



# ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Перший (освітньо-професійний)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електричні системи і мережі</i>
Статус дисципліни	<i>нормативна, ПО-4</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>225 годин / 7,5 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. , професор Кирик В. В., <a href="mailto:vkyryk@ukr.net">vkyryk@ukr.net</a> Практичні заняття: к.т.н. , доц.. Чижевський В. В.</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/MjYxOTQ2MjM4MzM3?cjc=3jcfkom">https://classroom.google.com/c/MjYxOTQ2MjM4MzM3?cjc=3jcfkom</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### **1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**

*Програму навчальної дисципліни «Електричні мережі» складено відповідно до освітньої програми «Електричні системи і мережі» підготовки бакалавра зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.*

*Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей:*

*K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;*

*K13. 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;*

*K16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії;*

*K20. Здатність до застосування нових технологій в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці*

*K22. Здатність розуміти особливості функціонування обладнання електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії;*

*K26. Здатність оцінювати показники надійності функціонування обладнання електричних мереж та електроенергетичних систем*

**Предмет навчальної дисципліни** – параметри елементів схем заміщення систем змінного струму з повітряними, кабельними лініями та дво- і триобмотковими трансформаторами.

**Програмні результати навчання:**

*ПР01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності;*

*ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок;*

*ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах;*

*ПР13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни*

*ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж;*

*ПР20. Знати особливості функціонування обладнання електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії;*

*ПР24. Знати принципи розрахунку та способів підвищення показників надійності функціонування обладнання електричних мереж та електроенергетичних систем;*

*ПР29. Знати особливості технології виробництва електроенергії на електричних станціях різних типів;*

*ПР33. Знати способи моделювання та розрахунку параметрів об'єктів та процесів в електричних мережах та електроенергетичних системах за допомогою математичного апарату*

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

*Матеріал кредитного модуля дисципліни «Електричні мережі» відповідно до структурно-логічної схеми ОКР «бакалавра» базується на знаннях, отриманих здобувачами при вивченні таких дисциплін для здобуття глибинних знань зі спеціальності, як «Вступ до спеціальності», «Теоретичні основи електротехніки» (ТОЕ), «Основи механічних розрахунків повітряних ліній електропередавання», «Математичні задачі електроенергетики», «Промислова екологія», «Електротехнічні матеріали», «Інженерна графіка».*

*Для успішного засвоєння дисципліни здобувач повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін «Електричні мережі та системи», «Курсовий проект з електричних мереж», «Математичні моделі електричних систем».*

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Дисципліну структурно розділено на 6 розділів (змістовні модулі), а саме:*

### **1. Особливості передавання електричної енергії**

*Тема 1.1. Основні задачі та поняття про електричні системи та мережі*

### **2. Конструкції та характеристики ліній електропередавання**

*Тема 2.1 Конструкції повітряних та кабельних ліній електропередавання*

### **3. Схеми заміщення елементів електричних мереж**

*Тема 3.1. Схеми заміщення ліній електропередавання повітряного та кабельного виконання*

*Тема 3.2. Поздовжні параметри схем заміщення ЛЕП*

*Тема 3.3. Поперечні параметри схем заміщення ЛЕП*

*Тема 3.4. Схеми заміщення силових трансформаторів*

### **4. Джерела електричної енергії**

*Тема 4.1. Джерела електричної енергії*

### **5. Споживачі електричної енергії**

*Тема 5.1. Споживачі електричної енергії*

### **6. Втрати потужності та енергії в електричній системі**

*Тема 6.1. Втрати потужності та енергії в електричній системі*

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси:

1. Кирик В. В. Електричні системи та мережі та системи. Режим роботи розімкнених мереж [Текст]: Навчальний посібник з дисципліни для всіх форм навчання та

студентів іноземців напряму підготовки 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” / Уклад. В.В.Кирик.-К.: НТУУ «КПІ», 2014.-130с.

2. Кирик В. В. Електричні мережі та системи. Режим роботи розімкнених мереж. = *Electrical power networks and systems. Operation modes of open networks: навч. Посіб./* В.В. Кирик, Т.Б. Маслова. – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 256с. – ISBN 978-966-622-737-2
3. Кирик В. В. Електричні мережі та системи : підручник / В. В. Кирик. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 324 с.– ISBN 978-966-990-031-9
4. Електричні мережі [Електронний ресурс]: Збірник тестових завдання до МКР до викон. модульної контрольної роботи для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні системи і мережі» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. В. Кирик – Електронні текстові дані (1 файл: 0,587 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 42 с.
5. Сегеда М. С. Електричні системи та мережі: Підручник / М. С. Сегеда. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 488 с. – ISBN 978-966-553-602-4.

Додаткові інформаційні ресурси:

6. Grigsby L.L. *Power systems* / L. L. Grigsby. – CRC Press, 2007. – 452 pp. – ISBN 978-0-8493-9288-7.
7. Dale R. *Electrical power systems technology* / Dale R. Patrick, Stephen W. Fardo. – The Fairmont Press, 2009. – 486 pp. – ISBN 0-88173-585-X.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<b>Основні задачі та поняття в області передавання електричної енергії. Номінальні напруги устаткування електричних систем.</b> Основні поняття - енергосистема, електричні мережі, електричні підстанції, споживачі; класи напруг. Література: [1], [3]
2	<b>Призначення електричних мереж.</b> Електропостачання змінним та постійним струмом. Література: [1], [3], [5]
3	<b>Вимоги до електричних мереж.</b> Позитивні та негативні сторони електропостачання змінним струмом. Об'єднання електричних систем на паралельну роботу Література: [1], [3], [5]
4	<b>Класифікація електричних мереж.</b> Класифікація за родом струму, конфігурацією, номінальною напругою, призначенням. Література: [1], [2], [3], [4]
5	<b>Режими роботи нейтралі електричної мережі до 1000 В.</b> Способи заземлення нейтралі трансформатора живлення. Особливості

	<i>функціонування</i> <i>Література: [3], [5]</i>
6	<b>Режими роботи нейтралі високовольтних мереж.</b> <i>Способи заземлення нейтралі трансформатора живлення. Особливості функціонування</i> <i>Література: [2], [3], [5]</i>
7	<b>Основні відомості про повітряні електропередавання</b> <i>Типи опор, конструкції, монтаж та експлуатація</i> <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i>
8	<b>Основні відомості про кабельні лінії електропередавання</b> <i>Кабельні лінії електропередавання різних класів напруги</i> <i>Література: [3], [5]</i>
9	<b>Конструкції кабелів ліній електропередавання</b> <i>Конструкції кабелів, типи кабелів, ізоляція, характеристики</i> <i>Література: [3], [5]</i>
10	<b>Прокладання кабелів та способи заземлення екранів кабельних ліній електропередавання</b> <i>Марки проводів, кабелів і шнурів. Прокладання кабелів різних класів напруги</i> <i>Література: [3], [5]</i>
11	<b>Схеми заміщення елементів електричних мереж</b> <i>Використання схем заміщення елементів мережі у фазних координатах та симетричних складових. Поздовжні та поперечні елементи.</i> <i>Література: [1], [3], [4]</i>
12	<b>Поздовжні параметри схем заміщення ЛЕП. Активний опір лінії електропередавання</b> <i>Фізичний зміст, розрахунок опору, вплив конструкції на параметри.</i> <i>Література: [1], [3], [4]</i>
13	<b>Індуктивний опір лінії електропередавання</b> <i>Фізичний зміст, розрахунок опору, вплив конструкції на параметри.</i> <i>Література: [1], [3], [4]</i>
14	<b>Поперечні параметри схем заміщення ЛЕП. Активна поперечна провідність лінії електропередавання</b> <i>Фізичний зміст, розрахунок опору, вплив конструкції на параметри</i> <i>Література: [1], [3], [4]</i>
15	<b>Ємнісна поперечна провідність лінії електропередавання</b> <i>Фізичний зміст, розрахунок опору, вплив конструкції на параметри</i> <i>Література: [1], [3], [4]</i>
16	<b>Параметри схем заміщення двообмоткових силових трансформаторів</b> <i>Схеми зміщення, поперечні та поздовжні елементи, їх розрахунок</i> <i>Література: [1], [3], [5]</i>
17	<b>Однолінійні схеми заміщення триобмоткових силових трансформаторів.</b> <i>Схеми зміщення, поперечні та поздовжні елементи, їх розрахунок. Особливості дослідів неробочого ходу та КЗ.</i> <i>Література: [1], [3], [5]</i>
18	<b>Однолінійні схеми заміщення триобмоткових силових трансформаторів із</b>

	<p><b>скороченими обмотками.</b></p> <p><i>Схеми зміщення, поперечні та поздовжні елементи, їх розрахунок. Особливості дослідів неробочого ходу та КЗ.</i></p> <p><i>Література: [1], [3], [5]</i></p>
19	<p><b>Силові трансформатори з розщепленими обмотками.</b></p> <p><i>Схеми зміщення, поперечні та поздовжні елементи, їх розрахунок. Особливості дослідів неробочого ходу та КЗ.</i></p> <p><i>Література: [1], [3], [5]</i></p>
20	<p><b>Параметри схем заміщення силових автотрансформаторів.</b></p> <p><i>Схеми зміщення, поперечні та поздовжні елементи, їх розрахунок. Особливості дослідів неробочого ходу та КЗ.</i></p> <p><i>Література: [1], [3], [5]</i></p>
21	<p><b>Електричні станції.</b></p> <p><i>Генерація в електричних мережах і системах</i></p> <p><i>Література: [2], [3], [6]</i></p>
22	<p><b>Джерела активної потужності.</b></p> <p><i>Джерела активної потужності в електричних мережах і системах</i></p> <p><i>Література: [2], [3], [6]</i></p>
23	<p><b>Джерела реактивної потужності.</b></p> <p><i>Джерела реактивної потужності в електричних мережах і системах</i></p> <p><i>Література: [2], [3], [6]</i></p>
24	<p><b>Системні характеристики споживачів електроенергії.</b></p> <p><i>Сільськогосподарські споживачі. Комунально-побутові споживачі. Промислові . Залізничний транспорт</i></p> <p><i>Література: [2], [3], [6]</i></p>
25	<p><b>Визначення кількості енергії, що передається по електричній мережі протягом року.</b></p> <p><i>Участь електростанцій різних типів у покритті графіків навантаження. Сільськогосподарські споживачі. Комунально-побутові споживачі. Промислові . Залізничний транспорт</i></p> <p><i>Література: [2], [3], [6]</i></p>
26	<p><b>Загальна характеристика втрат потужності в електричних мережах.</b></p> <p><i>Визначення втрат потужності в лініях електропередавання. Визначення втрат потужності в силових трансформаторах та автотрансформаторах.</i></p> <p><i>Література: [2], [3], [6]</i></p>
27	<p><b>Визначення втрат електроенергії в електричній системі.</b></p> <p><i>Визначення втрат електроенергії в ЛЕП, силових трансформаторах та автотрансформаторах.</i></p> <p><i>Література: [2], [3], [6]</i></p>

## Практичні заняття

<b>№</b>	<b>Назва теми</b>	<b>Годин</b>
<b>1</b>	<i>Режими роботи нейтралі електричної мережі до 1000 В.</i>	<b>4</b>
<b>2</b>	<i>Режими роботи нейтралі високовольтних мереж</i>	<b>4</b>
<b>3</b>	<i>Схеми заміщення ліній електропередавання повітряного і кабельного виконання</i>	<b>4</b>
<b>4</b>	<i>Схеми заміщення двообмоткових силових трансформаторів</i>	<b>4</b>
<b>5</b>	<i>Схеми заміщення силових триобмоткових трансформаторів</i>	<b>2</b>
<b>6</b>	<i>Схеми заміщення силових трансформаторів зі скороченими обмотками</i>	<b>2</b>
<b>7</b>	<i>Схеми заміщення силових трансформаторів з розчепленими обмотками</i>	<b>2</b>
<b>8</b>	<i>Схеми заміщення трифазних і однофазних силових автотрансформаторів</i>	<b>2</b>
<b>9</b>	<i>Графіки навантаження споживачів електричної енергії</i>	<b>2</b>
<b>10</b>	<i>Визначення кількості енергії, переданої по електричній мережі</i>	<b>2</b>
<b>11</b>	<i>Розрахунок втрат потужності в повітряних і кабельних лініях електропередач</i>	<b>2</b>
<b>12</b>	<i>Розрахунок втрат потужності в силових трансформаторах</i>	<b>2</b>
<b>13</b>	<i>Визначення втрат енергії в електричній системі</i>	<b>4</b>
<b>Всього</b>		<b>36</b>

**6. Самостійна робота здобувача**

<b>№з/п</b>	<b>Вид самостійної роботи</b>	<b>Кількість годин СРС</b>
<b>1</b>	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	<b>54</b>
	<i>Підготовка до практичних занять</i>	<b>36</b>
<b>2</b>	<i>Підготовка до МКР</i>	<b>9</b>
<b>3</b>	<i>Підготовка до іспиту</i>	<b>36</b>
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>135</b>

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота на тему «Параметри електричної мережі» складається з трьох контрольних робіт і виконується студентами для визначення рівня знань з формування розрахункових схем мережі та визначення параметрів їх елементів .

Типовий перелік тем модульної контрольної роботи:

Тема 1. Параметри заземлення нейтралі електричної мережі.

Тема 2. Параметри схем заміщення елементів електричних мереж та їх розрахунок.

Тема 3. Визначення кількості енергії, переданої по електричній мережі за рік і втрат енергії в елементах електричної мережі.

Література: [2], [3], [4].

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед здобувачем:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: здобувач має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо здобувач не проходив або не з'явиться на тест МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

**Поточний контроль:** МКР (3 контрольні роботи).

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу у вигляді трьох Експрес-тестів.

**Семестровий контроль:** іспит.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 35 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:



Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 35	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка здобувача після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- заохочувальних балів за продуктивну роботу на заняттях та проходження трьох тестів календарного контролю.

Заохочення (самотійна робота)	МКР	Експрес-тести календарного контролю
5	3×10=30	3×15=45

### Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал 1.

#### Експрес-тести календарного контролю

**Інформаційний ресурс:** <https://onlinetestpad.com/mjpiqwkg6wvk>  
<https://onlinetestpad.com/bji4vozv2lcsy>  
<https://onlinetestpad.com/tuldehmxbguoq>

Максимальна кількість балів – **45** балів.

#### Критерії оцінювання

- повна відповідь на всі запитання (більше 90% матеріалу) – коефіцієнт 0,9 –1;
- неповна відповідь на всі запитання (від 60 до 90% матеріалу) – 0,6-0,9;
- відповідь містить менше 60 % необхідної інформації – 0 балів.

Повторне складання тесту та складання в неустановлені терміни зараховується з коефіцієнтом 0,5.

### Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР (три контрольні) – 3×10 = **30**.

Максимальний бал за контрольну роботу – 30 балів.

#### Критерії оцінювання

- повне виконання завдання (більше 90% матеріалу) – коефіцієнт 0,9 –1;
- неповне виконання завдання (від 60 до 90% матеріалу) – 0,6-0,9;
- виконання завдання містить менше 60 % необхідної інформації – 0 балів.

За кожний тиждень затримки здачі завдання нараховується -1 штрафний бал. Здача завдань за межами семестру зараховується з коефіцієнтом 0, 5.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу здобувача не менше 60% від максимально можливого на час атестації.

### Форма семестрового контролю – іспит

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до іспиту є повний конспект лекцій, виконані всі практичні завдання на практичних заняттях, складені три тести МКР з загальною кількістю балів не менше 35. Для отримання оцінки з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконані умови допуску до іспиту.

Здобувачі, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, здають іспит. Максимальна кількість балів за іспит складає 20 балів. До набраних за семестр балів додаються бали за іспит.

Іспит проходить у вигляді тесту, який складається зі 100 теоретичних запитань

**Інформаційний ресурс:** <https://onlinetestpad.com/jpkrx6llldl7i>

#### Критерії оцінювання іспиту

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 95 - 100 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 85-94 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 75-84 бали;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 65-74 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, але не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60 - 64 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В рамках самостійної роботи студенти виконують завдання після поточної лекції в Гугл-класі.

Пропущені заняття відпрацьовуються шляхом підготовки реферату по темі лекції.

Виконання тестів відбувається в програмному середовищі <https://onlinetestpad.com>.

Дистанційний курс дисципліни:

<https://classroom.google.com/w/0/w/MjYxOTQ2MjM4MzM3/t/all>

**Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ**

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** проф. кафедри електричних мереж та систем ФЕА, д.т.н. Кирик В.В.

**Ухвалено** кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол № 13 від 20.06.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол №10 від 16.06.2023 р)

<sup>1</sup>Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.