

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ

ЗАТВЕРДЖЕНО
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ
І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
“27” травня 2025 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

“КОМБІНОВАНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ”

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність G3 – Електрична інженерія

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробники: професор, д.т.н. Каплун В.В., старший викладач Кругляк Г.В.

Опис навчальної дисципліни

Дисципліна «Комбіновані системи електроживлення» присвячена вивченню принципів побудови, аналізу та експлуатації гібридних енергетичних систем, що поєднують різні джерела енергії (відновлювані, традиційні). Курс охоплює архітектуру, компоненти, методи керування та оптимізації таких систем з метою підвищення їх ефективності, надійності та екологічності. Розглядаються практичні аспекти впровадження комбінованих систем для автономного та мережевого електроживлення.

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проєкт (робота)		
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання (скорочений термін)	заочна форма навчання (скорочений термін)
Рік підготовки	2	
Семестр	3	
Лекційні заняття	10	
Практичні, семінарські заняття	20	
Лабораторні заняття	-	
Самостійна робота	90	
Курсовий проєкт	-	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	3	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надати магістрантам глибокі теоретичні знання та практичні навички у сфері проєктування, моделювання та експлуатації комбінованих систем електроживлення для забезпечення надійного та ефективного енергопостачання.

Завдання:

- Вивчити структуру та компоненти гібридних енергетичних систем.
- Опанувати принципи роботи та інтеграції різних джерел енергії (сонячна, вітрова, дизель-генераторні установки, накопичувачі).
- Навчитися моделювати та симулювати режими роботи комбінованих систем.
- Здобути навички розрахунку та оптимізації параметрів системи для конкретних потреб.

- Дослідити питання управління потоками енергії та економічної ефективності.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

Знати:

- Принципи побудови, архітектуру та компоненти комбінованих систем електроживлення.
- Характеристики, переваги та недоліки різних джерел енергії та систем накопичення.
- Методи моделювання та симуляції енергетичних систем.
- Алгоритми управління потоками енергії та оптимізації.
- Техніко-економічні та екологічні аспекти впровадження комбінованих систем.

Вміти:

- Проектувати, розраховувати та моделювати комбіновані системи електроживлення.
- Симулювати режими роботи та аналізувати їх ефективність.
- Розробляти прості алгоритми управління енергопотоками.
- Обирати оптимальні компоненти для конкретних умов експлуатації.
- Визначати економічну доцільність та екологічний вплив.

Мати навички:

- Роботи з програмним забезпеченням для моделювання (MATLAB, Simulink, Homer Pro).
- Аналізу даних та інтерпретації результатів симуляції.
- Розрахунку параметрів окремих компонентів системи.
- Вибору оптимального складу гібридної системи.
- Роботи з літературними джерелами та нормативною документацією.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК):

Здатність розв'язувати складні проблеми і задачі під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

СК1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науковотехнічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

СК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН6. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

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

3. Програма та структура навчальної дисципліни

3.1. Повний термін навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	усь ого	у тому числі					усь ого	у тому числі						
		лек	пр.	лаб.	інд.	с.р.		лек	пр	лаб.	інд	с.р		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Змістовий модуль 1.														
Тема 1. <u>Вступ до комбінованих систем.</u> Огляд концепції гібридних енергетичних систем. Класифікація систем за типами джерел, режимами роботи (автономні, мережеві) та сферами застосування. Аналіз переваг та недоліків.	24	2	4			18								
Тема 2. <u>Джерела енергії та їх інтеграція.</u> Характеристики основних джерел: фотоелектричні модулі, вітрові турбіни, дизельні генератори. Принципи їх взаємодії та синергетичний ефект у комбінованих системах.	24	2	4			18								
Тема 3. <u>Системи накопичення енергії.</u> Принципи роботи різних типів акумуляторів. Методи керування зарядом-розрядом. Роль накопичувачів у стабілізації гібридних систем та управлінні піковим навантаженням.	24	2	4			18								
Разом за змістовим модулем 1	72	6	12			54								
Змістовий модуль 2.														
Тема 4. <u>Моделювання та керування.</u> Моделі компонентів комбінованих систем. Алгоритми управління потоками енергії. Методи оптимізації роботи для мінімізації витрат або максимізації використання відновлюваної енергії.	24	2	4			18								
Тема 5. <u>Економічна доцільність та екологічні аспекти.</u> Методи розрахунку техніко-економічних показників. Аналіз терміну окупності. Оцінка екологічного впливу та внеску гібридних систем у сталий розвиток.	24	2	4			18								
Разом за змістовим модулем 2	48	4	8			36								
Усього	120	10	20			90								

4. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1.	<u>Проектування фотоелектричної системи.</u> Розрахунок параметрів фотоелектричної станції для забезпечення заданого електроспоживання. Врахування інсоляції, кута нахилу та втрат.	4

2.	<u>Моделювання вітрової установки.</u> Побудова моделі вітрової турбіни та аналіз її роботи при різних швидкостях вітру. Розрахунок вихідної потужності.	4
3.	<u>Вибір акумуляторної батареї.</u> Розрахунок необхідної ємності та типу акумуляторної батареї для гібридної системи, виходячи з профілю навантаження та автономності.	4
4.	<u>Створення моделі комбінованої системи.</u> Побудова комплексної моделі гібридної системи (наприклад, сонце-вітер-акумулятор) у MATLAB/Simulink.	4
5.	<u>Симуляція режимів роботи.</u> Симуляція роботи розробленої моделі в різних умовах (зміна інсоляції, швидкості вітру). Аналіз потоків енергії.	4

5. Теми самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кільк ість годин
1.	<u>Мікроенергосистеми.</u> Дослідження та огляд концепції та компонентів мікроенергосистем (microgrids) та їх ролі в електроенергетиці.	9
2.	<u>Інтеграція накопичувачів.</u> Аналіз методів інтеграції акумуляторних батарей у комбіновані системи та їх вплив на стабільність.	9
3.	<u>Прогнозування генерації.</u> Вивчення та аналіз методів прогнозування виробітку енергії для сонячних та вітрових станцій.	9
4.	<u>Гідроакумуляуючі системи.</u> Дослідження принципу роботи та застосування гідроакумуляуючих систем як компонента комбінованих систем.	9
5.	<u>Застосування паливних елементів.</u> Аналіз можливостей використання паливних елементів як резервного джерела енергії в гібридних системах.	9
6.	<u>Енергетичний менеджмент.</u> Огляд систем енергетичного менеджменту та їх інтеграція з комбінованими системами електроживлення.	9
7.	<u>Стандартизація.</u> Дослідження міжнародних стандартів (IEC, IEEE) для комбінованих систем електроживлення та їх компонентів.	9
8.	<u>Кібербезпека.</u> Аналіз загроз кібербезпеки для систем керування гібридними енергетичними об'єктами.	9
9.	<u>Оптимізація розмірів.</u> Огляд методів оптимізації розмірів компонентів комбінованої системи (розміри сонячних панелей, вітрових турбін, ємності батареї) для конкретного об'єкта.	9
10.	<u>Імітаційне моделювання.</u> Створення детальної імітаційної моделі комбінованої системи для оцінки її надійності.	9

6. Засоби діагностики результатів навчання

- екзамен;
- модульні тести;
- реферати;
- захист лабораторних та самостійних робіт;

7. Методи навчання

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання:

- словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо);
- практичний метод (лабораторні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);
- інші види.

8. Методи оцінювання

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна та результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання:	Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин.
Політика щодо академічної доброчесності:	Списування під час модульних атестацій та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Самостійні роботи повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу.
Політика щодо відвідування:	Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом ННІ).

9. Методичне забезпечення

1. Електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn);
2. Конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
3. Підручники, навчальні посібники, практикуми;
4. Методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти.

1. Рекомендована література

Україномовні джерела:

1. Жуков В.В. Відновлювані джерела енергії.
2. Саєнко С.В. Smart Grid: технології та перспективи.
3. Гнатуш В.А. Електричні мережі та системи.
4. Кулешов М.А. Енергетичні системи.
5. Гаркуша О.А. Основи електротехніки та електроніки.
6. Мельничук С.В. Енергозберігаючі технології.
7. Іванов П.Р. Системи автономного електропостачання.
8. Коваленко В.В. Електроенергетика.
9. Клименко А.М. Енергетичні системи та їх моделювання.
10. Дехтяр В.Г. Електричні станції та підстанції.

Англомовні джерела:

1. Momoh J.A. Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis.
2. Bhattacharyya S.C. Smart Grid: Technology and Management.
3. Erol-Kantarci M. Internet of Things and Machine Learning for Smart Grids.
4. Bayindir R. Hybrid Power Systems.
5. Li F. An Introduction to Smart Grid and Its Components.
6. Wang F. Smart Grid Technology.
7. Zhong J. Smart Grid Cybersecurity.
8. Sankaran C. Hybrid Renewable Energy Systems.
9. Fink C. Smart Grid: Applications, Networks, Communications.
10. Farhangi H. The Path of the Smart Grid.

Стандарти:

1. ДСТУ 2267-93 Вироби електротехнічні. Терміни та визначення
2. ДСТУ ІЕС 60050-161-2003 Словник електротехнічних термінів. Глава 161. Електромагнітна сумісність (ІЕС 60050-161:1990, IDT)
3. ДСТУ ІЕС 60050-300-312:2006 Електротехнічний словник термінів. Електричні та електронні вимірювання і засоби вимірювальної техніки. Частина 312. Загальні терміни щодо електричного вимірювання (ІЕС 60050-300:2001, IDT)
4. ДСТУ ІЕС 60050-300-313:2006 Електротехнічний словник термінів. Електричні та електронні вимірювання і засоби вимірювальної техніки. Частина 313. Типи електричних засобів вимірювальної техніки (ІЕС 60050-300:2001, IDT)

5. ДСТУ ІЕС 60331-12:2007 Випробування електричних кабелів вогнем. Цілісність кіл. Частина 12. Устаткування для випробування за температури полум'я не менш ніж 830° С і механічного удару (ІЕС 60331-12:2002, IDT)
6. ДСТУ ІЕС 60331-25:2007 Випробування електричних кабелів вогнем. Цілісність кіл. Частина 25. Методика випробування. Волоконно-оптичні кабелі (ІЕС 60331-25:1999, IDT)
7. ДСТУ 2225-95 (ГОСТ 30421-96) Вимірювачі електричної ємності активного опору та тангенсу кута втрат високовольтні. Загальні технічні умови.
8. ДСТУ 2718-94 (ГОСТ 30217-94) Міри індуктивності, взаємної індуктивності і комплексної взаємної індуктивності. Загальні технічні умови
9. ДСТУ 2816-94 Матеріали магнітні. Методи визначення статичних магнітних характеристик зразків магніто-твердих матеріалів
10. ДСТУ ІЕС 60477-2001 Резистори постійного струму лабораторні (ІЕС 60477:1974)
11. ДСТУ ІЕС 60477-2-2001 Резистори лабораторні. Частина 2. Резистори змінного струму лабораторні (ІЕС 60477-2:1979, IDT)
12. ДСТУ ІЕС 60564:2004 Мости постійного струму для вимірювання опору (ІЕС 60564:1977, IDT)

Інформаційні ресурси

1. Міністерство освіти і науки України – <https://mon.gov.ua> Офіційний сайт, що містить нормативні документи, накази, стандарти освіти.
2. Наукова електронна бібліотека України (НаУКМА, НБУВ, ELib) – <https://www.nbu.gov.ua> Доступ до наукових публікацій, дисертацій, монографій у галузі енергетики.
3. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України – <https://saee.gov.ua> Актуальна інформація щодо енергозбереження, програм підвищення енергоефективності.
4. Портал відкритих даних України (Є-data) – <https://data.gov.ua> Відкриті ресурси щодо енергоспоживання, звітів підприємств, бюджетних даних.
5. Національна енергетична компанія «Укренерго» – <https://ua.energy> Статистична інформація щодо виробництва та споживання електроенергії в Україні.
6. Офіційний вебсайт НУБіП України – <https://nubip.edu.ua> Матеріали, методичні рекомендації, програми практик, звіти.
7. Scopus – <https://www.scopus.com> Бібліографічна та реферативна база даних для пошуку наукових джерел.
8. IEEE Xplore Digital Library – <https://ieeexplore.ieee.org> Повнотекстові публікації з електротехніки, енергетики, автоматизації.
9. Google Scholar – <https://scholar.google.com> Пошукова система для наукових джерел, статей, звітів, технічної документації.
10. Open Access Repository KPI – <https://ela.kpi.ua> Доступ до матеріалів конференцій, статей, курсових і дипломних робіт з енергетики.
11. <https://energy.kpi.ua> – Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія».
12. <https://lib.nubip.edu.ua> – електронна бібліотека НУБіП України.