

**Міністерство освіти та науки України  
Луцький національний технічний університет**



## **ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Методичні вказівки  
до виконання самостійної роботи  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
освітньої програми  
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
галузі знань 14 Електрична інженерія  
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка,  
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2026

УДК 621.311 (07)

E75

До друку

Голова вченої ради факультету архітектури, будівництва та дизайну  
\_\_\_\_\_ О.В. Андрійчук

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки \_\_\_\_\_ Н.П. Поліщук

Затверджено вченою радою факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ, протокол № 6 від «18» лютого 2026 року.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри електричної інженерії ЛНТУ, протокол № 7 від «18» лютого 2026 року.

Завідувач кафедри електричної інженерії \_\_\_\_\_ Ю.В. Грицюк

Укладач: \_\_\_\_\_ Н.В.Коменда, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричної інженерії ЛНТУ.

Рецензент: \_\_\_\_\_ Л.В. Давиденко, доктор технічних наук, професор кафедри електричної інженерії ЛНТУ.

Відповідальний за випуск: \_\_\_\_\_ Ю.В. Грицюк, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри електричної інженерії ЛНТУ.

E75 Електропостачання [Текст]: Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Коменда. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 42 с.

Подано теми та короткі анотації тем теоретичного курсу, а також бібліографічні дані для їхнього опрацювання.

© Н.В. Коменда, 2026

## ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ .....	4
2. РОБОЧА ПРОГРАМА Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ КУРСУ .....	6
Тема 1. <i>Основні відомості про електроенергетичні     системи та електропостачальні системи     промислових підприємств</i> .....	6
Тема 2. <i>Електричні навантаження</i> .....	10
Тема 3. <i>Цехові електричні мережі</i> .....	14
Тема 4. <i>Внутрішньозаводські електричні мережі</i> .....	21
Тема 5. <i>Компенсація реактивної потужності</i> .....	24
Тема 6. <i>Електробаланс і втрати електричної енергії</i> ..	31
Тема 6. <i>Техніка безпеки й охорона праці на     промислових підприємствах</i> .....	34
3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ .....	40
3.1. Навчальна та довідникова література .....	40
3.2. Нормативна та інструктивна література .....	40
3.3. Методична література .....	40

# 1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

При вивченні дисципліни “Електропостачання” студенти ознайомлюються з характеристиками графіків електричних навантажень, методами розрахунку електричних навантажень, цеховими та внутрішньозаводськими електричними мережами, компенсацією реактивної потужності, основами техніко-економічних розрахунків, електробалансом підприємства та з надійністю електропостачання.

Метою викладання дисципліни є формування системи теоретичних знань і практичних навичок в поглибленому освоєнні електропостачання: ознайомлення з характеристиками графіків навантажень, освоєння методів розрахунку електричних навантажень, ознайомлення з: особливостями цехових та внутрішньозаводських електричних мереж; компенсацією реактивної потужності; основами техніко-економічних розрахунків; електробалансом і втратами електричної енергії.

Завдання вивчення дисципліни: опанування студентами загальної теорії розрахунку електропостачання промислових споживачів електроенергії; формування у студентів на стадії підготовки бакалаврів електроенергетичного профілю системи базових знань про СЕП, методологічні основи проектування, закріплення теоретичних знань і вироблення навичок їхнього застосування при виконанні розрахунків з даної дисципліни, а також, в майбутньому, у практичній інженерній діяльності.

Для студентів заочної та денної форм навчання передбачені наступні форми вивчення матеріалу з курсу: слухання лекцій з основних питань курсу в період настановчої сесії чи протягом семестру; виконання лабораторних та практичних робіт; виконання курсового проєкту на тему: «Проектування СЕП промислового підприємства». Оцінювання, оформлення та захист здійснюється на основі затверджених положень та методичних рекомендацій до навчального процесу.

При самостійному вивченні курсу необхідно попередньо ознайомитися з робочою програмою й методичними вказівками до кожної теми. Після вивчення теми треба відповісти на запитання для самоперевірки. Вивчення матеріалу слід закріпити вирішенням і розбором практичних прикладів, що є в рекомендованій літературі.

Відповідно до навчального плану на вивчення курсу виділяється два семестри.

Знання студентів контролюються за результатами складання заліку та іспиту.

## **2. РОБОЧА ПРОГРАМА Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ КУРСУ**

### **Тема 1. Основні відомості про електроенергетичні системи та електропостачальні системи промислових підприємств**

Основні поняття та визначення. Завдання електропостачальних систем. Проблема електропостачання. Структура та функціональні складові електропостачальних систем. Джерела живлення електропостачальних систем підприємств. Виробництво електричної енергії. Особливості ліній електропередачі та підстанцій електропостачальних систем.

*Література:* [1, 2, 3, 5]

#### **Методичні вказівки.**

##### **1.1 Основні поняття та визначення**

Мета розділу сформувані у студентів системне розуміння структури та елементів електропостачальних систем, їх ієрархії та взаємозв'язків.

Методичні рекомендації

Звернути увагу на ієрархію систем: електропостачальна система (ЕПС) – локальний рівень забезпечення споживача; електроенергетична система (ЕЕС) – централізована система виробництва та передачі електроенергії; енергетична система (ЕС) – ширше поняття, що охоплює електричну і теплову енергію.

Важливо чітко розуміти співвідношення цих понять.

Вивчити типи електростанцій як базові джерела генерації: атомна електростанція (АЕС); теплова електростанція (ТЕС); гідроелектростанція (ГЕС). Звернути увагу на різницю у принципах перетворення енергії.

Опанувати структуру електричної мережі, що включає: повітряні та кабельні лінії; підстанції різних типів (ВРП, ГПП, ПГВ, ТП, КТП); розподільні пункти (РП, ЦРП).

Особливу увагу приділити функціональному призначенню підстанцій: вузлова розподільна; головна понижувальна; підстанція глибокого вводу; трансформаторна підстанція.

Засвоїти поняття зовнішньої та внутрішньої електропостачальної системи, а також межі балансової належності.

## **1.2 Завдання електропостачальних систем**

Мета розділу сформуванню розуміння вимог до сучасних електропостачальних систем з технічної, економічної та екологічної точок зору.

Методичні рекомендації

Визначити ключові вимоги до ЕПС: економічна ефективність; якість електроенергії; надійність; гнучкість та можливість розвитку; екологічність. Звернути увагу на категорії електроприймачів за надійністю живлення.

Проаналізувати роль: компенсації реактивної потужності; вирівнювання графіків навантаження; застосування сучасної мікропроцесорної техніки. Усвідомити зв'язок між технічними рішеннями та економічним ефектом.

## **1.3 Проблема електропостачання**

Мета розділу розкрити глобальні виклики енергетики та необхідність енергоощадності.

Методичні рекомендації

Розглянути: зростання світового споживання енергії; обмеженість традиційних паливних ресурсів; потребу в альтернативних джерелах енергії.

Звернути увагу на: зменшення втрат в електричних мережах; підвищення ККД обладнання; роль когенерації.

Усвідомити важливість: екологічної безпеки; міжнародної стандартизації; підготовки кваліфікованих фахівців.

## **1.4 Структура та функціональні складові ЕПС**

Мета розділу сформуванню чітке уявлення про структурну побудову системи електропостачання підприємства.

Методичні рекомендації

Засвоїти функціональні елементи: джерело живлення (ЕЕС); лінії зовнішнього електропостачання; ГПП або ПГВ; мережа

середньої напруги; трансформаторні підстанції; мережі низької напруги.

Розуміти принцип «глибокого вводу» високої напруги. Вміти пояснити: межу балансової належності; структуру внутрішньої та зовнішньої частин ЕПС.

### **1.5 Джерела живлення електропостачальних систем**

Мета розділу ознайомити студентів з класифікацією джерел живлення та їх техніко-економічними характеристиками.

Методичні рекомендації

Вивчити основні типи джерел: підстанції енергосистеми; власні електростанції; автономні джерела; статичні джерела.

Особливу увагу приділити когенераційним установкам та їх перевагам: високий ККД (до 90%); зниження витрат палива; зменшення шкідливих викидів.

Проаналізувати умови доцільності застосування власних ТЕЦ.

### **1.6 Виробництво електричної енергії**

Мета розділу сформуванню розуміння фізичних принципів виробництва електроенергії.

Методичні рекомендації

Розглянути принцип роботи: теплової електростанції; атомної електростанції; гідроелектростанції; гідроакумулювальної електростанції.

Звернути увагу, що незалежно від типу станції електроенергія виробляється трифазними синхронними генераторами.

Проаналізувати сучасні напрями: вітроенергетика; сонячна енергетика. Усвідомити спільність термодинамічних процесів на ТЕС та АЕС.

### **1.7 Особливості ліній електропередачі та підстанцій**

Мета розділу сформуванню розуміння особливостей роботи ліній і підстанцій у системах електропостачання.

Методичні рекомендації

Вивчити діапазон номінальних напруг (0,4–330 кВ). Усвідомити відмінність: ліній електропостачальних систем

(переважно нереверсивні); магістральних ліній електроенергетичних систем (можлива реверсивність).

Розглянути: роль розподільних пристроїв; необхідність комутаційної та захисної апаратури; принципи резервування живлення.

### **Загальні рекомендації до опрацювання теми**

- ✓ Систематизувати матеріал у вигляді структурних схем.
- ✓ Порівнювати типи електростанцій за принципом перетворення енергії.
- ✓ Аналізувати зв'язок між технічними рішеннями та економічною ефективністю.
- ✓ Звертати увагу на сучасні тенденції: когенерація, автоматизація, екологізація.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Що таке електропостачальна система (ЕПС) і яке її призначення?
2. Чим відрізняється енергетична система від електроенергетичної системи?
3. Які основні елементи входять до складу електропостачальної системи?
4. Які вимоги висуваються до сучасних електропостачальних систем?
5. Що означає надійність електропостачання і як вона забезпечується?
6. Які основні завдання вирішує система електропостачання підприємства?
7. Як класифікують споживачів електроенергії за встановленою потужністю?
8. Які функціональні частини має система електропостачання великого підприємства?
9. Де проходить межа між зовнішньою та внутрішньою системами електропостачання?
10. Які вимоги ставляться до джерел живлення?

11. У яких випадках доцільно застосовувати автономні або власні джерела живлення?

12. Які основні типи електростанцій і чим вони відрізняються за принципом роботи?

13. Який принцип виробництва електроенергії на теплових електростанціях?

14. У чому особливість роботи атомних електростанцій?

15. Як виробляється електроенергія на гідроелектростанціях?

16. Які переваги та недоліки відновлюваних джерел енергії?

17. Який діапазон напруг використовується в електропостачальних системах?

18. Чим відрізняються лінії електропостачальних систем від ліній електроенергетичних систем?

## **Тема 2. Електричні навантаження.**

Споживачі та приймачі електричної енергії. Розподіл електричної енергії. Структура електроспоживання. Класифікація приймачів електричної енергії. Графіки електричного навантаження. Величини та коефіцієнти, що характеризують графіки навантажень. Методи визначення розрахункових навантажень. Класифікація та загальна характеристика методів. Способи визначення ефективної кількості приймачів. Визначення навантажень з врахуванням рівнів СЕП (ієрархічний підхід).

*Література:* [1, 2, 3, 5]

### **Методичні вказівки.**

При опрацюванні теми звернути увагу на розмежування понять: електроприймач, споживач, електроустановка.

Засвоїти структуру електроспоживання та роль основних груп електроприймачів (електропривод, електротехнологія, освітлення, керування).

Чітко розуміти класифікаційні ознаки електроприймачів: за родом струму; за кількістю фаз; за частотою; за напругою та потужністю; за режимом роботи; за надійністю електропостачання.

Особливу увагу приділити: пусковим струмам асинхронних двигунів; впливу несиметрії та нелінійності навантаження; показникам якості електроенергії.

Засвоїти типи графіків електричних навантажень: індивідуальні (періодичні, циклічні, нециклічні, нерегулярні); групові (періодичні, майже періодичні, нерегулярні); хронологічні та упорядковані (за тривалістю).

Чітко розуміти фізичний зміст величин: середня потужність; ефективна (середньоквадратична) потужність; розрахункове навантаження; час використання максимального навантаження; час найбільших втрат.

Засвоїти систему коефіцієнтів графіків навантажень та їх практичне значення (особливо коефіцієнт використання).

Уміти пояснювати, чому для розрахунків застосовується інтервал 30 хвилин (зв'язок із сталою часу нагрівання).

Розуміти зв'язок між графіками навантажень і вибором елементів системи електропостачання.

У формулах звертати увагу на фізичний зміст кожного параметра.

Під час опрацювання матеріалу необхідно:

Чітко розуміти різницю між: номінальною, середньою, розрахунковою, максимальною потужністю. Усвідомити наслідки: завищення розрахункових навантажень (перевитрати матеріалів, зростання вартості); заниження (перегрівання, перевантаження, втрати, скорочення ресурсу).

Знати ієрархічний підхід до визначення навантажень: окремий електроприймач; група приймачів; цехова ТП; РП/ГРП; ГПП; мережа вищої напруги.

Розуміти сферу застосування кожного методу: технологічного графіка; коефіцієнта попиту; питомих показників; впорядкованих діаграм; статистичного; розрахункових коефіцієнтів.

Уміти: визначати ефективну кількість електроприймачів  $n_e$ ; знаходити груповий коефіцієнт використання  $K_B$ ; застосовувати

коефіцієнти максимуму  $K_M$ ; враховувати компенсацію реактивної потужності; враховувати втрати в трансформаторах; враховувати однофазні приймачі у трифазних мережах.

Алгоритм опрацювання теми

1. Вивчити загальні принципи визначення розрахункових навантажень.
2. Ознайомитися з класифікацією методів.
3. Розглянути кожен метод окремо: сутність; формули; переваги; недоліки; область застосування.
4. Опрацювати порядок визначення ефективної кількості електроприймачів.
5. Розглянути ієрархічний підхід визначення навантажень у СЕП.

### Запитання для самоперевірки

1. Що називається електроприймачем електричної енергії?
2. У чому відмінність між електроприймачем і споживачем?
3. Які основні групи електроприймачів виділяють за ознакою перетворення енергії?
4. Яка частка електроспоживання припадає на промисловість?
5. За якими основними ознаками класифікують електроприймачі?
6. Чим відрізняються електроприймачі змінного та постійного струму?
7. Яка промислова частота використовується в Україні та більшості країн Європи?
8. Які переваги та недоліки мають системи з частотою 60 Гц порівняно з 50 Гц?
9. Які діапазони номінальних напруг застосовуються в електроустановках до 1000 В?
10. Як визначається номінальна потужність для різних типів електроприймачів?
11. Що таке коефіцієнт потужності ( $\cos\phi$ ) і що він характеризує?

12. Чому пускові струми асинхронних двигунів є важливими для розрахунків?
13. Як несиметрія навантаження впливає на роботу мережі?
14. Чому нелінійні електроприймачі викликають появу гармонік?
15. Які показники характеризують якість електроенергії?
16. Які існують категорії електроприймачів за надійністю електропостачання?
17. Що називається електричним навантаженням?
18. Які існують типи індивідуальних графіків навантаження?
19. Що таке розрахункове навантаження та чому воно визначається за 30 хв?
20. У чому різниця між середньою та ефективною (середньоквадратичною) потужністю?
21. Що таке розрахункове навантаження і для чого воно визначається?
22. Які наслідки має завищення розрахункових навантажень?
23. До чого призводить заниження розрахункових потужностей?
24. Чому визначення розрахункових навантажень має велике народногосподарське значення?
25. На яких ієрархічних рівнях СЕП визначаються навантаження?
26. На які основні групи поділяються методи визначення розрахункових навантажень?
27. У чому полягає суть методу технологічного графіка?
28. У яких випадках застосовують метод коефіцієнта попиту?
29. Які вихідні дані необхідні для методу коефіцієнта попиту?
30. У яких межах приймається коефіцієнт одночасності максимумів  $K_{ом}$ ?
31. Коли застосовують метод питомих витрат електроенергії?
32. Які одиниці вимірювання можуть використовуватися для питомого навантаження?
33. У чому переваги методу питомого навантаження?

34. Які обмеження має метод питомих витрат електроенергії?
35. Що таке ефективна кількість електроприймачів  $n_e$ ?
36. За якими умовами виконується зведення групи до еквівалентної?
37. Від яких параметрів залежить коефіцієнт максимуму  $K_M$ ?
38. На яких рівнях СЕП доцільно застосовувати метод впорядкованих діаграм?
39. Які два основні параметри використовуються у статистичному методі?
40. Що означає параметр  $\beta$  у формулі статистичного методу?
41. Як змінюється коефіцієнт попиту зі збільшенням ефективної кількості електроприймачів?
42. У чому полягає ідея методу розрахункових коефіцієнтів?
43. Як визначається зведена (ефективна) кількість електроприймачів  $N_e$ ?
44. За яких умов коефіцієнт  $K_p$  приймають рівним 1?
45. Як враховуються втрати активної та реактивної потужності трансформаторів?
46. Як враховуються однофазні електроприймачі у трифазній мережі?

### **Тема 3. Цехові електричні мережі.**

Електричні мережі цехових споживачів електричної енергії. Системи мереж низької напруги. Вибір напруги для живлення цехових електроприймачів. Схеми та конструктивне виконання мереж низької напруги. Розподільні пристрої трансформаторних підстанцій промислових підприємств. Вибір кількості і потужності цехових трансформаторів з врахуванням компенсації реактивної потужності. Освітлювальні цехові мережі. Вибір перерізів проводів, кабелів, шинопроводів. Комутаційні та захисні апарати НН.

*Література:* [3, 5]

#### **Методичні вказівки.**

Мета вивчення теми - сформулювати у студентів системне розуміння

принципів побудови, вибору та оцінювання схем електропостачання цехових споживачів напругою до 1000 В з урахуванням надійності, безпеки та техніко-економічної доцільності.

Звернути увагу на:

1. Фактори вибору схеми електропостачання: встановлена та розрахункова потужність приймачів; категорія надійності електропостачання; територіальне розміщення обладнання; умови навколишнього середовища; перспективи розвитку підприємства.

2. Основні вимоги до схем: забезпечення надійності відповідно до категорії споживачів; зручність експлуатації та обслуговування; мінімізація втрат електроенергії; економічність (капітальні та експлуатаційні витрати); можливість індустріального монтажу; підвищена електробезпека.

3. Особливості мереж напругою до 1000 В: широке застосування систем 127/220, 220/380, 380/660 В; безпосередній контакт персоналу з елементами мережі → підвищені вимоги до захисту; необхідність захисту від атмосферних та комутаційних перенапруг; забезпечення безперервності живлення відповідальних споживачів.

Рекомендації до самостійного опрацювання:

- Порівняти різні схеми за критеріями надійності та вартості.
- Проаналізувати, як категорія електроприймачів впливає на вибір структури мережі.
- Розглянути приклади аварійних режимів у цехових мережах.

Класифікація систем НН здійснюється відповідно до рекомендацій Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК).

Логіка позначень систем:

1. Перша літера — стан нейтралі джерела живлення:
  - I — ізольована нейтраль;
  - T — глухо заземлена нейтраль.
2. Друга літера — спосіб заземлення корпусів:
  - T — місцеве заземлення;

- N — приєднання до нейтралі джерела.
3. Третя літера (для TN):
- C — суміщений PEN-провідник;
  - S — роздільні N і PE.

Характеристика систем:

1. Система IT:

- Ізольована нейтраль.
- Малий струм однофазного замикання.
- Перше замикання не призводить до відключення.
- Потребує постійного контролю ізоляції.
- Застосовується там, де важлива безперервність живлення.

△ Особливість: при замиканні фази на землю можливе підвищення фазної напруги у  $\sqrt{3}$  разів.

2. Система TT:

- Заземлена нейтраль джерела.
- Корпуси заземлюються локально.
- Струм замикання обмежений опорами заземлень.
- Потребує застосування ПЗВ.

Недолік: традиційні струмові захисти можуть бути нечутливими.

3. Система TN-C:

- Суміщений провідник PEN.
- Захисний захід — занулення.
- Економічна.
- Небезпечна при обриві PEN.
- Можливі небезпечні потенціали на корпусах.

4. Система TN-S:

- Окремі провідники N та PE.
- Вища електробезпека.
- Широке застосування ПЗВ.
- Більші капітальні витрати.

5. Система TN-C-S:

- Комбінована система.
- Від підстанції — TN-C.

- На рівні розподілу — TN-S.
- Оптимальне поєднання економічності та безпеки.

Методичні акценти: чітко розуміти різницю між PEN, N та PE; уміти аналізувати аварійні режими; пояснювати наслідки обриву нульового провідника; порівнювати системи за критеріями: безпека, вартість, надійність.

Основні положення: 127 В — обмежене застосування; 220 В — освітлення, дрібні двигуни; 380 В — найбільш поширена напруга; 660 В — для потужних виробництв (двигуни до 700 кВт).

Методичні рекомендації: обґрунтовувати вибір напруги через втрати та переріз провідників; аналізувати питомі навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі; враховувати економіку кольорових металів.

Класифікація за кількістю провідників: 3-провідні (IT); 4-провідні (TN-C); 5-провідні (TN-S).

За способом прокладання: повітряні лінії; кабельні лінії; шинопроводи; проводки.

За розташуванням: зовнішні; внутрішні.

Умови середовища: сухі; вологі; сирі; гарячі; запилені; хімічно агресивні; пожежо- та вибухонебезпечні.

Струмопровідні матеріали: алюміній — основний матеріал; мідь — для відповідальних, вибухонебезпечних та гнучких з'єднань; сталь — для кранових тролей.

Схеми силових мереж цехів. Сформувані у студентів уміння:

- обґрунтовано вибирати схему розподілу електроенергії в цеху;
- аналізувати переваги та недоліки різних схем;
- враховувати категорію надійності, територіальне розміщення навантажень і перспективу розвитку виробництва.

Загальні принципи вибору схеми. Під час проектування необхідно враховувати: величину та характер навантажень; їх розташування в плані цеху; категорію електроприймачів; вимоги до резервування; умови середовища; економічну доцільність.

Розподіл електроенергії може виконуватись за схемами: радіальною; магістральною; змішаною; замкнутою (кільцевою)

Радіальні схеми. Сфера застосування: великі концентровані навантаження; насосні та компресорні станції; печі; вибухонебезпечні та пожежонебезпечні виробництва.

Особливості: кожен споживач або група живиться окремою лінією; одноступеневі — для великих приймачів; двоступеневі — для великих підприємств.

Переваги: висока надійність; локалізація аварії; зручність автоматизації.

Недоліки: великі витрати кабелю; багато комутаційних апаратів; низька гнучкість.

Методичні акценти:

- звернути увагу на принцип резервування (15–30%);
- розуміти особливості вибору трансформаторів (50–80% навантаження);
- аналізувати наслідки перерозподілу навантаження.

Магістральні схеми. Сфера застосування: велика кількість малопотужних приймачів; рівномірне розташування обладнання; механічні, деревообробні, текстильні цехи.

Основні варіанти: схема «трансформатор–магістраль»; кілька магістралей від одного трансформатора; використання шинопроводів (магістральні (ШМА); розподільчі (ШРА)).

Переваги: економічність; гнучкість; індустріальний монтаж; зручність модернізації.

Недоліки: одночасне відключення великої кількості споживачів при пошкодженні магістралі.

Методичні рекомендації:

- звернути увагу на правильний розподіл навантаження між магістралями;
- не допускати підключення однієї технологічної лінії до різних магістралей;
- аналізувати режим перевантаження в аварійному режимі.

Змішані схеми. Найбільш поширені на практиці. Поєднують: магістральну основу; радіальні відгалуження.

Застосування: прокатні цехи; ливарні; механоскладальні; збагачувальні фабрики; котельні.

Переваги: оптимальне співвідношення надійності та вартості; зручність експлуатації; гнучкість.

Методичний підхід:

- вміти обґрунтувати комбінування схем;
- розуміти логіку підключення шинопроводів;
- враховувати умови середовища.

Розподільні пристрої трансформаторних підстанцій. Комплектні трансформаторні підстанції (КТП). КТП складаються з: силового трансформатора (6–10/0,4 кВ); розподільних пристроїв (РУ); апаратури керування, захисту, сигналізації.

Типи КТП: внутрішньоцехові (до 2500 кВА); мачтові (16–250 кВА); кіоскові (100–1600 кВА); блочні (до 1600 кВА).

Комплектні розподільні пристрої (КРП) застосовуються: КРП (до 1 кВ); КРПЗ (6–10 кВ); для ВРУ 6–110 кВ.

Основні елементи: автоматичні вимикачі; вимірювальні трансформатори струму; релейний захист; АВР; шини; лічильники.

Конструктивні особливості: металеві шафи товщиною 2–3 мм; стаціонарне або викатне виконання; секційні, ввідні та лінійні шафи; кількість ліній: силові — 1–8; освітлювальні — 6–12.

Методичні акценти при вивченні РП. Студент повинен:

1. Розуміти функціональне призначення РП.
2. Знати різницю між КТП, КРП, КРПЗ.
3. Орієнтуватися у типах шаф.
4. Аналізувати вибір апаратури залежно від потужності.
5. Враховувати вимоги до секціонування та резервування.

Рекомендації до самостійної роботи: побудувати порівняльну таблицю радіальної та магістральної схем; проаналізувати приклад змішаної схеми для механічного цеху; розробити структурну схему КТП 10/0,4 кВ; обґрунтувати вибір

схеми для конкретного виробництва.

Після опрацювання матеріалу студент повинен:

- розуміти принципи вибору кількості трансформаторів цехових ТП;
- визначати економічно доцільну величину компенсації реактивної потужності;
- розраховувати оптимальну потужність НБК;
- виконувати техніко-економічне порівняння варіантів;
- перевіряти трансформатори на перевантажувальну здатність.

Освітлювальні мережі. При вивченні звернути увагу на: розділення робочого та аварійного освітлення; вимоги до напруги живлення; особливості розрахунку при  $\cos\phi = 1$ ; розрахунок перерізу проводів за втратами напруги.

Вибір перерізів проводів. Основні критерії:

1. Нагрівання тривалим струмом.
2. Перевірка за струмом КЗ.
3. Допустимі втрати напруги.
4. Термічна стійкість.

Комутаційні апарати НН. При вивченні слід чітко розрізняти: вимикачі навантаження; запобіжники; автоматичні вимикачі; типи захисних характеристик (В, С, D).

### **Запитання для самоперевірки**

1. Які фактори впливають на вибір схеми електропостачання цеху?
2. У чому принципова різниця між системами TN-C і TN-S?
3. Які небезпеки виникають при обриві PEN-провідника?
4. Чому система IT вимагає контролю ізоляції?
5. За яких умов доцільно застосовувати напругу 660 В?
6. Які переваги має система TN-C-S?
7. У яких випадках доцільно застосовувати радіальну схему?
8. Які переваги магістральної схеми?
9. Чим змішана схема краща за «чисту» радіальну?

10. Яке призначення комплектного розподільного пристрою?
11. Які типи КТП застосовуються у промисловості?
12. Як здійснюється резервування у магістральних схемах?
13. У чому полягає економічний зміст компенсації реактивної потужності?
14. Як визначається  $Q_{maxT}$ ?
15. Коли установка НБК є недоцільною?
16. Що враховує критерій мінімуму приведених витрат?
17. Яка умова перевірки трансформатора в аварійному режимі?
18. У чому полягає економічний зміст компенсації реактивної потужності?
19. Як визначається  $Q_{maxT}$ ?
20. Коли установка НБК є недоцільною?
21. Що враховує критерій мінімуму приведених витрат?
22. Яка умова перевірки трансформатора в аварійному режимі?

#### **Тема 4. Внутрішньозаводські електричні мережі.**

Загальні принципи побудови схем внутрішньозаводського електропостачання. Вибір раціональної напруги розподільчої мережі. Картограма електричних навантажень для вибору місця розташування живлячих підстанцій промислових підприємств. Визначення зони розсіювання центра електричних навантажень. Визначення зон збільшення приведених річних розрахункових затрат при зміщенні ГПП (ГРП) із зони розсіювання. Визначення місця розташування ГПП (ГРП) з врахуванням динаміки електропостачання.

*Література:* [3, 5]

#### **Методичні вказівки.**

Після опрацювання теми студент повинен:

- розуміти принципи побудови схем внутрішньозаводського електропостачання;
- знати відмінності радіальних, магістральних і змішаних схем;

- вміти обґрунтовувати вибір напруги розподільчої мережі;
- будувати картограму електричних навантажень;
- визначати центр електричних навантажень (ЦЕН);
- аналізувати зону розсіяння ЦЕН;
- оцінювати вплив зміщення ГПП/ГРП на техніко-економічні показники;
- враховувати динаміку росту навантажень при проектуванні.

Загальні принципи побудови схем внутрішньозаводського електропостачання.

На що звернути увагу:

1. Поділ схем: зовнішнє електропостачання; внутрішнє електропостачання.
2. Основні критерії вибору схеми: надійність; економічність; безпека; категорійність споживачів (відповідно до ПУЕ).
3. Категорії споживачів: I категорія — мінімум два незалежні джерела + АВР; II категорія — допускається перерва 1–2 год; III категорія — допускається тривала перерва.
4. Незалежність джерел живлення — ключове поняття.

Рекомендується: побудувати порівняльну таблицю радіальних і магістральних схем; проаналізувати переваги і недоліки кожної схеми; навчитися визначати, для яких категорій споживачів застосовується кожна схема.

Вибір раціональної напруги розподільчої мережі. Вивчити: техніко-економічне порівняння напруг 6, 10, 20, 35, 110, 220 кВ; переваги напруги 110 кВ; обмеження застосування 35 кВ; особливості використання 6 і 10 кВ.

Методика аналізу:

1. Визначити потужність підприємства.
2. Оцінити довжини ліній.

Враховувати: втрати потужності; струми короткого замикання; наявність обладнання.

Важливо запам'ятати: при різниці приведених затрат менше 10–20% перевага надається більш високій нарузі.

Картограма електричних навантажень. Обов'язково опрацювати: формулу площі кола; координати ЦЕН.

Алгоритм побудови картограми:

1. Нанести цехи на генплан.
2. Визначити розрахункові потужності.
3. Вибрати мірило  $m$ .
4. Розрахувати радіуси кіл.
5. Побудувати кола.
6. Розділити на сектори (силове, освітлювальне навантаження).
7. Визначити координати ЦЕН.

Практичні навички. Студент повинен вміти: будувати картограму; визначати ЦЕН підприємства; аналізувати структуру навантаження.

Визначення зони розсіяння ЦЕН. Теоретична база: розподіл координат ЦЕН підпорядковується нормальному закону:

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-\left(\frac{x^2}{2\sigma_x^2} + \frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)}$$

Зона розсіяння має форму еліпса. Напівосі:

$$R_x = \sqrt{2}\sigma_x \sqrt{\ln \frac{Q}{H}}$$

$$R_y = \sqrt{2}\sigma_y \sqrt{\ln \frac{Q}{H}}$$

На що звернути увагу:

- Якщо  $\sigma_x = \sigma_y \rightarrow$  зона розсіяння перетворюється в коло.
- Підстанція повинна розміщуватися в межах еліпса.

Практичне значення: мінімізація довжин кабельних ліній; зменшення втрат електроенергії; оптимізація приведених затрат.

Зони збільшення приведених затрат. Основна ідея: зміщення ГПП/ГРП за межі зони розсіяння: збільшує довжини ліній; збільшує втрати; підвищує капітальні витрати.

Ключова залежність:

$$f(\Delta) = \frac{K\Delta}{1 - \Delta}$$

де  $\Delta$  — відносне збільшення затрат.

Необхідно розуміти: як визначається радіус зон; як оцінюється економічна доцільність зміщення підстанції.

Врахування динаміки росту навантажень. Проектування з перспективою 15–20 років.

Необхідно побудувати:

1. Еліпс для поточного стану.
2. Еліпс для прогнозованого росту.
3. Еліпс з урахуванням зміни генплану.

Висновки:

- Значне зміщення еліпсів → доцільність двох ГПП.
- Проектування без урахування розвитку → складна реконструкція.

Рекомендації до самостійної роботи

1. Побудувати картограму для умовного підприємства.
2. Розрахувати координати ЦЕН.
3. Визначити зону розсіяння.
4. Оцінити наслідки зміщення ГПП.
5. Порівняти 2 варіанти напруги (10 кВ і 35 кВ).

### **Запитання для самоперевірки**

1. Чим відрізняється радіальна схема від магістральної?
2. Які умови незалежності джерел живлення?
3. Як визначається центр електричних навантажень?
4. Чому зона розсіяння має форму еліпса?
5. Як впливає зміщення ГПП на приведені затрати?
6. Чому необхідно враховувати перспективу розвитку?

### **Тема 5. Компенсація реактивної потужності.**

Теоретичне обґрунтування появи й можливості компенсації реактивної потужності. Види потужності в електричних мережах.

Проблема компенсації реактивної потужності в електричних мережах. Заходи компенсації реактивної потужності. Засоби компенсації реактивної потужності. Устаткування для компенсації реактивної потужності і підвищення якості електроенергії. Способи підвищення коефіцієнта потужності. Вибір, розміщення, режими роботи компенсуючих пристроїв. Компенсація реактивної потужності в електричних мережах загального призначення напругою до 1кВ. Компенсація реактивної потужності в електричних мережах загального призначення на напрузі 6-10 кВ.

*Література:* [3, 4, 5]

### Методичні вказівки.

Після опрацювання теми студент повинен:

- розуміти фізичну природу активної та реактивної потужностей;
- пояснювати причини появи реактивної потужності;
- розраховувати  $P$ ,  $Q$ ,  $S$ ,  $\cos\varphi$ ,  $\operatorname{tg}\varphi$ ;
- оцінювати вплив низького  $\cos\varphi$  на роботу електромережі;
- визначати необхідну потужність компенсуючих пристроїв;
- обґрунтовувати вибір засобів компенсації.

### Види навантаження

Тип навантаження	Характеристика	Кут $\varphi$	Споживання енергії
Активне (R)	Тільки активна потужність	$0^\circ$	Енергія передається в одному напрямку
Індуктивне (L)	Реактивна індуктивна потужність	$+90^\circ$	Обмін енергією з джерелом
Ємнісне (C)	Реактивна ємнісна потужність	$-90^\circ$	Обмін енергією з джерелом
Активно-індуктивне	$P + QL$	$0^\circ < \varphi < 90^\circ$	Частина енергії перетікає
Активно-ємнісне	$P + QC$	$-90^\circ < \varphi < 0^\circ$	Частина енергії перетікає

Основні формули

Повна потужність:

$$S = UI$$

Активна потужність:

$$P = UI \cos \varphi$$

Реактивна потужність:

$$Q = UI \sin \varphi$$

Зв'язок потужностей:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Коефіцієнт реактивної потужності:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

Втрати потужності в мережі:

$$\Delta P = \frac{RP^2}{U^2 \cos^2 \varphi}$$

Проблема низького коефіцієнта потужності.

Низький  $\cos \varphi$  призводить до:

- збільшення струму:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi}$$

- перевантаження трансформаторів;
- збільшення втрат електроенергії;
- зниження пропускної здатності мережі;
- падіння напруги.

Суть компенсації реактивної потужності.

Компенсація — це зменшення реактивної потужності, що надходить із енергосистеми, шляхом встановлення місцевих джерел Q.

Основна ідея:

- індуктивне навантаження (двигуни) споживає QL;
- конденсатор генерує QC;

- при  $Q_L = Q_C$  - режим резонансу струмів;  $I$  – мінімальний.  
Заходи компенсації.

Природні заходи (без великих витрат):

- раціональна схема електропостачання;
- відключення недовантажених трансформаторів;
- обмеження роботи двигунів у режимі холостого ходу;
- заміна недовантажених двигунів;
- перемикання «трикутник - зірка»;
- підвищення якості ремонту;
- використання синхронних двигунів.

Штучна компенсація.

Основні засоби:

- конденсаторні батареї;
- синхронні компенсатори;
- синхронні двигуни;
- статичні тиристорні компенсатори.

Професійний акцент (для майбутніх інженерів)

На промислових підприємствах:

- 65–70%  $Q$  споживають асинхронні двигуни
- економічно доцільна компенсація  $\approx 0,6$  кВАр/кВт
- підвищення  $\cos\phi$  з 0,7 до 0,95 може зменшити струм на 25–30%
- зниження втрат у максимумі навантаження  $\approx 0,081$  кВт/кВАр

При вивченні теми «Вибір, розміщення та режими роботи компенсуючих пристроїв» метою є формування у студентів практичних навичок:

- техніко-економічного обґрунтування вибору компенсуючих пристроїв;
- оптимального розміщення конденсаторних установок у мережах підприємства;
- аналізу режимів роботи компенсуючих пристроїв;
- розрахунку компенсації реактивної потужності в мережах до 1 кВ та 6–10 кВ.

Вибір здійснюється на основі техніко-економічного порівняння варіантів.

Економічно доцільним є варіант з мінімальними розрахунковими затратами.

Орієнтовні критерії вибору:

- при  $Q_k < 5000$ кВАр (6 кВ) — доцільні конденсаторні батареї;
- при  $Q_k < 10000$ кВАр (10 кВ) — доцільні конденсаторні батареї;
- при більшій потужності — необхідне техніко-економічне порівняння з урахуванням:
  - графіка реактивного навантаження;
  - вимог енергосистеми;
  - можливості застосування синхронних компенсаторів.

Оптимальне розміщення компенсуючих пристроїв забезпечує:

- мінімум втрат електроенергії;
- зменшення перетоків реактивної потужності;
- мінімальні приведені витрати.

Основні положення

1. У мережах 0,66 кВ — встановлюють конденсатори 0,66 кВ. Для компенсації асинхронних двигунів високої напруги — конденсатори 6–10 кВ.
2. У мережах 0,38 кВ можливі варіанти:
  - лише 0,38 кВ;
  - комбіновано 0,38 кВ та 6–10 кВ.
3. У мережах 0,22 кВ:
  - при  $\cos\varphi < 0,7$  — допускається встановлення 0,22 кВ;
  - при  $\cos\varphi > 0,7$  — рекомендується 6–10 кВ.
4. Конденсатори 0,22–0,5 кВ встановлюють біля групових щитків.
5. Потужність батареї біля групового щитка:

$$Q \geq 30 \text{ кВАр}$$

6. На окремий вимикач рекомендується:

$$Q \geq 400 \text{ кВАр}$$

7. Не встановлювати батареї 6–10 кВ потужністю менше 100 кВАр.

При підвищенні  $\cos\varphi$  до 0,92–0,95 виникає небезпека перекомпенсації.

Перекомпенсація виникає при:

- надлишковій ємнісній потужності;
- випередженні струмом напруги;
- зростанні втрат у мережі.

Способи регулювання

Тип пристрою	Характер регулювання
Синхронний компенсатор	Плавне
Синхронний двигун	Плавне
Конденсаторна батарея	Ступінчате

Недоліки ступінчатого регулювання

- робота з недо- або перекомпенсацією;
- збільшення капітальних витрат;
- ускладнення захисту та комутації.

Автоматичне регулювання можливе за:

1. напругою;
2. струмом навантаження;
3. напрямком реактивної потужності;
4. часом доби.

Компенсація реактивної потужності в мережах до 1 кВ.

Особливості:

- більшість споживачів реактивної потужності працюють у мережах 380–660 В;
- передача  $Q$  з ВН збільшує втрати;
- економічно доцільна локальна компенсація.

Джерела реактивної потужності

- синхронні двигуни 380–660 В;

- низьковольтні батареї конденсаторів (НБК).

Оптимізація компенсації. Необхідно враховувати:

- втрати при генерації  $Q$ ;
- втрати при передачі;
- завантаження трансформаторів.

Підключення ККУ:

- при кабельних мережах — до шин ТП;
- при магістральних шинопроводах — не більше однієї НБК на шинопровід;
- при  $Q \leq 400$ кВАр — без додаткового вимикача;
- при  $Q > 400$ кВАр — через відключаючий апарат.

Рекомендації

- ККУ підключати до кожної секції РП;
- мінімальна потужність секційної ВБК — 1000 кВАр;
- при  $Q_{\text{вк}} < 0$  - приймати  $Q_{\text{вк}} = 0$  та узгоджувати з енергосистемою.

Раціональний вибір і розміщення компенсуючих пристроїв забезпечує:

- зниження втрат електроенергії;
- підвищення пропускної здатності мереж;
- економічну оптимальність роботи підприємства;
- дотримання вимог енергосистеми щодо перетоків реактивної потужності.

### Запитання для самоперевірки

1. Що фізично означає реактивна потужність?
2. Чому вона не виконує корисної роботи?
3. Чим небезпечний низький  $\cos\phi$ ?
4. Що таке резонанс струмів?
5. Як визначити потужність конденсаторної установки?
6. Які переваги синхронного двигуна перед асинхронним?
7. Чому компенсацію доцільно здійснювати біля споживача?

8. За яким критерієм здійснюється вибір компенсуючих пристроїв?
9. Коли доцільне встановлення синхронного компенсатора?
10. Які мінімальні рекомендовані потужності батарей 6–10 кВ?
11. Що таке перекомпенсація?
12. Як визначається баланс реактивної потужності підприємства?
13. У чому особливості компенсації в мережах до 1 кВ?
14. Як розрахувати потужність ВБК?

### **Тема 6. Електробаланс і втрати електричної енергії.**

Основні положення. Визначення параметрів витрати електричної енергії на промислових підприємствах. Приклад розрахунку витрати електричної енергії на промисловому підприємстві.

*Література:* [2, 4, 5]

#### **Методичні вказівки.**

##### **Мета роботи:**

- навчитися складати електричний баланс підприємства;
- визначати параметри витрат активної та реактивної електроенергії;
- розраховувати втрати електроенергії в лініях, трансформаторах та електродвигунах;
- виявляти резерви зниження енергоспоживання.

Електробаланс — це система розрахунків виробництва, перетворення, розподілу та споживання електричної енергії на підприємстві з урахуванням її витрат на одиницю продукції.

Основні види електробалансу:

1. Фактичний – відображає реальні виробничі умови.
2. Нормалізований – враховує резерви енергозбереження.
3. Перспективний – складається з урахуванням розвитку підприємства.

Структура електробалансу:

##### **Прибуткова частина:**

- електроенергія від енергосистеми;

- електроенергія власної генерації;
- компенсаційні пристрої (конденсатори, синхронні конденсатори).

**Витратна частина:**

1. Прямі технологічні витрати
2. Непрямі витрати
3. Допоміжні потреби
4. Втрати в мережах
5. Втрати у трансформаторах
6. Втрати в електродвигунах
7. Відпуск стороннім споживачам

Методика визначення параметрів витрати електроенергії:

1 Втрати активної енергії в лінії:

$$\Delta W_{wel}^a = 3 \cdot k_f^2 \cdot I_{avL}^2 \cdot R_{eqL} \cdot T_w$$

Середній струм:

$$I_{avL} = \frac{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T_w}$$

або

$$I_{avL} = \frac{W_a}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T_w \cdot \cos\varphi}$$

Коефіцієнт форми:

$$k_f = \sqrt{m} \cdot \frac{\sqrt{\sum (W_{a,\Delta t})^2}}{W_{a,t}}$$

2 Еквівалентні опори:

$$R_{eqL} = \frac{\sum \Delta P_{NL}}{3I_{NI}^2} + \frac{\sum \Delta P_{ad}}{3I_{NI}^2}$$

$$X_{eqL} = \frac{\sum \Delta Q_{NL}}{3I_{NI}^2}$$

3 Втрати в трансформаторі:

Активні втрати за добу:

$$\Delta W_{aw}^T = \Delta P'_{oT} \cdot T_w + \Delta P'_{kT} \cdot \beta_{zT}^2 \cdot T_{wl}$$

де:

$$\Delta P'_{oT} = \Delta P_{oT} + k_{pQ} \cdot \Delta Q_{oT}$$

$$\Delta P'_{kT} = \Delta P_{kT} + k_{pQ} \cdot \Delta Q_{kT}$$

Коефіцієнт завантаження:

$$\beta_{zT} = \frac{I_{avT}}{I_{NT}}$$

4 Втрати в електродвигунах:

Електричні втрати в обмотках:

для АД:

$$R = R_s + R'_r$$

Магнітні втрати:

$$\Delta W_{mag}^M = [P_{0M} - 3I_{0s}^2(R_s + R'_r)] \cdot T_w$$

Пускові втрати:

$$\Delta W_{start}^M \approx k_{var} \cdot q_{start} \cdot \frac{J_{RM} n_0^2}{2620} \cdot 10^{-6}$$

### Алгоритм складання електробалансу

1. Збір показів лічильників ( $W_a$ ,  $W_r$ ).
2. Визначення найбільш навантажених цехів.
3. Розрахунок:
  - втрат у лініях
  - втрат у трансформаторах
  - втрат у двигунах
4. Складання таблиці електробалансу
5. Аналіз та пошук резервів

Форма таблиці електробалансу

Стаття	Активна, кВт·год	Реактивна, квар·год
Отримано від мережі		
Технологія		

Стаття	Активна, кВт·год	Реактивна, квар·год
Допоміжні потреби		
Втрати в лініях		
Втрати в трансформаторах		
Втрати в двигунах		
Відпуск стороннім		
Разом витрати		

Методичні рекомендації студенту

- усі розрахунки виконувати в узгоджених одиницях;
- струм визначати за середньодобовими значеннями;
- окремо виділяти енергетично навантажені цехи;
- при аналізі балансу визначати частку втрат (%);
- порівнювати фактичний і нормалізований баланс.

### Запитання для самоперевірки

1. У чому різниця між фактичним та нормалізованим балансом?
2. Як визначається коефіцієнт форми графіка?
3. Які складові втрат у трансформаторі?
4. Як визначається момент інерції приводу?
5. Чому основним є баланс активної енергії?

## **Тема 7. Техніка безпеки й охорона праці на промислових підприємствах.**

Вимоги і причини ураження електричним струмом. Вплив електричного струму на людину. Джерела електромагнітних полів і вплив їх на людину. Технічні методи і засоби захисту людини на виробництві. Організаційно-технічні методи захисту.

*Література:* [1, 3, 5]

**Методичні вказівки.**

Метою вивчення теми є формування у студентів:

- розуміння механізму ураження людини електричним струмом;
- знань щодо причин електротравматизму;
- навичок аналізу небезпечних ситуацій;
- вміння обґрунтовувати технічні та організаційні заходи захисту.

Загальні відомості про небезпеку електричного струму.

Електричний струм є невід'ємним фактором сучасного виробництва, однак він становить потенційну небезпеку для життя і здоров'я людини.

Електротравми становлять лише 0,5–1 % від загальної кількості виробничих травм, проте серед смертельних випадків їх частка сягає 20–40 %.

Найбільша кількість нещасних випадків відбувається при напрузі 220/380 В.

Фактори, що підвищують небезпеку ураження. Небезпека ураження зростає при:

- підвищеній вологості;
- мокрому взутті або руках;
- пошкодженні ізоляції;
- наявності металевих поверхонь;
- роботі у замкнутих або сирих приміщеннях;
- втомі, стресі, зниженій увазі працівника.

Електричний струм чинить три основні види дії:

1 Термічна дія:

- нагрів тканин;
- опіки різного ступеня;
- ушкодження внутрішніх органів.

2 Біологічна дія:

- збудження нервових волокон;
- судорожні скорочення м'язів;
- параліч дихання;

- фібриляція серця.

### 3 Електролітична дія:

- розклад крові;
- порушення біохімічних процесів.

Ураження поділяються на:

#### 1 Місцеві електротравми:

- електричні опіки (I–III ступеня);
- електричні знаки;
- металізація шкіри;
- електроофтальмія.

2 Електричні удари, які супроводжуються судорожним скороченням м'язів і можуть призвести до:

- втрати свідомості;
- зупинки дихання;
- фібриляції серця;
- клінічної смерті.

Ураження можливе у випадках:

1. Однофазного доторкання до струмоведучих частин.
2. Одночасного доторкання до двох фаз.
3. Наближення на небезпечну відстань до частин під напругою.
4. Доторкання до корпусів обладнання при пробі ізоляції.
5. Дії атмосферної електрики (блискавка).
6. Порятунку людини, що перебуває під напругою.

Причини електротравматизму

#### 1 Технічні причини:

- дефекти проєктування;
- пошкодження ізоляції;
- несправність захисту;
- зношеність обладнання.

#### 2 Організаційно-технічні:

- відсутність технічного обслуговування;
- несвоєчасна заміна обладнання;
- використання саморобних пристроїв.

### 3 Організаційні:

- порушення інструкцій;
- відсутність наряду-допуску;
- неправильне виконання робіт.

### 4 Організаційно-соціальні:

- робота понад норму;
- допуск непідготовленого персоналу;
- медичні протипоказання;
- порушення трудової дисципліни.

### 5 Людський фактор:

- психофізіологічна втома;
- стрес;
- низька культура безпеки;
- несприятливий психологічний клімат.

Вплив електромагнітних полів (ЕМП). Джерелами ЕМП є:

- високовольтні ЛЕП;
- розподільні пристрої;
- зварювальне обладнання;
- індукційні установки.

Вплив ЕМП проявляється:

- перегрівом тканин;
- порушенням функцій серцево-судинної системи;
- головним болем;
- підвищеною втомлюваністю;
- зниженням пам'яті.

Особливо небезпечна тривала дія полів промислової частоти.

Технічні методи захисту. Основні методи захисту:

- ізоляція струмоведучих частин;
- огорожі та блокування;
- захисне заземлення;
- занулення;
- захисне вимкнення;
- використання безпечної напруги (до 42 В).

## Нормативна база:

- ПУЕ:2009 «Правила улаштування електроустановок України»;
- ПТЕЕС (пр. №273 від 16.05.2013);
- ДСТУ БА 3.2-13:2011;
- ГОСТ 12.1.009;
- ГОСТ 12.1.019.

## Організаційні заходи

- вступний, первинний та повторний інструктаж;
- оформлення наряду-допуску;
- контроль стану ізоляції;
- перевірка електрозахисних засобів;
- правильна організація робочого місця;
- оптимальний режим праці та відпочинку.

## Електрозахисні засоби:

### Основні:

- ізолювальні штанги;
- покажчики напруги;
- електровимірювальні кліщі.

### Допоміжні:

- діелектричні рукавиці;
- боти, калоші;
- килими;
- ізолювальні підставки;
- переносні заземлення;
- плакати та знаки безпеки.

Засоби повинні перевірятися перед використанням та періодично (6–12 місяців).

Захист від шуму, вібрації та ЕМП.

### Методи:

- звукоізоляція та звукопоглинання;
- віброгасні фундаменти;
- дистанційне керування;

- екранування;
- індивідуальні засоби захисту (навушники, спецодяг, металізовані костюми).

При вивченні теми необхідно:

1. Проаналізувати механізм ураження електричним струмом.
2. Вивчити класифікацію електротравм.
3. Засвоїти причини електротравматизму.
4. Розібрати методи технічного і організаційного захисту.
5. Ознайомитися з нормативною базою.
6. Вміти обґрунтувати вибір засобів захисту для конкретних умов.

Електробезпека є комплексною системою технічних, організаційних та соціальних заходів, спрямованих на:

- попередження електротравматизму;
- зниження ризику аварій;
- забезпечення безпечних умов праці;
- збереження життя та здоров'я персоналу.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Які основні види дії електричного струму на організм?
2. Чим відрізняються місцеві електротравми від електричних ударів?
3. Які фактори підвищують небезпеку ураження?
4. У чому різниця між заземленням і зануленням?
5. Які організаційні причини електротравматизму?
6. Які засоби захисту відносяться до основних?
7. Як впливають електромагнітні поля на організм людини?

### **3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

#### **3.1. Навчальна та довідкова література**

1. Василега П.О. Електропостачання [Текст]: підручник. Суми : СумДУ, 2019. 521 с.
2. Козирський В.В. Основи електропостачання: підруч. / Козирський В.В., Волошин С.М. – К.: Компрінт, 2021. 497с.
3. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка». 436 с.
4. Системи електропостачання: Курсовий проєкт [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітньої програми «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. С. Ярмолюк, В. А. Попов, В. В. Ткаченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 75 с.
5. Міліх В.І. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Міліх, Т.П. Павленко. – К.: «Каравела», 2022. – 272 с.

#### **3.2. Нормативна та інструктивна література**

1. Робоча навчальна програма з дисципліни “Електропостачання”. Ступінь вищої освіти – бакалавр; галузь знань - 14 «Електрична інженерія», спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». ОП – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

#### **3.3. Методична література**

1. Електропостачання [Текст]: методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика,

- електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Коменда. Луцьк : ЛНТУ, 2025. 42 с.
2. Електропостачання [Текст]: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Коменда. Луцьк : ЛНТУ, 2024. 173 с.
  3. Електропостачання [Текст]: Методичні вказівки до виконання курсового проєкту для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Коменда. Луцьк : ЛНТУ, 2025. 95 с.
  4. Давиденко Л. В. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник / Людмила Валеріївна Давиденко, Наталія Володимирівна Коменда, Володимир Анатолійович Давиденко, Микола Миколайович Євсюк – Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022.– 244с.

E75 **Електропостачання** [Текст]: Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Коменда. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 42 с.

Редактор: Н.В.Коменда

Комп'ютерний набір та верстка: Н.В.Коменда

Підп. до друку лютий 2026 р.  
Формат 60x84/16. Папір офс.Гарн. Таймс.  
Ум. друк. арк. 2,63. Обл. - вид. арк. 2,6.  
Тираж 50 прим.

Луцький національний технічний університет  
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75.  
Друк – ЛНТУ