

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Інженерії енергосистем

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**

УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ ЕЕС

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: Каплун В.В., д.т.н., професор, Павленко В.М., к.т.н., доцент

Київ - 2026 р.

Опис навчальної дисципліни

ОК 7 «Управління надійністю ЕЕС» є однією з ключових обов'язкових фахових дисциплін, що забезпечує глибоку інтеграцію класичної енергетики та сучасних цифрових технологій аналізу. Фокус курсу спрямований на вивчення методологій забезпечення безперебійного й безвідмовного функціонування електроенергетичних систем (ЕЕС) в умовах їхньої інтелектуалізації (Smart Grid) та масової інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Основний зміст дисципліни охоплює: Теорію та математичний апарат надійності: імовірнісні моделі відмов обладнання, марковські процеси та розрахунок структурної надійності складних багатокільцевих схем мереж. Надійність в умовах ВДЕ (ПРН 3): моделювання впливу стохастичної (непередбачуваної) генерації СЕС та ВЕС на балансову надійність ЕЕС. Дослідження ролі накопичувачів енергії (BESS) та мікромереж (Microgrid) у підвищенні живучості системи. Показники безперебійності електропостачання (ПРН 8): розрахунок та оптимізація системних індексів надійності розподільних мереж — SAIDI (середня тривалість відключень) та SAIFI (середня частота відключень) відповідно до вимог регулятора (НКРЕКП). Предиктивне обслуговування (Predictive Maintenance): методологія переходу від планово-запобіжних ремонтів до обслуговування за фактичним технічним станом на основі розрахунку інтегрального показника працездатності обладнання (Health Index / Індекс здоров'я силових трансформаторів та кабелів).

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)	-
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	-
Лекційні заняття	15 год.	-
Лабораторні роботи	-	-
Практичні, семінарські заняття	30 год.	-
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: Метою вивчення навчальної дисципліни ОК 7 «Управління надійністю ЕЕС» є формування у магістрантів комплексних теоретичних знань і прикладних інженерних навичок з комп'ютерного моделювання й системного аналізу режимів роботи енергосистем для об'єктивного оцінювання показників їхньої безвідмовності та розроблення ефективних заходів із підвищення надійності й безпеки експлуатації обладнання в умовах інтенсивної інтеграції відновлюваних джерел енергії.

Перелік навчальних дисциплін, які передують вивченню «Управління надійністю ЕЕС» (за їх наявності)

Набуття компетентностей

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

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

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

Програмні результати навчання

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).

ПРН8 — Оцінювати показники надійності, електромагнітної сумісності та якості електричної енергії, розробляти заходи з підвищення безпеки експлуатації обладнання ЕЕС (G3).

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. Теоретичні засади та математичне моделювання надійності ЕЕС												
Тема 1. Вступ до теорії надійності. Основні поняття та математичний апарат (2 години): Поняття відмови, безвідмовності, ремонтпридатності та збережуваності . Закони розподілу випадкових величин (експоненціальний, Вейбулла) для опису відмов та старіння силового обладнання . Інтенсивність відмов та середній час до першої відмови (MTTF).	2	-	-	-	12	14	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Структурна та апаратна надійність електроенергетичних об'єктів (2 години): Розрахунок структурної надійності складних схем розподільних пристроїв підстанцій . Побудова та аналіз «дерев відмов» (Fault Tree Analysis — FTA) та «дерев подій» (Event Tree Analysis) для цифрових підстанцій.	2	-	-	4	15	21	-	-	-	-	-	-

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 3. Марковські моделі та імовірнісний аналіз станів ЕЕС (2 години): Математичний опис процесів експлуатації за допомогою марковських ланцюгів та систем диференційних рівнянь Колмогорова. Визначення імовірностей перебування обладнання в працездатному, ремонтному та аварійному станах у тривалому режимі.	2	-	-	6	8	16	-	-	-	-	-	-
Разом за модулем 1	6	0	0	10	35	51	-	-	-	-	-	-
Модуль 2. Цифрова діагностика, моніторинг та технічне обслуговування (CBM/PdM)												
Тема 1. Фізика старіння та методи діагностики силового обладнання (2 години): Механізми деградації паперово-масляної ізоляції трансформаторів та твердої ізоляції кабелів під впливом теплових та електричних навантажень . Методи хроматографічного аналізу розчинених у маслі газів (DGA), вимірювання часткових розрядів (PD) та тепловізійного контролю	2	-	-	4	19	25	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Концепція предиктивного технічного обслуговування (PdM) та Health Index (2 години): Побудова алгоритмів оцінки залишкового ресурсу обладнання . Розрахунок інтегрального індексу здоров'я (Health Index) силових трансформаторів та кабельних ліній . Використання методів машинного навчання (ML) та статистичного аналізу для прогнозування аварійного стану	2	-	-	6	16	24	-	-	-	-	-	-
Разом за модулем 2	4	0	0	10	35	49	-	-	-	-	-	-

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 3. Управління надійністю Smart Grid та кіберфізичних систем												
Тема 1. Балансова надійність та стійкість ЕЕС при інтеграції ВДЕ (2 години): Поняття балансової надійності (Adequacy) . Показники дефіциту потужності: LOLP, LOLE та EENS . Вплив стохастичної генерації сонячних та вітрових станцій на системну надійність . Роль BESS та систем регулювання частоти.	2	-	-	6	14	22	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Надійність розподільних мереж та методологія RCM (2 години): Розрахунок показників безперебійності електропостачання споживачів: SAIDI (тривалість відключень) та SAIFI (частота відключень) . Управління активами компаній-операторів мереж на основі надійності — RCM (Reliability-Centered Maintenance).	2	-	-	4	14	20	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Кіберфізична надійність та автоматичне відновлення мереж (1 година): Концепція самовідновлення мереж (Self-healing Grid) на базі реклоузерів та алгоритмів FDIR (локалізація та відновлення) . Залежність надійності ЕЕС від відмов ІТ-інфраструктури, каналів зв'язку та серверів SCADA	1	-	-	-	7	8	-	-	-	-	-	-
Разом за модулем 3	5	0	0	10	35	50	-	-	-	-	-	-
Курсовий проект (робота)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Усього годин	15	0	0	30	105	150	-	-	-	-	-	-

Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Вступ до теорії надійності. Основні поняття та математичний апарат (2 години): Поняття відмови, безвідмовності, ремонтпридатності та збережуваності . Закони розподілу випадкових величин (експоненціальний, Вейбулла) для опису відмов та старіння силового обладнання . Інтенсивність відмов та середній час до першої відмови (MTTF).	2
2	Тема 2. Структурна та апаратна надійність електроенергетичних об'єктів (2 години): Розрахунок структурної надійності складних схем розподільних пристроїв підстанцій . Побудова та аналіз «дерев відмов» (Fault Tree Analysis — FTA) та «дерев подій» (Event Tree Analysis) для цифрових підстанцій.	2
3	Тема 3. Марковські моделі та імовірнісний аналіз станів ЕЕС (2 години): Математичний опис процесів експлуатації за допомогою марковських ланцюгів та систем диференціальних рівнянь Колмогорова. Визначення імовірностей перебування обладнання в працездатному, ремонтному та аварійному станах у тривалому режимі.	2
4	Тема 4. Фізика старіння та методи діагностики силового обладнання (2 години): Механізми деградації паперово-масляної ізоляції трансформаторів та твердої ізоляції кабелів під впливом теплових та електричних навантажень . Методи хроматографічного аналізу розчинених у маслі газів (DGA), вимірювання часткових розрядів (PD) та тепловізійного контролю	2
5	Тема 5. Концепція предиктивного технічного обслуговування (PdM) та Health Index (2 години): Побудова алгоритмів оцінки залишкового ресурсу обладнання . Розрахунок інтегрального індексу здоров'я (Health Index) силових трансформаторів та кабельних ліній . Використання методів машинного навчання (ML) та статистичного аналізу для прогнозування аварійного стану	2
6	Тема 6. Балансова надійність та стійкість ЕЕС при інтеграції ВДЕ (2 години): Поняття балансової надійності (Adequacy) . Показники дефіциту потужності: LOLP, LOLE та EENS . Вплив стохастичної генерації сонячних та вітрових станцій на системну надійність . Роль BESS та систем регулювання частоти.	2
7	Тема 7. Надійність розподільних мереж та методологія RCM (2 години): Розрахунок показників безперебійності електропостачання споживачів: SAIDI (тривалість відключень) та SAIFI (частота відключень) . Управління активами компаній-операторів мереж на основі надійності — RCM (Reliability-Centered Maintenance).	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
8	Тема 8. Кіберфізична надійність та автоматичне відновлення мереж (1 година): Концепція самовідновлення мереж (Self-healing Grid) на базі реклоузерів та алгоритмів FDIR (локалізація та відновлення) . Залежність надійності ЕЕС від відмов ІТ-інфраструктури, каналів зв'язку та серверів SCADA	1
Всього годин		15

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок показників структурної надійності складних схем підстанцій (4 години) Опис завдання: Студенти проводять аналітичний розрахунок показників надійності (ймовірність безвідмовної роботи, частота відмов, середній час відновлення) для складних схем розподільних пристроїв підстанцій (схеми з двома системами шин, полуторні схеми). Будується «дерево відмов» (FTA) для оцінки ймовірності знеструмлення власних потреб цифрової підстанції.	4
2	Марковське та імітаційне моделювання станів ЕЕС у MATLAB/Simulink (6 годин) Опис завдання: Побудова комп'ютерної моделі в MATLAB для симуляції випадкових процесів відмов і відновлення обладнання. Студенти складають системи диференціальних рівнянь Колмогорова (марковські ланцюги) для визначення ймовірностей перебування об'єктів у працездатному, ремонтному чи аварійному станах та верифікують їх шляхом імітаційного моделювання.	6
3	Розрахунок інтегрального індексу здоров'я (Health Index) силових трансформаторів (6 годин) Опис завдання: Студенти аналізують реальні масиви діагностичних даних силових трансформаторів 110 кВ. За допомогою методів Дувалю та Роджерса проводиться інтерпретація результатів хроматографічного аналізу розчинених у маслі газів (DGA). На основі бальної оцінки сукупності параметрів (вологість, кислотність, часткові розряди) розраховується інтегральний показник Health Index для визначення залишкового ресурсу.	6

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
4	Моделювання процесів теплового старіння ізоляції при змінних графіках навантаження (4 години) Опис завдання: Побудова математичної моделі зносу ізоляції силового трансформатора (за рівняннями Арреніуса/Монтсінгера) у MATLAB. Студенти досліджують, як добовий графік навантаження споживачів та коливання температури навколишнього середовища впливають на швидкість теплового старіння ізоляції та ймовірність виникнення теплового пробою.	4
5	Моделювання балансової надійності Microgrid з інтегрованою генерацією CEC/BEC та BESS (6 годин) Опис завдання: У середовищі DIgSILENT PowerFactory або MATLAB будується модель локальної мікромережі (Microgrid) із сонячною/вітровою станцією та системою накопичення енергії (BESS). За методом Монте-Карло моделюється випадковий характер генерації ВДЕ та розраховуються системні індекси дефіциту потужності (LOLP, LOLE, EENS). Студенти обґрунтовують необхідну ємність BESS для забезпечення безперебійного живлення в автономному (острівному) режимі.	6
6	Розрахунок показників безперебійності розподільних мереж та оцінка систем автоматизації (4 години) Опис завдання: Розрахунок показників надійності SAIDI (середня тривалість відключень) та SAIFI (середня частота відключень) для радіальної та кільцевої мережі 10 кВ. Студенти оцінюють технічну та економічну ефективність впровадження технологій Self-healing Grid (встановлення реклоузерів із функцією автоматичного відновлення живлення FDIR) шляхом порівняльного аналізу SAIDI до і після автоматизації.	4
Всього годин		30

Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу: систематизація конспектів, робота з базовою літературою щодо імовірнісних законів відмов та марковських ланцюгів (Лекції 1–3).	3
2	Підготовка та оформлення звітів до комплексних практичних робіт: • Практична робота №1 (розрахунок структурної надійності підстанцій та побудова FTA) — 5,0 год; • Практична робота №2 (марковське та імітаційне моделювання в MATLAB) — 5,0 год.	10
3	Виконання Індивідуального завдання CPC №1: розрахунок параметрів екранування сигнального кабелю підстанції за індивідуальним варіантом завад (перший етап дослідження).	15

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
4	Підготовка до оцінювання: повторення матеріалу та підготовка до комп'ютерного тестування Модульного контролю №1 в eLearn.	7
5	Опрацювання лекційного матеріалу: вивчення показників дефіциту потужності (LOLE, LOLP) та фізики теплового старіння ізоляції трансформаторів (Лекції 4–5).	3
6	Підготовка та оформлення звітів до комплексних практичних робіт: • Практична робота №3 (розрахунок Health Index трансформатора на основі DGA) — 5,0 год; • Практична робота №4 (моделювання зносу ізоляції Арреніуса/Монтсінгера) — 5,0 год.	10
7	Виконання Індивідуального завдання CPC №2 (аналітичний кейс): збір та підготовка вихідних даних для індивідуального моделювання (Варіант А: CEC 1 МВт на гармоніки 10 кВ; Варіант Б: опис структури керування Microgrid).	15
8	Підготовка до оцінювання: повторення матеріалу та підготовка до комп'ютерного тестування Модульного контролю №2 в eLearn.	7
9	Опрацювання лекційного матеріалу: вивчення показників безперебійності SAIDI/SAIFI, методології RCM та концепції Self-healing Grid (Лекції 6–8).	2
10	Підготовка та оформлення звітів до комплексних практичних робіт: • Практична робота №5 (моделювання надійності Microgrid з BESS за методом Монте-Карло) — 5,0 год; • Практична робота №6 (розрахунок SAIDI/SAIFI розподільних мереж з реклоузерами) — 5,0 год.	10
11	Виконання Індивідуального завдання CPC №3 (фінальний звіт): комп'ютерне моделювання та захист результатів у формі доповіді (Варіант А: моделювання в DIgSILENT PowerFactory; Варіант Б: моделювання в MATLAB/Simulink).	15
12	Підготовка до підсумкового оцінювання: • Підготовка до тестування Модульного контролю №3 — 3,0 год; • Систематизація знань з усього курсу та самопідготовка до семестрового іспиту — 5,0 год.	8
Всього годин		105

Методи навчання

Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- Захист лабораторних робіт
- Презентація проекту
- Тестування

Методи навчання:

- Лекційні заняття з використанням презентацій та інтерактивних елементів для пояснення теоретичних аспектів
- Практичні заняття з використанням комп'ютерних моделей та програмних засобів для аналізу надійності ЕЕС
- Кейс-стаді для аналізу реальних ситуацій та застосування методів управління надійністю
- Проектна робота для розробки моделей та систем моніторингу стану обладнання
- Групові дискусії та обговорення сучасних підходів до цифрової діагностики та обслуговування обладнання
- Використання симуляційних платформ для моделювання роботи систем та сценаріїв відмов
- Інтерактивні семінари для обговорення нових досліджень та технологій у галузі

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. Теоретичні засади та математичне моделювання надійності ЕЕС		
Практична робота. Практична робота №1 (Розрахунок структурної надійності та FTA)	ПРН 3, ПРН 8.1. Знати основи теорії ймовірності, статистичних методів та математичних моделей, що застосовуються для аналізу надійності електроенергетичних систем. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювати відмови та їх наслідки, аналізувати структурну та функціональну надійність підстанцій і систем. Використовувати MATLAB для імітаційного моделювання та аналізу систем. Здійснювати оцінку ймовірнісних характеристик та розробляти заходи щодо підвищення надійності та безпеки ЕЕС.	20
Практична робота. Практична робота №2 (Марковське та імітаційне моделювання в MATLAB)		20

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Самостійна робота. Індивідуальне завдання СРС №1 (Аналітичний розрахунок та FTA підстанції)		30
Модульна контрольна. Модульна контрольна робота №1		30
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. Цифрова діагностика, моніторинг та технічне обслуговування (CBM/PdM)		
Практична робота. Практична робота №3 (Розрахунок Health Index на основі даних DGA)	ПРН 3, ПРН 8.2. Знати показники дефіциту потужності (LOLE, LOLP), фізику теплового старіння ізоляції трансформаторів, методи моніторингу та діагностики обладнання. Вміти застосовувати сучасні методи аналізу стану обладнання, розробляти заходи щодо підвищення надійності та безпеки систем. Використовувати DGA для оцінки стану трансформаторів, моделювати знос ізоляції та аналізувати результати.	20
Практична робота. Практична робота №4 (Моделювання зносу ізоляції за Арреніусом у MATLAB)		20
Самостійна робота. Індивідуальне завдання СРС №2 (Аналітичний кейс збору даних Microgrid/ВДЕ)		30
Модульна контрольна. Модульний контрольний тест №2 (автоматичний тест в eLearn)		30
Всього за модулем 2		100

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 3. Управління надійністю Smart Grid та кіберфізичних систем		
Практична робота. Практична робота №5 (Моделювання балансової надійності в PowerFactory)	ПРН 3, ПРН 8. Знати показники безперебійності (SAIDI, SAIFI), методології RCM, концепцію Self-healing Grid. Вміти аналізувати показники надійності, застосовувати методи прогнозування та моделювання у системах Smart Grid, розробляти заходи щодо підвищення їхньої надійності та безпеки. Використовувати DIgSILENT PowerFactory або MATLAB/Simulink для моделювання та аналізу систем.	20
Практична робота. Практична робота №6 (Розрахунок SAIDI/SAIFI розподільних мереж з реклоузерами)		20
Самостійна робота. Індивідуальне завдання СРС №3 (Фінальний звіт N-1 та кіберфізичних систем)		30
Модульна контрольна. Модульний контрольний тест №3 (автоматичний тест в eLearn)		30
Всього за модулем 3		100
• Одноосібна публікація статті у фаховому виданні України (категорія «Б»). • Публікація статті у співавторстві з науковим керівником • Публікація наукової статті іноземною мовою (одноосібно). • Одноосібна публікація тез доповіді на міжнародній конференції. • Публікація тез конференції у співавторстві з викладачем. • Усна доповідь (з презентацією розрахунків) на конференціях міжнародного рівня. • Усна доповідь на наукових заходах всеукраїнського чи університетського рівня (наприклад, щорічні семінари ННІ ЕАіЕ). • Участь у II етапі Всеукраїнської студентської олімпіади чи Конкурсу наукових робіт. • Активне членство або керівництво профільним студентським науковим гуртком кафедри. • Надання діючого сертифіката про успішне проходження профільного онлайн-курсу (наприклад, на платформах Coursera, edX, Udey з моделювання надійності, аналізу даних або предиктивної аналітики) обсягом понад 15 годин • Проходження короткотермінових сертифікованих тренінгів або воркшопів від провідних виробників обладнання (Siemens, ABB, Schneider Electric) з питань експлуатації та діагностики енергосистем.		від 5 до 30 балів
Навчальна робота (разом за семестр)		70

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
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 - Електронний навчальний курс «Управління надійністю ЕЕС» на навчальному порталі НУБіП України eLearn (у процесі створення / наповнення));

-Методичні вказівки до виконання комплексних практичних робіт з дисципліни «Управління надійністю ЕЕС» для студентів спеціальності 141 (укладачі: викладачі кафедри інженерії енергосистем ННІ ЕАіЕ, 2026 р.;

Рекомендовані джерела інформації

1. Бардик С. І. Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM). URL: <https://ela.kpi.ua/items/eea8701f-4337-4d7d-b204-bedd005f662e> (дата звернення: 20.08.2026).

2. Lin J.-H., Chen C.-Y., Wu C.-H. Review of Power System Resilience Concept, Assessment, and Enhancement Strategies. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 4. Art. 1428. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/4/1428> (дата звернення: 20.08.2026).
3. Fendzi Mbasso W. et al. Reliability analysis of a grid-connected hybrid renewable energy system using hybrid Monte-Carlo and Newton-Raphson methods. *Frontiers in Energy Research*. 2024. Vol. 12. Art. 1435221. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2024.1435221/full> (дата звернення: 20.08.2026).
4. North American Electric Reliability Corporation (NERC). 2024 Long-Term Reliability Assessment. December 2024 (corrected July 2025). URL: https://www.nerc.com/globalassets/our-work/assessments/2024-ltra_corrected_july_2025.pdf (дата звернення: 20.08.2026).
5. Peña D. et al. Reliability Assessment of Ecuador's Power System: Metrics, Challenges, and Improvements. *Energies*. 2025. Vol. 18, no. 12. Art. 3059. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/12/3059> (дата звернення: 20.08.2026).
6. Бардик Є. І., Бондаренко О. Л., Заклюка І. В. Аналіз методів і алгоритмів дослідження режимної надійності енергосистем в умовах каскадного розвитку відмов. *Відновлювана енергетика*. 2023. № 3 (74). С. 6–17. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.3\(74\).6-17](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.3(74).6-17).
7. ДСТУ EN 50160:2023 (EN 50160:2022, IDT). Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. (Офіційний стандарт, що регулює вимоги до показників якості та надійності напруги в точках приєднання споживачів)
8. ДСТУ IEC TS 62351-100-6:2024 (IEC TS 62351-100-6:2022, IDT). Керування енергетичними системами та пов'язаний із ним інформаційний обмін. Безпека даних та комунікацій. Частина 100-6. Тестування на відповідність стандартам із кібербезпеки. IEC 61850-8-1 та IEC 61850-9-2. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024. (Використовується у Змістовому модулі 3 для аналізу кіберфізичної безпеки цифрових підстанцій)
9. Кодекс систем розподілу (затверджений Постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 310 зі змінами та доповненнями станом на 20.11.2025). Офіційний вебпортал НКРЕКП. URL: <https://www.nerc.gov.ua>. (Регулює нормативні показники безперебійності електропостачання SAIDI та SAIFI для українських ОСР)
10. Hamed Binqadhi, Mohammad AlMuhaini. Cyber–physical power systems resilience: Definition, threats, and assessment. *Energy Reports*. 2026. Vol. 15. pp. 102–115. (Глибоке дослідження кіберфізичної надійності та стійкості Smart Grid)

11. Alireza Zare, Miadreza Shafie-khah, Pierluigi Siano, George Cristian Lazaroiu. A systematic review of Virtual Power Plant configurations and their interaction with electricity, carbon, and flexibility markets. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2026. Vol. 226, Part D. 116448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116448>.
(Аналіз надійності та гнучкості розподіленої генерації на базі BEC/CEC)
12. Babayomi O., Zhang Z., Rodriguez J. Smart grid evolution: predictive control of distributed energy resources – a review. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2022. Vol. 147. 108812. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108812>.
(Дослідження предиктивного управління балансовою надійністю)