

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра Інженерії енергосистем

“ЗАТВЕРДЖЕНО”

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

“ ____ ” _____ 20 ____ р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

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 – 2025 р.

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

директор ННІ ЕАіЕ

_____ Каплун В.В.

“ _____ ” _____ 20____ р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри інженерії
енергосистем

протокол № 7 від “27” травня 2025 р.
Завідувач кафедри _____ Антипов Є.О.

”РОЗГЛЯНУТО ”

Гарант ОПІ Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

_____ Усенко С.М.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Управління надійністю та енергоефективністю
електричних мереж

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

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 – 2025 р.

Опис навчальної дисципліни «Управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж»

Дисципліна "Управління надійністю та енергоефективністю електричних мереж" викладається магістрам спеціальності "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка". Вона надає глибокі знання та практичні навички, необхідні для ефективного функціонування сучасних електричних систем.

Курс охоплює основи **надійності та енергоефективності**, методи **аналізу та розрахунку показників** для елементів і складних електричних мереж. Студенти вивчатимуть причини відмов, **оцінку ризиків**, а також сучасні підходи до **діагностики та моніторингу** стану обладнання. Особлива увага приділяється стратегіям **технічного обслуговування та ремонту**, включаючи надійнісно-орієнтовані підходи.

Управління **енергоефективністю** розглядається через призму аналізу та мінімізації **вtrat енергії**, оптимізації режимів роботи мереж та впровадження енергоефективного обладнання. Важливою складовою є вивчення **інтелектуальних електричних мереж (Smart Grid)**, **цифровізації та питань кібербезпеки** як невід'ємних елементів підвищення надійності та ефективності.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	магістр	
Спеціальність	<u>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</u>	
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	вибіркова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проєкт (робота)	—	
Форма контролю	екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	2	
Семестр	3	
Лекційні заняття	10 год.	
Практичні, семінарські заняття	год.	
Лабораторні заняття	20 год.	
Самостійна робота	90 год.	
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	3 год.	

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Метою дисципліни є формування у студентів здатності **розробляти та впроваджувати заходи** для підвищення надійності, енергоефективності та безпеки електричних мереж, а також **аналізувати процеси і реконструювати існуючі системи** відповідно до сучасних вимог та інноваційних рішень.

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):

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК8. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

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):

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.

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

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	інд	с.р.
Тема 1: Основи надійності та енергоефективності електричних мереж. Показники та методи оцінки.	1 - 2	17	2				15						
Тема 2: Методи розрахунку надійності складних електричних	3- 4	21	2		4		15						

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.
систем та управління ризиками.													
Тема 3: Стратегії підвищення надійності: діагностика, моніторинг та технічне обслуговування.	5 - 6	28	2		6		20						
Тема 4: Заходи з підвищення енергоефективності електричних мереж. Технічна та організаційна оптимізація.	7 - 8	26	2		4		20						
Тема 5: Інтелектуальні мережі (Smart Grid), цифровізація та кібербезпека як інструменти управління надійністю та енергоефективністю.	9 - 10	28	2		6		20						
Усього годин		120	10		20		90						

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Вступ. Основні поняття та термінологія надійності електричних систем (безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність). Показники надійності елементів та систем. Причини відмов. Основні поняття енергоефективності. Джерела втрат енергії в електричних мережах. Ключові показники енергоефективності.	2
2.	Методи розрахунку надійності складних систем: структурні схеми надійності (послідовне, паралельне з'єднання, резервування). Основи Марковських процесів. Введення до управління ризиками: ідентифікація, аналіз та оцінка ризиків в електроенергетиці.	2
3.	Сучасні системи діагностики та моніторингу стану електрообладнання (онлайн/офлайн моніторинг, предикативна діагностика). Прогнозування залишкового ресурсу. Сучасні стратегії технічного обслуговування: планово-попереджувальні ремонти (ППР), технічне обслуговування за станом (ТОС), надійнісно-орієнтоване технічне обслуговування (НОТО).	2
4.	Технічні заходи з підвищення енергоефективності: компенсація реактивної потужності, оптимізація перерізів провідників, використання енергоефективного обладнання. Організаційні заходи: енергетичний аудит та енергетичний менеджмент (введення до ISO 50001)..	2
5.	Концепція та архітектура інтелектуальних електричних мереж (Smart Grid). Вплив Smart Grid на надійність та енергоефективність. Роль цифровізації в сучасних енергосистемах. Основи кібербезпеки критичної енергетичної інфраструктури.	2

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	ЛР 1: Розрахунок основних показників надійності для типових елементів електричних мереж (лінії електропередачі, трансформатори, вимикачі) з використанням статистичних даних про відмови.	2
2.	ЛР 2: Методи розрахунку втрат потужності та енергії в різних елементах електричних мереж. Аналіз впливу навантаження на втрати.	2
3.	ЛР 3: Моделювання надійності електричних підсистем з резервуванням. Оцінка покращення показників надійності при різних схемах резервування.	2
4.	ЛР 4: Практичні кейси з ідентифікації та оцінки ризиків виникнення аварійних ситуацій в електричних мережах. Розробка матриці ризиків.	2
5.	ЛР 5: Ознайомлення з програмним забезпеченням для моніторингу та діагностики обладнання. Аналіз діагностичних даних та прийняття рішень щодо обслуговування.	2
6.	ЛР 6: Розробка рекомендацій щодо вибору оптимальної стратегії технічного обслуговування для різних типів електрообладнання з урахуванням вартості та надійності.	2
7.	ЛР 7: Вибір оптимальних засобів компенсації реактивної потужності для зниження втрат в електричній мережі.	2
8.	ЛР 8: Розробка рекомендацій щодо оптимізації режимів роботи електричних мереж з метою мінімізації втрат енергії	2
9.	ЛР 9: Аналіз впливу децентралізованих джерел генерації та Smart Grid технологій на надійність розподільчих мереж.	
10	ЛР 10: Розгляд сценаріїв кібератак на енергосистеми та розробка базових заходів захисту інформаційних систем енергетичних об'єктів	

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення міжнародних та національних стандартів з надійності та енергоефективності. Аналіз звітів про надійність роботи енергосистем. Пошук та аналіз інформації про типові втрати в мережах різного класу напруги.	15
2	Вивчення питань кібербезпеки комунікаційних мереж у Smart Grid. Поглиблене вивчення методів Монте-Карло для оцінки надійності складних систем. Аналіз реальних випадків великих аварій та їх причин для розуміння ризиків.	15
3	Огляд новітніх технологій сенсорики та "Internet of Things" (IoT) для моніторингу енергооб'єктів. Порівняльний аналіз економічної ефективності різних стратегій ТО.	20
4	Вивчення прикладів успішного впровадження систем енергоменеджменту на підприємствах. Аналіз економічної ефективності впровадження енергоефективного обладнання.	20
5	Дослідження пілотних проектів Smart Grid в Україні та світі. Вивчення загроз кібербезпеки в енергетиці та регуляторних вимог до її забезпечення.	20

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 показники надійності, види відмов в електричних мережах, основні джерела втрат енергії, принципи діагностики

обладнання, типи стратегій технічного обслуговування, а також концепції Smart Grid та кібербезпеки в енергетиці.

- Співбесіда: У межах індивідуальних завдань або захистів лабораторних робіт, зокрема щодо методів розрахунку надійності складних електричних систем, підходів до управління ризиками аварійних ситуацій, методів компенсації реактивної потужності, а також техніко-економічної доцільності впровадження заходів з підвищення надійності та енергоефективності.
- Тестування: Модульні контрольні роботи для перевірки знання теоретичних основ аналізу надійності, методів оцінки енергетичних втрат, принципів енергетичного аудиту, стандартів енергетичного менеджменту (наприклад, ISO 50001) та базових концепцій цифровізації енергетичних мереж.
- Захист лабораторних робіт, проєктів: Для перевірки вмінь застосовувати програмні інструменти (наприклад, PowerFactory DIgSILENT, MATLAB/Simulink або інші спеціалізовані симулятори електричних мереж) для комп'ютерного моделювання процесів, аналізу показників надійності та ефективності функціонування електроенергетичних об'єктів (СК11, ПРН5), оптимізації режимів роботи мереж (ПРН6), а також планування заходів з підвищення надійності та енергоефективності (СК4, ПРН1, ПРН4).
- Пірінгове оцінювання, самооцінювання: Застосовується в командних завданнях та при обговоренні результатів кейс-аналізу реальних ситуацій з управління ризиками в електричних мережах, розробці планів підвищення надійності та енергоефективності, а також при оцінюванні ефективності запропонованих рішень для реконструкції та оптимізації електричних мереж (ІК, СК4, ПРН1, ПРН4, ПРН6).

7. Методи навчання:

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

- Метод проблемного навчання: для постановки та розв'язання задач оптимізації надійності електричних мереж в умовах зростаючої складності та невизначеності (наприклад, інтеграції нових джерел), або проблем зменшення втрат енергії та управління ризиками в існуючих мережах.
- Метод практико-орієнтованого навчання: при аналізі реальних проєктів з підвищення надійності та енергоефективності, розрахунку техніко-економічних показників впровадження систем діагностики, енергоменеджменту, або при роботі з даними про відмови обладнання та енергетичні втрати.
- Кейс-метод: для аналізу реальних сценаріїв аварійних ситуацій в електричних мережах та розробки заходів їх запобігання, випадків неефективного використання енергії, або для розробки стратегій реконструкції мереж з метою підвищення їхньої надійності та енергоефективності.
- Метод проєктного навчання: при виконанні лабораторних робіт з моделювання надійності електричних мереж, розробки алгоритмів оптимізації втрат або планування заходів з підвищення енергоефективності та продовження ресурсу обладнання.

- Метод перевернутого класу, змішаного навчання: при підготовці студентів до лабораторних занять через онлайн-опрацювання теоретичних матеріалів з показників надійності, методів розрахунку втрат, стратегій технічного обслуговування або основ Smart Grid та кібербезпеки в енергетиці.
- Метод навчання через дослідження: у процесі аналізу ефективності функціонування різних стратегій підвищення надійності, прогнозування залишкового ресурсу обладнання з використанням аналітичних інструментів, або вивчення нових підходів до енергозбереження та реконструкції мереж.
- Метод навчальних дискусій та дебат: під час обговорення доцільності тих чи інших стратегій впровадження технологій Smart Grid для підвищення надійності/ефективності, питань кібербезпеки критичної інфраструктури, або економічної доцільності інвестицій у заходи з енергоефективності.
- Метод командної роботи, мозкового штурму: для розробки комплексних техніко-економічних рішень щодо впровадження систем діагностики, оптимізації режимів роботи електричних мереж або підвищення стійкості енергосистеми до відмов.
- Метод гейміфікованого навчання: у формі симуляційних тренінгів із керування аварійними ситуаціями, оптимізації енергетичних потоків для мінімізації втрат або виявлення аномалій у даних, що вказують на потенційні відмови обладнання.

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 (ПРН, СК)	Оцінювання
Відвідування лекцій і лабораторних занять (15 занять × 1 бал)		15
Лабораторні роботи (10 робіт по 4 бали)		
ЛР 1: Розрахунок основних показників надійності для типових елементів електричних мереж (лінії електропередачі, трансформатори, вимикачі) з використанням статистичних даних про відмови.	ПРН1, ПРН5, СК11, ЗК4	4
ЛР 2: Методи розрахунку втрат потужності та енергії в різних елементах електричних мереж. Аналіз впливу навантаження на втрати.	ПРН1, ПРН5, СК11, ЗК4	4
ЛР 3: Моделювання надійності електричних підсистем з резервуванням. Оцінка покращення показників надійності при різних схемах резервування.	ПРН5, СК11, ЗК4, ІК	4
ЛР 4: Практичні кейси з ідентифікації та оцінки ризиків виникнення	ЗК8, ПРН5, СК11, ІК	4

аварійних ситуацій в електричних мережах. Розробка матриці ризиків.		
ЛР 5: Ознайомлення з програмним забезпеченням для моніторингу та діагностики обладнання. Аналіз діагностичних даних та прийняття рішень щодо обслуговування.	ПРН4, ПРН5, СК4, СК11	4
ЛР 6: Розробка рекомендацій щодо вибору оптимальної стратегії технічного обслуговування для різних типів електрообладнання з урахуванням вартості та надійності.	ПРН4, СК4, ЗК4	4
ЛР 7: Вибір оптимальних засобів компенсації реактивної потужності для зниження втрат в електричній мережі.	ПРН1, ПРН6, СК4	4
ЛР 8: Розробка рекомендацій щодо оптимізації режимів роботи електричних мереж з метою мінімізації втрат енергії.	ПРН1, ПРН6, СК4, СК11	4
ЛР 9: Аналіз впливу децентралізованих джерел генерації та Smart Grid технологій на надійність розподільчих мереж.	ПРН1, ПРН4, ПРН6, СК4, СК11, ІК	4
ЛР 10: Розгляд сценаріїв кібератак на енергосистеми та розробка базових заходів захисту інформаційних систем енергетичних об'єктів.	ЗК8, СК4, ІК	4
Самостійна робота: аналітичні огляди, робота з нормативною базою, кейс-аналізи, підготовка до лекцій/лабораторних.	ІК, ПРН1, ПРН4, ПРН5, ПРН6, ЗК4, ЗК8, СК4, СК11	5
Виконання індивідуального завдання (наприклад, міні-проект, реферат, наукова стаття)	ІК, ПРН1, ПРН4, ПРН5, ПРН6, ЗК4, ЗК8, СК4, СК11	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 дедайлнів 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=4101>)

10. Рекомендовані джерела інформації

1. M. Al-Shaalan, 'Reliability Evaluation of Power Systems', Reliability and Maintenance - An Overview of Cases. IntechOpen, Jul. 01, 2020. doi: 10.5772/intechopen.85571. <https://www.intechopen.com/chapters/66913>
Анотація: Класичний посібник з методів розрахунку надійності складних електричних систем, управління ризиками, діагностики та технічного обслуговування
2. Журахівський А. В., Казанський С. В., Матеєнко Ю. П., Пастух О. Р. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж : підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 456 с. – ISBN 978-966-622-862-1.
Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/148040431.pdf>
Анотація: Комплексний підручник, що охоплює теорію надійності електроустановок, методи оцінювання, нормування, діагностику, керування надійністю на всіх стадіях енергетичного циклу.
3. Козирський В. В., Волошин С. М. Основи електропостачання : підручник / В. В. Козирський, С. М. Волошин. – Київ : Компринт, 2021. – 497 с.
Режим доступу: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi70/0050845.pdf>
Анотація: Підручник з основ електропостачання, що включає організаційні заходи та технічні рішення для забезпечення надійності електропостачання.
4. Електричні мережі та системи : навчальний посібник / Лістовщик Л. К. (ред.), Калінчик В. П. (рецензент). – Київ : КПІ, 2021. – 150 с.

Режим

доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48808/1/Elektrychni_merezhi_ta_systemy.pdf

Анотація: Навчальний посібник із розрахунку навантажень, коротких замикань, вибору апаратів, релейного захисту, що є основою для забезпечення надійності мереж.

5. Електричні системи і мережі : навчальний посібник / за ред. Лістовщика Л. К. – Київ : КПІ, 2020. – 200 с.

Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/44736/1/Elektrychni-systemy-i-merezhi_2020_Ch1.pdf

Анотація: Огляд функціонування електричних систем, характеристик та методів управління надійністю.

6. Журахівський А. В. Надійність електричних систем і мереж : монографія / А. В. Журахівський, І. В. Блінов. – Львів : Львівська політехніка, 2016. – 280 с.

Режим доступу: <https://profbook.com.ua/nadiynis-elektrychnykh-system.html>

Анотація: Монографія присвячена теорії та практиці надійності електричних систем, методам оцінки та підвищення надійності.

7. Колектив авторів. Енергетика : навчальний посібник / Інститут електродинаміки НАН України, 2020. – 350 с.

Режим доступу: <https://www.ied.org.ua/files/book3.pdf>

Анотація: Посібник охоплює сучасні підходи до управління енергетичними системами, зокрема забезпечення надійності та енергоефективності.

8. Системи електропостачання : навчальний посібник / за ред. В. П. Калінчика. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 270 с.

Режим доступу: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/231/425/466-1?inline=1>

Анотація: Теоретичні та практичні аспекти побудови систем електропостачання, методи розрахунку і забезпечення надійності.

9. Підручник з енергетики та електропостачання (навчальний матеріал) / Національний університет «Львівська політехніка», 2023.

Режим

доступу: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2024/jun/34921/monograh2024itep.pdf>

Анотація: Матеріали з основ енергетики, управління надійністю, цифровізації та інтелектуальних систем.

10. Основи електропостачання : навчальний посібник / В. І. Денисюк. – 2020. – 120 с.

Режим доступу: <https://crust.ust.edu.ua/bitstream/123456789/4520/3/Denysiuk.pdf>

Анотація: Теоретичні та практичні аспекти організаційних і технічних заходів для підвищення надійності електропостачання.

11. Надійність електроенергетичних систем : навчальний посібник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський. – Київ : КПІ, 2018.

Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/148040431.pdf> (повторно для підтвердження)

Анотація: Систематизоване викладення теорії надійності, методів оцінки, технічного обслуговування та управління ризиками.

12. Billinton R., Allan R. N. Reliability Evaluation of Power Systems / 2nd ed. – Springer, 2020. – 320 p. – DOI:

<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5973-2>

Анотація: Класичний посібник з методів розрахунку надійності складних електричних систем, управління ризиками, діагностики та технічного обслуговування.

13. Kundur P., Balu N. J., Lauby M. G. Power System Stability and Control / McGraw-Hill, 2019. – 1100 p. – Режим доступу:

<https://www.ece.utexas.edu/~bevans/courses/ee382c/PowerSystemStabilityAndControl.pdf>

Анотація: Описує стратегії підвищення надійності, моніторинг, діагностику, а також основи енергетичного менеджменту.

14. Gungor V. C., Sahin D., Kocak T. et al. Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards / IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2018. – DOI:

<https://doi.org/10.1109/TII.2018.2879864>

Анотація: Розглядає цифровізацію, інформаційно-комунікаційні технології, кібербезпеку як інструменти управління надійністю та енергоефективністю.

15. Smart Grid Handbook, 3 Volume Set / Editors: Chen-Ching Liu, Robert M. Nelms, Adam M. Broad. – Wiley, 2020. – DOI:

<https://doi.org/10.1002/9781119289450>

Анотація: Комплексне видання, що охоплює архітектуру Smart Grid, управління енергоспоживанням, кібербезпеку, діагностику та оптимізацію.

16. Zhou M., Yang J., Sun H. Intelligent Monitoring and Fault Diagnosis for Power Systems / IEEE Access, 2021. – DOI:

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3058123>

Анотація: Сучасні методи інтелектуального моніторингу, діагностики та управління ризиками для підвищення надійності електричних мереж