



# ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i><b>ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ</b> (ELECTRICAL POWER SYSTEMS AND NETWORKS)</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доцент, Буслова Наїна Володимирівна, 0938435943</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/NTkzMDI2NTAxMjE2?cjc=gqmka4i">https://classroom.google.com/c/NTkzMDI2NTAxMjE2?cjc=gqmka4i</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «**Проектування електричних мереж**» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки **бакалавра** з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Електроенергетика охоплює виробництво, передачу і споживання електричної енергії. Ефективність і економічність її як галузі стає доцільною, якщо всі ці процеси пов'язані в єдиному комплексі – енергосистемі, в об'єднаній енергосистемі або в сполученні об'єднаних енергосистем.

Тому питання проектування електричних мереж є чи не найважливішими в галузі електроенергетики. Без детальних проектних розробок, що ґрунтуються на наукових і технічних досягненнях, неможливо уявити собі не тільки такі унікальні об'єкти, як електропередача напругою 1150 кВ, атомні електричні станції, гідроелектростанції в мільйони кіловатів потужності, а і будь-яку систему електропостачання – міста, підприємства чи окремого будинку.

**Мета навчальної дисципліни** полягає у формуванні здатності студентів правильно застосовувати основні закони електротехніки та електромеханіки в питаннях проектування окремих об'єктів чи елементів енергосистем на основі знань, вмінь і навичок, здобутих при вивченні інших дисциплін. При цьому - надати усвідомлені знання перспектив розвитку і напрямків науково-технічного прогресу в енергетиці, а також основних вимог і техніко-економічних концепцій щодо проектування мереж та інших елементів енергетичних систем. Практичне спрямування дисципліни ґрунтується на реалізації вимог, що у числі інших націлені на рішення проектних задач сучасних енергосистем.

**Предмет дисципліни** охоплює питання структури і техніко-економічної ефективності створення енергосистем та їх об'єднань, фізики і технології процесів виробництва, споживання, передачі і розподілу електричної енергії, механізму утримання енергетичних балансів, математичних моделей і методів, що використовуються в проектних розрахунках. Це – енергетичні баланси, регулювання балансів потужностей, регулювання частоти ПЛ надвисокої та ультрависокої напруги (параметри, конструктивні особливості, вибір конструкції фази), вибір перерізів ліній та трансформаторів на підстанціях, тощо.

**Програмні результати навчання:**

**Компетентності (загальні і фахові):**

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою; ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; ЗК07. Здатність працювати в команді; ЗК08. Здатність працювати автономно; ЗК09. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні; ЗК10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

- Здатність використовувати знання при вирішенні проектних задач реальних об'єктів.
- Здатність проектувати енергетичні баланси системи, визначаючи режим роботи кожної електричної станції.
- Здатність вирішувати основні проектні задачі ліній і підстанцій, в тому числі ліній зверхвисокої та ультрависокої напруги.
- Здатність використовувати в проектній роботі діючі норми і правила.

**Знання:**

- основних положень проектних енергетичних балансів енергосистеми;
- техніко-економічних характеристик усіх станцій системи, включаючи альтернативні джерела енергії;
- засобів регулювання балансу потужностей системи;
- методів вибору перерізів ліній та трансформаторів на підстанціях;
- особливостей параметрів та конструкцій ПЛ зверхвисокої та ультрависокої напруги.

**Уміння:**

- виконувати проектні розрахунки енергетичних балансів системи;
- визначати режим роботи електричних станцій в енергосистемі відповідно до їх техніко-економічних характеристик;
- виконувати розрахунки перерізів ліній, трансформаторів на підстанціях, вибирати конструкцію фази ліній зверхвисокої та ультрависокої напруги;
- вести проектні розрахунки відповідно до діючих норм і правил.

**Досвід:**

- вивчення перспектив розвитку електричних мереж та енергосистем в цілому, що важливо при виконанні проектною роботи;
- використання сучасних програмних комплексів і моделей для виконання проектних розрахунків, дотримання послідовності дій у вирішенні конкретних поставлених завдань;

- приймання техніко-економічних обґрунтованих проектних рішень, виконання проектів електричних мереж різних напруг на основі іноваційних рішень та з використанням сучасних норм і правил;
- аудиторної (дистанційної) та самостійної роботи при засвоєнні нового матеріалу, використання набутих знань при розв'язанні задач типового характеру.

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

Дисципліна "Проектування електричних мереж" належить до циклу спеціальних і базується на синтезі знань широкого спектру дисциплін, таких як "Вища математика", "Загальна фізика", "Теоретичні основи електротехніки», «Обчислювальна техніка та програмування», «Математичні задачі енергетики». Крім того, вона спирається на фундаментальні відомості з курсів «Теоретичні основи електротехніки», «Силові трансформатори», «Районні електричні мережі», «Електричні системи та мережі», «Надійність електричних систем», а також є прямим продовженням і логічним завершенням курсів "Регулювання режимів електричних систем " та «Моделі оптимального розвитку енергосистем».

Знання, отримані при вивченні дисципліни «Проектування електричних мереж», є основою для виконання дипломного проекту.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно поділено на **3 розділи**, а саме:

<b>Вступ</b>
<b>1. Проектування енергетичних балансів</b>
Тема 1.1. Аналіз виробництва електричної енергії
Тема 1.2. Аналіз споживання електроенергії в енергосистемах
Тема 1.3. Покриття графіків навантаження енергосистем
Тема 1.4. Укладання балансів потужності і енергії
<b>2. Проектні розрахунки мереж</b>
Тема 2.1. Вибір перерізів
Тема 2.2. Вибір трансформаторів на підстанціях
<b>3. Основні положення проектування електропередач надвисокої і ультрависокої напруги</b>
Тема 3.1. Конструктивні особливості
Тема 3.2. Розрахунок параметрів
Тема 3.3. Вибір конструкції фази
Тема 3.4. Підвищення пропускної здатності і статичної сталості
МКР, підготовка до заліку

## 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. Малогулко 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.
8. Буслова Н.В., Винославский В.Н., Денисенко Г.И., Перхач В.С. под ред. Денисенко Г.И. Электрические системы и сети: Учебник для электроэнергетических специальностей – Киев: Головное издательство «Вища школа», 1986.-584 с.

**Допоміжна література:**

9. Sarma M.S. Power Quality: VAR Compensation in Power Systems / S.R. Vedam, M.S. Sarma,- CRC Press, 2008.-304 p.
10. Glover L.D. Power System Analysis and Design / J. Duncan Glover, Mulucutla S. Sarma, Thomas Ovebye. - Cengage Learning, 2012.-782 p.
11. План розвитку електричних мереж. Системи розподілу. ПРАТ «ДТЕК Київські електричні мережі» на 2020-2024 роки - ДТЕК, 2013.
12. Ткачук Д.О. Перспективи розвитку мереж, нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії – Проектний інститут «Укрзахіденергопроект», 2022.
13. Кацадзе Т.Л., Янковська О.М. Регулювання режимів електричних систем. Частина 3. Проектування дальньої електропередачі. Практикум (електронний ресурс): Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електричні системи і мережі» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.-74 с.
14. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Підручник - Київ: НТУУ «КПІ», 2012.
15. Давиденко В.А. Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з навчальної дисципліни «Електричні системи та мережі» - Рівне: НУВГП, 2017.
16. Bayliss. Transmission and Distribution Electrical Engineering / Colin Bayliss, Brian Hardy. – Elsevier, 2006.
17. Grigsby L.L. Electric Power Generation, Transmission and Distribution / Leonard L. Grigsby. - CRC Press, 2007.-502 p.
18. Правила улаштування електроустановок – Міненерговугілля України, 2017.-617 с.
19. ДСТУ EN 50160 – 2014 – характеристика напруг електропостачання в електричних мережах загального призначення (до 150 кВ включно).
20. IEC TR 61 597 2021. Overhead electrical conductors. Calculation methods for stranded bare conductors. Edition 2.0. International Electrotechnical Commision, 06.2021.-34 p.

**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 літературу та завдання на СРС)
-------	---

<b>Вступ</b>	
1	<i>Енергосистеми та їх структура. Об'єднані енергосистеми (ОЕС). Техніко-економічне обґрунтування доцільності створення ОЕС. ОЕС України та її зв'язки з енергосистемами Росії, Білорусії та Східної Європи. ОЕС за кордоном. Перспективи розвитку і напрямків науково-технічного прогресу в енергетиці. Література [1], [2], [3], [9], [10], [16].</i>
<b>Тема 1.1. Аналіз виробництва електричної енергії</b>	
2-3	<i>Аналіз роботи електричних станцій в енергосистемах. Традиційні теплові електричні станції на органічному паливі. Аналіз техніко-економічних та екологічних характеристик. Роль в здійсненні енергетичних балансів. Література [9], [10], [12].</i>
4-5	<i>Електричні станції на ядерному паливі (АЕС). Аналіз техніко-економічних та технологічних характеристик. Роль в здійсненні енергетичних балансів. Перспективи розвитку АЕС. Гідравлічні електростанції (ГЕС і ГАЕС). ГАЕС в енергосистемах. Аналіз технологічних схем і режимів роботи ГЕС і ГАЕС. Техніко-економічні, екологічні характеристики. Роль в здійсненні енергетичних балансів. Література [9], [10], [17].</i>
6-7	<i>Нетрадиційні електричні станції та установки. Сонячні термодинамічні станції та напівпровідникові установки прямого перетворення сонячної енергії в електричну. Вітрові, геотермальні приливні станції. Хвильові, прибійні та термальні установки. Пряме перетворення теплової енергії в електричну - станції з МГД - генераторами. Аналіз технології виробництва електроенергії, техніко-економічних і екологічних характеристик. Література [10], [12], [14].</i>
8	<i>Виявлення можливості, ефективності та перспектив роботи в енергосистемах електричних станцій та установок з нетрадиційними засобами генерації електроенергії. Література [10], [12], [14]. Завдання на СРС: Аналіз джерел енергії в енергосистемах.</i>
<b>Тема 1.2. Аналіз споживання електроенергії в енергосистемах</b>	
9-10	<i>Споживачі і аналіз графіків навантаження. Звітні і розрахункові графіки навантаження. Література [1], [2], [7].</i>
11	<i>Будування графіка навантаження енергосистеми. Визначення зон графіка і розрахунок показників. Література [1], [8], [10].</i>
<b>Тема 1.3. Покриття графіків навантаження енергосистем</b>	
12	<i>Розрахунок покриття графіка навантаження. Визначення режиму роботи електричних станцій різних типів в участі покриття графіка навантаження. Література [9], [10].</i>
13	<i>Засоби вирівнювання графіків. Література [1], [4], [10]. Завдання на СРС: Аналіз графіків навантажень енергосистем та їх покриття.</i>
<b>Тема 1.4. Укладання балансів потужності і енергії</b>	
14-15	<i>Форми балансів потужності і енергії. Аналіз статей і умов балансу. Розрахунок балансів потужності і енергії. Література [10]. Завдання на СРС: Регулювання балансів потужностей і енергії в</i>

	системах.
<b>Тема 2.1. Вибір перерізів</b>	
16	Критерії вибору перерізів та області їх використання. Необхідні перевірки перерізів за технічними показниками. Література [1], [2].
17-18	Вибір перерізів за економічними умовами. Методи вибору економічних перерізів. Розрахунок перерізів при їх незмінності в мережі. Розрахунок лінійної квадратичної потужності. Література [1], [2].
<b>Тема 2.2. Вибір трансформаторів на підстанціях</b>	
19	Розрахунок потужності та кількості трансформаторів на підстанції. Література [1], [9]. Завдання на СРС: Критерії вибору перерізів лінії передачі. Вибір кількості та потужності трансформаторів на підстанції.
<b>Тема 3.1. Конструктивні особливості ПЛ 330-1150 кВ</b>	
20	Конструктивні особливості ЕП НВН і УВН. Вибір конструкції повітряної лінії. Література [10], [13]. Завдання на СРС: Конструктивні елементи ПЛ надвисокої та ультрависокої напруги.
<b>Тема 3.2. Розрахунок параметрів ПЛ 330-1150 кВ</b>	
21-22	Розрахунок параметрів. Література [10], [13].
<b>Тема 3.3. Вибір конструкції фази</b>	
23	Вибір конструкції фази. Техніко-економічні умови. Література [13]. Завдання на СРС: Аналіз параметрів та умов вибору конструкції фази лінії 330-1150 кВ.
<b>Тема 3.4. Підвищення пропускної здатності і статичної сталості</b>	
24-25	Підвищення пропускної здатності і статичної сталості. Поперечна компенсація. Вибір шунтуючих реакторів. УПК. Схеми підключення, розрахунки і аналіз фізичних процесів, їх впливу на підвищення пропускної здатності і статичної сталості. Конструкції УПК і секційних пунктів. Література [1], [4]. Завдання на СРС: Установки подовжньої та поперечної компенсації в ЕП 330-750 кВ.
26	Аналіз викладеного матеріалу. Завдання на СРС: підготовка до підсумкової контрольної роботи.
27	МКР. Розділ 1-3.

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Вивчення питань, що винесені на самостійну роботу	50
2	Підготовка до МКР	6
3	Підготовка до заліку	10

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);
- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо);
- правила захисту МКР;
- правила призначення заохочувальних та штрафних 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)

**Поточний контроль:** експрес-опитування, МКР.

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** залік.

**Умови допуску до семестрового контролю:** умовою допуску до заліку є мінімально позитивна оцінка за МКР та стартовий рейтинг не менше 25 балів.

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за виконання модульної контрольної роботи (складається з двох робіт).

Семестровим контролем є залік (іспит).

### 1. Система рейтингових балів та критерії оцінювання

#### 1.1. Виконання модульної контрольної роботи:

Ваговий бал 20.

Критерії оцінювання:

20 - безпомилкове виконання з високим рівнем повноти представлення матеріалу та оформлення текстової частини відповідно до ДСТУ 3008-2015;

16 - вірно в цілому виконання контрольної роботи з незначними недоліками в розрахунках та/або після навідної допомоги з недоліками у оформленні текстової частини;

12 - неповне виконання контрольної роботи з грубими помилками, що підлягають переробці та/або оформлення не відповідає вимогам ДСТУ 3008-2015;

0 – роботу не зараховано (завдання виконано невірно, або робота не здана, або виявлено плагіат).

#### 1.2. Заохочувальні бали

Заохочувальні бали нараховуються за активну роботу на парі, відповідь на запитання та/або творчу роботу. Максимально за семестр - 10 балів.

2. Умовою допуску до заліку є зарахування модульної контрольної роботи (яка складається з двох частин) та стартовий рейтинг не менше 25 балів.

3. На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичні питання. Перелік запитань наведений у рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля.

Теоретичне питання оцінюється у 25 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20-25 балів;

- «добре», повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) з незначними неточностями – 15-20 балів;

- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 10-15 балів;

- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «достатньо») – 0 балів.

4. Рейтингова шкала з дисципліни становить  $R=100$  балів. Сума балів за два запитання залікової контрольної роботи і балів за модульну контрольну роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

Розрахунок шкали рейтингової оцінки з кредитного модуля (RD):

Сума вагових балів контрольних заходів ( $R_c$ ) протягом семестру складає ( $R_c=R_{мкр}+R_z$ , де  $R_{мкр}$  – бал за МКР,  $R_z$  – заохочувальні бали за виконання творчих завдань, відповідь на заняттях) :

$$R_c=2 \cdot 20+10=50 \text{ балів}$$

Складова заліку (іспиту) ( $R_{ісп}$ ) дорівнює 50 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з модуля складає:

$$RD=R_c+R_{зал}=50+50=100 \text{ балів}$$

Необхідними умовами допуску до заліку (іспиту) є: зарахування модульної контрольної роботи, а також стартовий рейтинг ( $r_c$ ) не менш 50% від  $R_c$ , тобто 25 балів. Таким чином, студенти, які набрали протягом семестру рейтинг вищий або рівний за 0,5  $R_c$  (>25 балів), допускаються до заліку (іспиту).

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з таблицею:

$RD = R_c + R_{зах}$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
100...95	A - відмінно	Відмінно
94...85	B – дуже добре	Добре
84...75	C - добре	Добре
74...65	D - задовільно	Задовільно
64...60	E – достатньо (задовольняє мінімальні критерії)	Задовільно
$RD < 60$	Fx незадовільно	Незадовільно
$r_c < 25$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	Не допущений

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

- **Перелік тем самостійного опрацювання, які виносяться на семестровий контроль:**
  1. Аналіз джерел енергії в енергосистемах.
  2. Аналіз графіків навантажень енергосистем та їх покриття.
  3. Регулювання балансів потужностей і енергії в системах.
  4. Критерії вибору перерізів лінії передачі. Вибір кількості та потужності трансформаторів на підстанції.
  5. Конструктивні елементи ПЛ надвисокої та ультрависокої напруги.
  6. Аналіз параметрів та умов вибору конструкції фази лінії 330-1150 кВ.
  7. Установки подовжньої та поперечної компенсації в ЕП 330-750 кВ.

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 доцентом кафедри електричних мереж та систем ФЕА Бусловою Н. В.

Ухвалено кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол № 13 від 13.06.2023)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2023)