

«СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсового проєкту

спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / G3 Електрична інженерія
назва освітньо- професійної програми	Інжиніринг електропостачання та електромеханічних систем у металургії та гірництві

Запоріжжя 2025

УДК 621.311 (072)
P82

Рекомендовано Науково-методичною
радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №1 від 24 жовтня 2025 р.)

Автори:

Рухлова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
Рухлов А.В., канд. техн. наук, доцент

Рецензент:

Шрамко Ю.Ю., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації,
електро- та робототехнічних систем ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКА».

P82 Рухлова Н. Ю., Рухлов А. В. Системи електропостачання підприємств :
методичні рекомендації до виконання курсового проєкту для здобувачів
вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем. Запоріжжя :
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 70 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	7
2.1	Загальні вимоги до змісту та структури КП	7
2.2	Рекомендації щодо змісту, реферату, вступу та переліку скорочень, символів і спеціальних термінів	8
2.3	Рекомендації щодо розділу «Розрахунок електричних навантажень, вибір цехових трансформаторних підстанцій, компенсуючих пристроїв, захисних апаратів та елементів систем розподілу електроенергії»	8
2.3.1	<i>Постановка задачі</i>	8
2.3.2	<i>Розрахунок електричних навантажень підприємства</i>	9
2.3.3	<i>Визначення освітлювального навантаження</i>	12
2.3.4	<i>Визначення пікових навантажень підприємства</i>	13
2.3.5	<i>Вибір числа та потужності трансформаторів КТП</i>	14
2.3.6	<i>Визначення центру електричних навантажень та побудова картограми навантажень</i>	16
2.3.7	<i>Визначення компенсації реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв на стороні високої та низької напруги</i>	18
2.3.8	<i>Визначення конфігурації внутрішньоцехової мережі</i>	20
2.3.9	<i>Вибір елементів розподілу електроенергії на підприємстві</i>	22
2.3.10	<i>Визначення струмів к.з.</i>	26
2.3.11	<i>Вибір елементів захисту мережі (автоматичних вимикачів, запобіжників тощо) та побудова карти селективності захисту</i>	30
2.3.12	<i>Визначення значень відхилень напруги у найвіддаленого від шин КТП електроприймача</i>	35
2.4	Рекомендації щодо розділу «Розробка однолінійної схеми системи електропостачання підприємства та плану розташування обладнання»	38
2.4.1	<i>Розробка однолінійної схеми електропостачання підприємства</i> ...	38
2.4.2	<i>Розробка плану розташування електричного обладнання</i>	39
2.5	Рекомендації щодо формулювання висновків	39
3	ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	40
3.1	Загальні вимоги до оформлення тексту	40
3.2	Вимоги до оформлення основного тексту	40
3.3	Вимоги до оформлення рисунків	41
3.4	Вимоги до оформлення таблиць	41
3.5	Вимоги до оформлення формул	42
3.6	Вимоги до оформлення переліків	43
3.7	Вимоги до оформлення посилань	44
3.8	Вимоги до оформлення переліку посилань	44
3.9	Вимоги до оформлення додатків	44
3.10	Вимоги до оформлення презентації	45
4	ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	46
4.1	Етапи виконання та захисту курсового проєкту	46
4.2	Права та обов'язки керівника курсового проєкту, здобувача освіти, комісії із оцінювання курсових проєктів	47
4.3	Застереження щодо академічної доброчесності	48
4.4	Регламенти і процедури виявлення порушень вимог академічної доброчесності та наслідки такого виявлення	53
4.5	Критерії оцінювання курсового проєкту	55

4.6 Порядок оскарження результатів оцінювання курсового проєкту.....	57
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА	59
ДОДАТОК А.....	61
БЛАНК ТИТУЛЬНОГО АРКУША	61
ДОДАТОК Б.....	62
БЛАНК ЗАВДАННЯ	62
ДОДАТОК В.....	65
ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ.....	65
ДОДАТОК Г	66
ДОДАТОК Д.....	67
ДОДАТОК Є.....	68
ДОДАТОК Ж.....	69
ДОДАТОК З.....	70

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 «Системи електропостачання підприємств».

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 параметрів систем електропостачання підприємств та вибору електричного обладнання, 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 системи електропостачання промислового підприємства.

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

- сформулювати постановку задачі;
- навести опис вихідних даних;
- спроектувати відповідну систему електропостачання та обґрунтувати обране електротехнічне обладнання, що призначене для перетворення та розподілу електроенергії, а також для захисту елементів системи та технологічного устаткування;
- 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 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 роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу;

- здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії;

- здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання;

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

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

- знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів 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;

- уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем;

- 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, опановувати 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 [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 аркуш (Додаток А).
- Завдання (див. Додаток Б).
- Зміст.
- Перелік умовних позначень, скорочень, символів і спеціальних термінів (за необхідності).
- Вступ.
- Завдання 1. Розрахунок електричних навантажень, вибір цехових трансформаторних підстанцій, компенсуючих пристроїв, захисних апаратів та елементів систем розподілу електроенергії.

1.1 Визначити розрахункові навантаження підприємства, виходячи з кількості та потужності електроприймачів, обрати які потрібно за номером варіанту Х з таблиці В.1 (Додаток В).

1.2 Виконати вибір трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції (КТП).

1.3 Вибрати компенсуючі пристрої.

1.4 Визначити конфігурацію внутрішньоцехової мережі.

1.5 Виконати вибір елементів розподілу електроенергії на підприємстві (РП, шинопроводи, кабелі тощо).

1.6 Виконати розрахунок струмів короткого замикання (к.з.).

1.7 Виконати вибір елементів захисту мережі (автоматичні вимикачі, запобіжники тощо) та побудувати карту селективності захисту.

1.8 Визначити значення відхилень напруги у найвіддаленого від шин КТП електроприймача.

- Завдання 2. Графічна частина. Розробка однолінійної схеми системи електропостачання підприємства та плану розташування обладнання.

- 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 електричних навантажень, вибір цехових трансформаторних підстанцій, компенсуючих пристроїв, захисних апаратів та елементів систем розподілу електроенергії»

2.3.1 Постановка задачі

Низьковольтні цехові електричні мережі систем електропостачання (СЕР) обслуговують більшість технологічних процесів, де задіяна значна кількість електродвигунів, електрозварювальних установок та інших електроприймачів, що споживають близько 80% усієї електроенергії в промисловості. Саме тому для розподілу електроенергії на напрузі до 1 кВ слід застосовувати найбільш економічні системи, які забезпечують необхідний рівень надійності, безпеки і зручності експлуатації. У свою чергу число, потужність і місце розташування цехових трансформаторних підстанцій, наявність високовольтних електроприймачів, віддаленість об'єкта від джерел живлення (головної знижувальної підстанції (ГЗП), центральної районної підстанції (ЦРП) та інші) і ступінь безперебійності електропостачання цехів, що вимагається, визначають структуру і параметри розподільної (міжцехової) мережі більш високої напруги [3-7].

Розділ «Розрахунок електричних навантажень, вибір цехових трансформаторних підстанцій, компенсуючих пристроїв, захисних апаратів та елементів систем розподілу електроенергії» повинен містити вирішення наступних задач:

1. Розрахунок електричних навантажень підприємства.
2. Вибір потужності, кількості трансформаторів КТП та місця їх розташування.

3. Визначення компенсації реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв на стороні високої та низької напруги.
4. Визначення конфігурації внутрішньоцехової мережі.
5. Вибір елементів розподілу електроенергії на підприємстві (розподільчих пристроїв (РП), шинопроводів, кабелів тощо).
6. Розрахунок струмів к.з.
7. Вибір елементів захисту мережі (автоматичних вимикачів, запобіжників тощо) та побудова карти селективності захисту.
8. Визначення значень відхилень напруги у найвіддаленого від шин КТП електроприймача.

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

При визначенні навантажень на трансформатори необхідно здійснити розподіл електроприймачів по території виробництва у «довільній формі» з використанням шаблону-прикладу (додатки Д, Є) та вихідних даних за своїм варіантом (додаток В).

При розробці однолінійної схеми (приклад у додатку Ж) необхідно враховувати прийнятий тип та конфігурацію схеми, інформацію про електроприймачі та параметри цеху.

2.3.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства

В курсовому проєкті при визначенні розрахункових навантажень промислового підприємства для споживачів з тривалим режимом роботи доцільно застосовувати модифікований статистичний метод, основи якого нормативно закріплені у ДСТУ-Н Б В.2.5-80_2015 [4].

Розрахунок електричних навантажень за модифікованим статистичним методом виконується за наступним алгоритмом:

1. Визначається груповий коефіцієнт використання:

$$k_B = \frac{\sum_{i=1}^m (k_{Bi} n_i p_{Hi})}{\sum_{i=1}^m (n_i p_{Hi})}, \quad (2.1)$$

де m – кількість груп струмоприймачів однакової номінальної потужності;
 n – кількість одиничних струмоприймачів у групі з однаковими номінальними параметрами.

2. Визначається зведена (ефективна) кількість струмоприймачів:

$$N_B = \frac{(\sum_{i=1}^m n_i p_{Hi})^2}{\sum_{i=1}^m (n_i p_{Hi}^2)}. \quad (2.2)$$

3. Визначається коефіцієнт розрахункової активної потужності $K_p = f(N_e, K_e)$ за табл. 3 або 4 [4].

4. Визначається розрахункова активна потужність струмоприймачів:

$$P_p = K_p P_C = K_p \sum_{i=\Pi}^T (k_{vi} n_i p_{Hi}). \quad (2.3)$$

5. Визначається розрахункова реактивна потужність:

а) для мереж напругою до 1 кВ ($T < 30$ хв, таблиця 2 [4]):

$$Q_P = \begin{cases} 1,1 Q_C, & \text{якщо } N_e \leq 10 \\ Q_C, & \text{якщо } N_e > 10 \end{cases} \quad (2.4)$$

де $Q_P = \sum_{i=\Pi}^T (k_{vi} n_i p_{Hi} tg\varphi_i)$ – середня реактивна потужність групи струмоприймачів;

б) для магістральних шинопроводів, цехових ТП, а також для визначення реактивної потужності для цеху, корпусу, підприємства в цілому ($T = 150$ хв):

$$Q_P = K_p Q_C. \quad (2.5)$$

6. Визначається розрахункова повна потужність струмоприймачів:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.6)$$

7. Визначається найбільша потужність окремого струмоприймача групи S_{Hmi} та здійснюється перевірка:

$$\text{якщо } S_p < S_{Hm.i}, \quad \text{то} \quad S_p = S_{Hm.i}. \quad (2.7)$$

8. Визначаються розрахункові навантаження для ГЗП, РП:

а) визначається кількість приєднань 6-10 кВ до шин ГЗП, РП (резервні струмоприймачі не враховують);

б) зведена (ефективна) кількість струмоприймачів N_e не визначається;

в) залежно від кількості приєднань і групового коефіцієнта використання K_e визначають для шин РП, ГЗП величину коефіцієнта одночасності (співпадіння) максимумів K_o . Якщо кількість цехових трансформаторів $N_m > 1$, – з таблиці 5 [4] або за формулами:

$$K_o = (0,58K_B - 0,05 + (0,02K_B + 0,05)/\sqrt{N_m})/(0,6K_B), \text{ якщо } K_B < 0,5; \quad (2.8)$$

$$K_o = (0,7K_B - 0,12 + (0,1K_B + 0,12)/\sqrt{N_m})/(0,8K_B), \text{ якщо } K_B \geq 0,5; \quad (2.9)$$

г) визначають розрахункові активну та реактивну потужності для РП і ГЗП за такими формулами (при цьому $K_p = 1$):

$$P_p = K_o \sum_{i=\Pi}^T (k_{vi} n_i p_{Hi}); \quad (2.10)$$

$$Q_p = K_o \sum_{i=\Pi}^T (k_i n_i p_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_i); \quad (2.11)$$

д) визначають повну потужність для РП, ГЗП:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.12)$$

Для вибору перерізу провідників живлення струмоприймачів, що працюють у повторно-короткочасному режимі, їх потужність зводять до тривалості вмикання $TB=100\%$, тобто:

$$P_p = P_{н.пасп.} \sqrt{TB/100}, \quad (2.13)$$

де $P_{н.пасп.}$ – номінальна паспортна потужність струмоприймача.

Цієї вимоги необхідно дотримуватись лише під час визначення розрахункового навантаження окремих струмоприймачів, які працюють у повторно-короткочасному режимі. Проте відмічаємо, що при визначенні розрахункового навантаження групи струмоприймачів, до якої належать СП, що працюють у повторно-короткочасному режимі, за встановлену потужність необхідно приймати номінальну потужність струмоприймачів, оскільки фактор короткочасності враховується коефіцієнтом використання k_e .

Для однофазних струмоприймачів, увімкнених у трифазну мережу, їх номінальні потужності визначають наступним чином:

- якщо однофазний струмоприймач увімкнено на фазну напругу, то він враховується як еквівалентний трифазний із номінальною потужністю:

$$p_H = 3p_{HO}; \quad (2.14)$$

- якщо однофазний струмоприймач увімкнено на лінійну напругу, то він враховується як еквівалентний трифазний із номінальною потужністю:

$$p_n = \sqrt{3}p_{н0}. \quad (2.15)$$

За наявності групи однофазних струмоприймачів, які розподілені по фазах із нерівномірністю не більше 15 % від загальної потужності трифазних і однофазних струмоприймачів у групі, вони можуть бути враховані як еквівалентна група трифазних струмоприймачів із такою самою сумарною номінальною потужністю.

Модифікований статистичний метод придатний для визначення розрахункових електричних навантажень для різних структурних рівнів СЕП (об'єкт, трансформаторна підстанція, шинопровід, лінія, розподільна шафа, щиток тощо). Результати типових розрахунків за модифікованим статистичним методом доцільно навидити у вигляді таблиці Г1 (див. додаток Г).

2.3.3 Визначення освітлювального навантаження

Навантаження освітлювальної мережі визначають за методом коефіцієнта попиту [5]:

$$P_p = K_{п.о} \cdot \Sigma p_n, \quad (2.16)$$

де $K_{п.о}$ – коефіцієнт попиту;

Σp_n – сумарна встановлена потужність усіх підключених ламп, кВт.

Коефіцієнти попиту рекомендується приймати такими:

$K_{п.о} = 1$ – для дрібних виробничих будинків і групових мереж освітлення;

$K_{п.о} = 0,95$ – для виробничих будинків, що складаються з окремих прольотів;

$K_{п.о} = 0,85$ – для виробничих будинків, що складаються з окремих приміщень.

Ці коефіцієнти відносяться до живильних мереж, а групові мережі й усі ланки мережі аварійного освітлення вважаються за навантаженнями із $K_{п.о} = 1$.

Вихідними даними для розрахунку освітлення є: тип світильника; нормована освітленість; коефіцієнт відображення поверхонь; геометричні розміри приміщень.

За таблицями [5] питомої потужності обраного виду світильників для свого приміщення визначається питома потужність при освітленості 100 лк ($W_{100} = \text{Вт/м}^2$).

Для переходу до питомої потужності, необхідної для створення освітленості, відмінної від 100 лк, використовується формула:

$$W_x = \frac{W_{100} \cdot E_x}{100}, \quad (2.17)$$

де W_{100} – питома потужність при освітленості 100 лк, (Вт/м^2);

E_x – нормована освітленість, (лк);

За питомою потужністю визначається потужність освітлювальної установки приміщення:

$$P = W \cdot S, \quad (2.18)$$

де W – питома потужність при заданій освітленості, діапазону висоти підвісу світильників та площі приміщення, (Вт/м^2);

S – освітлювана площа, (м^2).

Число джерел світла визначається за формулою:

$$N = \frac{P}{P_{\text{св}}}, \quad (2.19)$$

де P – потужність освітлювальної установки, (Вт),

$P_{\text{св}}$ – потужність лампи у світильнику, (Вт).

2.3.4 Визначення пікових навантажень підприємства

Розрахунок пікових навантажень, створюваних групами споживачів електроенергії, виконується після того, як остаточно сформована топологія цехової мережі.

Піковий струм визначається за виразом:

$$I_{\text{пik}} = i_{\text{n.мах}} + I_{\text{м}} - k_{\text{в}} I_{\text{ном.мах}}, \quad (2.20)$$

де $i_{\text{n.мах}} = k_{\text{n}} I_{\text{ном.мах}}$ – струм найбільшого за потужністю ЕП, А;

k_{n} – кратність пускового струму;

$I_{\text{м}}$ – розрахунковий струм групи споживачів, А;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання, характерний для двигуна, що має найбільший пусковий струм;

$I_{\text{ном.мах}}$ – номінальний струм найбільш потужного в групі ЕП, А.

Для однодвигунного приводу піковий струм дорівнює пусковому, тобто:

$$I_{\text{пик}} = i_n = k_n I_{\text{ном.}}$$
 (2.21)

Піковий струм пічних і зварювальних трансформаторів приймають за паспортними даними:

$$I_{\text{пик}} = i_{2\text{мах}}$$
 (2.22)

де $i_{2\text{мах}}$ – максимальний вторинний струм, А.

За відсутністю паспортних даних пусковий струм асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором і синхронних приймають таким, що дорівнює 5-кратному номінальному ($k_n = 5$); пусковий струм двигунів постійного струму і асинхронних з фазним ротором – 2÷2,5-кратному номінальному; піковий струм пічних і зварювальних трансформаторів – не менше 3-кратного номінального (без приведення до ТВ = 100%).

2.3.5 Вибір числа та потужності трансформаторів КТП

Дослідження оптимальних потужностей цехових комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) виявили, що при **питомій щільності розподіленого навантаження**:

- $\sigma \geq 0,2$ кВА/м² вигідніше від трансформаторів потужністю 1000 кВА перейти до трансформаторів потужністю 1600 кВА, якщо сумарне навантаження об'єкта більше 3000 – 4000 кВА,

- при $\sigma = 0,3 - 0,5$ кВА/м² – до трансформаторів з одиничною потужністю 2500 кВА, якщо $S_M \geq 4000$ кВА.

Найчастіше на промислових підприємствах застосовуються одно- та двотрансформаторні безшинні цехові підстанції, що забезпечує найпростіші конструктивні рішення. При добре укомплектованому складському резерві однострансформаторні цехові підстанції можна застосовувати для живлення ЕП не тільки III, але і II категорії. Їх можна застосовувати також при навантаженнях I категорії, якщо потужність останніх не перевищує 15–20% та їх резервування забезпечується за допомогою перемичок на вторинній напрузі. При цьому питання живлення споживачів економічно вирішується у періоди малих навантажень за

рахунок відключення частини підстанцій та використання перемичок, призначених для взаємного резервування.

Двотрансформаторні підстанції застосовуються за умови переважання ЕП *I* та при наявності ЕП *II* категорії, безперебійна робота яких необхідна для функціонування основних виробництв.

Для вибору потужності трансформаторів цехових однострансформаторних підстанцій за методикою, що дає ДСТУ 14209-85 «Трансформатори силові масляні загального призначення. Допустимі навантаження», необхідно мати графіки навантажень, або за іншою методикою треба знати максимальне P_m та середньодобове P_c навантаження даної підстанції і хоча б приблизно сумарну тривалість максимумів навантаження t_m за добу.

Якщо дані про графіки навантаження відсутні, то слід, як правило, приймати такі **коефіцієнти завантаження трансформаторів** цехових підстанцій:

– для цехів переважно з навантаженням *I категорії* при двотрансформаторних підстанціях – **0,65–0,7**;

– для цехів переважно з навантаженням *II категорії* при однострансформаторних підстанціях із взаємним резервуванням – **0,7–0,8**;

– для цехів переважно з навантаженням *II категорії* при можливості використання централізованого резерву трансформаторів та для цехів з навантаженнями *III категорії* – **0,9–0,95** (робота трансформаторів з $\beta > 1$ хоча і можлива, але вимагає окремого технічного та економічного обґрунтування за методикою ДСТУ 3463-96 «Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів»).

При такому підході вибір числа та потужності трансформаторів цехових підстанцій, а також засобів компенсації здійснюється за схемою:

1. За розрахунковим навантаженням об'єкта (відділення, цеху, блока цехів тощо) та площею виробничих приміщень F визначається щільність навантаження σ , кВА/м²:

$$\sigma = \frac{S_m}{F}. \quad (2.23)$$

2. За знайденим значенням щільності навантаження та вище рекомендованими даними встановлюється оптимальна одинична потужність $S_{ном.т}$ цехових трансформаторів.

3. Знаходиться доцільна кількість трансформаторів $N_{доц}$ трансформаторів, що встановлюються в цеху, виходячи з сумарного розрахункового навантаження $N_T = 1, 2, 3, 4 \dots$:

$$N_{\text{доц}} = \frac{P_M}{\beta S_{\text{НОМ.Т}}} + \Delta N, \quad (2.24)$$

або доцільна потужність трансформатора $S_{\text{доц}}$ (коли кількість трансформаторів N_T не можна змінювати, наприклад, за умовою забезпечення надійності живлення):

$$S_{\text{доц}} = \frac{P_M}{\beta N_T}, \quad (2.25)$$

де β – коефіцієнт завантаження трансформаторів;
 ΔN – добавка до найближчого цілого числа.

2.3.6 Визначення центру електричних навантажень та побудова картограми навантажень

Обґрунтований вибір місця розташування підстанцій (ГЗП, РП, ТП) на території підприємства або цеху дозволяє скласти найбільш раціональну (економічну) схему електропостачання усіх споживачів електроенергії (ЕЕ).

Для цього трансформаторні й перетворювальні підстанції будь-якої потужності й напруги необхідно розташовувати в центрах електричних навантажень (ЦЕН) струмоприймачів. Це буде сприяти зменшенню втрат ЕЕ та витрат провідникового матеріалу.

Для визначення розташування ГЗП, ТП тощо на генеральному плані підприємства наноситься картограма електричних навантажень, яка наочно представляє розподіл і структуру навантажень по території цеху або підприємства.

Картограма електричних навантажень технологічних дільниць і цехів показується у вигляді кіл. Площа кругів у масштабі відповідає повній, активній або реактивній потужності навантаження дільниці або цеху. При необхідності частку специфічного навантаження (освітлення, тощо) показують у вигляді секторів кола.

Радіус кожного кола r_i визначається за виразом:

$$r_{P_i} = \sqrt{\frac{P_{mi}}{\pi m}}, \quad r_{Q_i} = \sqrt{\frac{Q_{mi}}{\pi m}} \quad (2.26)$$

де P_{mi} , Q_{mi} – розрахункові максимальні навантаження дільниці або цеху;

m – масштабний коефіцієнт, приймається з міркувань розмірів кіл на плані та їх наочності.

Якщо кількість годин роботи i , відповідно, кількість годин використання максимуму (T_{mi}) окремих цехів або груп споживачів суттєво відрізняються, то це потрібно урахувати при знаходженні координат ЦЕН. В загальному вигляді формули для визначення координат ЦЕН (x_u і y_u) мають вигляд:

➤ для знаходження спільного ЦЕН декількох груп* струмоприймачів (*декілька діляниць цеху, декілька цехів підприємства):

$$\begin{aligned} x_{ц.акт.} &= \frac{\sum_{i=1}^N P_i x_i T_{mi}}{\sum_{i=1}^N P_i T_{mi}}; & x_{ц.реакт.} &= \frac{\sum_{i=1}^N Q_i x_i T_{mi}}{\sum_{i=1}^N Q_i T_{mi}}; \\ y_{ц.акт.} &= \frac{\sum_{i=1}^N P_i y_i T_{mi}}{\sum_{i=1}^N P_i T_{mi}}; & y_{ц.реакт.} &= \frac{\sum_{i=1}^N Q_i y_i T_{mi}}{\sum_{i=1}^N Q_i T_{mi}}. \end{aligned} \quad (2.27)$$

➤ для знаходження спільного ЦЕН окремо взятих струмоприймачів (в межах ділянки або цеху з урахуванням їх коефіцієнтів використання):

$$\begin{aligned} x_{ц.акт.} &= \frac{\sum_{i=1}^N (P_{ном.i} K_{в.i}) x_i}{\sum_{i=1}^N (P_{ном.i} K_{в.i})} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{змі} x_i}{\sum_{i=1}^N P_{змі}}; & x_{ц.реакт.} &= \frac{\sum_{i=1}^N (P_{ном.i} K_{в.i} tg \varphi_i) x_i}{\sum_{i=1}^N (P_{ном.i} K_{в.i} tg \varphi_i)} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{змі} tg \varphi_i x_i}{\sum_{i=1}^N P_{змі} tg \varphi_i}; \\ y_{ц.акт.} &= \frac{\sum_{i=1}^N (P_{ном.i} K_{в.i}) y_i}{\sum_{i=1}^N (P_{ном.i} K_{в.i})} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{змі} y_i}{\sum_{i=1}^N P_{змі}}; & y_{ц.реакт.} &= \frac{\sum_{i=1}^N (P_{ном.i} K_{в.i} tg \varphi_i) y_i}{\sum_{i=1}^N (P_{ном.i} K_{в.i} tg \varphi_i)} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{змі} y_i tg \varphi_i}{\sum_{i=1}^N P_{змі} tg \varphi_i}. \end{aligned} \quad (2.28)$$

В центрі активних навантажень розміщуються пункти живлення груп струмоприймачів, що розглядаються:

- комплектні трансформаторні підстанції;
- розподільчі пункти;
- розподільчі шафи.

Визначений таким чином ЦЕН слід розглядати, як якийсь умовний ЦЕН, тому що у дійсності ЦЕН постійно зміщується у зв'язку з неспівпадінням ГЕН окремих груп споживачів й розвитком підприємства. Точність у визначенні його координат у 5–10% є цілком достатньою для прийняття обґрунтованих рішень.

2.3.7 Визначення компенсації реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв на стороні високої та низької напруги

Висока ефективність компенсації реактивних потужностей досягається при правильному вирішенні питань вибору потужності батарей, місця установки та їх регулювання. При вирішенні питань регулювання визначається кількість ступенів регулювання, потужність кожної ступені та послідовність їх включення. Найуспішніше такі питання можна вирішити за допомогою діючого графіка навантажень.

В мережі 0,4 кВ встановлюються конденсаторні батареї, які вибираються за максимальною розрахунковою потужністю, що визначена для цеху або конкретної трансформаторної підстанції (див. отримані дані за результатами п. 2.3.2):

$$Q_{HK} = Q_M, \quad (2.29)$$

Під час вибору потужності батарей конденсаторів треба орієнтуватися на навантаження конкретного трансформатора КТП та уникати перекомпенсації. Перевагу слід віддавати регульованим комплектним конденсаторним установкам типів АКУ, ККУ, УКРМ, КМ58, хоча остаточне рішення приймається виходячи з загального масиву реактивного споживання в даному конкретному вузлі.

Розрахункове реактивне навантаження в мережі 6(10) кВ підприємства Q_{BK} складається з розрахункового навантаження приймачів 10 кВ $Q_{p.в}$, недокомпенсованого навантаження на стороні до 1 кВ ($Q_{HK} - Q_{BK.H}$), що живиться через цехові трансформаторні підстанції, втрат реактивної потужності в трансформаторах та визначається:

$$Q_{BK} = Q_{p.в} + (Q_{HK} - Q_{BK.H}) + n_T \cdot \Delta Q_T, \quad (2.30)$$

де ΔQ_T – втрати реактивної потужності в трансформатора, кВАр;

$Q_{BK.H}$ – потужність прийнятих БК на напругу до 1 кВ, кВАр;

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{XX} + \Delta Q_{K3}; \quad (2.31)$$

$$\Delta Q_{K3} = U_{K3} S_{НОМ.Т} \beta_T^2. \quad (2.32)$$

Розрахунок оптимальної потужності КУ виконується для режиму максимального навантаження. При виборі потужності КУ, з припущенням на незначну довжину лінії живлення, усе підприємство можна представити

як вузол мережі, до якого підключено реактивне навантаження та наявні типи джерел реактивної потужності. Для досліджуваного цеху на стороні 6 (10) кВ підключені синхронні двигуни (СД), наприклад, компресорних станцій, які додатково слід використовувати як джерела реактивної потужності. Також підключені високовольні споживачі 6 (10) кВ (асинхронні двигуни, наприклад, насосних установок), реактивну потужність яких також необхідно компенсувати.

З рівняння балансу реактивних навантажень для вузла на стороні 6(10) кВ визначаємо потужність високовольтних батарей конденсаторів за наступною формулою:

$$Q_{\text{БК.В}} = Q_{\text{ВК}} - Q_{\text{СД}} + Q_{\text{АД}}, \quad (2.33)$$

Реактивна потужність, що генерується синхронними двигунами, визначається:

$$Q_{\text{СД}min} = \frac{P_{\text{СД}ном} \cdot K_{з.СД} \cdot tg\varphi_{\text{СД}} \cdot n_{\text{СД}}}{\eta_{\text{номСД}}}, \quad (2.34)$$

де $P_{\text{СД}ном}$ – номінальна потужність синхронного двигуна, кВт;

$K_{з.СД}$ – коефіцієнт завантаження за активною потужністю;

$n_{\text{СД}}$ – кількість працюючих СД;

$\eta_{\text{номСД}}$ – номінальний коефіцієнт корисної дії двигуна.

Реактивна потужність, що споживається високовольтними асинхронними двигунами, визначається:

$$Q_{\text{АД}} = \frac{P_{\text{АД}ном} \cdot K_{з.АД} \cdot tg\varphi_{\text{АД}} \cdot n_{\text{АД}}}{\eta_{\text{ном.АД}}}, \quad (2.35)$$

З рівняння балансу реактивних навантажень для вузла на стороні 6(10) кВ визначаємо потужність високовольтних батарей конденсаторів:

$$Q_{\text{БК.В}} = Q_{\text{ВК}} - Q_{\text{СД}} + Q_{\text{АД}}. \quad (2.36)$$

При виборі типу БК доцільно орієнтуватися на наявність регулювання вихідної реактивної потужності.

2.3.8 Визначення конфігурації внутрішньоцехової мережі

Цехове електропостачання, як правило, здійснюється при напрузі до 1 кВ. Мережі внутрішньоцехового електропостачання істотно розрізняються по конфігурації, конструктивному виконанню, і це залежить від числа і потужності приймачів, їх розподілу на плані цеху, вимог навколишнього середовища, технології виробництва.

На ділянках схеми цехової електричної мережі для розподілу електроенергії між окремими електроприймачами або їх групами встановлюються розподільні силові шафи й шинопроводи, ящики управління, щитки тощо.

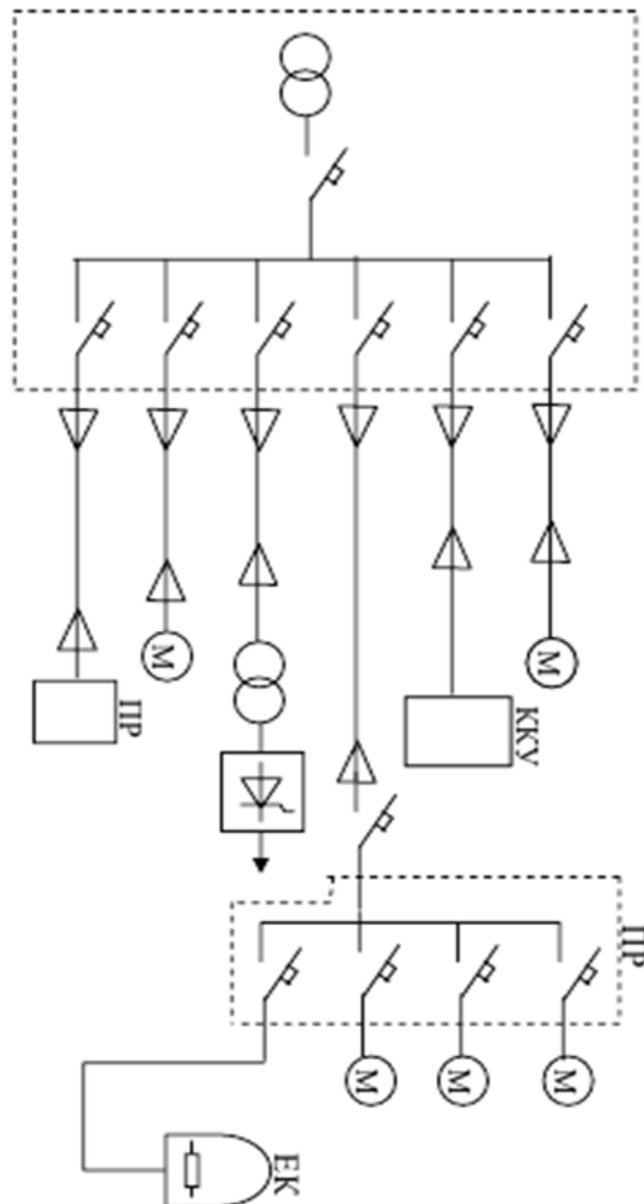
У цеху знаходяться споживачі тільки змінного струму частотою 50 Гц. Зварювальні трансформатори розраховані на напругу 220 і 380 В, освітлення – на напругу 220 В. Потужність двигунів, встановлених у цеху не перевищує 100 кВт, тому приймається варіант сумісного живлення силових і освітлювальних електроприймачів від спільних трансформаторів. З урахуванням вищесказаного, приймаємо для внутрішніх цехових мереж чотириввідну мережу з номінальною напругою 380/220 В, тому що це дозволить виконувати живлення як трифазних електроприймачів 380 В, так і однофазних (фаза-нуль) напругою 220 В. Живлення КТП від джерела (шини ГЗП) виконується кабельними лініями напругою 6 (10) кВ, які прокладені в траншеї. з температурою ґрунту 15 °С. Температуру в цеху приймаємо 25 °С. Середовище цеху нормальне.

Варіанти підключення силових кабелів до трансформаторів:

- 1) глухе підключення;
- 2) через комутаційний апарат високої напруги (вимикач, роз'єднувач), що знаходиться у ввідній шафі 6 (10) кВ.

Для живлення цехових ЕП встановлюються N комплектних трансформаторних підстанцій (двотрансформаторні, однострансформаторні) з трансформаторами потужністю $S_{ном.т}$, кВА. КТП встановлюються поблизу колон, у «мертвій» зоні роботи підйомних механізмів із забезпеченням доступу для обслуговування. До складу КТП входить:

- 1) для радіальної схеми (рис. 2.1):
 - силовий трансформатор типу ТМ, ТНЗ, ТСЗ, ТМГ;
 - шафи 0,4 кВ головного розподільчого щита (РЩ-0,4), наприклад типу ЩО-90(94): ввідна, секційна (з АВР), приєднань, що відходять.



**Рисунок 2.1 – Радіальна схема цехової електричної мережі:
 М –електродвигуни; ПР –пункти розподільчі; ЕК – електропічі;
 ККУ –комплектні конденсаторні установки**

Для розподілення електричної енергії між споживачами по цеху при радіальній схемі використовуються:

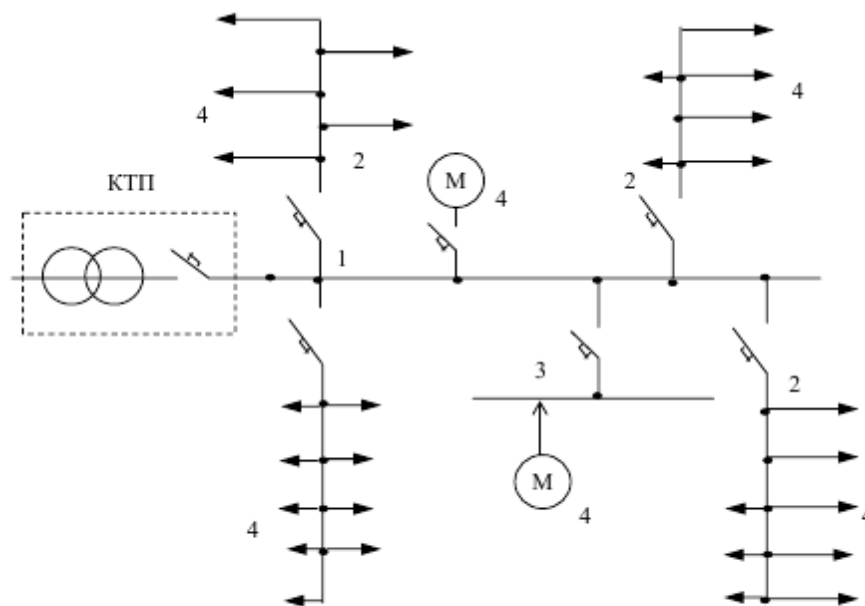
- кабельні лінії, прокладені відповідним чином (тип прокладки , вибрані конструкції) безпосередньо до струмоприймачів (від головного РЩ) або до їх віддалених груп (отримують живлення від окремого розподільчого пункту 0,4 кВ **не головного РЩ**);

- розподільчі пункти 0,4 кВ (наприклад типу ПР11) для груп струмоприймачів, віддалених від РЩ КТП.

2) для магістральної схеми (рис. 2.2):

- силовий трансформатор типу ТМ, ТНЗ, ТСЗ, ТМГ;

- ввідно-розподільчий пристрій низької напруги (шафи з ввідними вимикачами та секціонуванням) – якщо від трансформатора відходять кілька магістралей.



**Рисунок 2.2 – Магістральна схема цехової електричної мережі:
1 – магістральний шинопровод (ШМА); 2 – розподільчий шинопровод (ШРА); 3 – тролейний шинопровод; 4 – електроприймачі**

Для розподілення електричної енергії між споживачами по цеху при магістральній схемі використовуються:

- магістральні шинопроводи (живлення і розподілу від головного РЩ КТП) та розподільчі шинопроводи (для струмоприймачів, віддалених від РЩ КТП);

- кабельні лінії, прокладені відповідним чином (тип прокладки, вибрані конструкції) безпосередньо до струмоприймачів (від ШРА або ШМА), або для під'єднання ШРУ до ШМА у випадку їх розташування на різній висоті в приміщенні.

2.3.9 Вибір елементів розподілу електроенергії на підприємстві

Вибір кабелю до 1 кВ з перевітками виконується за наступними умовами:

- за допустимим тривалим струмом навантаження;
- за допустимим струмом короткого замикання по жилі;
- за втратами напруги;

$$I_{p.ав} < I_{доп} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_{(m)}, \quad (2.37)$$

де $I_{p.ав}$ – розрахунковий струм в мережі у післяаврійному режимі, А;
 $I_{доп}$ – максимальний розрахунковий струм, А.

Тривалий допустимий струм кабелю, який встановлює виробник кабельної продукції для певних (стандартних) умов прокладання кабелю, потрібно коригувати з урахуванням поправних коефіцієнтів (табл. 8.12-8.27 СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49-2011) [7]:

k_1 – коригувальний коефіцієнт для різних типів кабелепроводів;

k_2 – коригувальний коефіцієнт для глибини прокладання, іншої, ніж 0,8 м, для кабелів напругою до 35 кВ включно, прокладених в землі;

k_3 – коригувальний коефіцієнт для температури оточуючого повітря, іншої ніж 30°C, для кабелів напругою до 35 кВ включно;

k_4 – коригувальний коефіцієнт для питомих теплових опорів ґрунту, інших ніж 1,5 К·м/Вт, для одножильних кабелів напругою до 35 кВ включно, прокладених в землі;

k_5 – коригувальний коефіцієнт для груп трижильних кабелів, що прокладені горизонтально в землі;

k_6 – коригувальний коефіцієнт для різних перерізів мідного екрана одножильних кабелів;

k_7 – коригувальний коефіцієнт для груп, що складаються з одного кабелю і більше, прокладених у повітрі;

$k_{(m)}$ – коефіцієнт збільшення навантаження.

Перевірка кабелю на термічну стійкість при протіканні струмів короткого замикання здійснюється за наступною умовою:

$$F_{min} \leq F, \quad (2.38)$$

де F_{min} – мінімальний переріз провідника, що відповідає вимогам його термічної стійкості при короткому замиканні, мм²:

$$F_{min} \leq \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{відк} + T_a}}{C} \quad (2.39)$$

де I_{∞} – струм к.з., А;

$t_{відк}$ – час протікання струму к.з., с;

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму к.з., дорівнює для розподільчих мереж напругою 0,4 кВ 0,01 с;

C – постійна, що визначається в залежності від заданої ПУЕ кінцевої температури нагріву жил і напруги, $A \cdot c^{-1/2}/\text{мм}^2$ (для кабелів з міді – $160 A \cdot c^{-1/2}/\text{мм}^2$, з алюмінію – $90 A \cdot c^{-1/2}/\text{мм}^2$; для шин з міді – $170 A \cdot c^{-1/2}/\text{мм}^2$, з алюмінію – $90 A \cdot c^{-1/2}/\text{мм}^2$).

Згідно ПУЕ час дії струму к.з. складається з часу дії основного релейного захисту даного ланцюга t_{pz} і повного часу відключення вимикача $t_{відк.в}$ (для випадку із запобіжниками – це час спрацьовування запобіжника).

Для електричних мереж загального призначення норми відхилень напруги δU_y регламентовані ГОСТ 13109-97.

Перевірка по відхиленням напруги зводиться до визначення фактичної і допустимої втрати напруги.

Втрати напруги в елементах електричної мережі трифазного струму визначаються за формулою:

$$\Delta U = 100 \frac{\sqrt{3} I_M l}{U_{ном}} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi), \% \quad (2.40)$$

де I_M – максимальний розрахунковий струм лінії 0,4 кВ, А

l – довжина лінії, км;

r_0, x_0 – питомі опір лінії, Ом/км (паспортні дані обраного кабелю);

$U_{ном}$ – номінальна напруга мережі, кВ.

Вибір магістральних шинопроводів (ШМА)

Комплектні шинопроводи для головних магістралей вибираються за розрахунковим максимальним струмом відповідної КТП (трансформатора). При цьому повинна виконуватись умова:

$$I_{ном} \geq I_M, \quad (2.41)$$

де I_M – розрахунковий струм навантаження на трансформатор (або трансформатора), А;

$I_{ном}$ – номінальний струм ШМА, А.

Втрату напруги в магістральному шинопроводі визначають за формулою:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i r_0 + Q_i x_0) l_i}{U_n^2 \cdot 10}, \%, \quad (2.42)$$

де P_i, Q_i – активні і реактивні навантаження магістрального шинопроводу, кВт (кВАр);

r_0, x_0 – відповідно активний і індуктивний опір шинопроводу, Ом/км;

l_i – довжина частин шинопроводу з відповідним навантаженням;

U_n – номінальна напруга, кВ,

Вибір розподільних шинопроводів виконується у наступній послідовності:

1) визначається сукупність струмоприймачів, які буде підключено до даного шинопроводу. Бажаним є розташування струмоприймачів в ряд;

2) за допомогою обраного методу розрахунку електричних навантажень визначається навантаження на шинопровід, що здійснюють відповідні струмоприймачі. Розрахунок виконується аналогічно, як попередньо по цеху (дільниці), **але** розрахунковий коефіцієнт K_p визначається за таблицею №1 [4].

3) визначається втрата напруги в шинопроводі аналогічно, як і для магістрального, **але** навантаження для ШРА складатимуть навантаження $P_{зм.i}$ підключених окремих струмоприймачів

Для спрощення розрахунків припускається, що навантаження розподілено по ШРА рівномірно, тому втрату напруги допустимо визначати за спрощеною формулою:

$$\Delta U_{\text{ШРА.М}} = \frac{\sqrt{3} I_M 1 \times 100}{U_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \quad (2.43)$$

Вибір тролейних шинопроводів для живлення мостових кранів вибирається по розрахунковому струму навантаження і перевіряється по допустимій втраті напруги за піковим струмом.

Перевіряємо тролейні лінії на втрату напруги при проходженні по ним пікового струму. Втрата напруги визначається за формулою:

$$\Delta U = \frac{\Delta e}{100} \cdot \frac{I_{\text{пик}}}{I_{\text{тр}}} \cdot I_{\text{тр}} \cdot 100 / U_{\text{ном}}, \%, \quad (2.44)$$

де Δe – питома втрата напруги, при протіканні струму номінального значення, В/100м;

l_{mp} – довжина тролей в один кінець від точки прикладення живлення, км.

Вибір розподільних пунктів (шаф) виконується у наступній послідовності:

1) визначається сукупність струмоприймачів, які буде підключено до даного пункту. Розташування струмоприймачів – будь-яке. РП -0,4 встановлюється у «технологічно зручному» місці, приблизно у центрі електричних навантажень групи струмоприймачів.

2) за допомогою обраного методу розрахунку електричних навантажень визначається навантаження РП-0,4, що здійснюють відповідні струмоприймачі.

2.3.10 Визначення струмів к.з.

Особливості розрахунку струмів к.з. в мережах до 1 кВ (рис. 2.3 і 2.4):

- потужність «Системи» приймається необмеженою;
- враховуються активні і індуктивні опори всіх елементів до точки КЗ (силовий трансформатор, провідники, контакти, трансформатори струму, котушки максимального струму автоматів);
- розрахунок ведеться в іменованих одиницях, напруга приймається на 5% вище номінальної напруги мережі.
- розраховуються значення струмів:
 - а) трифазного КЗ;
 - б) двофазного КЗ;
 - в) однофазного КЗ на землю.

Розрахунок струмів короткого замикання виконуємо для найбільш електрично віддаленого струмоприймача.

Розглянемо алгоритм визначення струмів к.з. для умовної ділянки схеми електропостачання, що зображена на рис. 2.3. з відповідною схемою заміщення (див. рис. 2.4).

$S_{кз}$ – потужність КЗ на шинах підстанції (завдання);

$U_{ср.в.}$, $U_{ср.н}$ – середні напруги на високій і низькій стороні трансформатора.

Визначаємо струми к.з. для віддаленої точки КЗ. Значення опорів елементів схеми заміщення визначаються наступним чином:

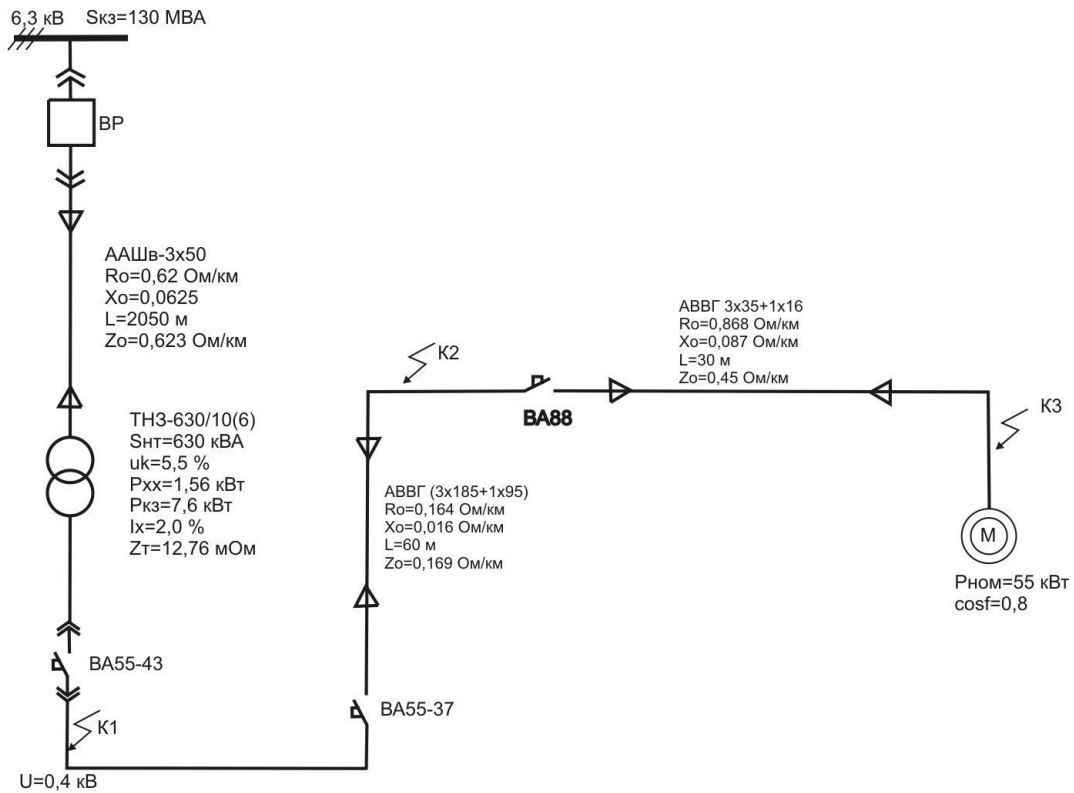


Рисунок 2.3 – Приклад розрахункової схеми для визначення струмів к.з.

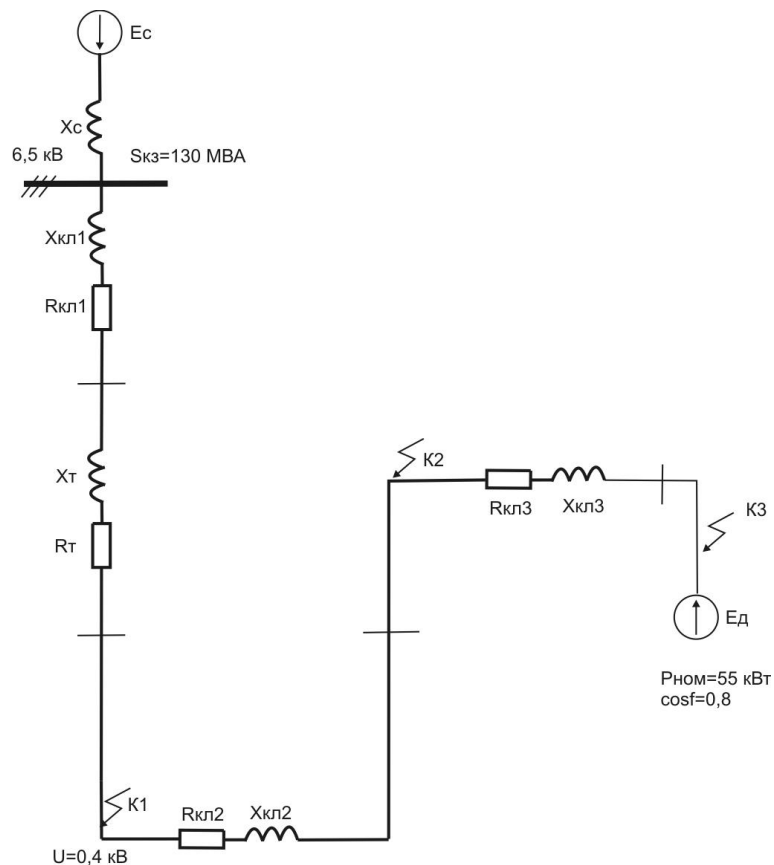


Рисунок 2.4 – Приклад схеми заміщення до розрахункової схеми для визначення струмів к.з.

1) опір системи, приведений до напруги 0,4 кВ:

$$X_c = \frac{U_H^2}{S_{кз}} \cdot K_T^2 = \frac{U_H^2}{S_{кз}} \cdot \frac{U_{ср.н}^2}{U_{ср.в}^2}, \text{ (МОм);} \quad (2.45)$$

2) опір постачальної кабельної лінії КЛ1, приведений до напруги ступені к.з. $U_{ср.осн} = 0,4$ кВ ($U_{ср.і} = 6,3$ (10,5) кВ – напруга елемента схеми):

$$R_{кЛ1} = r_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{ср.осн}^2}{U_{ср.і}^2} \right), \text{ (МОм);} \quad (2.46)$$

$$X_{кЛ1} = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{ср.осн}^2}{U_{ср.і}^2} \right), \text{ (МОм);} \quad (2.47)$$

3) опір цехового трансформатора:

$$R_T = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_H^2}{S_{н.т}^2} \cdot \left(\frac{U_{ср.осн}^2}{U_{ср.і}^2} \right), \text{ (МОм);} \quad (2.48)$$

$$Z_T = \frac{u_{к\%} \cdot U_H^2}{100 \cdot S_{н.т}} \cdot \left(\frac{U_{ср.осн}^2}{U_{ср.і}^2} \right), \text{ (МОм);} \quad (2.49)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, \text{ (МОм);} \quad (2.50)$$

4) опір кабельних ліній КЛ2 і КЛ3, приведений до базисних умов:

$$R_{кЛ2,3} = r_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{ср.осн}^2}{U_{ср.і}^2} \right), \text{ (МОм);} \quad (2.51)$$

$$X_{кЛ2,3} = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{ср.осн}^2}{U_{ср.і}^2} \right), \text{ (МОм).} \quad (2.52)$$

При розрахунку струмів короткого замикання в мережах до 1000 В необхідно враховувати перехідні опори контактів. З цією метою вводимо у розрахунок додатковий опір, значення якого приймаємо: для точки К3 – 25 мОм, К2 – 20 мОм, К1 – 15 мОм.

Визначаємо струми короткого замикання в точці К3:

- сумарний активний опір:

$$R_{\Sigma К3} = R_c + R_{кЛ1} + R_T + R_{кЛ2} + R_{кЛ3} + R_{дод}, \text{ (МОм);} \quad (2.53)$$

- сумарний реактивний опір:

$$X_{\Sigma K3} = X_c + X_{кл1} + X_T + X_{кл2} + X_{кл3}, \text{ (МОм)}; \quad (2.54)$$

- струм трифазного КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2}}, \text{ (кА)}; \quad (2.55)$$

- струм двофазного КЗ:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K3}^{(3)}, \text{ (кА)}; \quad (2.56)$$

- струм однофазного КЗ:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\text{ср.}\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\Pi}} = \frac{U_{\text{ср.}\phi}}{\frac{Z_T}{3} + \sqrt{(r_{\phi} + r_0 + r_k)^2 + x_{\Pi}^2}}, \text{ (кА)}, \quad (2.57)$$

де $U_{\text{ср.}\phi}$ – середнє значення фазної напруги мережі, кВ;

Z_{Π} – опір петлі «фаза-нуль» [3];

$Z_T/3$ – опір силового трансформатора при однофазному замиканні на корпус, МОм. При з'єднанні обмоток трансформатора за схемою Y/Y_0 , опір трансформаторів до 1000 кВА можна прийняти за даними табл. 2.1.

r_{ϕ} , r_0 – активні опори фазного і нульового проводів від шин трансформаторної підстанції до точки к.з., Ом;

r_k – активний опір контактів (приймається $r_k = 0,22$ Ом);

$x_{\Pi} = x_0 \cdot L$ – індуктивний опір 1 км петлі «фаза-нуль», що згідно з ПУЕ дорівнює 0,6 Ом/км [3];

L – довжина лінії від ТП до точки к.з., км.

Таблиця 2.1 – Опір трансформаторів

$Z_T/3$	При потужності трансформатора				
	160	250	400	630	1000
	54	35	19	14	9

2.3.11 Вибір елементів захисту мережі (автоматичних вимикачів, запобіжників тощо) та побудова карти селективності захисту

Звичайно мережі напругою до 1 кВ рекомендується проектувати з двома-трьома рівнями розподілу електроенергії (*перший рівень* – відгалуження до споживача; *другий рівень* – силовий пункт або розподільний шинопровід; *третій рівень* – магістральний шинопровід від трансформатора).

На першому рівні розподілу електроенергії (окремі ЕП) для ЕП, при роботі яких відсутні перевантаження, доцільно використовувати незалежну від струму характеристику часу спрацювання, а для ЕП зі змінним режимом роботи можливо застосування залежної від струму або обмежено залежної від струму двоступеневої характеристики часу спрацювання захисту автоматичного вимикача.

Для другого і третього рівня розподілу електроенергії найбільш доцільно застосовувати триступеневу або обмежено залежну від струму двоступеневу характеристику часу спрацювання захисту автоматичного вимикача.

Вибір часу спрацювання струмових і миттєвих відсічок повинен виконуватися на основі принципу, що час спрацювання на більш низькому рівні повинен бути більшим, ніж на попередньому рівні.

Вибір автоматичних вимикачів виконують за умовами роботи в нормальному режимі і умовами стійкості при коротких замиканнях.

Вибір за умов нормального режиму виконується виходячи з таких умов:

1) відповідність номінальної напруги автоматичного вимикача $U_{ном,авт}$ номінальній напрузі мережі U_M :

$$U_{ном,авт} \geq U_M; \quad (2.58)$$

2) відповідність максимальному робочому струму в тривалому режимі для індивідуального електроприймача I_M (I_p) або групи електроприймачів номінальному струму автоматичного вимикача $I_{ном.авт}$:

$$I_{ном,авт} \geq I_{ном} \quad \text{або} \quad I_{ном,авт} \geq I_M; \quad (2.59)$$

Для реалізації необхідної захисної характеристики автоматичного вимикача вибирається відповідний розчеплювач (електромагнітний; тепловий; комбінований; напівпровідниковий).

Далі виконується вибір уставок автоматичного вимикача залежно від захисту і вибраного розчеплювача:

3) при наявності захисту від перевантаження:

$$I_{с.п.} \geq 1,25 \cdot I_{ном} \quad \text{або} \quad I_{с.п.} \geq 1,25 \cdot I_{м}; \quad (2.60)$$

4) при наявності захисту від струмів к.з. (струмова відсічка):

$$I_{с.в.} \geq 1,25 \cdot I_{пуск} \quad \text{або} \quad I_{с.в.} \geq 1,25 \cdot I_{пik}; \quad (2.61)$$

де $I_{пik}$ – значення пікового струму для групи електроприймачів, А;

$I_{пуск}$ – значення пускового струму окремого електроприймача, А.

5) Час спрацьовування відсічки визначається за формулою:

$$t_{с.в.(i+1)} \geq t_{с.в.i} + \Delta t; \quad (2.62)$$

де i – рівень розподілу електроенергії;

$t_{с.в.i}$ – витримка часу спрацьовування відсічки автоматичного вимикача на i -му рівні розподілу електроенергії, с;

Δt – витримка часу між послідовно включеними автоматичними вимикачами, с, ($\Delta t = 0,1 \dots 0,2$ с).

6) Час спрацьовування захисту від перевантаження приймається з умови неспрацьовування захисту при пуску або самозапуску електродвигуна:

$$t_{с.п.} \geq (1,5-2) t_{пуск}; \quad (2.63)$$

де $t_{с.п.}$ – час спрацьовування захисту при струмі, рівному пусковому;

$t_{пуск}$ – тривалість пуску або самозапуску.

Переріз проводів і кабелів ліній, захищених автоматами і магнітними пускачами, вибирають за умовами допустимого нагріву. Потім вибраний переріз перевіряють за формулами:

– для автоматів з тепловими розчеплювачами:

а) з нерегульованою зворотнозалежною від струму характеристикою:

$$I_{доп} \geq I_{ном.розч}, \quad (2.64)$$

б) з регульованою зворотнозалежною від струму характеристикою:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{спр.пер}}}{1,5} \quad (2.65)$$

– для автоматів тільки з електромагнітними розчеплювачами:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{спр.ем}}}{4,5} \quad (2.67)$$

– для мереж, що живлять установки пожежонебезпечних приміщень і освітлювальні навантаження, як і при захисті запобіжниками, повинне бути витримане співвідношення:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 I_{\text{ном.розч}} \quad (2.68)$$

При виборі уставок захисних апаратів для забезпечення селективності необхідно виконувати такі умови:

1) уставки струму розчеплювачів сповільненої і миттєвої дії у вимикача, розташованого ближче до джерела живлення, повинні бути **в 1,5 рази більшими**, ніж у найвіддаленого вимикача;

2) мінімальний струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці повинен бути більше номінального струму розчеплювача сповільненого спрацьовування **не менше ніж у 3 рази**;

- мінімальний струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці повинен бути більше номінального струму розчеплювача миттєвої дії **не менше ніж у 1,4** (при $I_{\text{ном.розч}} \leq 100 \text{ A}$) або у **1,25** (при $I_{\text{ном.розч}} > 100 \text{ A}$) рази:

$$K_{\text{ч}}^{(2)} = \frac{I_{\text{к.з.}}^{(2)}}{I_{\text{д.в}}} \geq 1,4 \dots 1,5, \quad K_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_{\text{к.з.}}^{(1)}}{I_{\text{с.в}}} \geq 1,4 \dots 1,5 \text{ при } I_{\text{ном.АВ}} \leq 100 \text{ A}. \quad (2.69)$$

$$1 \quad K_{\text{ч}}^{(2)} > 1,25 \text{ і } K_{\text{ч}}^{(1)} > 1,25 \text{ при } I_{\text{ном.АВ}} > 100 \text{ A}$$

При захисті ліній запобіжниками узгодження тривало допустимих струмів провідників з номінальним струмом плавких вставок здійснюється так.

Номінальний струм плавкої вставки для безінерційних запобіжників (ПР-2, НПН, НП-2, НПР, КП тощо) повинен задовольняти двом умовам:

$$I_{\text{ном.вст}} \geq I_{\text{м}}, \quad (2.70)$$

$$I_{\text{ном.вст}} \geq \frac{I_{\text{пік}}}{k}, \quad (2.71)$$

де $k = 2,5$ – при невеликій частоті вмикань і нормальній тривалості пуску (до 5 с) і $k = 1,6–2,0$ при великій частоті вмикань і тривалому розгоні (наприклад, на кранах). Остаточо приймається плавка вставка, номінальний струм якої відповідає обом умовам.

При захисті мереж запобіжниками переріз провідників визначається не тільки за відношенням, але і узгоджується з номінальним струмом плавкої вставки запобіжника, що захищає дану ділянку, згідно з умовою:

$$k_{\text{пр}} I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{НОМ.ВСТ}}}{\alpha}, \quad (2.72)$$

де α – коефіцієнт відповідності (узгодження), залежний від умов прокладання і нагляду за мережею; для промислових мереж $\alpha = 3$, для всіх освітлювальних мереж і силових мереж пожежо- і вибухонебезпечних приміщень $\alpha = 0,8$.

Вибрана плавка вставка перевіряється:

- за умовами захисту провідників від струмів КЗ;
- на чутливість спрацювання при двофазних КЗ:

$$\frac{I_{\text{К.З.}}^{(2)}}{I_{\text{НОМ.ВСТ.}}} \geq (4 \dots 7). \quad (2.73)$$

Кратність **4** приймається при $I_{\text{НОМ.вст.}} \geq 160 \text{ А}$, $U_{\text{НОМ}} = 380$ або 660 В і будь-якому $I_{\text{НОМ.вст.}}$ при $U_{\text{НОМ}} = 127 \text{ В}$.

Кратність **7** приймається при інших умовах.

- за селективністю спрацювання послідовно встановлених запобіжників з відповідним часом спрацювання $t_{\text{НБ}}$ і $t_{\text{НМ}}$:

$$t_{\text{НБ}} \geq (1,7 \dots 3) t_{\text{НМ}}. \quad (2.74)$$

Для перевірки селективності захисту в установках до 1 кВ використовується карта селективності захисту (рис. 2.5), яка будується після визначення розрахункових і пікових навантажень у відповідних елементах, а також при відомих струмах КЗ в характерних вузлах мережі.

Для побудови карти селективності захисту заздалегідь визначають:

- рівні розподілу електроенергії, що розглядаються, складається схема;
- розрахункові, пікові і струми короткого замикання в необхідних

точках;

- вибирають автоматичні вимикачі та їх захисні характеристики.

Карта селективності будується в логарифмічному масштабі: на осі абсцис відкладаються струми – розрахункові, пікові і к.з., на осі ординат – розрахований час спрацьовування захисних елементів, тривалість пуску тощо.

У розподільних мережах до 1 кВ система захисту може містити від однієї до трьох ступеней.

Послідовність побудови карти селективності:

а) на осі абсцис відкладається номінальний струм споживача;

б) будується графік пускового струму споживача у вигляді прямокутника; в) на осі абсцис відкладається максимальне значення струму групи споживачів у вузлі навантаження;

г) будується графік пікового струму ЕП, які приєднані до вузла навантаження, у вигляді прямокутника;

д) відкладаються струми к.з. в характерних точках К1, К2 і К3;

е) наносяться захисні характеристики автоматичних вимикачів або запобіжників.

Карта селективності обов'язково супроводжується пояснювальною схемою електричної мережі СЕП, до якої вона відноситься.

На рис. 2.5 наведено приклад карти селективності захисту для трирівневої мережі розподілу електроенергії, на якому видно, що селективність захисту забезпечується, оскільки захисні характеристики послідовно включених автоматичних вимикачів, побудовані з урахуванням розкиду по струму і часу спрацьовування, не перетинаються.

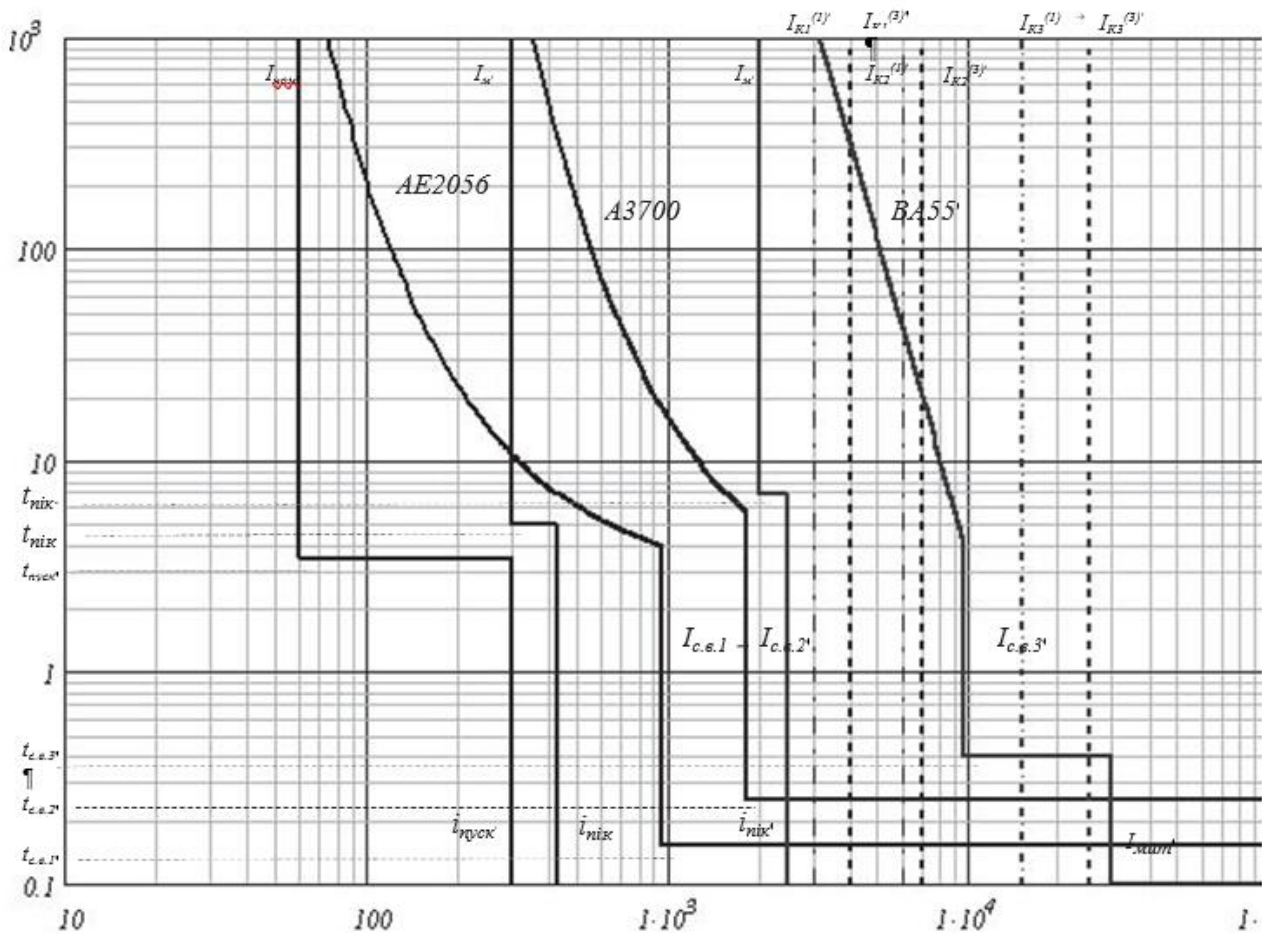


Рисунок 2.5 – Приклад карти селективності

Для побудови карти селективності захисту для обраної ділянки електричної мережі (рис. 2.3) можливо скористатися шаблоном логарифмічної шкали, що наведений у Додатку 3.

2.3.12 Визначення значень відхилень напруги у найвіддаленого від шин КТП електроприймача

Початковими даними для виконання цього пункту є принципова схема електричної мережі з вказівкою параметрів (перерізів, довжин тощо) постачальних і розподільних ліній; відомості про рівні напруги у джерел живлення в максимальному і мінімальному режимах і потужності короткого замикання на шинах цехової розподільної підстанції; потужності конденсаторних установок, які підлягають розміщенню в мережі 0,38 – 0,66 кВ, а також дані про діапазон регулювання напруги, який мають встановлені цехові трансформатори (див. приклад на рис. 2.6).

Розв'язання задачі нормалізування показників якості електроенергії (ПЯЕ) здійснюється у декілька етапів.

По-перше, виконується розрахунок фактичних показників якості напруги в спроектованій мережі (як правило, після остаточного розподілу компенсуючих пристроїв у цеховій мережі).

По-друге, на основі зіставлення фактичних показників з допустимими вживаються відповідні заходи щодо нормалізації ПЯЕ.

Відхилення напруги. Залежно від напруги мережі визначаються значення відхилень напруги у електроприймачів, що допускаються. Далі визначаються відхилення напруги у найвіддаленого від шин КТП електроприймача.

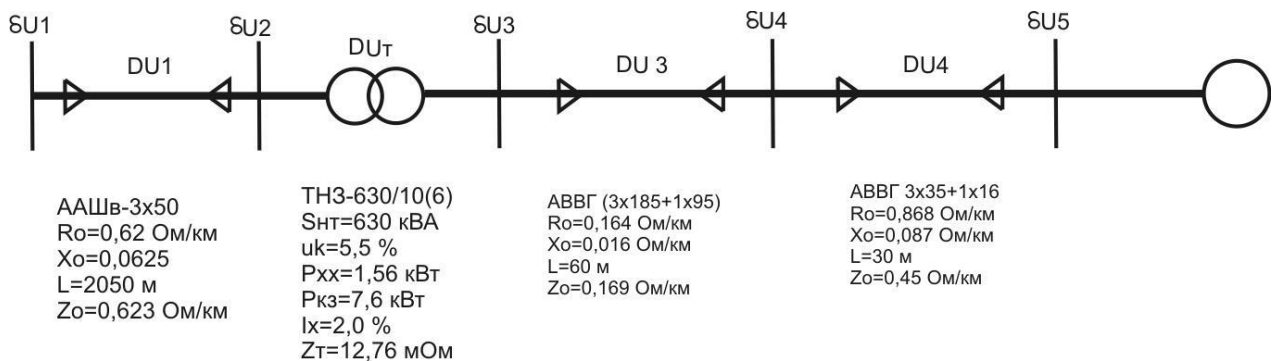


Рисунок 2.6 – Приклад розрахункової схеми для визначення відхилення напруги: КЛ-6(10)кВ – Трансформатор – КЛ від РЩ-0,4 до РП-0,4 – КЛ від РП-0,4 до СП

В умовах нормальної роботи приймачів електроенергії відхилення напруги від номінального значення допускається в наступних межах:

- (-5...+10)% на затискачах електродвигунів і апаратів для їх пуску і управління;
- (-2,5...+5)% на затискачах приладів робочого освітлення, встановленого у виробничих приміщеннях.

У післяаварійних режимах допускається додаткове зниження напруги на 5%.

Для трансформаторів є можливість регулювання напруги за допомогою регулюючих відгалужень, які має обмотка високої напруги у діапазоні $\pm 2,5 \%$.

У загальному випадку відхилення напруги в k -й точці мережі у момент часу t при довільній кількості ступіней трансформації визначається як:

$$\delta U_k(t) = \delta U_{ЦЖ}(t) + \sum_{i=1}^n E_i(t) - \sum_{j=1}^m \Delta U_j(t), \quad (2.75)$$

де $\delta U_{ЦЖ}$ – відхилення напруги в центрі живлення (ГЗП, КТП та ін.);
 $\sum_{i=1}^n E_i(t)$ – алгебраїчна сума добавок (відхилень) напруги, створюваних регулювальними пристроями;
 $\sum_{i=1}^m \Delta U_j(t)$ – сума втрат напруги в ділянках електричного ланцюга від центра живлення до k -го вузла мережі.

Для нормалізації відхилень вживаються такі заходи:

- а) розраховують значення добавок напруги, що повинні створювати цехові трансформатори з ПБЗ;
- б) змінюють перерізи провідників постачальних і розподільних ліній цехової мережі;
- в) вибирають більш раціональні точки підключення конденсаторних установок.

Слід розглядати два найбільш характерних режими роботи виробництва: режим максимальних навантажень і режим мінімальних навантажень. Приймаємо, що в першому випадку навантаження цеху дорівнює максимальному розрахунковому навантаженню S_m , а в другому випадку – зниженому значенню навантаження до рівня 30-70% від максимального.

Наприклад, добавка напруги, яку повинен забезпечити трансформатор:

$$E_T = \delta U_{2\text{доп}} - \delta U_1 + \Delta U_T, \quad (2.76)$$

де $\delta U_{2\text{доп}}$ – допустиме відхилення напруги на стороні низької напруги трансформатора, визначається для режиму максимальних $\delta U'_{2\text{доп}}$ та мінімальних $\delta U''_{2\text{доп}}$ навантажень з урахуванням вимог стандарту щодо нормованих відхилень напруги на затискачах ЕП та втрат напруги в елементах низьковольтної мережі від ЕП до затискачів трансформатора;
 δU_1 – відхилення напруги на первинних затискачах трансформатора, визначається для режиму максимальних $\delta U'_1$ та мінімальних $\delta U''_1$ навантажень з урахуванням можливих відхилень напруги на шинах джерела живлення (шини РУ ГЗП тощо) та втрат напруги в елементах високовольтної мережі до затискачів трансформатора;
 ΔU_T – втрати напруги в трансформаторі у відповідних режимах.

Наприкінці необхідно знайти **середнє значення добавки напруги** $E_{T.CP} = (E'_T + E''_T)/2$, яка при застосуванні трансформаторів з ПБЗ, звичайно, забезпечує кращу якість електроенергії за відхиленням напруги.

Добавка напруги, створювана в точці підключення конденсаторної установки:

$$E_{\text{БК}} = \frac{X_c Q_{\text{БК}}}{10U^2}, \quad (2.77)$$

де X_c – опір постачальної мережі до точки підключення БК, Ом;

U – напруга в місці установлення БК, кВ;

$Q_{\text{БК}}$ – потужність БК, квар.

За результатом розрахунку будується діаграма відхилень напруги в максимальному (крива 1) і мінімальному (крива 2) режимах (рис. 2.7).

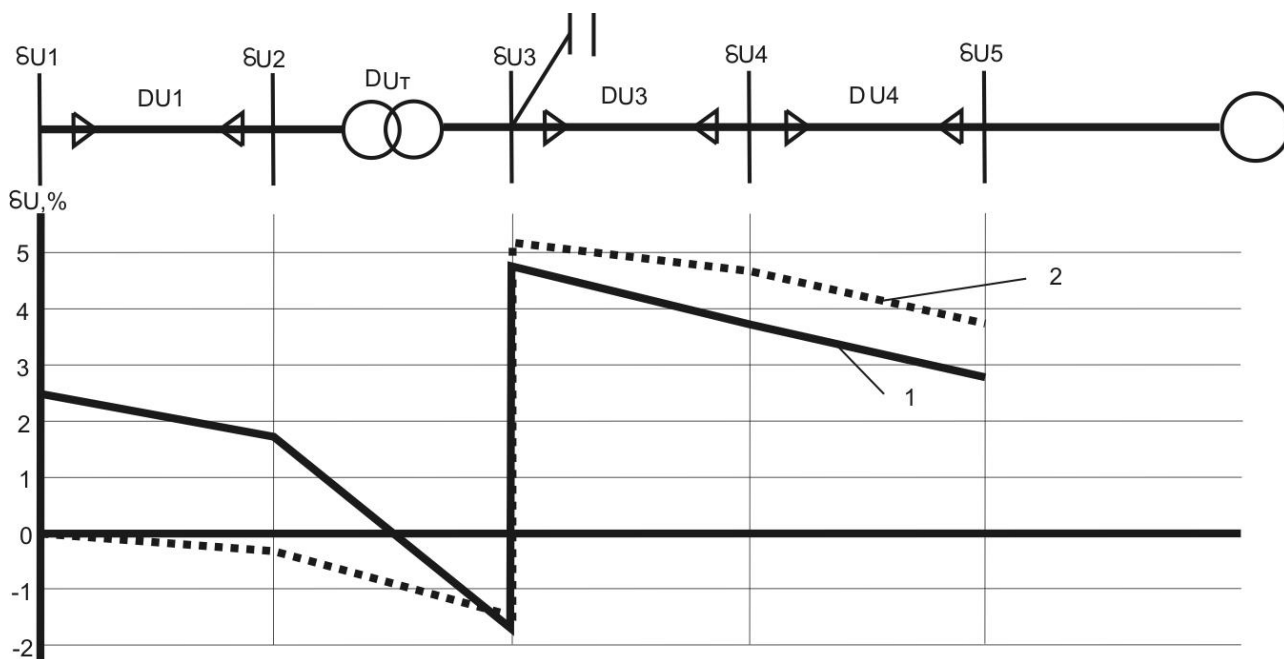


Рисунок 2.7 – Приклад діаграми відхилення напруги в максимальному(1) і мінімальному(2) режимах

2.4 Рекомендації щодо розділу «Розробка однолінійної схеми системи електропостачання підприємства та плану розташування обладнання»

2.4.1 Розробка однолінійної схеми системи електропостачання підприємства

В цьому розділі наводиться інформація про результати розрахунків, які були отримані в попередньому розділі 2.3.

Формується будова схеми електропостачання на основі прийнятої конфігурації внутрішньоцехової мережі у п. 2.3.8 (магістральна, радіальна, змішана).

Будується загальна однолінійна схема електропостачання всього підприємства згідно із прикладом, що наведений у додатку Ж.

Креслення схеми виконується на аркуші формату А3.

2.4.2 Розробка плану розташування електричного обладнання

Креслення плану розташування електрообладнання, яке забезпечує технологічний процес виробництва (електроприймачі за варіантом завдання) виконується у відповідності до прикладу (додаток Є). Параметри будівлі також наведені у вихідних даних, відповідно до свого варіанту завдання (додаток В). Умовні позначення наведено у додатку Д.

На плані також наводиться місце розташування джерела живлення (ДЖ) у відповідності до наведених у завданні координат його розташування.

Також на плані наводиться зображення обраних елементів схеми електропостачання, що проектується: КТП, шинопроводи, розподільчі пункти (шафи), кабелі тощо.

Креслення плану виконується на аркуші формату А3.

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

№ з/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

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, м³/м³;

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_EI_2X_1п(б).docx

де

KP – курсовий проєкт;

PZ – пояснювальна записка;

Ivanenko – прізвище студента

EI_2X_1п(б) – академічна група

Назви додаткових файлів формуються у аналогічному форматі.

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

Файли прикріплюються у відповідному завданні освітнього компоненту «Курсовий проєкт «Системи електропостачання підприємств»

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 (G3).

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:

- шахрайство та плагіат заборонені;
- спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим;

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації;
- університет підтримує середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти – здобувачів вищої освіти, співробітників або відвідувачів [16].

Виконання курсового проєкту / роботи має здійснюватися з урахуванням **вимог щодо академічної доброчесності**. Відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту»: «**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» [15]. 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» [15], а саме:

- 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;
- 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;
- відтворення в тексті роботи наведених в іншому джерелі цитат з третіх джерел без вказування, за яким саме безпосереднім джерелом наведена цитата;
- відтворення в тексті роботи наведеної в іншому джерелі науково-технічної інформації (крім загальновідомої) без вказування на те, з якого джерела взята ця інформація;
- 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;

- подання як власних робіт, виконаних на замовлення іншими особами, у тому числі робіт, стосовно яких справжні автори надали згоду на таке використання [17].

До числа інших порушень академічної доброчесності, класифікованих законодавством України, що можуть трапитися при виконанні курсового проєкту / роботи, належать:

- **самоплагіат** - оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів;
- **фабрикація** - вигадкування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях;
- **фальсифікація** - свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень;
- **списування** - виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання, зокрема під час оцінювання результатів навчання;
- **обман** - надання завідомо неправдивої інформації щодо власної освітньої (наукової, творчої) діяльності чи організації освітнього процесу; формами обману є, зокрема, академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація та списування;
- **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;
- надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання;
- вплив у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання [15].

В разі, якщо здобувач стикається із проявами порушень академічної доброчесності, він має повідомити про це завідувача кафедри / Комісію з питань академічної доброчесності / Уповноваженого з питань протидії корупції, які, в свою чергу, повинні негайно після повідомлення забезпечити вжиття заходів попередження або виправлення таких порушень [16].

Рекомендації щодо запобігання академічному плагіату в курсовому проєкті / роботі:

- робота має виконуватися самостійно, без видання за власний результат чужих робіт і результатів;
- будь-який текстовий фрагмент обсягом від речення і більше, відтворений в тексті роботи без змін, з 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;
- 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);
- 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 («цитуються за ХХХХХХХ») і посилання на відповідний пункт списку використаних джерел;
- 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.
- 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 [17].

Правила цитування та посилання на використані джерела є такими:

1. При написанні здобувач повинен давати посилання на джерела, матеріали з яких наводяться у роботі. 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 використовуються 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 курсовій роботі.

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].

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

Регламент перевірки академічних робіт на плагіат визначає процедуру проведення перевірки курсового проєкту / роботи здобувачів з використанням систем StrikePlagiarism.com (<http://strikeplagiarism.com>) або інших систем на наявність запозичень із текстів, присутніх в базах Університету, базах інших закладів вищої освіти та в Інтернеті.

Процедура перевірки курсового проєкту / роботи відбувається в 4 етапи:

1. **здобувач** передає роботу науковому керівнику (Перевірка проводиться автоматично, на підставі внесеного до титульного листа відповідної роботи формулювання «Робота містить результати власних досліджень та напрацювань. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Електронний та паперовий варіанти роботи є ідентичними»);
2. **науковий керівник** передає отримані від студента матеріали відповідальній особі, що здійснює перевірку;
3. **відповідальна особа** здійснює перевірку роботи в системі, формує Звіт подібності у форматі PDF засвідчений підписом і передає його науковому керівнику для подальшого аналізу;
4. **науковий керівник** приймає рішення щодо наявності у роботі неправомірних запозичень, формує експертний висновок про допуск роботи до захисту та завантажує всі матеріали в систему управління навчанням Moodle.

Відповідальна особа, що виконує перевірку, не дає оцінку змісту курсового проєкту / роботи, а виконує виключно технічну перевірку. Аналіз Звіту подібності здійснює науковий керівник.

Показники рівнів оригінальності тексту курсового проєкту / роботи [16].

Вид роботи	Рівень оригінальності			
	високий	задовільний	низький	неприйнятний
Звіти з атестаційної практики, R&D проєкти, курсові роботи / проєкти за оригінальним індивідуальним завданням	від 71% до 100%	від 51% до 70%	від 31% до 50%	від 0% до 30%
Звіти з інших видів практик, курсові роботи / проєкти за визначеною методикою	від 61% до 100%	від 41% до 60%	від 21% до 40%	від 0% до 20%

За підготовку файлу курсового проєкту / роботи, що підлягає перевірці, відповідає автор цієї роботи. Формат файлу повинен бути прийнятним для перевірки на плагіат (підтримуються формати файлів .doc, .docx, .pdf, .odt, які не містять елементів захисту).

Під час підготовки файлу роботи забороняється використовувати будь-які методи обманювання сервісів перевірки на академічний плагіат, зокрема забороняється:

- заміна текстових символів на візуально ідентичні зображення;
- заміна окремих букв одного алфавіту на аналогічні за написанням букви іншого алфавіту (наприклад, заміна кирилических букв 'АаВЕеліКМНОоРрСсТуХх' на відповідні латинські і навпаки);
- вставка додаткових текстових символів, які візуально не видимі (білі знаки) [2].

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 у творі, бібліографічними посиланнями на джерела та ін.);
- є усталеними словосполученнями, що характерні для певної сфери знань;
- належним чином оформлені цитуваннями;
- самоцитуванням (фрагментами тексту, що належать автору твору, опубліковані або оприлюднені в електронній формі ним у інших творах), якщо воно допускається редакційною політикою видання [2].

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

Вносити які-небудь виправлення та зміни в курсовий проєкт / роботу після їх перевірки на плагіат та затвердження на кафедрі не дозволяється.

Робота, що має високий рівень оригінальності, допускається до захисту. Якщо робота має задовільний або низький рівні оригінальності, здобувачеві пропонується доопрацювати роботу перед її захистом. При незадовільному рівні – робота повертається на доопрацювання з повторною її перевіркою на академічний плагіат. Допустима кількість повторних перевірок – одна спроба. Якщо результат повторної перевірки незадовільний, то робота знімається з захисту [16].

У випадку незгоди з висновком про оригінальність роботи автор має право подати апеляцію, яка буде розглянута у встановленому порядку Комісією з питань академічної доброчесності в Університеті.

За порушення академічної доброчесності здобувачі можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

- на етапі розгляду та перевірки академічних текстів здобувачів освіти при виявленні порушень академічної доброчесності у вигляді плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації, списування,

робота не допускається до наступного етапу виконання/захисту курсового проєкту / роботи та повертається на доопрацювання здобувачеві освіти;

- за умови повторного виявлення порушень академічної доброчесності здобувачами освіти у вигляді плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації, списування, робота знімається з розгляду, що тягне собою виникнення академічної заборгованості та невиконання індивідуального навчального плану з відповідними наслідками у вигляді відрахування з числа здобувачів освіти;
- виявлення інших, ніж плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація, списування, порушень академічної доброчесності здобувачами освіти є підставою для ухвалення рішень щодо відрахування зі складу здобувачів освіти або інших дисциплінарних стягнень (відмова у присудженні передбачених внутрішніми нормативними документами стипендій, відмова у відборі на участь у програмах академічної мобільності тощо) [16].

Отримані результати у звітах з перевірки тексту на унікальність та відсутність плагіату носять рекомендаційний характер і є лише допоміжними матеріалами для забезпечення процесу перевірки академічних та наукових текстів, що проходять перевірку. Керівник має обов'язково провести додаткову експертизу роботи (самостійно або із залученням інших компетентних осіб), навіть якщо звіт не свідчить про відсутність ознак плагіату, оскільки до тексту пояснювальної записки можуть бути застосовані засоби «рерайтингу» з метою підвищення рівня унікальності. Крім того, попри той факт, що використання додатків, що ґрунтуються на мовних моделях, не є забороненим, зміст пояснювальної записки має свідчити про осмисленість положень, тверджень, висновків автора курсової роботи. За результатами експертизи роботи формується експертний висновок.

Зберігання експертних висновків щодо перевірки у документах структурного підрозділу є обов'язковим.

4.5 Критерії оцінювання курсового проєкту

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

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

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 курсвого проєкту	<i>Мах відсоток</i>
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. 	<p>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</p>	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 / G3 Електрична інженерія. Запоріжжя : ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2025.
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. Правила улаштування електроустановок. [Чинні від 2017-07-07]. Вид. офіц. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
4. ДСТУ 9324:2025 Настанова щодо проектування систем електропостачання промислових підприємств. [На заміну ДСТУ-Н Б В.2.5-80_2015; чинний від 2025-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2025.
5. ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. [На заміну ДБН В.2.5-23-2003; чинний від 2010-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010.
6. Електропостачання промислових підприємств та міст : методичні рекомендації до курсового проектування для бакалаврів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / І. М. Луценко, Н. Ю. Рухлова, П. С. Циган, Є. В. Кошеленко; Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2024. 63 с.
7. СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49:2011 Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ. Настанова (у редакції наказу від 26.01.2017 № 82). [На заміну СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49:2011; чинний від 2017-02-26]. Вид. офіц. Київ, 2017.
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: 26.09.2025).
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: 26.09.2025).

11. Правила цитування та посилання на використані літературні джерела : Studopedia.org. URL: <https://studopedia.org/2-31712.html> (дата звернення: 26.09.2025).

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: 26.09.2025).

13. Вибір комплектних трансформаторних підстанцій з урахуванням компенсації реактивної потужності в мережах до 1000 В : методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання №1 з навчальної дисципліни «Системи електропостачання підприємств» для бакалаврів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / G3 Електрична інженерія / уклад.: Н. Ю. Рухлова, А. В. Рухлов. Запоріжжя : ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 39 с.

14. Вибір елементів розподілу електричної енергії та апаратів захисту в мережах до 1000 В. : методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання №2 з навчальної дисципліни «Системи електропостачання підприємств» для бакалаврів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / G3 Електрична інженерія / уклад.: Н. Ю. Рухлова, А. В. Рухлов. Запоріжжя : ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 29 с.

15. 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: 26.09.2025).

16. Положення про академічну доброчесність здобувачів вищої освіти та працівників ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА : веб-сайт. URL: <https://metinvest.university/data/file/c1/c9/c1c998364cec4bdbb42478109c72e17c.pdf> (дата звернення: 26.09.2025).

17. РЕКОМЕНДАЦІЇ щодо запобігання академічному плагиату та його виявлення в наукових роботах (авторефератах, дисертаціях, монографіях, наукових доповідях, статтях тощо) : лист МОН України від 15.08.2018 р. №1/11-8681. URL: <https://metinvest.university/data/file/6e/e6/6ee695d4571a43359e7c5db85d0df837.pdf> (дата звернення: 26.09.2025).

БЛАНК ТИТУЛЬНОГО АРКУША

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

Пояснювальна записка
до курсового проекту
на тему «**Проектування системи електропостачання
виробничого цеху промислового підприємства**»

Варіант № X

Здобувача групи EI-2N-1

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____
(прізвище та ініціали)

_____ (посада, звання,)

Кількість балів _____

Оцінка за шкалою _____

Запоріжжя, 202N

БЛАНК ЗАВДАННЯ

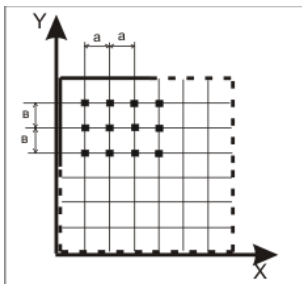
ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

ЗАВДАННЯ
НА КУРСОВИЙ ПРОЄКТ
«СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ»

рівня бакалавр
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка / G3 Електрична інженерія

ПІБ Студента повністю

1. Тема роботи Проєктування системи електропостачання виробничого цеху промислового підприємства
2. Термін здачі курсового проєкту 22.12.2025 р.
3. **Варіант завдання №X.**



План розташування електрообладнання

Крок колон

$a = \underline{\hspace{2cm}}$ м.

$b = \underline{\hspace{2cm}}$ м.

Координати джерела живлення :

$X_{дж} = \underline{\hspace{2cm}} \times 10^3$ м.

$Y_{дж} = \underline{\hspace{2cm}} \times 10^3$ м.

Висота приміщення (від підлоги до основи ферм):

$h = \underline{\hspace{2cm}}$ м.

Категорія споживачів по надійності

I, %	II, %	III, %
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Середовище промислового приміщення: нормальне

Напруга джерела живлення, кВ;

Потужність КЗ на шинах джерела живлення, МВА.

3.1. Завдання 1. Розрахувати електричні навантаження, вибрати цехові трансформаторні підстанції, компенсуючі пристрої, захисні апарати та елементи системи розподілу електроенергії:

ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІ:

а) напругою 6 (10) кВ

Електроприймачі	тип	п, шт	P _н , кВт	K _з	cos φ	η, %	n ₂ , об/хв
Двигуни: - асинхронні - синхронні	АК СДН	— —	— —	— —	— —	— —	— —

б) напругою 0,38 кВ

Групи електроприймачів	Кількість електроприймачів									
	0,15 кВт	7,5 кВт	13 кВт	22 кВт	30 кВт	55 кВт	60 кВт	75 кВт	90 кВт	95 кВт
1. Металорізальні верстати:										
а) з легким режимом роботи										
б) з важким режимом роботи										
в) з особливо важким режимом роботи										
2. Вентилятори, повітродувки										
3. Відцентрові насоси, компресори										
4. Електротермічне устаткування										
5. Освітлювальні прилади	Р									
6. Підйомно-транспортне устаткування	Кількість	Вантажопідйомність підйому (тон) (головний/допоміжний)	Потужність електродвигунів <i>при</i> ТВ = 55 %, кВт				Підйому: <u>головний</u> <u>допоміжний</u>			
			переміщення							
			візка		крану					
Мостові крани		10	10		2,2		11/ -			
		15/3	2x7,5		3,5		22/11			
		20/5	2x7,5		5		30/16			
		30/5	2x11		5		45/16			
Підвісні крани		5	2x0,6		2x0,6		7/ -			
7. Зварювальне устаткування	Кількість, шт	Un, В	cos φ	ТВ, %	S, кВ·А	Примітка				
Однофазні зварювальні трансформатори										
Ручного зварювання		220	0,55	50	40					
		380	0,5	65	60					
Автоматичного зварювання		220	0,65	55	25					
		380	0,6	60	80					

Необхідно визначити:

- а) електричні навантаження підприємства;
- б) вибрати цехові трансформаторні підстанції та компенсуючі пристрої;
- в) визначити структуру і конструктивне виконання цехової мережі;
- г) виконати розрахунок цехової мережі.
- д) визначити заходи щодо покращення рівня напруги у електроприймачів.

3.2. Завдання 2. Розробити графічну частину: однолінійну схему системи електропостачання підприємства та план розташування обладнання:

- а) побудувати однолінійну електричну схему системи електропостачання підприємства, параметри якої визначені у завданні 1;
- б) побудувати план виробничого приміщення підприємства із розташуванням обладнання технологічного процесу та електрообладнання системи електропостачання, яке було обрано у завданні 1.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів розробки курсового проєкту	Строк виконання етапів курсового проєкту	Примітка
1	Виконання завдання 1	29.09.25-23.11.25	
2	Виконання завдання 2	24.11.25-14.12.25	
6	Оформлення пояснювальної записки, графічної частини та презентації	15.12.25-21.12.25	
7	Перевірка на плагіат	22.12.25-04.01.26	
8	Захист курсового проєкту	05.01.26-16.01.26	

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> вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
крок колон, м	а	9	12	6	9	12	6	9	12	6	9
	б	12	6	9	6	12	6	9	9	9	12
висота приміщення, м	h	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12
координати ДЖ, м	$X_{дж}$	$2,8 \cdot 10^3$	$-2,0 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^3$	$-2,1 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	$-2,1 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$-1,1 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	$-1,1 \cdot 10^3$
	$Y_{дж}$	$1,8 \cdot 10^3$	$-1,5 \cdot 10^3$	$-1,3 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^3$	$-2,5 \cdot 10^3$	$-1,1 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	$-1,8 \cdot 10^3$
категорія ЕП за надійністю, %	I	10	15	20	25	30	5	35	40	10	15
	II	50	65	40	35	20	50	50	40	20	30
	III	40	20	40	40	50	45	15	20	70	55
напруга ДЖ, кВ		6	10	6	10	6	10	6	10	6	10
$S_{кз.дж}$, МВА		190	240	180	250	210	270	220	290	185	300
Трифазні електроприймачі напругою 6 (10) кВ											
двигуни асинхронні:	АК										
кількість, <i>n</i>	шт	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
потужність, P_n	кВт	2000	1200	1500	1000	800	1500	2000	800	1200	1000
K_s		0,8	0,85	0,9	0,75	0,7	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
$\cos\phi$		0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,85	0,8	0,6	0,7	0,8
ККД, $\eta_{ном}$	%	90	85	80	90	88	95	92	82	86	80
число обертів, n_2	об/хв	3000	3200	3600	3000	3200	3600	3000	3200	3600	3000
двигуни синхронні:	СДН										
кількість, <i>n</i>		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
потужність, P_n		800	1000	1200	1500	1800	1000	800	1500	1000	2000
K_s		0,8	0,85	0,9	0,75	0,7	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
$\cos\phi$ (вип.)		0,8	0,85	0,9	0,75	0,8	0,85	0,8	0,9	0,85	0,9
ККД, $\eta_{ном}$	%	90	85	80	90	88	95	92	82	86	80
число обертів, n_2		3000	3200	3600	3000	3200	3600	3000	3200	3600	3000
Трифазні електроприймачі напругою 0,38 кВ											
Металорізальні верстати з легким режимом роботи	<i>n</i> , шт	5	4	3	4	3	5	2	3	3	4
	P_n , кВт	13	22	30	13	22	7,5	30	22	13	7,5
Металорізальні верстати з важким режимом роботи	<i>n</i> , шт	4	3	2	3	2	1	2	3	4	3
	P_n , кВт	30	30	60	60	30	55	55	30	22	22
Вентилятори, повітрорудки	<i>n</i> , шт	2	3	3	4	4	3	2	2	3	2
	P_n , кВт	55	30	22	13	7,5	7,5	13	22	13	30
Відцентрові насоси, компресори	<i>n</i> , шт	2	2	3	4	4	2	1	2	3	2
	P_n , кВт	30	60	55	22	13	30	60	30	22	22
Підйомно-транспортне устаткування, вантажопідйомність підйому (т.) головний/допоміжний), <i>n</i> , шт	10	1		2	1		1	2	2		2
	15/3		2			2			2	1	
	20/5	1		1	1		1			1	
	30/5		1		1		2	1			1
	5	1	1	1	1	2		1		2	1
Однофазні електроприймачі напругою 0,38 кВ											
Зварювальне устаткування (ручне), <i>n</i> , шт, напругою, В	220	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
	380	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Зварювальне устаткування (автоматичне), <i>n</i> , шт, напругою, В	220	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
	380	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1



ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Визначення електричних навантажень промислового підприємства статистичним модифікованим МЕТОДОМ

Цех																	
Статистичний модифікований метод																	
№ п/п	Найменування вузлів живлення і груп електроприймачів	Кількість електроприймачів	Встановлена потужність, приведена до ТВ=100%, кВт		Коефіцієнт використання	cos φ	tg φ	Середнє навантаження за максимально завантаженою зміну		К _{в.сз}	Ефективна кількість ЕП	Розрахунковий коефіцієнт К _р	Максимальне навантаження			I _м = S _м /1,73·U _{лн} , А	Сума квадратів рномі
			ρ _{ном}	ΣP _н				P _{зм} = K _в ·ΣP _н , кВт	Q _{зм} = P _{зм} ·tg φ, кВАр				P _м = K _р ·ΣP _{зм} , кВт	Q _м = K _р ·ΣQ _{зм} , кВАр	S _м , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Легкого режиму																
	Важкого режиму																
	Особливо важкого																
2	Мостові крани																
	Підв. крани																
3	Звар. тр-ри ручного зварювання																
	Зв. тр. авт. зварювання																
4	Вентилятори																
6	Компресори																
7	Освітлення																
Разом по цеху																	

Умовні графічні зображення електрообладнання на планах

верстати:

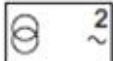
-  3 легким режимом роботи
-  3 важким режимом роботи
-  3 особливо важким режимом роботи
-  Вентилятори
-  Компресори
-  Електотермічне обладнання



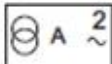
Зварювальні трансформатори однофазні

Ручного зварювання

 220 В

 380 В

Автоматичного зварювання

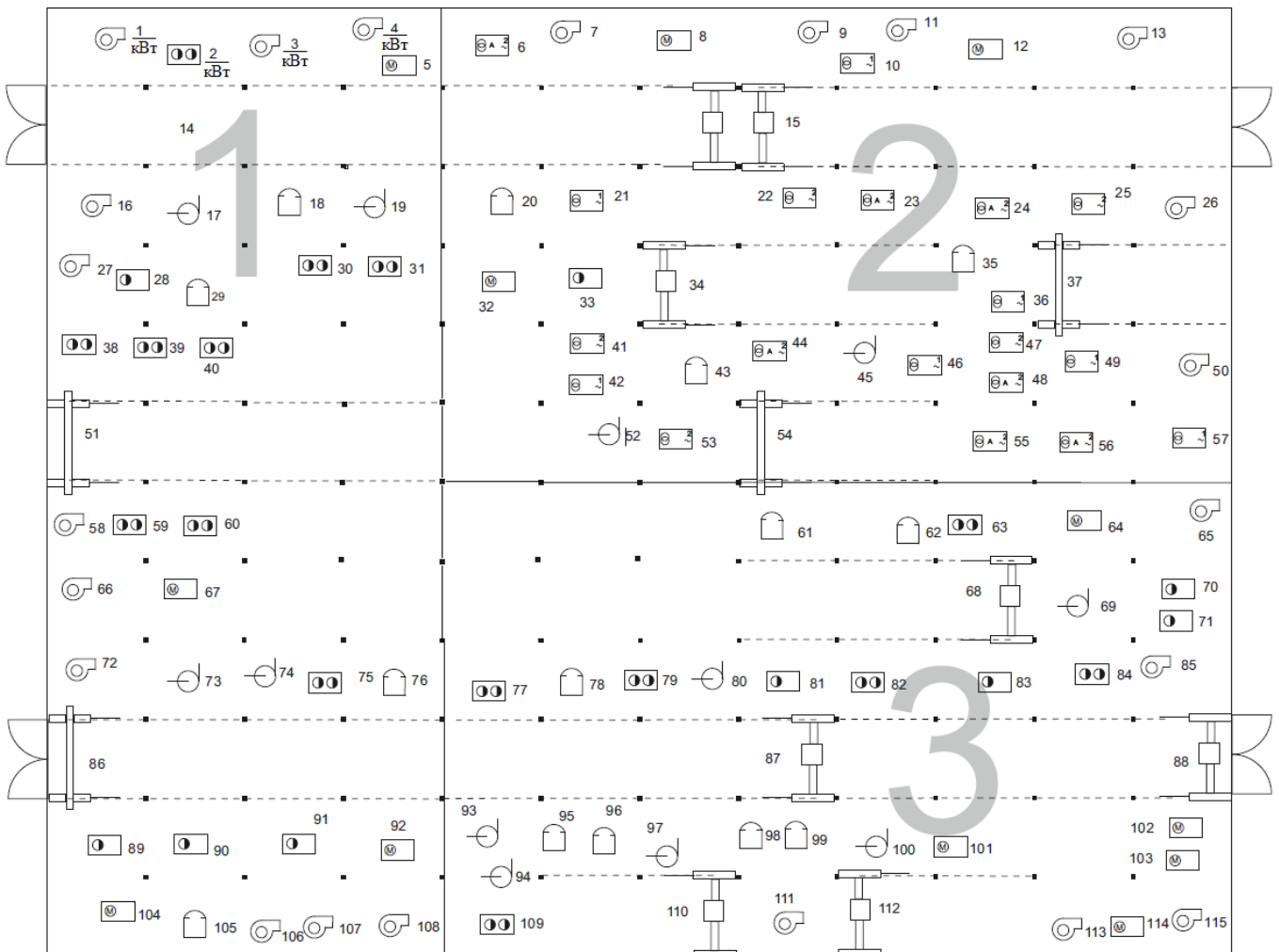
 380 В



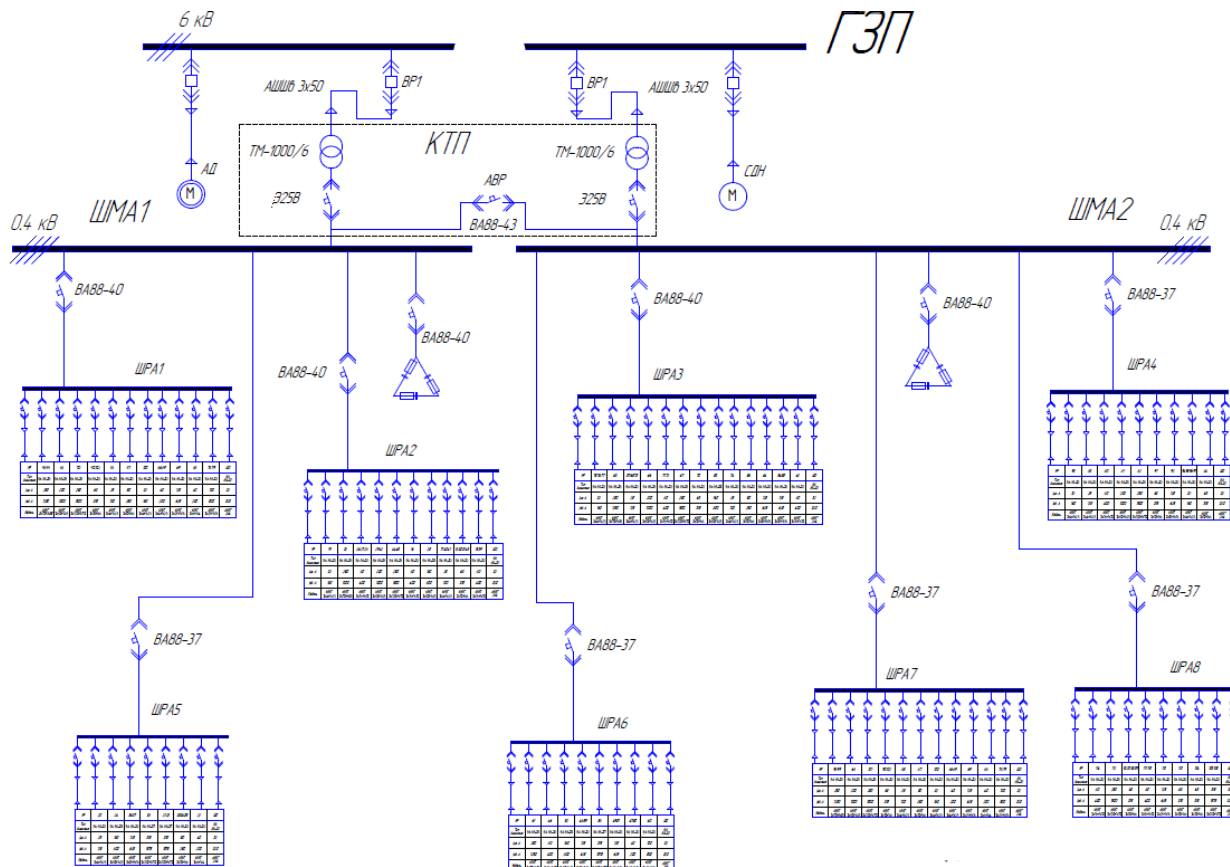


ДОДАТОК Є

Приклад плану виробництва з умовним розташуванням електрообладнання

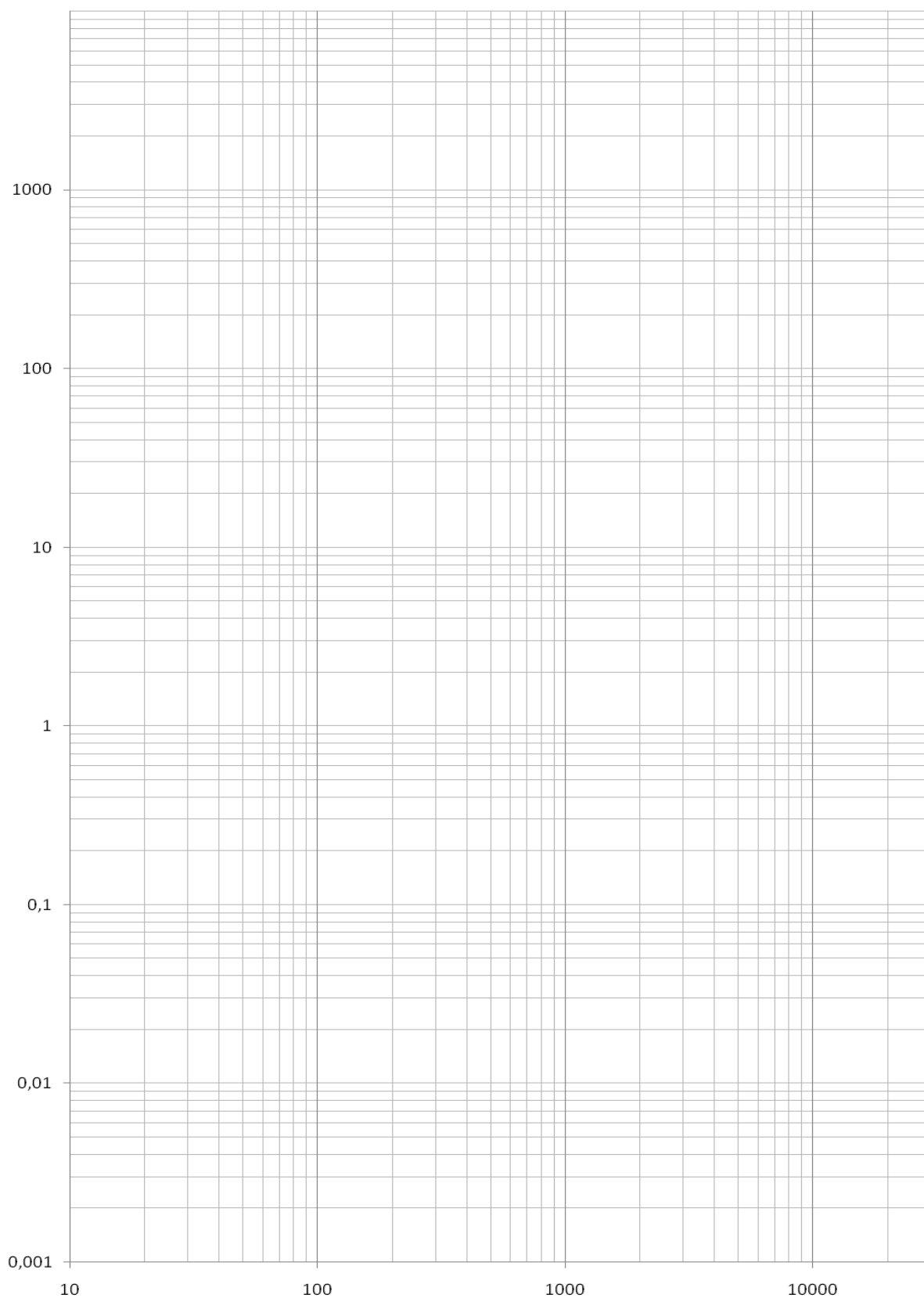


Приклад однолінійної схеми електропостачання підприємства





Шаблон логарифмічної шкали для побудови карти селективності





Навчально-методичне видання

Наталія Юріївна Рухлова
Артем Володимирович Рухлов

«СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ»

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсового проєкту**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції

спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / G3 Електрична інженерія
назва освітньо- професійної програми	Інжиніринг електропостачання та електромеханічних систем у металургії та гірництві