



# ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ (ELECTRICAL POWER SYSTEMS AND NETWORKS)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна, ПОЗ</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS /120 годин (лекції – 36 год.; практичні – 18 год.; СРС – 66 год.)</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</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: канд. техн. наук, доцент Кацадзе Теймураз Луарсабович, 0974407634 Практичні, КП: старший викладач, Янковська Олена Максимівна</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/NjJwOTY4NDEwNTI2?cjc=7txwowx">https://classroom.google.com/c/NjJwOTY4NDEwNTI2?cjc=7txwowx</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Питання проєктування енергосистем є чи не найважливіші в галузі електроенергетики. Без детальних проєктних розробок, що базуються на наукових і технічних досягненнях, неможливо уявити собі не тільки такі унікальні об'єкти, як електропередача напругою 1150 кВ, атомні електричні станції, гідроелектричні станції в мільйони кіловатів потужності, а і будь-яку систему електропостачання - міста чи підприємства або навіть окремого будинку.*

**Мета** дисципліни: *прищепити студенту вміння і навички вирішувати конкретні проєктні задачі широкого плану: від проєктних розрахунків та розробки схем видачі потужності електричних станцій всіх типів до створення систем електропостачання різного призначення (міст, сільських і промислових районів, електрифікованих залізниць, магістральних газо- і нафтопроводів).*

**Предмет** вивчення: *схеми та номінальні напруги електричних мереж усіх рівнів енергосистеми, фізичні процеси при нагріванні проводів і кабелів, якість електричної енергії, засоби щодо виконання умов якості електричної енергії.*

#### **Компетентності.**

*ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.*

*ЗК07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.*

*ФК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки*

ФК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК5. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електро-енергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК9. Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних об'єктів та систем

ФК12. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електро-енергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів

ФК13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові акти, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем

ФК20. Здатність застосовувати сучасні підходи до оптимального вибору параметрів та функціональних характеристик перспективних схем електроенергетичних систем

#### **Програмні результати навчання**

ПРН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРН03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних системах.

ПРН04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРН06. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН14. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України

ПРН17. Демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРН19. Виявити проблеми і ідентифікувати обмеження, що пов'язані з проблемами охорони навколишнього середовища, сталого розвитку, здоров'я і безпеки людини та оцінками ризиків в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРН22. Оцінювати та аналізувати поточні та перспективні економічні показники функціонування ринку електричної енергії України

*ПРН23. Здійснювати вибір економічно-ефективних рішень в процесі проектної діяльності в області електроенергетичних систем*

*ПРН24. Виконувати техніко-економічні розрахунки та застосовувати системний підхід до розв'язання задачі розвитку електроенергетичних систем із застосуванням відповідних методів оптимізації*

**Знання:**

- умов роботи електричної мережі в єдиному комплексі: енергетична система – об'єднана енергетична система – сполучення об'єднаних енергетичних систем;
- діючих норм і правил на яких базується проектування електричних мереж;

**Уміння:**

- виконувати проектні розрахунки з використанням сучасних програмних комплексів;
- вирішувати проектні задачі для реальних об'єктів;
- надавати оптимальні проектні рішення відповідно до діючих норм і правил;

**Досвід:**

- виконання проектів електричних мереж різного призначення на основі інноваційних рішень та техніко-економічного обґрунтування з використанням сучасних норм і правил.

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

*Дисципліна "Проектування електричних мереж" базується на знаннях, що отримані студентами при вивченні таких фундаментальних дисциплін як "Вища математика", "Фізика", "Теоретичні основи електротехніки», «Обчислювальна техніка, алгоритмічні мови програмування», «Математичні задачі енергетики».*

*В подальшому знання, що одержали студенти при вивченні дисципліни «Проектування електричних мереж», будуть використані для освітнього компоненту «Проектування електричних мереж. Курсовий проєкт» та при виконанні магістерської дисертації.*

**3. Зміст навчальної дисципліни**

***Розділ 1. Проектні розрахунки мереж***

*Тема 1.1. Розрахунки мереж за умовами нагрівання.*

*Тема 1.2. Розрахунки мереж за умовами режиму напруги.*

***Розділ 2. Вибір напруги в електричних мережах***

*Тема 2.1. Номінальні напруги. Державні стандарти.*

*Тема 2.2. Техніко-економічна концепція вибору напруги.*

***Розділ 3. Вибір схем елементів енергосистем***

*Тема 3.1. Схеми видачі потужності електричних станцій.*

*Тема 3.2. Схеми електричних мереж та підстанцій.*

*Тема 3.3. Проектування систем електропостачання міста. КП «Проектування систем електропостачання промислових підприємств. Проектування систем електропостачання сільських районів. Проектування систем електропостачання електрифікованих залізниць та магістральних нафто- і газопроводів.*

*Тема 3.3 Особливості автоматизованого проектування в середовищі SiCAD.*

*Модульна контрольна робота виконується після вивчення розділів 1 та 2.*

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література:

1. Кирик В.В. Електричні мережі та системи: Підручник – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Видавництво «Політехніка», 2021.-324 с.
2. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі та системи: Підручник – Київ: НТУУ «КПІ», 2008.-456 с.
3. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.-488 с.
4. Буслова Н.В., Моссаковський В.І. Проектування електричних мереж. Модульна контрольна робота: Навчальний посібник – електронне мережне навчальне видання – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
5. Кирик В.В. Електричні мережі та системи. Навчальний посібник – Київ: Видавництво «Політехніка», 2014.
6. Малогоулка Ю.В., Бурикін О.Б., Кацадзе Т.Л., Нетребський В.В. за ред. Лежнюка П.Д. Електричні системи і мережі. Частина 1: Навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2020.-206 с.
7. Бардик Є.І., Лукаш М.П. Електрична частина станцій та підстанцій: Навчальний посібник - Київ: НТУУ «КПІ», 2011.

##### Допоміжна література:

8. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності.
9. СОУ МЕН ЕЕ 40.1-00100227-01:2016 Стандарт операційної безпеки функціонування Об'єднаної енергетичної системи України. Побудова та експлуатація електричних мереж. Технічна політика.
10. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101:2014 Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище.
11. Правила улаштування електроустановок, 2017.
12. Sarma M.S. Power Quality: VAR Compensation in Power Systems / S.R. Vedam, M.S. Sarma,- CRC Press, 2008.-304 p.
13. Glover L.D. Power System Analysis and Design / J. Duncan Glover, Mulucutla S. Sarma, Thomas Ovebye. - Cengage Learning, 2012.-782 p.

#### Навчальний контент

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

##### 1. Лекційні заняття

##### **Вступ. Розділ 1. Тема 1.1. Розрахунок мережі за умовами нагрівання**

**Лекція 1 – 4.** Перспективи розвитку і напрямків науково-технічного прогресу в енергетиці. Основні положення розрахунку мереж за умовами нагрівання. Вибір та перевірка перерізів за умовами нагрівання. Література [1], [2], [3].

##### **Тема 1.2. Розрахунок мереж за умовами режиму напруги**

**Лекція 5 – 8.** Норми якості електричної енергії. Показники якості напруги. Засоби підвищення нормованих відхилень напруги. Допустима втрата напруги. Проектні розрахунки. Література [1], [2], [10], [11].

##### **Тема 2. Вибір напруги в електричних мережах**

**Лекція 9 – 10.** Державні стандарти та номінальні напруги змінного струму. Визначення їх використання. Техніко-економічна концепція вибору напруги. Напруги мереж постійного струму. Література [1], [2], [10], [11].

## **Лекція 11. Модульна контрольна робота**

**Тема 3.1., 3.2 Схеми видачі потужності електричних станцій. Схеми електричних мереж та підстанцій.**

**Лекція 12 – 15.** Аналіз схем видачі потужності електричних станцій різних типів (конденсаційних, теплофікаційних, атомних, ГЕС, ГАЕС, газотурбінних). Основні вимоги щодо схем. Класифікація схем електричних мереж. Техніко-економічна концепція вибору схем. Вибір графа мережі. Обґрунтування подвійних ліній. Література [1], [2], [9].

**Тема 3.3. Схеми систем електропостачання промислових підприємств, сільських районів, електрифікованих залізниць та магістральних нафто- і газопроводів**

**Лекція 16 – 17.** Основні положення проектування систем електропостачання міст, промислових підприємств, сільських районів. Особливості проектування систем електропостачання електрифікованих залізниць та магістральних нафто- і газопроводів.

**Лекція 18** Особливості автоматизованого проектування в середовищі SiCAD  
Література [1], [2], [3], [10].

### **Практичні заняття**

№з/п	Тематика практичних занять	Кількість аудиторних годин
1	Розрахунок та перевірка перерізів за умовами нагрівання. Розрахунок запобіжників та теплових автоматів у електричних мережах. Розрахунок мереж НН за умовами нагрівання, включаючи вибір пристроїв теплового захисту. (Розділ 1)	2
2	Розрахунок допустимої втрати напруги у місцевих мережах з врахування регулюючих пристроїв. Розрахунок перерізів мереж різноманітної конфігурації за умовами допустимої втрати напруги. (Розділ 1,2)	2
3	Розрахунки пристроїв подовжньої та поперечної компенсації в місцевих мережах за умовами допустимої втрати напруги (Розділ 1,2)	2
4	Визначення категорії споживачів. Знайомство з Державними будівельними нормами. Розрахунок навантажень мікрорайону міста (житлові будинки, громадські установи, промислові підприємства). Розрахунок ТП. Визначення потужності, кількості у мікрорайоні, розташування. (Розділ 3)	2
5	Проектування розподільної мережі НН мікрорайону. Вибір кабелів. Розрахунок навантажень ТП. (Розділ 3)	2
6	Розрахунок РП. Розрахунок поверхневої щільності мікрорайону. Визначення кількості РП та місць розташування. Проектування розподільної мережі 10 кВ. Розрахунок перерізів розподільної мережі 10 кВ. Вибір кабелів. (Розділ 3)	2
7	Розрахунок навантаження РП. Проект живлячої мережі 10 кВ. Розрахунок навантаження Центру живлення. Вибір схеми ЦЖ. (Розділ 3)	2
8	Розрахунок СКЗ. Розрахунок мінімальних перерізів кабелів за умовами КЗ. (Розділ 3)	2
9	Підведення підсумків проектування мереж електропостачання міського мікрорайону.	2
	Всього	18



## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

1. Вивчення питань, що винесені на самостійну роботу – 12 год.
2. Підготовка до виконання МКР – 4 год.
3. Підготовка до практичних занять – 9 год.
4. Підготовка до лекційних занять – 11
5. Підготовка до екзамену – 30 год

## Політика та контроль

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

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);
- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів);
- правила захисту МКР;
- правила призначення заохочувальних балів;
- політика дедлайнів та перескладань;
- політика щодо академічної доброчесності;
- інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету.

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

**Календарний контроль:** проводиться два рази на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

**Поточний контроль:** МКР, експрес-опитування на лекціях, робота на практичних заняттях.

**Семестровий контроль** екзамен.

**Умови допуску до семестрового контролю:** Необхідною умовою допуску до екзамену є своєчасне виконання модульної контрольної роботи та виконання завдань практичних занять. При цьому стартовий рейтинг  $R_d$  має бути не менш **34 бали**.

#### Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР – 47.

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.

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

Ваговий бал лекції – 0.5.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 0.5 бала x 17 лекцій = 8,5 балів.

Критерії оцінювання

– правильні відповіді на питання під час опитування – 0.5 бала.

– Студент, що з поважних причин пропустив лекцію, може бути додатково опитаний за темою пропущеної лекції і у разі правильної відповіді отримати 0.5 бала.

#### Робота на практичних заняттях

Ваговий бал заняття – 0,5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 0,5 бали x 9 занять = 4,5 бали.

Критерії оцінювання

- активна участь та правильне самостійне розв'язання задачі – 0,5 бали;
- не виконана задача або розв'язана не вірно – 0 балів;

#### **Заохочення**

Студенти мають змогу отримати заохочувальні бали за з удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни – 10 балів. За активну роботу на практичних та лекційних заняттях протягом семестру, наявність повного та змістовного конспекту лекцій викладач має право поставити студенту до 10 заохочувальних балів

Максимальна сума заохочувальних балів складає **10**.

#### **Форма семестрового контролю – екзамен**

Максимальний бал – 40.

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконана і захищена МКР та загальна кількість балів не менше 34.

Екзаменаційний білет містить два теоретичні питання та практичну задачу. Кожне теоретичне питання оцінюється в 10 балів, практична задача – 20 балів.

#### **Критерії оцінювання**

- повна відповідь на питання (більше 90% матеріалу) або правильно розв'язана – коефіцієнт 0,9 –1;
- неповна відповідь на питання (від 60 до 90% матеріалу) або несуттєві помилки у вирішенні задачі – 0,6-0,9;
- відповідь містить менше 60 % необхідної інформації або невірно вирішена задача – 0 балів

Загальний рейтинговий бал, складається з суми стартового балу (МКР, експрес-опитування на лекціях, роботи на практичних заняттях та заохочень) і балів за екзаменаційну роботу, та переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

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
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № НОН/157/2023 від 09.05.2023 р. Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті /

На час дії правового режиму воєнного стану діють особливості визнання результатів навчання ([https://document.kpi.ua/2022\\_НОН-164](https://document.kpi.ua/2022_НОН-164)).

#### **Питання до семестрового контролю.**

1. Розрахунки мереж за умовами нагрівання
2. Розрахунки мереж за умовами режиму напруги
3. Номінальні напруги. Державні стандарти. Техніко-економічна концепція вибору напруги
4. Схеми видачі потужності електричних станцій. Схеми електричних мереж та підстанцій
5. Проектування схем систем електропостачання

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцентом, к.т.н., доцентом, Кацадзе Теймураз Луарсабович

**Ухвалено** кафедрою ЕМС (протокол № 13 від 20.06.2023)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № 10 від 22.06.2023)

---

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