

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ННІ

_____ Віктор КАПЛУН

" ____ " _____ 2026 р.

СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри

Інженерії енергосистем

Протокол № ____ від " ____ " _____ 2026 р.

Завідувач кафедри

_____ Євген АНТИПОВ

РОЗГЛЯНУТО

Гарант ОП «Цифрова інженерія та автоматизація електроенергетичних систем (Digital engineering and automation of electric power systems)»

_____ Павленко Володимир Миколайович

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

МОДЕЛЮВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність G3 Електрична інженерія

Освітня програма Цифрова інженерія та автоматизація електроенергетичних систем (Digital engineering and automation of electric power systems)

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: Павленко В.М., к.т.н., доцент, доцент кафедри інженерії енергосистем

Київ - 2026 р.

Опис навчальної дисципліни

Дисципліна фокусується на створенні математичних і комп'ютерних моделей («цифрових двійників») електроенергетичних об'єктів для розв'язання складних спеціалізованих задач та впровадження інноваційних рішень у мультидисциплінарних контекстах. Здобувачі вчаться застосовувати сучасне програмне забезпечення (зокрема MATLAB/Simulink, DIgSILENT PowerFactory) для дослідження режимів роботи регіональних систем, мікромереж (Microgrid) та інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Значна увага приділяється збору, обробці та аналізу великих масивів даних для розрахунків, а також проведенню прикладних досліджень із суворим дотриманням принципів академічної доброчесності.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь

Освітній ступінь	Другого (магістерського) ОП
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G3 Електрична інженерія
Освітня програма	Цифрова інженерія та автоматизація електроенергетичних систем (Digital engineering and automation of electric power systems)
Факультет/ННІ	ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Характеристика навчальної дисципліни

Вид	Обов'язкова
Загальна кількість годин	150
Кількість кредитів ECTS	5
Кількість змістових модулів	3
Курсовий проект (робота) (за наявності)	Є
Форма контролю	Екзамен

Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти (повний термін навчання)

	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	1	-
Семестр	1	-

	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Лекційні заняття	15 год.	-
Лабораторні роботи	30 год.	-
Практичні, семінарські заняття	-	-
Самостійна робота	105 год.	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	3 год.	-
Форма контролю	Екзамен	-

Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Мета: Формування у здобувачів здатності застосовувати методи математичного моделювання, системного аналізу та інформаційно-комунікаційних технологій для розв'язання складних інженерних проблем. Головним завданням є навчити магістрантів будувати й досліджувати комп'ютерні моделі електроенергетичних комплексів, оцінювати показники їх надійності та ефективності в умовах інтеграції децентралізованих джерел енергії, а також генерувати нові ідеї та проводити наукові дослідження на перетині класичної енергетики та цифрових технологій. .

Перелік навчальних дисциплін, які передують вивченню «Моделювання регіональних енергосистем» (за їх наявності)

Набуття компетентностей

ЗК1 — Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, пошуку і оброблення інформації з різних джерел.

ЗК2 — Здатність генерувати нові ідеї (креативність) та проводити наукові і прикладні дослідження на відповідному рівні.

ЗК3 — Здатність до використання сучасних інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК7 — Здатність діяти, неухильно дотримуючись цінностей, принципів і правил академічної доброчесності в освітньому процесі та науковій (творчій) діяльності.

СК1 — Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові інженерні методики, технології та процедури для розв'язання складних завдань в електроенергетиці (G3).

СК2 — Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні й експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетичних систем (G3).

СК3 — Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних комплексів в умовах інтеграції децентралізованих і відновлюваних джерел енергії (G3).

СК6 — Здатність здійснювати автоматизацію складних електроенергетичних об'єктів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій (G7).

Програмні результати навчання

ПРН1 — Розв'язувати складні спеціалізовані задачі та впроваджувати інноваційні рішення у мультидисциплінарних контекстах цифрової інженерії та автоматизації електроенергетичних систем (G3 + G7).

ПРН3 — Будувати й досліджувати моделі об'єктів електроенергетичних систем, застосовувати методи системного аналізу для підвищення їхньої ефективності в умовах інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) (G3).

ПРН7 — Планувати, організовувати та виконувати наукові і прикладні дослідження у сфері електроенергетики та автоматизації, неухильно дотримуючись принципів і правил академічної доброчесності (Загальна).

ПРН9 — Збирати, обробляти та критично аналізувати великі масиви даних з різних джерел (включаючи телеметрію SCADA/IoT), застосовуючи сучасні інформаційно-комунікаційні технології (G7).

Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)						Кількість годин (заочна форма)					
	л	лаб	сем	п	с.р.	усього	л	лаб	сем	п	с.р.	усього
Модуль 1. Моделювання елементів ЕЕС та мікромереж (Microgrid) у середовищі MATLAB/Simulink												
Тема 1. Концепція створення «цифрових двійників» (Digital Twins) в електроенергетиці . Математичні засади моделювання	2	4	-	-	12	18	-	-	-	-	-	-

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)						Кількість годин (заочна форма)					
	л	лаб	сем	п	с.р.	усього	л	лаб	сем	п	с.р.	усього
Тема 2. Моделювання силового обладнання: генератори, трансформатори, лінії електропередачі та нелінійні навантаження	2	4	-	-	11	17	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Моделювання елементів децентралізованої генерації (фотоелектричні панелі, інвертори) та систем накопичення енергії (Energy Storage) .	2	4	-	-	12	18	-	-	-	-	-	-
Разом за модулем 1	6	12	0	0	35	53	-	-	-	-	-	-
Модуль 2. Моделювання регіональних (розподільних) електромереж у DIgSILENT PowerFactory												
Тема 1. Архітектура та топологія сучасних регіональних енергосистем . Принципи побудови моделей у спеціалізованому програмному забезпеченні PowerFactory	2	4	-	-	13	19	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Розрахунок та аналіз сталих режимів (потоків потужності) у розподільних мережах з двостороннім живленням	2	4	-	-	11	17	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Моделювання струмів короткого замикання та несиметричних режимів у мережах з інтегрованими джерелами ВДЕ	2	4	-	-	11	17	-	-	-	-	-	-
Разом за модулем 2	6	12	0	0	35	53	-	-	-	-	-	-
Модуль 3. Аналіз великих даних та оптимізація режимів роботи «розумних мереж»												
Тема 1. Вплив нестабільної (стохастичної) генерації ВДЕ на параметри режиму (напругу, втрати) . Оптимізація режимів роботи розподільних мереж: управління реактивною потужністю, вибір відпайок трансформаторів (РПН)	2	4	-	-	18	24	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Аналіз режимів «ізолюваної» роботи мікромереж (Microgrid) та процесів синхронізації з основною енергосистемою	1	2	-	-	17	20	-	-	-	-	-	-

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)						Кількість годин (заочна форма)					
	л	лаб	сем	п	с.р.	усього	л	лаб	сем	п	с.р.	усього
Разом за модулем 3	3	6	0	0	35	44	-	-	-	-	-	-
Усього годин	15	30	0	0	135	180	-	-	-	-	-	-

Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Концепція створення «цифрових двійників» (Digital Twins) в електроенергетиці . Математичні засади моделювання	2
2	Тема 2. Моделювання силового обладнання: генератори, трансформатори, лінії електропередачі та нелінійні навантаження	2
3	Тема 3. Моделювання елементів децентралізованої генерації (фотоелектричні панелі, інвертори) та систем накопичення енергії (Energy Storage) .	2
4	Тема 4. Архітектура та топологія сучасних регіональних енергосистем . Принципи побудови моделей у спеціалізованому програмному забезпеченні PowerFactory	2
5	Тема 5. Розрахунок та аналіз сталих режимів (потоків потужності) у розподільних мережах з двостороннім живленням	2
6	Тема 6. Моделювання струмів короткого замикання та несиметричних режимів у мережах з інтегрованими джерелами ВДЕ	2
7	Тема 7. Вплив нестабільної (стохастичної) генерації ВДЕ на параметри режиму (напругу, втрати) . Оптимізація режимів роботи розподільних мереж: управління реактивною потужністю, вибір відпайок трансформаторів (РПН)	2
8	Тема 8. Аналіз режимів «ізолюваної» роботи мікромереж (Microgrid) та процесів синхронізації з основною енергосистемою	1
Всього годин		15

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Створення математичних моделей та цифрових двійників елементів відновлюваних джерел енергії (СЕС та ВЕС)	4
2	Моделювання систем накопичення енергії та алгоритмів балансування гібридних мікромереж (Microgrid)	4

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
3	Дослідження динамічних перехідних процесів в автономних енергосистемах .	4
4	Побудова комп'ютерної моделі топології фрагмента регіональної електромережі (напр., 35/10 кВ) з інтегрованими джерелами ВДЕ .	4
5	Розрахунок та аналіз сталих режимів і перетоків потужності у розподільних мережах з двостороннім живленням	4
6	Моделювання струмів короткого замикання та несиметричних режимів у мережах цифрової енергетики	4
7	Аналіз впливу стохастичної генерації ВДЕ на параметри мережі та оптимізація режимів роботи (мінімізація втрат, управління реактивною потужністю) .	4
8	Аналіз результатів моделювання режимів ізольованої роботи мікромереж та їх синхронізації з основною енергосистемою .	2
Всього годин		30

Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу (Тем 1-3, 6 год. лекцій):	3
2	Підготовка до комплексних лабораторних робіт №1, №2, №3 (12 год.)	12
3	Підготовка та складання Модульної контрольної роботи №1 (в eLearn)	10
4	Самостійне опрацювання додаткової літератури: Дослідження міжнародних стандартів IEEE щодо вимог до інтеграції об'єктів ВДЕ в розподільні мережі.	4
5	Опрацювання лекційного матеріалу (Тем 4-6, 6 год. лекцій)	3
6	Підготовка до комплексних лабораторних робіт №4, №5, №6 (12 год.):	12
7	Підготовка та складання Модульної контрольної роботи №2 (в eLearn)	10
8	Самостійне опрацювання додаткової літератури: Аналіз сучасних методів розрахунку струмів короткого замикання за європейським стандартом IEC 60909.	3
9	Опрацювання лекційного матеріалу (Тем 7-8, 3 год. лекцій)	2
10	Підготовка до комплексних лабораторних робіт №7, №8 (6 год.)	6
11	Підготовка та складання Модульної контрольної роботи №3 (в eLearn)	10

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
12	Виконання Курсової роботи (Етап 1). Збір вихідних даних для побудови «цифрового двійника», огляд літератури та обґрунтування вибору програмного середовища.	6
13	Виконання Курсової роботи (Етап 2). (Створення базової комп'ютерної моделі фрагмента регіональної мережі, розрахунок сталих режимів та струмів КЗ.	7
14	Виконання Курсової роботи (Етап 3 - Фінал). Проведення оптимізаційних розрахунків, налаштування ПА/РПН, оформлення пояснювальної записки та підготовка презентації для захисту.	17
Всього годин		105

Методи навчання

Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- Захист лабораторних робіт
- Усне або письмове опитування
- Есе
- Презентація проекту
- Тестування

Методи навчання:

- Лекційний виклад з використанням презентацій та демонстрацій програмного забезпечення
- Лабораторні заняття з моделювання систем у MATLAB/Simulink та DIgSILENT PowerFactory
- Кейс-стаді для аналізу реальних задач енергетичних систем
- Проектна робота, що включає створення та аналіз моделей енергосистем
- Групові дискусії та обговорення кейсів для розвитку аналітичних навичок
- Використання сучасних інформаційних технологій та симуляторів для активізації навчання
- Самостійна робота з виконанням лабораторних та практичних завдань

Оцінювання результатів навчання

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. Моделювання елементів ЕЕС та мікромереж (Microgrid) у середовищі MATLAB/Simulink		
Лабораторна робота. Виконання та захист Лабораторної роботи №1 (Створення моделей СЕС та ВЕС).	ПРН 1, ПРН 3. Модуль спрямований на формування знань та умінь зі створення математичних моделей та «цифрових двійників» (Digital Twins) елементів децентралізованої генерації (ВДЕ) та систем накопичення енергії. Здобувачі навчатимуться досліджувати динамічні перехідні процеси в гібридних мікромережах з використанням середовища MATLAB/Simulink.	15
Лабораторна робота. Виконання та захист Лабораторної роботи №2 (Моделювання систем накопичення енергії).		15
Лабораторна робота. Виконання та захист Лабораторної роботи №3 (Дослідження динамічних перехідних процесів).		15
Самостійна робота. Виконання завдань самостійної роботи (опрацювання додаткової літератури та виконання Етапу 1 курсової роботи: збір вихідних даних).		25
Модульна контрольна. Модульна контрольна робота №1 (тестування в системі eLearn).		30
Всього за модулем 1		100

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 2. Моделювання регіональних (розподільних) електромереж у DIgSILENT PowerFactory		
Лабораторна робота. Виконання та захист Лабораторної роботи №4 (Побудова моделі топології фрагмента мережі).	ПРН 3, ПРН 9. Модуль присвячений побудові комп'ютерних моделей фрагментів регіональних електромереж на макрорівні. Студенти здобудуть вміння розраховувати сталі режими, перетоки потужності та струми короткого замикання за допомогою галузевого комплексу DIgSILENT PowerFactory, а також обробляти та аналізувати отримані масиви даних.	15
Лабораторна робота. Виконання та захист Лабораторної роботи №5 (Розрахунок сталих режимів та перетоків).		15
Лабораторна робота. Виконання та захист Лабораторної роботи №6 (Моделювання струмів КЗ).		15
Самостійна робота. Виконання завдань самостійної роботи (вивчення стандарту ІЕС 60909 та виконання Етапу 2 курсової роботи: побудова базової моделі).		25
Модульна контрольна. Модульна контрольна робота №2 (тестування в системі eLearn).		30
Всього за модулем 2		100
Модуль 3. Аналіз великих даних та оптимізація режимів роботи «розумних мереж»		
Лабораторна робота. Виконання та захист Лабораторної роботи №7 (Оптимізація режимів роботи розподільних мереж).	ПРН 7, ПРН 9. Модуль орієнтований на аналіз впливу стохастичної генерації ВДЕ на параметри мережі та оптимізацію режимів її роботи. Студенти отримають навички з обробки великих даних для підготовки обґрунтованих управлінських рішень, а також завершать науково-прикладні розрахунки з дотриманням принципів академічної доброчесності.	20

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Лабораторна робота. Виконання та захист Лабораторної роботи №8 (Аналіз режимів ізольованої роботи).		10
Самостійна робота. Виконання завдань самостійної роботи (фіналізація оптимізаційних розрахунків, підготовка пояснювальної записки та презентації для захисту курсової роботи).		40
Модульна контрольна. Модульна контрольна робота №3 (тестування в системі eLearn).		30
Всього за модулем 3		100
Успішне проходження сертифікованих профільних онлайн-курсів неформальної освіти (на платформах Coursera, Udemy, Prometheus тощо) за темами моделювання енергосистем, роботи в середовищі MATLAB/Simulink або технологій Smart Grid		від +5 до +15 балів (залежно від обсягу курсу)
Навчальна робота (разом за семестр)		70
Підсумковий екзамен		30
Разом за курс		100

Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамен/залік)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання:	Лабораторні, самостійні та модульні роботи необхідно здавати у заплановані терміни. Перескладання модульних робіт допускається за наявності поважних причин у визначені кафедрою строки.
--	--

Політика щодо академічної доброчесності:	Списування, використання сторонніх матеріалів і несанкціонованих пристроїв під час виконання контрольних робіт, заліку або екзамену заборонено.
Політика щодо відвідування:	Відвідування занять є обов'язковим. Пропуски відпрацьовуються згідно з індивідуальним графіком та правилами кафедри.

Навчально-методичне забезпечення

-електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - в процесі);

Рекомендовані джерела інформації

1. . Кирик В. В. Математичне моделювання Smart-систем змінного струму [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. В. Кирик ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,02 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 47 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/75904>
2. Гаєвська Г. М. Математичне моделювання об'єктів електроенергетики [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Г. М. Гаєвська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,34 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 28 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48631/1/Mat_model_2022.pdf
3. Лежнюк П. Д., Гунько І. О., Комар В. О. та ін. Інтелектуалізація електричних мереж з фотоелектричними станціями [Електронний ресурс] : монографія / П. Д. Лежнюк, І. О. Гунько, В. О. Комар та ін. ; Вінницький нац. техн. ун-т. – Вінниця : ВНТУ, 2026. – 387 с. ISBN 978-617-8163-82-2 (PDF). DOI: 10.31649/617.8163.82.2. (Теми 1, 3: математичні моделі ФЕС та систем накопичення, цифрові двійники локальних ЕС) URL: <https://doi.org/10.31649/617.8163.82.2> ; завантаження: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/959>
4. Zhang Y. (ed.) Digital Twin : Architectures, Networks, and Applications [Електронний ресурс] / Y. Zhang (ed.). – Cham : Springer International Publishing, 2024. – 142 p. ISBN 978-3-031-51818-8. – (Open Access, Creative Commons CC BY 4.0). (Тема 1: концепція Digital Twins, архітектурні моделі, застосування в енергетиці) URL (PDF вільний доступ): <https://library.oapen.org/bitstream/id/5c85dfc9-4931-48bb-8726-d153624f8a26/978-3-031-51819-5.pdf>

5. Малогулко Ю. В., Бурикін О. Б., Кацадзе Т. Л., Нетребський В. В. Електричні системи і мережі. Частина III [Електронний ресурс] : електронний навч. посіб. комбінованого (локального та мережного) використання / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський ; за ред. П. Д. Лежнюка ; Вінниц. нац. техн. ун-т. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 172 с. (Теми 4–6: математичні моделі та методи аналізу усталених режимів ЕЕС; несиметричні режими; метод симетричних складових) URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/72895>; PDF: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2023/Malogulko_P3_2022_172.pdf