_{м.н.} \geq B_k$

Завищення коефіцієнта трансформації $n_{ТС}$ трансформаторів струму, які живлять розрахункові лічильники, не припустимо, оскільки робота трансформаторів струму при малих навантаженнях може не відповідати розрахунковому класу точності. Перелік вимірювальних приладів на електростанціях і підстанціях дано у ПУЕ, а їх характеристики у довідниках.

2.3.6.5. Вибір трансформаторів напруги

Трансформатори напруги (ТН) для живлення вимірювальних приладів і реле обирають за номінальною напругою первинної обмотки, класом точності, схемами з'єднань обмоток і конструктивним виконанням.

При розрахунку навантажень вимірювальних приладів і реле їх можна не розподіляти по фазам. Тоді

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{прил} \cos \varphi_{прил})^2 + (\sum S_{прил} \sin \varphi_{прил})^2} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}. \quad (2.21)$$

Розрахунок вторинних навантажень ТН бажано вести в табличній формі.

Умови вибору трансформаторів напруги наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Вибір трансформаторів напруги

Параметри трансформатора напруги	Умови вибору
Номінальна первинна напруга	$U_n = U_{уст}$
Тип і схема з'єднань обмоток	В залежності від призначення
Клас точності	В залежності від призначення
Номінальна потужність	$S_{ном} \geq S_2$

Схема ввімкнення і тип ТН повинні відповідати його призначенню, а також типу розподільчого пристрою (РП), де планується встановлення трансформаторів напруги.

2.3.6.6. Вибір шин і кабелів

Шинні конструкції розподільчих пристроїв поділяють на струмопроводи, які виконуються жорсткими (ЗРП і вводи в них) або гнучкими (ВРП) шинами, закріпленими на ізоляторах. Шини і кабелі застосовують, як правило, алюмінієві.

Переріз шин і кабелів вибирають за нагрівом струмом форсованого режиму і перевіряють на термічну стійкість при КЗ. Шини перевіряють також на електродинамічну стійкість при КЗ. Номінальна напруга кабелю повинна відповідати напрузі установки.

Вибір перерізу шин і кабелів за нагрівом виконують за робочим струмом форсованого режиму $I_{р.ф.}$.

$$I_{\text{доп}} \geq I_{р.ф.} \quad (2.22)$$

Для шин

$$I_{\text{доп}} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{н.доп},$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустимий струм за нагрівом, А;

$I_{н.доп}$ – номінальний струм (довгочасно допустимий струм при температурі навколишнього середовища і установці шин прямокутного перетину більшою стороною h у вертикальній площині), А; номінальні струми для шин і кабелів наведені у ПУЕ;

K_1 – коефіцієнт поправки на спосіб установки шин. При установці шин прямокутного перетину більшою стороною в горизонтальній площині

$$K_1 = 0,95 \text{ при } h \leq 60 \text{ мм};$$

$$K_1 = 0,92 \text{ при } h > 60 \text{ мм}.$$

K_2 – коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища, якщо вона відрізняється від номінальної.

$$K_2 = \sqrt{\frac{\theta_{\text{дон}} - \theta_o}{\theta_{\text{дон}} - \theta_{\text{нн}}}}, \quad (2.23)$$

де $\theta_{\text{дон}}$ – довгочасно допустима температура (для алюмінієвих шин $\theta_{\text{дон}} = 70^\circ \text{C}$)

θ_o – температура навколишнього середовища;

$\theta_{\text{нн}} = 25^\circ \text{C}$ – номінальна напруга навколишнього середовища для шин і кабелів, які прокладені в повітрі.

Для кабелів довгочасно допустимий струм визначають за співвідношенням

$$I_{\text{дон}} = K_1' \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_{\text{н.дон}}, \quad (2.24)$$

де K_1' – коефіцієнт поправки на число кабелів [3];

K_2 – коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища (визначається таким же чином, як і для шин);

K_3 – коефіцієнт допустимого перевантаження кабеля в форсованому режимі, визначається відповідно з ПУЕ.

3. Перевірка перетину шин (кабелів) на термічну стійкість при КЗ виконується методом зіставлення кінцевої температури θ_k при КЗ з максимально допустимою при короткочасному нагріві $\theta_{\text{к.дон}}$ (для алюмінієвих шин і кабелів $\theta_{\text{к.дон}} = 200^\circ \text{C}$). Умова термічної стійкості

$$\theta_k < \theta_{\text{к.дон}}. \quad (2.25)$$

Мінімальний перетин за умовами термічної стійкості можна знайти за спрощеним виразом

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C}, \quad (2.26)$$

де значення коефіцієнта $C = \sqrt{A_{\kappa.\max} - A_n}$ беруть з довідників.

4. Перевірка шинних конструкцій на електродинамічну стійкість при КЗ виконується методом порівняння розрахункової механічної напруги в матеріалі шини σ_p з допустимою напругою $\sigma_{\text{доп}}$.

Умова електродинамічної стійкості шин

$$\sigma_p \leq \sigma_{\text{доп}}. \quad (2.27)$$

Умова електродинамічної стійкості ізоляторів

$$F_p \leq F_{\text{доп}}; \quad (2.28)$$

$$F_{\text{доп}} = 0,6F_{\text{руйн}}, \quad (2.29)$$

де F_p – розрахункове навантаження на головку ізолятора;

$F_{\text{доп}}$ – допустиме навантаження на головку ізолятора;

$F_{\text{руйн}}$ – руйнівне навантаження на згиб.

2.3.6.7. Вибір ізоляторів шинних конструкцій

Опорні ізолятори вибирають:

- за номінальною напругою $U_n > U_{\text{уст}}$;

- за допустимим механічним навантаженням.

Розрахункове навантаження на головку ізолятора

$$F_p = f l \frac{H}{H_{i3}}, \quad (2.30)$$

де f – розрахункова сила на одиницю довжини від взаємодії фаз, Н/м;

l – проліт між ізоляторами по довжині шини, м;

H_{i3} – висота опорного ізолятора, мм;

H – відстань від основи ізолятора до горизонтальної осі симетрії перетину шини, мм.

При розташуванні шин прямокутного перетину на ребро цю відстань належить прийняти рівною

$$H = H_{i3} + b + \frac{h}{2}, \quad (2.31)$$

де $(b \times h)$ – розміри шини.

При закріпленні шин пліском можна прийняти $\frac{H}{H_{i3}} = 1$.

В курсовому проекті рекомендується визначити допустиму довжину прольоту $l_{дон}$ за умовами механічної міцності ізолятора, м

$$l_{дон.і3} = \frac{0,6}{f} \frac{H}{H_{i3}}. \quad (2.32)$$

Прохідні ізолятори вибирають за умовами (2.29) і (2.30), а також перевіряють за номінальним струмом

$$I_n > I_{p.ф.} \quad (2.33)$$

Для прохідних ізоляторів розрахункове навантаження дорівнює

$$F_p = 0,5 f l. \quad (2.34)$$

2.3.6.8. Вибір джерел оперативного струму

Джерела живлення власних потреб підстанції, як правило, мають зв'язок з джерелами оперативного струму, які живлять кола керування, автоматики, сигналізації і релейного захисту. Для живлення цих кіл, застосовують постійний або змінний (випрямленими) оперативний струм.

Постійний оперативний струм з акумуляторними батареями, розрахованими на повну потужність оперативних кіл застосовують на електростанціях і на підстанціях з первинною напругою 330 - 750 кВ, а також на підстанціях 110 - 220 кВ з кількістю трьох або більше масляних вимикачів. Змінний (випрямленими) оперативний струм застосовують на підстанціях 6-10 кВ, підстанціях 35 - 220 кВ без вимикачів на ці напруги, підстанціях 35 кВ з масляними вимикачами і підстанціях 110 кВ з одним - двома вимикачами на стороні високої напруги.

Підстанції промислових підприємств виконуються, як правило, без збірних шин на стороні 35 - 220 кВ і без вимикачів на ці напруги або зі зменшеною їх кількістю (не більше трьох).

Для живлення оперативних кіл на таких підстанціях доцільно застосування комплектних блоків живлення. Комплектні вимірювальні пристрої для живлення електромагнітів включення вимикачів складаються з блока УКП 1 і накопичувача енергії УКП 2 для довмикання вимикача при зниженій напрузі. Блоки УКП 1 і УКП 2 одержують живлення від трансформаторів власних потреб потужністю 63 кВА і більше, які ввімкнені перед вимикачами напругою 6-10 кВ. Живлення кіл керування, релейного захисту, сигналізації виконується від випрямляючих і конденсаторних блоків, які вмикаються до трансформаторів напруги і трансформаторів власних потреб. Для живлення цих кіл доцільно застосовувати також комплектні шафи типу ШУОС (ШУОТ), в яких встановлюють акумуляторну батарею невеликої потужності (максимальний струм розряду - 20 А) на 110 В підзарядний випрямляч, який одержує живлення від трансформатора власних потреб. Для одержання напруги постійного струму 220 В встановлюють дві шафи ШУОС, їх акумуляторні батареї з'єднують послідовно. Шафи ШУОС і УКП ставлять в ЗРП 6 - 10 кВ. [3].

2.4 Рекомендації щодо розділу «Розрахунок електричної мережі високої напруги»

2.4.1 Загальна характеристика електричної мережі

В цьому розділі наводяться результати техніко-економічного аналізу вихідних даних, що наведені в завданні. За цими даними в залежності від категорійності споживачів приймаються рішення про схеми (резервовані чи нерезервовані), побудову ліній електропередачі та трансформаторних підстанцій, щоб визначити задоволення вимог за надійністю електропостачання споживачів та якості електричної енергії.

В проєкті приймається, що живлення електричної мережі буде виконуватися від районних підстанцій, які мають дві секції шин, що живляться від різних електричних станцій (генераторів) електричної системи. Секції шин районної підстанції обладнані системою автоматичного включення резерву (АВР).

На районній підстанції має місце зустрічне регулювання напруги, що відображено в завданні, де вказана величина напруги на розподільних шинах в режимах найбільших, найменших та післяаварійних навантажень.

Згідно завдання слід прийняти повітряні ЛЕП, що мають кращі техніко-економічні показники перед іншими конструктивними виконаннями та вказати на яких опорах і з якого типу проводів вони будуть виконані. Здобувач самостійно приймає рішення, в якому районі країни буде споруджена мережа. Після цього слід вказати, до якого кліматичного району віднесений прийнятий регіон [4].

2.4.2 Визначення втрат потужності та енергії в трансформаторах

Визначаємо втрати потужності в обмотках та в магнітопроводі трансформаторів, а також втрати електричної енергії за формулами:

- втрати потужності в обмотках трансформаторів:

$$\Delta P_{обм} = \Delta P_{кз} \cdot K_3^2 \cdot n, \Delta Q_{обм} = \frac{\Delta U_{кз}}{100} \cdot S_{НОМ} \cdot K_3^2 \cdot n, \quad (2.35)$$

де n -кількість трансформаторів на підстанції; K_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора.

Втрати потужності в магнітопроводі:

$$\Delta P_{СТ} = \Delta P_{хх} \cdot n, \Delta Q_{см} = \Delta Q_{хх} \cdot n. \quad (2.36)$$

Втрати потужності в трансформаторах визначаються як:

$$\Delta \dot{S}_m = \Delta P_{обм} + \Delta P_{см} + j(\Delta Q_{обм} + \Delta Q_{см}). \quad (2.37)$$

Втрати електричної енергії в трансформаторах:

$$\Delta W_m = \Delta P_{см} \cdot T_{\Gamma} + \Delta P_{обм} \cdot \tau_{нб}, \quad (2.38)$$

де $T_{\Gamma}=8760$ год, $\tau_{нб} = (0,124 + \frac{T_{нб}}{10^4})^2 \cdot 8760$ год.

2.4.3 Визначення технічних параметрів ЛЕП

В цьому розділі основним завданням є розрахунок площі перерізу проводів для прийнятої схеми.

Розрахунки виконуються у такій послідовності. Для розрахунку лінії електропередачі з однією ділянкою необхідно знати потужність (найбільшу) споживача та час її використання.

Найбільшу потужність навантаження повітряної лінії визначаємо з урахуванням втрат потужності в трансформаторах:

$$\dot{S}_{b\ нб} = \dot{S}_{нб} + \Delta \dot{S}_m. \quad (2.39)$$

За даними джерела електроенергії приймаємо номінальну напругу U_H лінії електропередачі, а з урахуванням умов проходження – її конструктивне виконання. Усе це дозволяє з довідників вибрати значення j_e для лінії.

Потім розраховуємо найбільший розрахунковий струм:

$$I_{нб} = S_{b_{нб}} / (\sqrt{3}U_H). \quad (2.40)$$

Потім визначаємо економічний переріз

$$F_e = I_{нб} / j_e. \quad (2.41)$$

За значенням F_e з довідників вибираємо найближчий стандартний переріз і тип проводу.

При виборі типів проводів потрібно враховувати обмеження, що накладаються умовами механічної міцності, умов зменшення впливу „коронування” на системи зв’язку тощо. Також необхідно виконати перевірку за допустимим нагріванням у післяаварійному режимі.

2.4.4 Розрахунки основних режимів електричної мережі

Після того, як визначені параметри обладнання електричних мереж, можливо приступити до розрахунку режимів для найбільших, найменших навантажень та післяаварійного режиму. При розрахунках потрібно враховувати, що на початок розрахунків відомі навантаження споживачів та режими напруги джерела електричної енергії.

Коли відомі напруга на початку ділянки \dot{U}_A і потужність навантаження споживача \dot{s}_b , то потрібно знайти напругу у споживача \dot{U}_b та потужність \dot{S}_A (рис. 2.1).

Знайти невідомі можливо шляхом послідовних наближень в два етапи.

Перший етап (нульова ітерація). Приймаємо, що $\dot{U}_b^{(0)} = \dot{U}_H$, і знаходимо значення потужностей:

$$\dot{S}_1^{(0)} = \dot{S}_b - jQ_{lb}^{(0)}; \quad jQ_{lb}^{(0)} = U_H^2 jB/2; \quad (2.42)$$

$$\Delta \dot{S}_1^{(0)} = [(\dot{S}_1^{(0)}) / U_H] \underline{z}; \quad \dot{S}_1'^{(0)} = \dot{S}_1^{(0)} + \Delta \dot{S}_1^{(0)}; \quad (2.43)$$

$$jQ_{lA}^{(0)} = U_H^2 jB/2; \quad \dot{S}_A^{(0)} = \dot{S}_1'^{(0)} - jQ_{lA}^{(0)}. \quad (2.44)$$

Другий етап (перша ітерація). Знаючи потужність $\dot{S}_1'^{(0)}$, визначаємо напругу

$$\dot{U}_b^{(1)} = \dot{U}_A - \sqrt{3} \dot{I}_A'^{(0)} \underline{z} = \dot{U}_A + (\dot{S}_1'^{(0)*}) / (\dot{U}_A^*) \underline{z}. \quad (2.45)$$

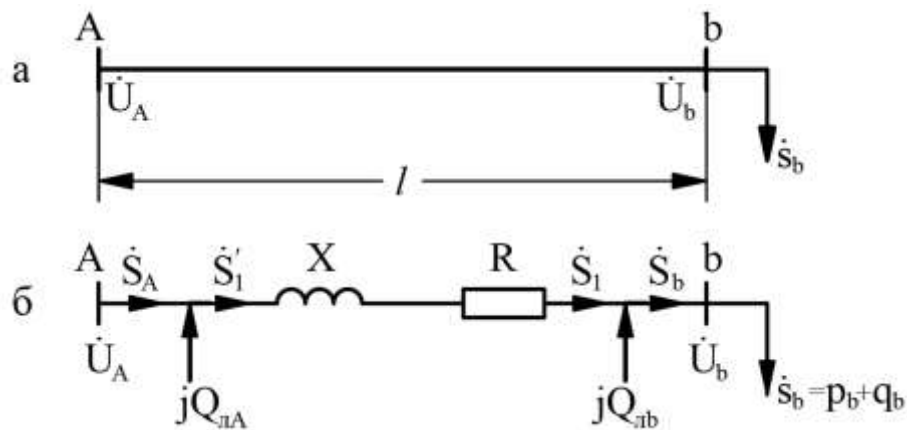


Рисунок 2.1 - Схема ділянки районної повітряної лінії

Потім за значенням $\dot{U}_b^{(1)}$ знаходимо $Q_b^{(1)}, \dot{S}_1^{(1)}, \Delta \dot{S}^{(1)}, \dot{S}'_1^{(1)}, \dot{S}_A^{(1)}$ і $\dot{U}_b^{(2)}$. Після цього можна перейти до наступного етапу (ітерації) і розрахунки виконувати до тих пір, поки величина уточнення на якомусь етапі $|U_b^{(n+1)} - U_b^{(n)}| \leq |\varepsilon|$, де ε – наперед задана величина, що визначає точність розрахунків.

Як показує практика розрахунків, для допустимої помилки розрахунків в 10% достатньо виконати дві ітерації.

Проводимо аналогічні розрахунки для режиму найменших навантажень та для післяаварійного режиму.

2.4.5 Забезпечення якості електричної енергії в мережі

Із всіх показників, що характеризують якість електричної енергії, найбільш вагомими є показники напруги. Тому з використанням розрахунків режимів в попередніх розділах визначають відхилення напруги у споживачів для характерних режимів до і після встановлення КУ. Напругу у споживачів при цьому визначають за роботи трансформаторів ГЗП на основних виводах. Якщо відхилення напруги будуть виходити за межі допустимих, то перевіряють регулюючу спроможність встановлених трансформаторів на ГЗП.

Розрахунки з регулювання напруги за допомогою трансформаторів з РПН зводяться до визначення їх спроможностей підтримувати бажане значення напруги у споживача ($U_{2\text{баж}}$). Така спроможність визначається значенням відгалуження для режиму найбільших і найменших навантажень. Якщо значення відгалужень для розглянутих режимів не виходять за межі стандартних, то це вказує на спроможність трансформатора підтримувати бажане значення напруги ($U_{2\text{баж}}$) при всіх можливих режимах навантаження.

Для цього визначають значення $U_{2\text{нб}}$ і $U_{2\text{нм}}$ та розраховують бажані коефіцієнти трансформації для режимів найбільших та найменших

навантажень:

$$K_{\text{баж нб}} = \frac{U_{2\text{нб}}}{U_{2\text{баж}}}; \quad K_{\text{баж нм}} = \frac{U_{2\text{нм}}}{U_{2\text{баж}}}. \quad (2.46)$$

Цим коефіцієнтам відповідають бажані значимості відгалужень:

$$E_{\text{баж нб}} = \left(\frac{K_{\text{баж нб}}}{K_{\text{тн}}} - 1 \right) 100\%;$$
$$E_{\text{баж нм}} = \left(\frac{K_{\text{баж нм}}}{K_{\text{тн}}} - 1 \right) 100\%. \quad (2.47)$$

Номери відгалужень, на яких працюватиме трансформатор при найбільших та найменших навантаженнях:

$$n_{\text{нб}} = \frac{E_{\text{баж нб}}}{E_0}; \quad n_{\text{нм}} = \frac{E_{\text{баж нм}}}{E_0}. \quad (2.48)$$

Якщо значення номерів менші за найбільші стандартні у трансформатора, тобто

$$|n_{\text{нб}}| \leq |n_{\text{ст}}|; \quad |n_{\text{нм}}| \leq |n_{\text{ст}}|, \quad (2.49)$$

то трансформатор з РПН буде спроможний забезпечити потрібний рівень напруги у контрольній точці мережі [4].

2.5 Рекомендації щодо формулювання висновків

У розділі необхідно стисло і точно сформулювати теоретичні висновки та, за наявності, практичні рекомендації, розроблені в процесі виконання курсового проєкту. Формулювання висновків та рекомендацій не можуть повністю повторювати викладений раніше в роботі текст, вони мають бути узагальненими та конкретизованими.

3 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

3.1 Загальні вимоги до оформлення тексту

Основні вимоги до оформлення текстової частини пояснювальної записки відповідають ДСТУ 3008-2015 [2]:

- формат А4;
- поля: ліве – 30 мм, праве – 15 мм, верхнє і нижнє – 20 мм;
- шрифт Arial;
- розмір (кегель) шрифту – 14 пт;
- міжрядковий інтервал – одинарний;
- абзацний відступ (новий рядок) – 12,5 мм;
- вирівнювання тексту – по ширині;
- інтервал до / після основного заголовка розділу – 18 пт;
- інтервал до / після підрозділу – 12 / 6 пт.

3.2 Вимоги до оформлення основного тексту

Пояснювальна записка виконується в текстовому редакторі Word згідно з наведеними вище рекомендаціями (див. п. 3.1).

Розділи повинні мати порядкові номери, позначені арабськими цифрами без крапки. Кожен розділ рекомендується починати з нового аркуша (сторінки). Структурні елементи: «Зміст», «Скорочення та умовні позначки», «Вступ», «Висновки», «Перелік використаних джерел», — не нумерують, а їхні назви є заголовками структурних елементів.

Підрозділи нумеруються арабськими цифрами в межах розділу. Номер складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, між якими ставлять крапку. Після номера підрозділу крапки не ставлять. Підрозділи при необхідності розбивають на пункти, які нумеруються арабськими цифрами в межах підрозділу, тобто номер пункту складається з номера розділу, номера підрозділу та порядкового номера власне пункту. Всі цифри поділяються точками, в кінці крапка не ставиться. Наприклад, номер 3.2.1 слід розуміти як перший пункт другого підрозділу третього розділу. Пункти поділяються на підпункти, які нумеруються в межах пункту за правилами, аналогічним викладеним вище.

Найменування розділів записують у вигляді заголовків (посередині рядка) прописними буквами, найменування підрозділів - у вигляді заголовків (з абзацного відступу) малими літерами, крім першої великої. Перенесення слів в заголовках не допускаються. Аббревіатури в заголовках не вживають, їх треба розшифрувати у тексті. Крапку в кінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою.

Сторінки звіту нумерують наскрізно, охоплюючи додатки. Нумери сторінок рукопису проставляють на нижньому полі аркуша посередині, починаючи з третьої сторінки, дотримуючись наскрізної нумерації без пропусків і буквених доповнень. На сторінках 1 (титульний лист) і 2 (завдання) номер сторінки не ставиться. Листи «ЗМІСТ» та додатки включаються в наскрізну нумерацію сторінок.

3.3 Вимоги до оформлення рисунків

Усі графічні матеріали звіту (графіки, блок-схеми тощо) повинні мати однаковий підпис «Рисунок». Рисунок подають одразу після тексту, де вперше посилаються на нього, або якнайближче до нього на наступній сторінці, а за потреби — в додатках.

Якщо рисунки створені не автором звіту, подаючи їх у звіті, треба дотримуватися вимог чинного законодавства України про авторське право.

Рисунки нумерують наскрізно арабськими цифрами, крім рисунків у додатках. Дозволено рисунки нумерувати в межах кожного розділу. У цьому разі номер рисунка складається з номера розділу та порядкового номера рисунка в цьому розділі, які відокремлюють крапкою, наприклад, «Рисунок 3.2» — другий рисунок третього розділу. Рисунки кожного додатка нумерують окремо. Номер рисунка додатка складається з позначки додатка та порядкового номера рисунка в додатку, відокремлених крапкою. Наприклад, «Рисунок В.1 —», тобто перший рисунок додатка В.

3.4 Вимоги до оформлення таблиць

Цифровий матеріал оформляють у вигляді таблиць (табл. 3.1).

Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці.

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком таблиць, наведених у додатках.

Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу. Таблиця може мати назву, яку друкують малими літерами (крім першої великої) і вміщують над таблицею. Назва повинна бути стислою і відбивати зміст таблиці [2].

Таблиця 3.1 – Основні характеристики ДП № 2

№№ п/п	Характеристика	Величина	Од. вим.
1	2	3	4
	1. Розміри профілю		
1	Корисний об'єм	1719	м ³
2	Висота корисна	29070	мм
3	Висота повна	31820	мм
4	Висота колошника	1900	мм
5	Висота шахти	17800	мм
6	Висота распара	1700	мм
7	Висота заплічок	3000	мм
8	Висота горна	4000	мм
9	Висота поду	5457	мм
10	Висота мертвого шару	1242	мм
11	Висота осі повітряних фурм	2800	мм
12	Висота осі шлакової льотки	1600	мм
13	Діаметр колошника	6900	мм
14	Діаметр распара	10250	мм
15	Кут нахилу шахти	84°62'	град, хв
16	Кут нахилу заплічок	79°27'	град, хв
17	Діаметр горна	9100	мм
	Хід великого конуса	750	мм
18	Кількість повітряних фурм	20	шт.
	2. Бункерна естакада		
19	Об'єм скіпів	10	м ³
20	Об'єм коксових воронок	10	м ³
21	Вантажопідйомність скипової лебідки	22,5	т
22	Швидкість руху скіпа	3,5	м/с
23	Вантажопідйомність вагон-вагів	40	т
24	Кількість рудних бункерів	52	шт
25	Об'єм рудних бункерів	85	м ³

3.5 Вимоги до оформлення формул

Формули повинні бути оформлені в програмі за допомогою редактору формул MS Word. Формули і рівняння у звіті (за винятком формул і рівнянь, наведених у додатках) слід нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу. Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера формули або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, формула (1.3) – третя формула першого розділу. Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні на рядку.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні. Пояснення

значення кожного символу та числового коефіцієнта слід давати з нового рядка.

Переносити формули чи рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, причому знак операції на початку наступного рядка повторюють. При перенесенні формули або рівняння на знакові операції множення застосовують знак «×».

Формули, що йдуть одна за одною й не розділені текстом, відокремлюють комою [2].

Для зручності роботи з формулами та нумерацією формул можна використовувати таблиці з невидимими кордонами.

$$dK = d \cdot \varepsilon \cdot \Phi / (1 - \varepsilon), \quad 3.1)$$

де ε – порозність шару, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

Φ – фактор форми, для куль $\Phi = 2/3$.

3.6 Вимоги до оформлення переліків

Переліки, за потреби, можуть бути наведені всередині пунктів або підпунктів. Перед переліком ставлять двокрапку.

Перед кожною позицією переліку слід ставити малу літеру української абетки з дужкою, або, не нумеруючи – дефіс (перший рівень деталізації).

Для подальшої деталізації переліку слід використовувати арабські цифри з дужкою (другий рівень деталізації).

Переліки першого рівня деталізації друкують малими літерами з абзацного відступу, другого рівня – з відступом відносно місця розташування переліків першого рівня.

Нижче наведено приклади перерахування.

Приклад № 1

Процес виробництва чавуну в доменній печі складається з наступних етапів:

- формування запасу шихтових матеріалів на бункерній естакаді;
- набір і подача шихти на колошник;
- завантаження шихтових матеріалів у доменну піч.

Приклад № 2

Причинами опускання матеріалів є:

1) горіння коксу перед фурмами та утворення в результаті цього вільного простору, в який надходить кокс, які перебувають вище осередків горіння;

2) зменшення обсягу матеріалів внаслідок розміщення дрібної фракції в порожнинах між великими шматками, подрібнення та стирання шматків;

3) перехід в нижній частині шахти, в распарі і заплічках твердих матеріалів в рідкий стан;

4) випуск з печі чавуну і шлаку.

Приклад № 3

Функція АСУ ТП повітрянагрівачів – оптимізація їх теплових режимів, що зводиться до вирішення трьох завдань:

а) визначення оптимальної тривалості складових циклу роботи повітрянагрівачів:

1) тривалості періоду нагрівання;

2) тривалості періоду дуття;

б) вибір оптимальних параметрів:

1) температури купола;

2) витрати газу;

3) закону їх зміни в період нагрівання повітрянагрівача;

в) пошук оптимального режиму роботи блоку:

1) послідовного;

2) попарно-паралельного;

3) змішаного [2].

3.7 Вимоги до оформлення посилань

Посилання в тексті записки на джерела слід вказувати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад: «... в роботах [1-3]»

При посиланнях на розділи, підрозділи, пункти, підпункти, ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, додатки зазначають їх номери.

При посиланнях слід писати: «... в розділі 4 ...», «... дивись 2.1 ...», «... по 3.3.4 ...», «... відповідно до 2.3.4.1 ...», «... на рис.1.3 ...», або «... на рисунку 1.3 ...», «... в таблиці 3.2 ...», «... (см.табл.3.2) ...», «... за формулою (3.1)», «... в рівняннях (1.23) - (1.25) ...» , «... в додатку Б ...» [2].

3.8 Вимоги до оформлення переліку посилань

Список включає всі використовувані джерела, які слід розташовувати в порядку появи посилань у тексті записки. При посиланні в тексті на джерело інформації вказується його характер (монографія, стаття тощо) і порядковий номер у списку, укладений у квадратні дужки (наприклад, в статті [9]) посилання на креслення робляться в тексті із зазначенням номера креслення. Посилання в тексті представляють собою порядковий номер джерела, через кому – номер сторінки, на яку

посилається автор, взяті в квадратні скобки, наприклад: [12, с.36]. При використанні цитати з певного джерела в тексті вказують автора і наводять уривок за правилами прямої мови також з обов'язковим посиланням на джерело.

Якщо текст не наводиться дослівно, а викладається власними словами, то обов'язково має бути збережений його зміст. Бібліографічні описи посилань у списку наводять відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання» [8].

3.9 Вимоги до оформлення додатків

У додатках розміщують офіційні, додаткові і розрахункові матеріали, допоміжні висновки тощо. Усі додатки повинні мати буквену нумерацію. Нумерація формул, таблиць і рисунків у кожному з додатків має бути самостійною [2].

3.10 Вимоги до оформлення презентації

Презентація – документ або комплект документів, призначений для подання чого-небудь (організації, проекту, продукту і т. п.).

Мета презентації - донести до аудиторії повноцінну інформацію про об'єкт презентації в зручній формі.

Презентація націлена на візуалізацію доповіді при захисті курсового проекту. Виконується в електронній формі у вигляді слайдів за наданим шаблоном, на яких слід розміщувати інформативні матеріали з курсового проекту, які повинні ілюструвати окремі тези виступу або результати, отримані в курсовому проекті. Презентація може бути підготовлена за допомогою будь-якої програми відкритого доступу, наприклад Microsoft PowerPoint, або іншої наявної ліцензійної програми. Допускається включати в презентацію разом зі статичними зображеннями відеоматеріали і анімацію за темою з обов'язковим посиланням на джерело інформації.

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

4.1 Етапи виконання та захисту курсового проєкту

До основних етапів виконання КП належать.

1. Отримання завдання на курсовий проєкт

Завдання видається керівником курсового проєкту на початку семестру.

2. Здійснення огляду джерел

Аналіз стану питання щодо тематики курсового проєкту виконується на основі огляду інформації, опублікованої в навчальній і науково-технічній літературі, в науково-технічних статтях, веб ресурсах, інших доступних джерелах інформації.

3. Виконання курсового проєкту.

Після погодження та затвердження календарного плану (додаток Б) роботи здобувач починає виконувати курсовий проєкт. Вимоги до структури й оформлення окремих розділів наведені в цих методичних рекомендаціях вище. У процесі написання окремих розділів здобувач вищої освіти подає їх керівнику на перевірку, виправляє та вносить доповнення у разі потреби, звітує керівнику про готовність роботи. Обговорення проблемних питань з викладачем – керівником здійснюється під час індивідуально-консультативних зустрічей з підготовки курсового проєкту або на консультаціях викладача відповідно до затвердженого розкладу.

4. Подання роботи на перевірку.

Файл із пояснювальною запискою курсового проєкту у форматі:

Дисципліна_ВидДокументу_Прізвище_Група.docx

наприклад,

KP_PZ_Ivanenko_141_2X_1.docx

де

KP – курсовий проєкт;

PZ – пояснювальна записка;

Ivanenko – прізвище студента

141_2X_1 – академічна група

Назви додаткових файлів формуються у аналогічному форматі.

Для архівування використовувати формат ***.zip**.

Файли прикріплюються у відповідному завданні освітнього

компоненту «Курсовий проєкт «Електричні підстанції та мережі» в системі Moodle у встановлений термін згідно з календарним планом.

Відповідальний за перевірку курсових проєктів на кафедрі на дотримання вимог академічної доброчесності здійснює перевірку пояснювальної записки відповідно до п. 4.4 цих методичних рекомендацій на плагіат і надсилає звіт про результати перевірки керівникові. В разі, якщо звіт свідчить про належність дотримання академічних вимог при виконанні курсових робіт, керівник надалі здійснює оцінювання якості виконання роботи, виставляє оцінку за виконаний проєкт (за 100-бальною шкалою) та допускає до захисту.

В разі, якщо звіт про перевірку на плагіат є негативним, то подальші дії регламентуються п. 4.4 цих методичних рекомендацій.

5. Захист курсового проєкту.

Захист курсового проєкту відбувається з використанням Центру командної роботи Teams, здобувачу можуть задавати будь-які питання по суті роботи усі присутні. Оцінює захист комісія, до складу якої входять якнайменш два викладача з робочої групи спеціальності 141.

Здобувачі освіти, які вчасно не подали та/або не захистили курсовий проєкт:

- з поважної, документально підтвердженої причини – з дозволу декану можуть захистити його під час встановленого деканом терміну ліквідації академічної заборгованості;

- без поважної причини – вважаються такими, що не виконали індивідуальний навчальний план і відраховуються з Університету.

В разі, якщо захист було визнано незадовільним, з дозволу декана та на умовах, визначених Положенням про організацію освітнього процесу, здобувач може захистити курсовий проєкт у термін, встановлений деканом факультету. В разі неуспішності такого захисту здобувачі освіти вважаються такими, що не виконали індивідуальний навчальний план і відраховуються з Університету [9].

4.2 Права та обов'язки керівника курсового проєкту, здобувача освіти, комісії із оцінювання курсових проєктів

Керівництво курсовим проєктом здійснюється з метою надання здобувачам вищої освіти необхідних консультацій, контролю термінів виконання та якості проєкту.

Обов'язками керівника курсового проєкту є:

- Формування завдання курсового проєкту, що відображає основний зміст і обсяг, містить основні дані, необхідні для виконання проєкту, особливі вимоги до розробки окремих розділів, терміни виконання проєкту

(календарний план). Завдання курсового проєкту оформляється на спеціальному бланку (Додаток Б).

– складання календарного плану-графіку (Додаток Б) виконання проєкту;

– рекомендація здобувачеві необхідної основної літератури, довідкових матеріалів, інших джерел за темою;

– надання систематичних консультацій;

– перевірка виконання проєкту (по частинах та/або в цілому);

– здійснення контролю за правильністю загального напрямку проєкту;

– надання здобувачеві методичної та консультаційної допомоги у вирішенні принципів питань, надаючи йому більшу самостійність при розробці проєкту, всіляко заохочуючи прояви творчої ініціативи.

Обов'язки здобувача освіти:

– ознайомитись із цими методичними рекомендаціями;

– проявляти ініціативність та сумлінність при виконанні курсового проєкту;

– своєчасно відвідувати консультації керівника курсового проєкту;

– дотримання термінів виконання курсового проєкту;

– дотримуватися вимог академічної доброчесності при виконанні та захисті курсового проєкту.

Права здобувача освіти:

– отримувати консультації, в т.ч. організаційно-методичні, з приводу виконання курсового проєкту;

– отримувати роз'яснення від керівника щодо вирішення задач курсового проєкту, підготовки тексту, підготовки до захисту курсового проєкту;

– отримувати поради від керівника щодо літературних джерел та інших інформаційних ресурсів, які можна використати при виконанні курсового проєкту;

– вимагати дотримання умов об'єктивності та дотримання процедури оцінювання курсового проєкту;

– оскаржувати оцінку керівника та комісії з захисту курсового проєкту в установленому порядку [9].

4.3 Застереження щодо академічної доброчесності

Як член студентської спільноти Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» здобувач має дотримуватися певних стандартів та академічної політики [9]:

– шахрайство та плагіат заборонені.

– методичні та інші матеріали, які отримані здобувачами в рамках

процедур організації виконання курсового проєкту, захищені авторським правом, можуть бути використані лише тільки здобувачами освіти, яким призначено даний курс, зарахованих на курс для цілей, пов'язаних з цим курсом і не можуть поширюватися.

– спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим.

– очікується, що здобувач освіти перевірятиме всі власні письмові повідомлення, включаючи поштові повідомлення, на коректність змісту та мови.

– університет прагне підтримувати середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти - здобувачів освіти, співробітників або відвідувачів.

Виконання КП має здійснюватися з урахуванням вимог щодо академічної доброчесності. Відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту» [10]: «Академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень». Головним проявом академічної недоброчесності вважається академічний плагіат. Академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства, а саме:

а) відтворення в тексті роботи (повний текст роботи, з коментарями, примітками, бібліографією, переліком джерел та всіма додатками до основного тексту) без змін, з незначними змінами, або в перекладі тексту іншого автора (інших авторів), обсягом від речення і більше, без посилання на автора (авторів) відтвореного тексту;

б) відтворення в тексті роботи, повністю або частково, тексту іншого автора (інших авторів) через його перефразування чи довільний переказ без посилання на автора (авторів) відтвореного тексту;

в) відтворення в тексті роботи наведених в іншому джерелі цитат з третіх джерел без вказання, за яким саме безпосереднім джерелом наведена цитата.

г) відтворення в тексті роботи наведеної в іншому джерелі науково-технічної інформації (крім загальновідомої) без вказування на те, з якого джерела взята ця інформація.

д) перефразування тексту джерела у формі, що є близькою до оригінального тексту, або наведення узагальнення ідей, інтерпретацій чи

висновків з певного джерела без посилання на це джерело;

е) подання як власних робіт, виконаних на замовлення іншими особами, у тому числі робіт, стосовно яких справжні автори надали згоду на таке використання [10].

Рекомендації щодо запобігання академічному плагіату в курсовій роботі:

а) робота має виконуватися самостійно, без видання за власний результат чужих робіт і результатів;

б) будь-який текстовий фрагмент обсягом від речення і більше, відтворений в тексті роботи без змін, із незначними змінами, або в перекладі з іншого джерела, обов'язково має супроводжуватися посиланням на це джерело (у формі підрядкового посилання, наприклад як це зроблено щодо Закону «Про освіту» на попередній сторінці); винятки допускаються лише для стандартних текстових кліше, які не мають авторства та/чи є загальноживаними;

в) якщо перефразування чи довільний переказ в тексті роботи тексту іншого автора (інших авторів) займає більше одного абзацу, посилання (бібліографічне та/або текстуальне) на відповідний текст та/або його автора (авторів) має міститися щонайменше один раз у кожному абзаці роботи, крім абзаців, що повністю складаються з формул, а також нумерованих та маркованих списків (в останньому разі допускається подати одне посилання наприкінці списку);

г) якщо цитата з певного джерела наводиться за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на першоджерело; якщо цитата наводиться не за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на безпосереднє джерело цитування («цитується за ХХХХХХ») і посилання на відповідний пункт списку використаних джерел;

д) будь-яка наведена в тексті роботи науково-технічна інформація має супроводжуватися чітким вказуванням на джерело, з якого взята ця інформація із посиланням на відповідний пункт списку використаних джерел; винятки припускаються лише для загальновідомої інформації, визнаної всією спільнотою фахівців відповідного профілю; у разі використання у роботі тексту нормативно-правового акту достатньо зазначити його назву, дату ухвалення та, за наявності, дату ухвалення останніх змін до нього або нової редакції, а також посилання на відповідний пункт списку використаних джерел.

е) для підтвердження власних аргументів посиланням на авторитетне джерело або для критичного аналізу того чи іншого друкованого твору слід наводити цитати; науковий етикет потребує точно відтворювати цитований текст, бо найменше скорочення наведеного витягу може спотворити зміст, закладений автором [10].

Правила цитування та посилання на використані джерела є такими:

1. При написанні КП здобувач повинен давати посилання на джерела, матеріали з яких наводяться у проєкті. Такі посилання дають змогу відшукати документи та перевірити достовірність відомостей про цитування документа, дають необхідну інформацію щодо нього, допомагають з'ясувати його зміст, мову тексту, обсяг. Посилатися бажано на останні видання публікацій. На більш ранні видання можна посилатися лише в тих випадках, коли в них є матеріал, який не включено до останнього видання.

2. Якщо використовують відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке дано посилання в КП.

3. Посилання додаються одразу після закінчення цитати у квадратних дужках, де вказується порядковий номер джерела у списку літератури та відповідна сторінка джерела (наприклад: [12, с. 172]), або під текстом цієї сторінки у вигляді зноски, в якій вказують прізвище та ініціали автора, назву джерела, видавництво, рік видання та сторінку. При цьому враховувати наступне:

- текст цитати починається і закінчується лапками і наводиться в тій граматичній формі, в якій він поданий у джерелі, із збереженням особливостей авторського написання; наукові терміни, запропоновані іншими авторами, не виділяються лапками, за винятком тих, що викликали загальну полеміку – у цих випадках використовується вираз «так званий»;

- цитування повинно бути повним, без довільного скорочення авторського тексту та без перекручень думок автора;

- пропуск слів, речень, абзаців при цитуванні допускається без перекручення авторського тексту і позначається трьома крапками, вони ставляться у будь-якому місці цитати (на початку, всередині, наприкінці); якщо перед випущеним текстом або за ним стояв розділовий знак, то він не зберігається;

- кожна цитата обов'язково супроводжується посиланням на джерело;

- при непрямому цитуванні (переказі, викладі думок інших авторів своїми словами), що дає значну економію тексту, слід бути гранично точним у викладенні думок автора, коректним щодо оцінювання його результатів і давати відповідні посилання на джерело;

- якщо необхідно виявити ставлення автора роботи до окремих слів або думок з цитованого тексту, то після них у круглих дужках ставлять знак оклику або знак питання;

- коли автор роботи, наводячи цитату, виділяє в ній деякі слова, то робиться спеціальне застереження, тобто після тексту, який пояснює

виділення, ставиться крапка, потім дефіс і вказуються ініціали автора дисертації, а весь текст застереження вміщується у круглій дужці. Варіантами таких застережень є: (курсив наш. – М.Х.), (підкреслено мною. – М.Х.), (розбивка моя. – М.Х.) [11].

До числа інших порушень академічної доброчесності, класифікованих законодавством України [10, 12], що можуть трапитися при виконанні курсового проєкту, належать:

фабрикація – вигадкування даних чи фактів, що використовуються в курсовому проєкті;

фальсифікація – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються змісту курсового проєкту;

хабарництво – надання (отримання) учасником освітнього процесу чи пропозиція щодо надання (отримання) коштів, майна, послуг, пільг чи будь-яких інших благ матеріального або нематеріального характеру з метою отримання неправомірної переваги в освітньому процесі;

необ'єктивне оцінювання – свідоме завищення або заниження оцінки результатів навчання здобувачів освіти.

В разі, якщо здобувач стикається із двома останніми формами порушень академічної доброчесності, він має повідомити про це завідувача кафедри, комісію з академічної доброчесності, Уповноваженого з питань протидії корупції, які, в свою чергу, повинні негайно після повідомлення забезпечити вжиття заходів попередження або виправлення таких порушень.

4.4 Регламенти і процедури виявлення порушень вимог академічної доброчесності та наслідки такого виявлення

На першому етапі особа, відповідальна за перевірку документу на наявність плагіату, призначена кафедрою, проводить перевірку електронної версії документу на наявність ознак академічного плагіату за допомогою системи StrikePlagiarism.com (<http://strikeplagiarism.com>) (далі – Система), використання яких регламентується відповідними угодами університету. Система формує звіт подібності, що містить інформацію, яка вказує на наявність текстових та інших запозичень зі знайдених джерел.

Така відповідальна особа не дає оцінку змісту наукової складової, а виконує виключно технічну перевірку. Подальший аналіз звіту подібності здійснює науковий керівник.

Інтерпретація показників звіту подібності системи StrikePlagiarism.com:

коефіцієнт подібності №1 – відсотковий показник, що визначає рівень текстових запозичень, знайдених у джерелах баз даних системи та Інтернет, який розраховується на підставі коротких словосполучень (довжиною мінімум 5 слів);

коефіцієнт подібності №2 – відсотковий показник, що визначає рівень текстових запозичень, знайдених у джерелах баз даних системи та Інтернет, який розраховується на підставі словосполучень, довжина яких становить 25 слів;

коефіцієнт цитувань – відсотковий показник, що показує на рівень текстових фрагментів у роботі;

сигнал «Тривога!» – вказує на наявність у тексті знаків одного алфавіту, замінені схожими знаками іншого алфавіту. Велика кількість таких замін може вказувати на спробу фальсифікувати результати перевірки з метою збільшення показників оригінальності документу;

сигнал «Білі знаки» – вказує на наявність у тексті прихованих символів (використання невидимих знаків між словами). Такі дії вказують на спробу фальсифікувати результат перевірки з метою збільшення показників оригінальності роботи; кількість точних збігів слів (фрагментів) та їх відсоткове відношення, знайдених за URL.

У разі наявності сигналу *«Тривога!»* та/або *«Білі знаки»* в системі StrikePlagiarism.com робота обов'язково потребує додаткової перевірки наукового керівника або іншої відповідальної особи.

Виявлені у тексті роботи запозичення вважаються правомірними, якщо вони:

- є власними назвами (індивідуальними найменуваннями окремих одиничних об'єктів, у тому числі найменуваннями установ, назвами праць, які досліджувалися, бібліографічними посиланнями на джерела та ін.);

- є усталеними словосполученнями, що характерні для певної сфери знань;

- належним чином оформлені цитуваннями;

- містять кліше викладення результатів обробки результатів експерименту.

При значенні коефіцієнта подібності №1 вище 30% та/або коефіцієнта подібності №2 вище 5% в системі StrikePlagiarism.com особа, відповідальна за перевірку документу, визначає доцільність її подальшого аналізу, у тому числі із залученням експертів.

Усі запозичені фрагменти в документі мають бути розглянуті на предмет коректності оформлення цитувань та посилань на першоджерела.

На етапі перевірки на академічний плагіат курсових робіт/проєктів:

рукопис вважається достатньо оригінальним, якщо рівень оригінальності «задовільний» (вище 40%), проте слід пересвідчитись у коректності надання посилань на першоджерела для цитованих фрагментів та після доопрацювання, за рекомендаціями керівника роботи, випускається до захисту;

якщо рівень оригінальності «низький»(від 31% до 40%), пропонується доопрацювати роботу за для підвищення рівня її оригінальності і пересвідчитися на коректність надання посилань на першоджерела для цитованих фрагментів та після доопрацювання направляється на повторну перевірку на рівень оригінальності тексту;

якщо рівень оригінальності «неприйнятний»(від 0% до 30%), робота вважається з незадовільним рівнем оригінальності, наявні ознаки плагіату.

Робота повертається на доопрацювання здобувачеві вищої освіти з подальшою повторною перевіркою; у разі коли проходження повторної процедури перевірки на академічний плагіат виявило незадовільні результати, робота знімається з розгляду та не випускається на захист та входить в академічну заборгованість здобувача освіти із подальшою зміною теми рукопису та ліквідується згідно термінів ліквідації академічних заборгованостей, встановлених Університетом.

Протокол перевірки пояснювальної записки формується на основі звіту подібності, що формується Системою та (за потреби) експертного аналізу наукового керівника. Зберігання висновків щодо перевірки у документах структурного підрозділу є обов'язковим протягом навчального року. Позитивний висновок щодо відсутності ознак плагіату для навчальних робіт може зазначатися керівником при захисті [9].

4.5 Критерії оцінювання курсового проєкту

Підсумкова оцінка за виконання та захист курсового проєкту виставляється за прийнятою в Університеті системою оцінювання за наступною формулою:

$$\text{Оцінка КР} = 0,5 \cdot \text{Оцінка виконання проєкту} + 0,5 \cdot \text{Оцінка захист}$$

Критерії оцінювання курсового проєкту та його захисту наведені у табл. 4.1.

УВАГА: роботи, за якими визначено, що вони виконані без дотримання вимог академічної доброчесності, не оцінюються і до захисту не допускаються.

Таблиця 4.1 – Критерії оцінювання курсового проєкту

Компетентності, рівень сформованості яких оцінюється	Критерії оцінювання курсного проєкту	Мак відсоток
Ступінь досягнення результатів навчання при виконанні курсового проєкту та підготовці пояснювальної записки та графічної частини		
<ul style="list-style-type: none"> - здатність аналізувати літературні та веб-джерела, технічну документацію, опрацьовувати отриману інформацію; - вміння дотримуватись вимог щодо змісту та оформлення пояснювальної записки; - здатність до планування часу на виконання курсового проєкту в рамках відведеного часового ресурсу на самостійну та індивідуальну роботу протягом семестру; - спроможність викладати інформацію в логічному порядку з високим рівнем застосування української мови в технічній документації; - здатність обирати актуальні рішення поставлених задач та обґрунтовувати прийняті рішення. 	<ul style="list-style-type: none"> - оформлення пояснювальної записки курсового проєкту відповідає вимогам; - студент продемонстрував належний рівень здатності до аналізу джерел інформації та володіння термінологією; - студент продемонстрував належний рівень здатності розв'язувати поставлені задачі та обґрунтовувати прийняті рішення; - студент вчасно реалізовував етапи виконання курсового проєкту. 	100
Ступінь досягнення результатів навчання при захисті курсового проєкту		
<ul style="list-style-type: none"> - здатність пояснити зміст курсового проєкту та обґрунтувати прийняті в ньому рішення; - здатність презентувати результати власних досліджень з використанням ілюстративного матеріалу (презентації); - здатність продемонструвати розуміння змісту предметної області, об'єкту, зв'язок результату роботи із поставленими задачами. 	Демонстрація розуміння теоретичних основ теми проєкту, ступеню володіння практичними аспектами за тематикою проєкту, спроможності переконливо аргументувати власну точку зору щодо проблем і шляхів їх вирішення, в т.ч. в ході надання відповідей на запитання членів комісії, демонстрація володіння технічною термінологією українською мовою, здатності будувати логічні та структуровані виступи	100
Всього за результатами виконання і захисту курсового проєкту		100

Здобувач вищої освіти в процесі усного захисту дає правильні відповіді на всі запитання, виявляє високий рівень знань щодо теми КП, добре орієнтується у змісті свого проєкту, упевнено викладає його основні положення, висновки, правильно аргументує власну позицію – **100 балів**.

Здобувач вищої освіти в процесі усного захисту дає правильні відповіді на половину запитань, виявляє достатньо високий рівень знань щодо теми КП, добре орієнтується у змісті свого проєкту, упевнено викладає його основні положення, висновки, правильно аргументує власну позицію – **80 балів**.

Здобувач вищої освіти в процесі усного захисту дає правильні відповіді на 25% запитань, однак виявляє достатній рівень знань щодо проблематики в КП, добре орієнтується у змісті свого проєкту, упевнено викладає його основні положення, висновки, однак нечітко аргументує власну позицію – **60 балів**.

УВАГА: В разі, якщо комісією виявлено, що здобувач освіти виявляє низький рівень знань щодо проблематики в КП, не орієнтується у змісті свого проєкту, упевнено викладає його основні положення, висновки, не може аргументувати власну позицію, то курсовий проєкт оцінюється на **35 балів** і надалі підлягає переробці, а в разі, якщо це не можливо відповідно до календарного графіка навчання, здобувач освіти вважається таким, що не виконав індивідуальний навчальний план і підлягає відрахуванню з Університету.

Результати захисту КП заносяться науково-педагогічним працівником (членом комісії, керівником роботи) в електронний журнал в системі електронного супроводу (Moodle, електронний деканат), та відомості обліку успішності [9].

4.6 Порядок оскарження результатів оцінювання курсового проєкту

Упродовж одного робочого дня після оголошення результатів оцінювання керівником процесу виконання, пояснювальної записки та графічної частини курсового проєкту здобувач освіти може звернутися до оцінювача за роз'ясненням щодо отриманої оцінки. Оцінювач має надати роз'яснення протягом одного робочого дня, однак щоб у здобувача освіти залишалась можливість оскарження результатів до завершення семестрового контролю. У випадку незгоди з наданим йому роз'ясненням щодо отриманої оцінки здобувач освіти не пізніше 12:00 наступного робочого дня після отримання роз'яснення може звернутись з умотивованою заявою щодо неврахування оцінювачем важливих обставин при оцінюванні до декана свого факультету.

Декан факультету ухвалює рішення за заявою здобувача освіти, керуючись аргументами, якими здобувач освіти мотивує свою незгоду з оцінкою, та поясненнями (усними чи письмовими) оцінювача. За рішенням декана комісія із захисту курсового проєкту може переглянути рішення керівника курсового проєкту щодо зазначеної оцінки. Крім того, за рішенням декана письмова робота здобувача освіти може бути надана

для оцінки іншому науково-педагогічному працівнику, що відповідає профілю освітньої програми та має достатню компетенцію для оцінювання роботи здобувача освіти. Декан ухвалює рішення за заявою здобувача освіти, керуючись аргументами, якими здобувач освіти мотивує свою незгоду з оцінкою, та поясненнями (усними чи письмовими) оцінювача. У разі, якщо оцінка першого і повторного підсумкового оцінювання відрізняються більше ніж на 10 відсотків, робота автоматично передається для оцінки третьому оцінювачу, визначеному деканом, а підсумкова оцінка визначається як середнє трьох оцінок. В іншому разі чинною є оцінка, виставлена при першому оцінюванні.

За незгоди із результатами захисту курсового проєкту або практики здобувач освіти у день оголошення оцінки може звернутися до комісії, яка проводила оцінювання, з незгодою щодо отриманої оцінки. Рішення щодо висловленої здобувачем незгоди приймає комісія.

Якщо здобувач освіти не згоден із рішенням комісії і вважає, що мало місце порушення процедури захисту або упередженість в оцінюванні, порушення академічної доброчесності, він може подати письмову заяву декану свого факультету. Декан своїм рішенням формує комісію для розгляду питання дотримання процедури. У разі підтвердження викладених у заяві здобувача освіти обставин за розпорядженням декана проводиться новий захист з іншим складом комісії.

Процедури, передбачені вище, не можуть бути використані здобувачем освіти у випадку незгоди з оцінками інших здобувачів освіти.

Якщо створена за заявою здобувача освіти (або за поданням оцінювачів) розпорядженням декана факультету або першого проректора-проректора з навчальної роботи комісія або комісія з академічної доброчесності Університету виявить, що в ході семестрового контролю мали місце порушення, які вплинули на результат оцінювання знань студентів, не можуть бути усунені, ректор, не пізніше, ніж упродовж тижня з отримання висновку комісії має ухвалити рішення щодо про скасування результатів контрольного заходу і проведення повторного оцінювання результатів навчання для одного, декількох або всіх здобувачів освіти [9].

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Освітньо-професійна програма «Інжиніринг електропостачання та електромеханічних систем у металургії і гірництві» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, галузь знань 14 Електрична інженерія 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Запоріжжя : ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2024.

2. ДСТУ 3008-2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [На заміну ДСТУ 3008-95 ; чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с. URL: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF.

3. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Електроустаткування станцій та підстанцій для студентів будь-якої форми навчання за спеціальністю 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / упорядн.: Ю. А. Папаїка, М. В. Рогоза, О. Г. Лисенко. Дніпро : НТУ «ДП», 2022. 33 с.

4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Електричні системи та мережі» для студентів будь-якої форми навчання за спеціальністю 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / упорядн.: О. Г. Лисенко, Ю. А. Папаїка. Дніпро : НТУ «ДП», 2022. 22 с.

5. Electrical Power Equipment : Udey : веб-сайт. URL: <https://www.udemy.com/course/electrical-power-equipment/> (дата звернення: 28.02.2025).

6. Ultimate Electrical Power Protection, Control & Switchgear : Udey : веб-сайт. URL: <https://www.udemy.com/course/electric-power-protection-switchgear-and-control-masterclass/> (дата звернення: 28.02.2025).

7. Distribution Power Engineering Fundamentals : Udey : веб-сайт. URL: <https://www.udemy.com/course/distribution-power-engineering-fundamentals> (дата звернення: 28.02.2025).

8. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

9. Положення про організацію освітнього процесу у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». URL: <https://metinvest.university/page/1171> (дата звернення: 31.03.2024).

10. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. Дата оновлення: 24.03.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 06.02.2024).

11. Правила цитування та посилання на використані літературні джерела : Studopedia.org. URL: <https://studopedia.org/2-31712.html> (дата звернення: 11.01.2024).

12. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII.
Дата оновлення: 24.03.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 08.02.2024).

13. Бахор З. М., Яцейко А. Я. Проектування підстанцій електричних мереж. Львів : Львівська політехніка, 2023. 304 с.

14. Правила улаштування електроустановок. Київ : Міненерговугілля, 2017. 617 с.

БЛАНК ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

Пояснювальна записка
до курсового проекту
на тему «Проектування електричної частини знижувальної
трансформаторної підстанції та повітряної лінії електропередачі»

Варіант № X

Здобувача групи 141-2N-1

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____
(прізвище та ініціали)

_____ (посада, звання,)

Кількість балів _____

Оцінка за шкалою _____

Запоріжжя, 202N

БЛАНК ЗАВДАННЯ

ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

ЗАВДАННЯ
НА КУРСОВИЙ ПРОЄКТ «ЕЛЕКТРИЧНІ ПІДСТАНЦІЇ ТА МЕРЕЖІ»
рівня бакалавр
за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

ПІБ Студента повністю

1. Тема роботи Проектування електричної частини знижувальної трансформаторної підстанції та повітряної лінії електропередачі

2. Строк здачі курсового проекту 02.06.2025 р.

3. **Варіант завдання №Х.** Завдання:

3.1. Завдання 1. Розрахувати електричні навантаження та обрати компоновку знижувальної трансформаторної підстанції промислового підприємства:

№ вар	№ схеми	Довжина ЛЕП, км	U_1 , кВ	U_2 , кВ	Трансформатори				АД			
					$S_{нт}$, МВА	N	$K_{п}$	$\cos \varphi$	$P_{НАД}$, МВт	N	$K_{п}$	$\cos \varphi$
Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	0,7	0,9	Х	Х	0,7	0,8

СД				Інші споживачі			$T_{нб}$, год	$I_{по\ вн}$, кА	$I_{по\ нн}$, кА
$P_{нсд}$, МВт	N	$K_{п}$	$\cos \varphi$	S , МВА	N	$\cos \varphi$			
Х	Х	0,8	0,9	Х	Х	0,9	5600	Х	Х

Відстань від трансформатора до ЗРП 6-10 кВ 10,0 м.

Ввід в ЗРП 6-10 кВ (повітряний, кабельний)

Споживачі 1 категорії 25 %, 2 категорії 50 %.

Необхідно визначити:

- електричні навантаження підстанції;
- обрати типову схему та компоновку відкритого та закритого розподільчого пристрою;
- обрати вимикачі високої напруги, роз'єднувачі, вимірювальні трансформатори струму та напруги, шинопроводи;
- обрати трансформатори власних потреб підстанції та джерела оперативного струму.

3.2. Завдання 2. Обрати параметри повітряної ЛЕП зовнішнього електропостачання підприємства та розрахувати електричний режим лінії до шин опорної підстанції:

а) визначити параметри повітряної лінії електропередачі та побудувати схему заміщення

б) виконати розрахунок основних режимів електричної мережі, вважаючи, найменше літнє навантаження складає 70 % від найбільшого зимового, в режимі найбільших навантажень напруга на шинах джерела живлення дорівнює $1,05 U_n$, в режимі найменших навантажень – $1,02 U_n$, при тяжких аваріях – $1,12 U_n$.

в) розробити заходи забезпечення якості електричної енергії споживачів.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів розробки курсового проєкту	Строк виконання етапів курсового проєкту	Примітка
1	Виконання завдання 1	24.02.25-20.04.25	
2	Виконання завдання 2	21.04.25-18.05.25	
6	Оформлення пояснювальної записки, графічної частини та презентації	19.05.25-01.06.25	
7	Перевірка на плагіат	02.06.25-08.06.25	
8	Захист курсового проєкту	09.06.25-16.06.25	

Здобувач вищої освіти _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

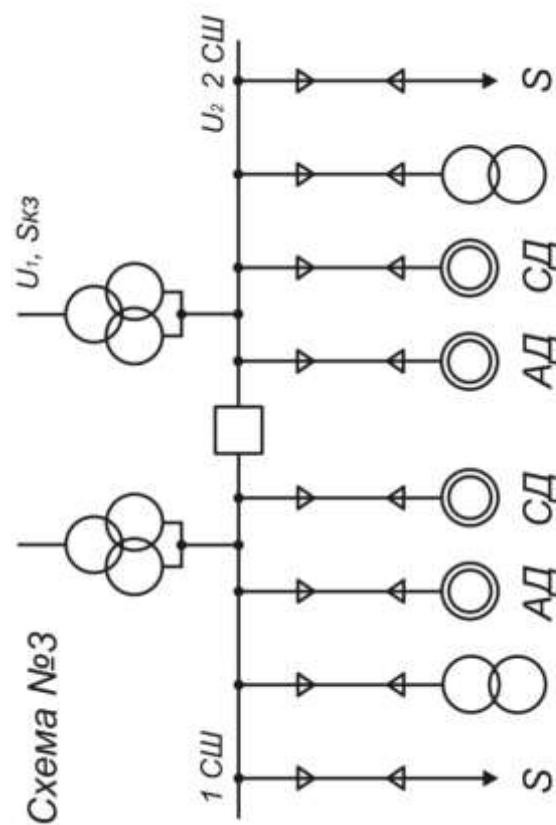
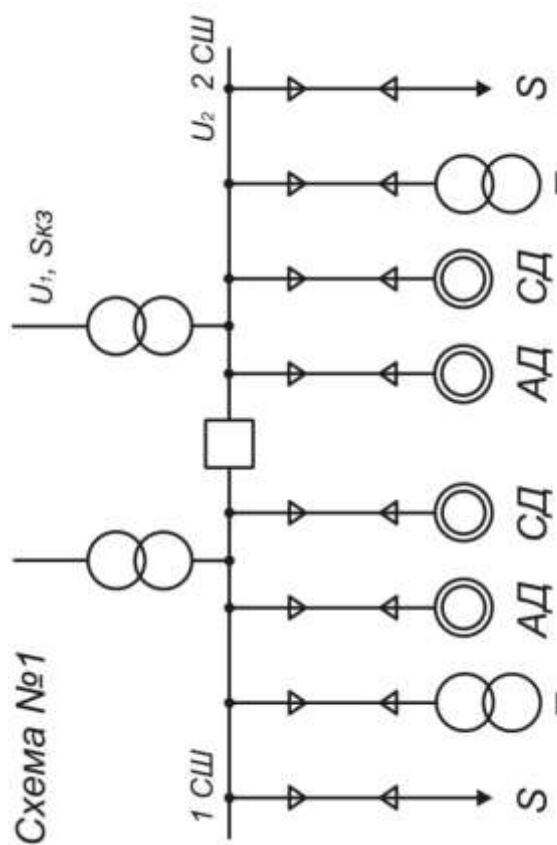
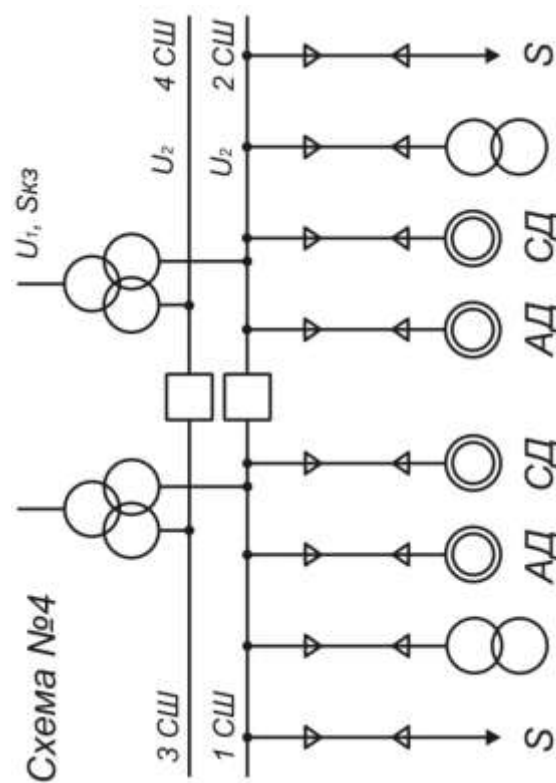
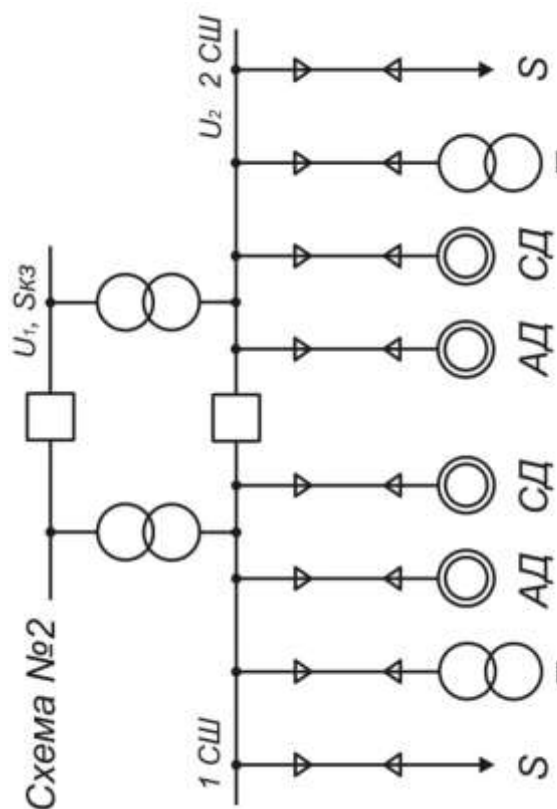
Керівник курсового проєкту _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

ДОДАТОК В**ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ**

Таблиця В.1 – Варіанти завдання

<i>N</i> <i>вар</i>	<i>N</i> <i>сх</i>	<i>L</i> _{ЛЕП, кМ}	<i>U</i> _{1, кВ}	<i>U</i> _{2, кВ}	<i>S</i> _{тр, МВА}	<i>n</i> _{тр, шт}	<i>P</i> _{Ад, МВт}	<i>n</i> _{Ад, шт}	<i>P</i> _{сд, МВт}	<i>n</i> _{сд, шт}	<i>S</i> _{і, МВА}	<i>n</i> , шт	<i>I</i> _{по ВН, кА}	<i>I</i> _{по НН, кА}
01	1	10	110	10	1,0	2	0,25	4	0,4	3	1,0	2	7,2	17,8
02	3	15	150	10	1,0	2	0,3	3	0,5	3	1,5	2	8,4	22,7
03	4	20	220	10	1,0	2	1,6	3	1,6	3	3,0	1	5,1	15,1
04	1	25	110	6	1,0	2	1,0	3	1,0	2	2,0	2	5,9	24,4
05	3	30	150	6	1,0	3	0,25	3	0,4	3	1,0	2	6,5	32,0
06	4	35	220	6	1,0	3	0,4	3	1,0	4	3,5	1	9,4	26,1
07	1	40	110	10	1,0	2	0,63	2	1,25	3	2,5	1	10,0	29,0
08	3	45	150	10	1,0	4	0,25	3	0,4	3	1,0	3	7,5	19,5
09	4	50	220	10	1,0	4	0,5	2	1,0	4	3,5	2	8,5	22,0
10	4	30	110	6	1,0	2	0,63	3	1,6	3	3,0	2	5,9	18,9

Таблиця Г – Варіанти типових схем підстанції





Навчально-методичне видання

Олександра Геннадіївна Лисенко
Юрій Анатолійович Папаїка

«ЕЛЕКТРИЧНІ ПІДСТАНЦІЇ ТА МЕРЕЖІ»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсового проєкту

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції

спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
назва освітньо- професійної програми	Інжиніринг електропостачання та електромеханічних систем у металургії та гірництві