

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Кафедра Інженерії енергосистем

“ЗАТВЕРДЖЕНО”

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

“19” червня 2026 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Надійність електроенергетичних систем з ВДЕ

Галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність G3 Електрична інженерія

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і енергозбереження

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

Київ – 2026 р.

Опис навчальної дисципліни «Надійність електроенергетичних систем з ВДЕ»

Дисципліна «Надійність електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами енергії» спрямована на формування у здобувачів знань і навичок щодо методів аналізу, оцінки та забезпечення надійності роботи сучасних енергетичних систем, зокрема тих, що інтегрують ВДЕ. Вивчаються основні поняття, показники та методи оцінювання безвідмовності, ремонтпридатності, довговічності компонентів енергосистем. Значна увага приділяється структурному аналізу складних електричних мереж, резервуванню, впливу погодних і режимних факторів на надійність роботи. Особливу роль відіграють практичні навички розрахунку надійності систем з використанням сучасного програмного забезпечення, аналізу сценаріїв відмов та розроблення рішень для підвищення живучості систем. Дисципліна є необхідною складовою підготовки інженера для роботи в умовах децентралізованого електропостачання та переходу до Smart Grid.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	магістр	
Спеціальність	<u>G3 Електрична інженерія</u>	
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	1	
Курсовий проект (робота)	—	
Форма контролю	екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	1	
Семестр	2	
Лекційні заняття	15 год.	
Практичні, семінарські заняття	год.	
Лабораторні заняття	30 год.	
Самостійна робота	75 год.	
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	3 год.	

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Набуття здобувачами вищої освіти знань, умінь та практичних навичок з аналізу, оцінки та забезпечення надійності функціонування електроенергетичних систем, які містять відновлювані джерела енергії (ВДЕ), з урахуванням сучасних вимог до стійкості, гнучкості та життєздатності систем у децентралізованому енергетичному середовищі.

Набуття компетентностей:

інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати складні проблеми і задачі під час професійної та наукової 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. **загальні компетентності (ЗК):** ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу., ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК6. Здатність приймати обґрунтовані рішення. **спеціальні (фахові) компетентності (СК):** _ СК1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних 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. СК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. СК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

Програмні результати навчання (ПРН): ПРН4. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем. ПРН5. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах. ПРН6. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх. ПРН8. Враховувати правові та економічні аспекти наукових досліджень та інноваційної діяльності. ПРН11. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем 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.

ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними

2. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма							заочна форма				
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі			
			л	п	лаб	інд	с.р.			л	п	лаб
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи надійності та особливості ВДЕ												
Тема 1. Основні поняття та визначення надійності. Види відмов і методи їх класифікації	1		2				4					

[illegible]

Тема 7. Вплив сонячної та вітрової генерації на надійність енергосистем. Кейс-аналіз аварій	7		2		4		6						
Тема 8. Прогнозування відмов обладнання: регресійні методи, штучні нейронні мережі, моделі залишкового ресурсу	8		2		4		6						
Тема 9. Планування технічного обслуговування на основі прогнозів. Концепція обслуговування за станом	9		2		4		6						
Тема 10 Надійність у мікромережах: адаптивне управління, автоматизовані системи резервування	10		2		2		4						
Тема 11. Визначення та розрахунок показників	11		2		4		6						
Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							заочна форма					
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
надійності систем (SAIDI, SAIFI, ENS)													
Тема 12. Моделювання надійності систем за допомогою MATLAB/Simulink або DIgSILENT PowerFactory	12				4		4						
Тема 13. Стандарти та нормативна база з надійності в галузі енергетики та ВДЕ (IEEE, IEC, ISO, ДСТУ)	13		1				2						
Тема 14. Розробка технічних рішень з підвищення надійності об'єктів ВДЕ (сонячні станції, ВЕС, ГАЕС)	14, 15				2		4						
Усього годин			15		30		75						

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Основи надійності електроенергетичних систем Основні поняття та терміни теорії надійності, структура електроенергетичної системи, значення надійності в умовах розвитку ВДЕ. Зв'язок з компетентностями: ІК, ЗК1, СК1, ПРН1, ПРН4.	2
2.	Показники і критерії надійності в електроенергетиці SAIDI, SAIFI, MTBF, коефіцієнти готовності та відмов, національні та міжнародні стандарти. Методи кількісної оцінки. Зв'язок: СК11, СК5, ПРН4, ПРН5.	2
3.	Методи аналізу та прогнозування надійності Логіко-ймовірнісні моделі, дерева відмов, FMEA, статистичні підходи. Застосування в задачах надійності енергосистем. Зв'язок: ЗК6, СК4, ПРН11.	2
4.	Вплив ВДЕ на надійність функціонування енергосистем Особливості роботи в умовах змінної генерації. Приклади нестабільності, шляхи стабілізації (балансування, прогнозування, керування навантаженням). Зв'язок: СК2, СК11, ПРН6, ПРН19.	2
5.	Резервування і безперебійність електропостачання Види резервування (пасивне, активне), планування та проєктування резервних схем, методи підвищення надійності мереж. Зв'язок: СК4, ПРН4, ПРН5.	2
6.	Цифрові технології у забезпеченні надійності енергосистем SCADA, IoT, цифрові підстанції, цифрові двійники. Роль автоматизації, прогнозування та швидкого реагування на збої. Зв'язок: ЗК3, СК2, ПРН2, ПРН20.	2
7.	Управління ризиками та оцінка ефективності заходів підвищення надійності Принципи управління ризиками, оцінка економічної доцільності інвестицій у надійність, аналіз ефективності впроваджених технологій. Зв'язок: ЗК4, СК5, ПРН8, ПРН19.	2

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Оцінка базових показників надійності енергосистеми Ознайомлення з показниками SAIDI, SAIFI, ASAI, MTBF. Розрахунок основних параметрів на основі типових мереж.	2
2.	Аналіз надійності мереж методом Монте-Карло Імітаційне моделювання відмов елементів системи. Статистична оцінка доступності та готовності системи.)	2
3.	Моделювання резервування в розподілених мережах Розробка резервних схем (лінії, трансформатори). Аналіз ефективності резервування.	2
4.	Визначення надійності з урахуванням інтеграції ВДЕ Вплив сонячних та вітрових установок на стабільність мереж. Застосування профілів генерації.	2

5.	Застосування цифрових технологій для підвищення надійності Робота з SCADA/IoT даними. Сценарії аварійного реагування та самовідновлення.	2
6.	Дослідження реакції системи на відмову елементів (сценарії порушень) Пошук "вузьких місць", моделювання відмов та їх наслідків у PowerFactory або аналогічному середовищі.	2
7.	Прогнозування збоїв і обґрунтування заходів з підвищення надійності Використання історичних даних, моделювання довгострокової надійності, обґрунтування рішень.	2
8.	Узагальнююча лабораторна робота Комплексний проєкт: аналіз надійності локальної енергосистеми з ВДЕ, побудова резервної схеми, розрахунок ефективності заходів.	2

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основи теорії надійності в енергетиці Опрацювання додаткової літератури (ДСТУ 2861-94), складання термінологічного словника (не менше 20 понять), підготовка до тестування.	6
2	Аналіз методів оцінювання надійності Вивчення логіко-ймовірнісних методів; коротке порівняння: метод Монте-Карло, діаграми відмов, метод маршрутів.	8
3	Вивчення типових відмов обладнання Огляд типових дефектів у генераторах, трансформаторах, кабельних лініях. Створення таблиці з класифікацією та причинами.	7
4	Використання цифрових інструментів для оцінки надійності Теоретичне дослідження можливостей SCADA/IoT для моніторингу надійності. Написання короткого есе (1-2 сторінки).	6
5	Резервування у системах електропостачання Опис резервування трансформаторів, ЛЕП, джерел. Розрахунок простої схеми резервування на прикладі.	8
6	Аналіз впливу ВДЕ на надійність системи Опрацювання моделей роботи сонячних/вітрових джерел, складання SWOTаналізу впливу ВДЕ.	8
7	Критерії та показники безперебійності електропостачання Розбір SAIDI, SAIFI, ASAI, ENS. Побудова графіків за реальними чи умовними даними.	7
№ з/п	Назва теми	Кількість годин
8	Підготовка до лабораторних робіт Аналіз методичних вказівок, підготовка початкових даних, обробка результатів експериментів.	15
9	Підготовка до підсумкового контролю (екзамену) Повторення матеріалу, виконання контрольних запитань, вирішення задач, самоперевірка.	10

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

Для перевірки рівня сформованості програмних результатів навчання здобувачів застосовуються такі методи та засоби діагностики:

- усне або письмове опитування (застосовується під час лекцій та консультацій для контролю розуміння ключових понять, таких як SAIDI, SAIFI, ENS, MTBF тощо);
- співбесіда (у межах індивідуальних завдань або захистів лабораторних робіт, зокрема щодо методів оцінки надійності та резервування);
- тестування (модульні контрольні роботи для перевірки знання теоретичних основ надійності та стандартів);
- захист лабораторних/практичних, розрахункових/графічних робіт, проєктів (для перевірки вмінь застосовувати інструменти типу DIgSILENT, Simulink, SCADA для моделювання надійності та прогнозування відмов);
- пірінгове оцінювання, самооцінювання (застосовується в командних завданнях на основі кейс-аналізу аварій у системах з ВДЕ та оцінювання ефективності запропонованих рішень).

7. Методи навчання (вибрати необхідне чи доповнити):

Для формування професійних компетентностей у здобувачів вищої освіти в межах дисципліни застосовуються такі методи навчання:

- **метод проблемного навчання** — для постановки задач підвищення надійності в умовах нестабільності генерації з ВДЕ;
- **метод практико-орієнтованого навчання** — при аналізі реальних енергетичних мереж, розрахунку показників SAIDI, SAIFI, ENS;
- **кейс-метод** — для аналізу аварійних ситуацій в енергосистемах з ВДЕ та розробки резервних рішень;
- **метод проєктного навчання** — при виконанні лабораторної роботи з моделювання надійності мікромережі з ВДЕ;
- **метод перевернутого класу, змішаного навчання** — при підготовці студентів до практичних занять через онлайн-опрацювання теоретичних матеріалів;
- **метод навчання через дослідження** — у процесі прогнозування відмов обладнання з використанням AI/ML підходів;
- **метод навчальних дискусій та дебат** — під час обговорення доцільності тих чи інших стратегій резервування і прогнозування;
- **метод командної роботи, мозкового штурму** — для розробки комплексних технічних рішень підвищення надійності систем;
- **метод гейміфікованого навчання** — у формі симуляційних тренінгів із забезпечення безперебійної роботи мікромереж.

8. 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»

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Відвідування лекцій і лабораторних занять (15 тижнів × 1 бал)		15
Лаб. 1. Оцінка базових показників надійності енергосистеми (SAIDI, SAIFI)	ПРН4, ПРН6	5
Лаб. 2. Аналіз надійності методом Монте-Карло	ПРН5, ПРН11	5
Лаб. 3. Моделювання резервування в розподілених мережах	ПРН4, ПРН6, ПРН11	5
Лаб. 4. Надійність з урахуванням інтеграції ВДЕ	ПРН4, ПРН19, ПРН6	5
Лаб. 5. Цифрові технології для підвищення надійності	ПРН5, ПРН20	5
Лаб. 6. Реакція системи на відмови (PowerFactory/аналог)	ПРН4, ПРН5, ПРН20	5
Лаб. 7. Прогнозування збоїв та обґрунтування заходів	ПРН4, ПРН11, ПРН8, ПРН19	5
Лаб. 8. Комплексна робота: аналіз, резервування, ефективність	ПРН4, ПРН5, ПРН6, ПРН11	5
Самостійна робота: аналітичні огляди, робота з нормативною, кейси	ПРН8, ПРН19	5
Виконання індивідуального завдання	ПРН4, ПРН5, ПРН6, ПРН11	10
Разом за навчальну роботу	70	
Екзамен/залік	30	
Всього за курс		100

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно

74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	<i>Роботи, які здаються із порушенням встановлених термінів без обґрунтованих причин, оцінюються зі зниженням балу (до -20%). Перескладання лабораторних, індивідуальних завдань або тестів допускається лише з дозволу викладача та за умови документального підтвердження поважної причини (лікарняний, офіційне стажування, військовий облік тощо). Перескладання здійснюється не пізніше останнього тижня перед екзаменаційною сесією.</i>
Політика щодо академічної доброчесності	<i>Роботи, які здаються із порушенням встановлених термінів без обґрунтованих причин, оцінюються зі зниженням балу (до -20%). Перескладання лабораторних, індивідуальних завдань або тестів допускається лише з дозволу викладача та за умови документального підтвердження поважної причини (лікарняний, офіційне стажування, військовий облік тощо). Перескладання здійснюється не пізніше останнього тижня перед екзаменаційною сесією.</i>
Політика щодо відвідування	<i>Відвідування лекцій та лабораторних занять є обов'язковим.. За наявності офіційного підтвердження (довідка про хворобу, міжнародне стажування, тощо), студент має право на індивідуальний графік відпрацювання (у тому числі онлайн) за погодженням з викладачем і деканатом.</i>

9. Навчально-методичне забезпечення:

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=4511>

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с. – Бібліогр. : с. 450-452. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/21488/1/NADIYNIST.pdf>
2. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. URL: https://www.ive.org.ua/wpcontent/uploads/Monografia_final_21.12.2020.pdf
3. І.В. Касаткіна, С.М. Бойко, О.А. Жуков. Інтелектуальні системи електропостачання. Навчальний посібник / І.В. Касаткіна, С.М. Бойко, О.А. Жуков – 2023. – 151 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2024/Kasatkina_2023_151.pdf
4. Системи електропостачання з локальними джерелами енергії та керування ними. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт.

програмою «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» спец. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / М.В. Гребченко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 1-е вид. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 98 с. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/41e81896-4f4e-410696d7-711fa381e244/download>

5. Fendzi Mbasso W, Molu RJJ, Ambe H, Dzonde Naoussi SR, Alruwaili M, Mobarak W and Aboelmagd Y (2024) Аналіз надійності підключеної до мережі гібридної системи відновлюваної енергії з використанням гібридних методів Монте-Карло та Ньютона Рафсона. *Фронт. Energy Res.* 12: 1435221. doi: 10.3389/fenrg.2024.1435221
<https://www.frontiersin.org/journals/energyresearch/articles/10.3389/fenrg.2024.1435221/full>
6. Герасимов Є.Г., Герасимов Г.Г. Використання відновлювальних джерел енергії : навч. https://ep3.nuwm.edu.ua/25403/1/Навч.посібн_Герасимов_Використ_ВДЕ-1.pdf посібник. – Вінниця, 2023. – 120 с. – Режим доступу:
7. Гребченко М.В. Системи електропостачання з локальними джерелами енергії : навч. посібник / М.В. Гребченко. – Київ, 2023. – 95 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/41e81896-4f4e-4106-96d7-711fa381e244/download>
8. GRIN Publishing. Reliability Analysis of Power Systems with Variable Renewable Resources : монографія / [авт. кол.]. – 2020. – 150 с. – Режим доступу: <https://www.grin.com/document/922535?lang=en>
9. Lai Y., Li G., Wang Y. A Comprehensive Evaluation Method for Reliability Confidence Capacity of Renewable Energy // *Journal of Electrical Engineering & Technology.* – 2023. – Режим доступу: [електронний ресурс]. – URL: [https://doi.org/10.xxxx/jeet.2023.xxxx\(\)](https://doi.org/10.xxxx/jeet.2023.xxxx)
10. Frontiers in Energy Research. Reliability Analysis of a Grid-Connected Hybrid Renewable Energy System / [авт. кол.]. – 2024. – Режим доступу: <https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2024.1435221/full>
11. Karngala A.K., et al. Predictive Reliability Assessment of Distribution Grids with Residential DERs // *arXiv preprint.* – 2023. – Режим доступу: <https://arxiv.org/html/2312.06154v1>

12. EC&M Magazine. Optimizing Renewable Energy Performance Through Power Quality <https://www.ecmweb.com/power-quality-reliability/article/55248664/optimizing-renewable-energy-performance-through-power-quality-analysis> // EC&M. – 2024. – Режим доступу:
13. DEStech Publications. Reliability Engineering Handbook Volume 2 : довідник. – 2023. – Режим доступу: <https://www.destechpub.com/product/reliability-handbook-volume-2/engineering->
14. Americans for a Clean Energy Grid. Smart Solar Inverters Grid Reliability : технічний звіт. – 2023. <https://cleanenergygrid.org/wp-content/uploads/2014/08/Smart-Solar-Inverters.pdf> – Режим доступу:
15. ДСТУ 2861–94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1994. – 32 с. – Режим доступу: <https://01911.com.ua/wp-content/uploads/2011/05/ДСТУ-2861-94-Надійність-техніки.-Аналіз-надійності.Основні-положення.pdf> , вільний. – Назва з тит. екрана.
16. Надійність техніки. Терміни та визначення : ДСТУ 2860-94. – [Чинний від 01.07.1995]. – К. : Держстандарт України, 1995. – 28 с.
URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21179
17. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання. Контроль надійності. Основні положення : ДСТУ 2864-94. – [Чинний від 01.07.1995]. – К. : Держстандарт України, 1995. – 12 с.
URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21182
18. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення : ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). – [Чинний від 01.01.2016]. – К. : Мінекономрозвитку України, 2015. – 48 с.
URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61033