

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

ЗАТВЕРДЖЕНО
ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
“5” червня 2025 р.“

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Надійність електроенергетичних систем з ВДЕ

Галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність G3 Електрична інженерія

Освітньо-наукова програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Факультет (ННІ) ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

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

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	G3 Електрична інженерія	
Освітньо-наукова програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
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	15 год.	
Лабораторні заняття	15 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. ЗК8. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

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. СК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. СК8. Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. СК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем. СК12. 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 електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.

Програмні результати навчання (ПРН): ПРН1. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем. ПРН4. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем. ПРН6. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу. ПРН14. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України. 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 та електромеханічними системами.

2. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							заочна форма					
	тижні	усьог о	у тому числі					усьог о	у тому числі				
			л	п	ла б	ін д	с.р .		л	п	ла б	ін д	с.р.
Змістовий модуль 1. Методи аналізу надійності електроенергетичних систем													
Тема 1. Надійність електроенергетичних систем: основні поняття, властивості, види відмов та структура систем	1,2	16	2	2	2		10						
Тема 2. Показники та критерії надійності електрообладнання і систем: безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність, збережуваність, готовність	3,4	16	2	2	2		10						
Тема 3. Методи аналізу надійності: імовірісно-статистичні моделі, структурні схеми, дерева відмов, FMEA/FMECA, метод Монте-Карло	5,6	16	2	2	2		10						
Тема 4. Надійність електричних мереж і систем електропостачання: резервування, секціонування, АВР, показники SAIDI, SAIFI, CAIDI, ENS	7,8	16	2	2	2		10						
Змістовий модуль 2. Надійність систем із ВДЕ та цифрове управління													
Тема 5. Особливості функціонування електроенергетичних систем з ВДЕ: стохастичність генерації, прогнозування, балансування та гнучкість	9,10	16	2	2	2		10						
Тема 6. Надійність мікромереж з ВДЕ та накопичувачами енергії: ізольований і мережевий режими, резерви, керування навантаженням	11,12	16	2	2	2		10						

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							заочна форма					
	тижні	усьог о	у тому числі					усьог о	у тому числі				
			л	п	ла б	ін д	с.р		л	п	ла б	ін д	с.р.
Тема 7. Цифрові технології забезпечення надійності: SCADA, IoT, цифрові двійники, діагностика стану та прогнозування відмов	13,14	16	2	2	2		10						
Тема 8. Ризик-орієнтоване управління надійністю, енергетична безпека та техніко-економічне обґрунтування модернізації енергооб'єктів	15	8	1	1	1		5						
Усього годин		120	15	15	15		75						

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Надійність електроенергетичних систем: основні поняття, властивості, види відмов та структура систем. Зв'язок(ІК, ЗК1, СК1, СК11; ПРН1)	2
2.	Показники та критерії надійності електрообладнання і систем: безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність, збережуваність, готовність. Зв'язок: ЗК1, ЗК4, СК1, СК11; ПРН1.	2
3.	Методи аналізу надійності: імовірісно-статистичні моделі, структурні схеми, дерева відмов, FMEA/FMECA, метод Монте-Карло. Зв'язок: ЗК1, ЗК6, СК1, СК8, СК11; ПРН1, ПРН19	2
4.	Надійність електричних мереж і систем електропостачання: резервування, секціонування, АВР, показники SAIDI, SAIFI, CAIDI, ENS. Зв'язок: ЗК4, ЗК6, ЗК8, СК4, СК11, СК12; ПРН1, ПРН4, ПРН19.	2
5.	Особливості функціонування електроенергетичних систем з ВДЕ: стохастичність генерації, прогнозування, балансування та гнучкість Зв'язок: ІК, ЗК1, ЗК4, СК1, СК11; ПРН1, ПРН19, ПРН20.	2
6.	Надійність мікромереж з ВДЕ та накопичувачами енергії: ізолюваний і мережевий режими, резерви, керування навантаженням Зв'язок: ЗК4, ЗК6, ЗК8, СК4, СК11, СК12; ПРН1, ПРН4, ПРН6, ПРН19	2
7.	Цифрові технології забезпечення надійності: SCADA, IoT, цифрові двійники, діагностика стану та прогнозування відмов Зв'язок: ЗК1, ЗК4, ЗК6, СК1, СК4, СК11; ПРН1, ПРН4, ПРН20	2
8.	Ризик-орієнтоване управління надійністю, енергетична безпека та техніко-економічне обґрунтування модернізації енергооб'єктів Зв'язок ІК, ЗК6, ЗК8, СК4, СК8, СК12; ПРН4, ПРН6, ПРН14, ПРН19	1

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Розрахунок показників безвідмовності, інтенсивності відмов, середнього напрацювання до відмови та коефіцієнта готовності електрообладнання	2
2.	Оцінювання надійності систем електропостачання за показниками SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI та ENS	2
3.	Побудова структурних схем надійності та дерева відмов для елементів електричної мережі	2
4.	FMEA/FMECA-аналіз критичних елементів електроенергетичної системи та формування карти ризиків	2
5.	Аналіз впливу профілів сонячної та вітрової генерації на показники надійності системи електропостачання	2
6.	Обґрунтування структури резервування та режимів роботи мікромережі з ВДЕ й накопичувачем енергії	2
7.	Аналіз даних цифрового моніторингу для діагностики стану обладнання та виявлення передвідмовних ситуацій	2
8.	Розроблення ризик-орієнтованого плану модернізації електроенергетичного об'єкта з ВДЕ	1

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Оцінювання базових показників надійності електроенергетичного обладнання та систем	2
2.	Аналіз надійності електричної мережі методом статистичного моделювання Монте-Карло	2
3.	Моделювання структурного резервування елементів системи електропостачання	2
4.	Дослідження наслідків відмов обладнання та розроблення первинних заходів з підвищення надійності	2
5.	Дослідження впливу інтеграції сонячної та вітрової генерації на надійність електропостачання	2
6.	Аналіз даних SCADA/ІoT для моніторингу технічного стану та прогнозування відмов обладнання	2
7.	Моделювання аварійних режимів, відновлення живлення та реконструкції мережі з ВДЕ в PowerFactory, MATLAB/Simulink або аналогічному ПЗ	2
8.	Комплексне проєктування заходів із підвищення надійності мікромережі з ВДЕ, накопичувачем і системою автоматичного керування	1

6. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні поняття та термінологія теорії надійності Опрацювання базових понять: надійність, безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність, збережуваність, відмова, дефект, ресурс, резервування. Підготовка глосарію не менше ніж із 25 термінів із посиланнями на нормативні та навчальні джерела.	5

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
2	Статистичні показники та функції надійності електрообладнання Самостійне опрацювання функцій $R(t)$, $Q(t)$, густини розподілу часу безвідмовної роботи, інтенсивності відмов $\lambda(t)$, MTBF, MTTR, коефіцієнта готовності. Розв'язання розрахункових задач	5
3	Аналіз показників безперервності електропостачання Опрацювання методики визначення SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI та ENS. Побудова таблиці вихідних даних і виконання розрахунку для умовної розподільної мережі	5
4	Структурно-логічні методи аналізу надійності Побудова структурної схеми надійності та дерева відмов для заданої ділянки системи електропостачання. Порівняння послідовного, паралельного та резервованого з'єднання елементів.	5
5	FMEA/FMECA-аналіз і оцінювання ризиків Ідентифікація видів відмов, причин, наслідків і критичності для трансформаторної підстанції, кабельної лінії або комутаційного апарата. Формування реєстру ризиків і пропозицій щодо їх зниження.	5
6	Резервування та відновлення електропостачання Аналіз схем резервування, секціонування, АВР, локалізації пошкоджень і відновлення живлення. Обґрунтування вибору резервної схеми для заданої мережі	8
7	Підготовка до модульного контролю 1	3
	Разом за модулем 1	36
8	Вплив характеристик ВДЕ на надійність електроенергетичних систем Аналіз добових і сезонних профілів сонячної та вітрової генерації, чинників невизначеності, обмежень інтеграції ВДЕ та впливу на баланс потужності й якість електропостачання.	6
9	Методи прогнозування генерації ВДЕ та оцінювання невизначеності Порівняння підходів до прогнозування виробітку фотоелектричних і вітрових станцій. Аналіз впливу похибок прогнозу на резерви потужності та надійність електропостачання.	5
10	Мікромережі, системи накопичення енергії та резерви потужності Аналіз структури мікромережі з ВДЕ, накопичувачем, дизель-генератором або зовнішньою мережею. Обґрунтування режимів islanded/grid-connected, резервування і керування навантаженням.	6
11	Цифровий моніторинг технічного стану та предиктивне обслуговування Огляд можливостей SCADA, IoT, АСКОЕ, систем моніторингу стану та цифрових двійників. Формування переліку контрольованих параметрів для вибраного енергооб'єкта	5
12	Аналіз аварійних сценаріїв та обмежень автоматизованого керування Опис не менше двох аварійних сценаріїв у системі з ВДЕ: відмова інвертора, втрата зв'язку, перевантаження, острівний режим, дефіцит генерування або відмова накопичувача. Визначення дій системи керування та оператора	5
13	Енергетична безпека, сталість і нормативні вимоги до систем з ВДЕ Опрацювання положень енергетичної безпеки України, вимог безпеки експлуатації, екологічних обмежень, ризиків для персоналу та довкілля. Підготовка аналітичної записки	4
14	Індивідуальне комплексне завдання: підвищення надійності електроенергетичного об'єкта з ВДЕ Виконання мініпроекту для заданої або обраної системи: аналіз структури; ідентифікація критичних елементів і ризиків; оцінювання показників	8

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	надійності; вибір резервування чи реконструкції; пропозиції щодо моніторингу та керування; коротке техніко-економічне обґрунтування	
	Разом за модулем 2	39

7. 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).

8. Методи навчання:

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.

9. 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»

9.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. Аналіз і оцінювання надійності електроенергетичних систем		
Практичне заняття 1. Розрахунок показників безвідмовності, інтенсивності відмов, середнього напрацювання до відмови та коефіцієнта готовності електрообладнання	ПРН1	10
Лабораторна робота 1. Оцінювання базових показників надійності електроенергетичного обладнання та систем	ПРН1	10
Самостійна робота 1–2. Основні поняття теорії надійності; статистичні показники та функції надійності електрообладнання	ПРН1	5
Практичне заняття 2. Оцінювання надійності систем електропостачання за показниками SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI та ENS	ПРН1, ПРН4	10
Лабораторна робота 2. Аналіз надійності електричної мережі методом статистичного моделювання Монте-Карло	ПРН1, ПРН4	10
Самостійна робота 3. Аналіз показників безперервності електропостачання	ПРН1, ПРН4	5
Практичне заняття 3. Побудова структурних схем надійності та дерева відмов для елементів електричної мережі	ПРН1, ПРН19	5
Лабораторна робота 3. Моделювання структурного резервування елементів системи електропостачання	ПРН1, ПРН4	5
Практичне заняття 4. FMEA/FMECA-аналіз критичних елементів електроенергетичної системи та формування карти ризиків	ПРН4, ПРН19	5
Лабораторна робота 4. Дослідження наслідків відмов обладнання та розроблення первинних заходів з підвищення надійності	ПРН1, ПРН4, ПРН19	5
Самостійна робота 4–6. Структурно-логічні методи аналізу; FMEA/FMECA-аналіз і оцінювання ризиків; резервування та відновлення електропостачання	ПРН1, ПРН4, ПРН19	10
Модульна контрольна робота 1	ПРН1, ПРН4, ПРН19	20

Разом за модулем 1		100
Модуль 2. Надійність електроенергетичних систем з ВДЕ та цифрові засоби забезпечення надійності		
Практичне заняття 5. Аналіз впливу профілів сонячної та вітрової генерації на показники надійності системи електропостачання	ПРН1, ПРН19, ПРН20	10
Лабораторна робота 5. Дослідження впливу інтеграції сонячної та вітрової генерації на надійність електропостачання	ПРН1, ПРН19, ПРН20	10
Самостійна робота 8–9. Вплив характеристик ВДЕ; методи прогнозування генерації ВДЕ та оцінювання невизначеності	РН1, ПРН4, ПРН19, ПРН20	5
Практичне заняття 6. Обґрунтування структури резервування та режимів роботи мікромережі з ВДЕ й накопичувачем енергії	ПРН1, ПРН4, ПРН6	10
Лабораторна робота 6. Моделювання режимів роботи, резервування та керування мікромережею з ВДЕ й накопичувачем енергії	ПРН1, ПРН4, ПРН6, ПРН20	10
Самостійна робота 10. Мікромережі, системи накопичення енергії та резерви потужності	ПРН1, ПРН4, ПРН6, ПРН19	5
Практичне заняття 7. Аналіз даних цифрового моніторингу для діагностики стану обладнання та виявлення передвідмовних ситуацій	ПРН1, ПРН4, ПРН20	5
Лабораторна робота 7. Аналіз даних SCADA/ІоТ для діагностики технічного стану, прогнозування відмов і підтримки відновлення електропостачання	ПРН1, ПРН4, ПРН20	5
Самостійна робота 11–12. Цифровий моніторинг; аварійні сценарії та обмеження автоматизованого керування	ПРН4, ПРН6, ПРН19, ПРН20	5
Практичне заняття 8. Розроблення ризик-орієнтованого плану модернізації електроенергетичного об'єкта з ВДЕ	ПРН4, ПРН6, ПРН14, ПРН19	5
Лабораторна робота 8. Комплексне проектування заходів із підвищення надійності мікромережі з ВДЕ, накопичувачем і системою автоматичного керування	ПРН1, ПРН4, ПРН6, ПРН14, ПРН19, ПРН20	5
Самостійна робота 13. Енергетична безпека, сталість і нормативні вимоги до систем з ВДЕ	ПРН14, ПРН19	5
індивідуальне комплексне завдання. Підвищення надійності електроенергетичного об'єкта з ВДЕ	ПРН1, ПРН4, ПРН6, ПРН14, ПРН19, ПРН20	5
Модульна контрольна робота 2	ПРН1, ПРН4, ПРН6, ПРН14, ПРН19, ПРН20	15
Разом за модулем 2		100
Разом за навчальну роботу	(M1+M2)/2×0,7	≤70
Екзамен/залік	30	
Всього за курс	100	

9.2. 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

9.3. 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>

10. Навчально-методичне забезпечення:

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

11. 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/wp-content/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 ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – 1-е вид. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 98 с.
URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/41e81896-4f4e-4106-96d7-711fa381e244/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/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2024.1435221/full>
6. Герасимов Є.Г., Герасимов Г.Г. Використання відновлювальних джерел енергії : навч. посібник. – Вінниця, 2023. – 120 с. – Режим доступу: https://ep3.nuwm.edu.ua/25403/1/Навч.посібн_Герасимов_Використ_ВДЕ-1.pdf
7. 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>
8. 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>
9. EC&M Magazine. Optimizing Renewable Energy Performance Through Power Quality Analysis // EC&M. – 2024. – Режим доступу: <https://www.ecmweb.com/power-quality-reliability/article/55248664/optimizing-renewable-energy-performance-through-power-quality-analysis>
10. DESTech Publications. Reliability Engineering Handbook Volume 2 : довідник. – 2023. – Режим доступу: <https://www.destechpub.com/product/reliability-engineering-handbook-volume-2/>
11. Americans for a Clean Energy Grid. Smart Solar Inverters Grid Reliability : технічний звіт. – 2023. – Режим доступу: <https://cleanenergygrid.org/wp-content/uploads/2014/08/Smart-Solar-Inverters.pdf>

12. 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.
13. 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
14. 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
15. 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
!