

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
БАЛАНСОВОЇ ТА ОПЕРАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**

(Вибірковий)

III (освітньо-науковий) рівень підготовки вищої освіти

галузь знань	14 – енергетична інженерія
спеціальність	141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітня кваліфікація	Доктор філософії

Викладач: д.т.н., проф. Комар В. О.

Мова викладання: українська

Семестр – 4

Кредитів ЕКТС – 4

Лекцій – 24 год. (денна форма), **8 год.** (заочна форма)

Практичних – 16 год (денна форма), **8 год.** (заочна форма)

Самостійна робота – 80 год. (денна форма), **104 год.** (заочна форма)

Вид контролю – диф. залік

Передумови для вивчення дисципліни – Дисципліна «Методи та засоби забезпечення балансової та операційної надійності електроенергетичних систем» базується на знаннях з математичного моделювання в наукових дослідженнях, нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах. Вивчення дисципліни передбачає проведення власного наукового дослідження.

Мета викладання дисципліни полягає у формуванні компетентностей, необхідних для використання та розробки рішень в сфері енергетичної інженерії.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є підготовка фахівців здатних використовувати знання у подальших дослідженнях та у енергетичній інженерії.

Програмні результати вивчення дисципліни

Згідно з освітньо-науковою програмою вивчення дисципліни здобувачами спрямоване на досягнення таких результатів:

ПР03. Знати і розуміти сучасні методи ведення науково-дослідної роботи, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів вимірювань.

ПР05. Уміти прогнозувати тенденції розвитку в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР06. Уміти аналізувати інженерні продукти, процеси та системи за встановленими критеріями, обирати і застосовувати найбільш придатні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для проведення досліджень, інтерпретувати результати досліджень.

ПР07. Уміти виконувати постановку, формулювання і розв'язання завдань у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням важливості соціальних обмежень (суспільство, здоров'я і безпека, охорона довкілля, економіка, промисловість тощо).

ПР08. Уміти проектувати та розробляти інженерні продукти, процеси та системи автоматизованого виробництва, обирати і застосовувати методи комп'ютеризованих експериментальних досліджень.

ПР011. Уміти організовувати і проводити технічні випробування інженерних продуктів.

ПР013. Уміти застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та інформаційно-вимірювальної техніки.

Компетентності, на набуття яких спрямоване вивчення дисципліни

К05. Здатність розв'язувати комплексні проблеми під час професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, а також вирішення комплексних практичних завдань.

К06. Здатність дотримуватися принципів професійної етики та академічної доброчесності.

ФК1. Здатність виявляти та вирішувати науково-практичні проблеми, ставити та розв'язувати задачі дослідницького характеру, приймати обґрунтовані рішення та самостійно працювати над їх практичною реалізацією.

ФК5. Здатність демонструвати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами та комплексами.

ФК7. Здатність застосовувати відповідні математичні методи, комп'ютерні технології, а також засади стандартизації та сертифікації для розв'язання завдань в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК9. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки з використанням комп'ютерного моделювання.

ФК11. Здатність демонструвати розуміння технічних аспектів надійності та

ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем.

ФК14. Здатність демонструвати обізнаність з питань надійності та ефективності функціонування електроенергетичних та електротехнічних систем з відновлюваними джерелами енергії, що зумовлені необхідністю забезпечення сталого розвитку.

ІК. Здатність розв'язувати комплексні проблеми під час професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, а також вирішення комплексних практичних завдань.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Методологія визначення балансової, режимної і структурної надійності

Тема 1. Вступ. Поняття про балансову, режимну і структурну надійність. Показники, які характеризують балансову, режимну і структурну надійність.

Тема 2. Інтегральне оцінювання якості функціонування електричних мереж. Проблеми забезпечення якісного електропостачання в сучасних умовах. Оцінювання якості електропостачання засобами кваліметрії. Залежність якості електропостачання від функціональної готовності електричних мереж.

Тема 3. Загальні положення оцінювання функціональної готовності електричних мереж. Математичне моделювання інтегрального показника якості функціонування. Використання теорії подібності і марковських процесів для моделювання функціонування електричних мереж. Перевірка допущення щодо експоненціального закону розподілу часу виникнення відмов і часу відновлень для прикладу РЕМ.

Змістовий модуль 2. Моделювання складових інтегрального показника якості функціонування електричних мереж

Тема 4. Математичне моделювання структурної та балансової надійності в задачі оцінювання якості функціонування електричних мереж. Загальні положення оцінювання структурної та балансової надійності в електричних мережах. Застосування моделі Вейбулл-Маркова для побудови інтегрального показника якості функціонування електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії.

Тема 5. Математичне моделювання режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії для оцінювання складових якості функціонування. Режим мінімальних втрат електричної енергії в мереж з ВДЕ. Врахування імовірнісних характеристик генерування ВДЕ і споживання в задачі

оцінювання складових якості функціонування. Врахування балансової надійності під час оцінювання якості функціонування. Математичне моделювання технологічних втрат для врахування в інтегральному показнику якості функціонування. Оцінювання складової забезпечення якості електричної енергії в інтегральному показнику

Тема 6. Визначення інтегрального показника якості функціонування локальної електричної системи. Комплексне оцінювання якості функціонування розподільних електричних мереж. Загальні положення комплексного оцінювання якості функціонування розподільних електричних мереж. Врахування індивідуальних особливостей під час оцінювання якості функціонування розподільних електричних мереж.

Тема 7. Алгоритми та програмна реалізація оцінювання складових якості функціонування ЕМ. Алгоритм оцінювання забезпечення балансової надійності. Алгоритм оцінювання якості напруги. Алгоритм оцінювання інтегрального показника якості функціонування. Економічне оцінювання якості функціонування. Застосування методу техніко-економічного оцінювання електричної мережі за показником якості функціонування. Узагальнене техніко-економічне оцінювання ефективності реконструкції розподільних електричних мереж.

Змістовий модуль 3. Визначення оптимальної стратегії розвитку електричних мереж з відновлюваними джерелами генерування

Тема 8. Задача оптимізації розвитку електричної мережі з ВДЕ. Постановка задачі оптимізації розвитку електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії. Моделювання задачі оптимізації розвитку електричної мережі. Загальні характеристики задачі оптимального розвитку електричних мереж. Поняття стану в задачах оптимального розвитку електричних мереж. Проблема розмірності задач оптимізації розвитку електричних мереж.

Тема 9. Метод вибору оптимальної стратегії розвитку електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії. Забезпечення заданого рівня якості функціонування електричних мереж. Аналіз заданого рівня якості функціонування електричних мереж. Комплексне оцінювання заходів з реконструкції розподільних електричних мереж.

Тема 10. Відновлювані джерела енергії як засіб підвищення якості функціонування розподільних електричних мереж. Оцінювання впливу генерування ФЕС на якість функціонування ЛЕС. Визначення імовірнісних характеристик генерування ФЕС для схеми електричних мереж 10 кВ. Якість функціонування локальної електричної системи. Оцінювання впливу генерування ФЕС на режимні параметри ЛЕС. Узгодження графіків генерування ВДЕ та споживання в ЛЕС. Визначення оптимальної встановленої потужності ВДЕ. Керування споживанням для узгодження графіків генерування та

електроспоживання. Використання накопичувачів енергії в електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії. Накопичувач електричної енергії як елемент підвищення балансової надійності локальних електричних систем. Аналіз можливих способів підвищення балансової надійності ЛЕС. Відновлювані джерела енергії з інверторними пристроями перетворення енергії як засіб регулювання реактивної потужності в електричній мережі

Змістовий модуль 4. Інформаційне забезпечення та проблеми практичного розв'язання задачі оцінювання якості функціонування електричних мереж

Тема 11. Інформаційне та технічне забезпечення задачі оцінювання якості функціонування електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії. Застосування технологій Big Data та Smart Grid. Архітектура системи моніторингу та керування для електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії. Розв'язання проблеми обмеженого об'єму і якості вихідної інформації. Врахування обмежень та багатокритеріальності під час оптимізації розвитку електричної мережі. Обмеження і способи їх врахування в задачі оптимізації розвитку електричних мереж.

Тема 12. Багатокритеріальне оцінювання стратегії розвитку електричних мереж. Оптимізація електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії за критерієм якості функціонування. Натурні експериментальні дослідження показників якості електричної енергії. Оптимізація секціонування схеми транспортування електроенергії в локальних електричних системах. Оптимізація параметрів локальної електричної системи за критерієм якості функціонування. Вплив різних заходів на значення інтегрального показника якості функціонування електричних мереж.

Тема 13. Підсумки.

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовний модуль 1			
1.	Тема 1. Вступ.	-	-
2.	Тема 2. Інтегральне оцінювання якості функціонування електричних мереж	2	1
3.	Тема 3. Загальні положення оцінювання функціональної готовності електричних мереж	2	1
	Всього	4	2
Змістовний модуль 2			
4.	Тема 4. Математичне моделювання структурної та балансової надійності в задачі оцінювання якості функціонування електричних мереж	1	1
5.	Тема 5. Математичне моделювання режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії для оцінювання складових якості функціонування	1	-
6.	Тема 6. Визначення інтегрального показника якості	1	-

	функціонування локальної електричної системи.		
7.	Тема 7. Алгоритми та програмна реалізація оцінювання складових якості функціонування ЕМ.	1	1
	Всього	4	2
Змістовний модуль 3			
11.	Тема 8. Задача оптимізації розвитку електричної мережі з ВДЕ.	1	1
12.	Тема 9. Метод вибору оптимальної стратегії розвитку електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії.	2	1
13.	Тема 10. Відновлювані джерела енергії як засіб підвищення якості функціонування розподільних електричних мереж	1	-
	Всього	4	2
Змістовний модуль 4			
	Тема 11. Інформаційне та технічне забезпечення задачі оцінювання якості функціонування електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії	2	1
	Тема 12. Багатокритеріальне оцінювання стратегії розвитку електричних мереж	2	1
	Тема 13. Заключення	-	-
	Всього	4	2
	Разом	16	8

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовний модуль 1			
1.	Тема 1. Вступ.	-	-
2.	Тема 2. Інтегральне оцінювання якості функціонування електричних мереж	5	10
3.	Тема 3. Загальні положення оцінювання функціональної готовності електричних мереж	15	16
	Всього	20	26
Змістовний модуль 2			
4.	Тема 4. Математичне моделювання структурної та балансової надійності в задачі оцінювання якості функціонування електричних мереж	-	5
5.	Тема 5. Математичне моделювання режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії для оцінювання складових якості функціонування	5	6
6.	Тема 6. Визначення інтегрального показника якості функціонування локальної електричної системи.	5	5
7.	Тема 7. Алгоритми та програмна реалізація оцінювання складових якості функціонування ЕМ.	10	10
	Всього	20	26
Змістовний модуль 3			
11.	Тема 8. Задача оптимізації розвитку електричної мережі з ВДЕ.	10	16
12.	Тема 9. Метод вибору оптимальної стратегії розвитку електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії.	5	5
13.	Тема 10. Відновлювані джерела енергії як засіб підвищення якості функціонування розподільних електричних мереж	5	5
	Всього	20	26

Змістовний модуль 4			
	Тема 11. Інформаційне та технічне забезпечення задачі оцінювання якості функціонування електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії	10	12
	Тема 12. Багатокритеріальне оцінювання стратегії розвитку електричних мереж	10	14
	Тема 13. Заключення	-	
	Всього	20	26
	Разом	80	104

Індивідуальні завдання

Робочим навчальним планом передбачена індивідуальна робота: дослідження з окремих тем курсу та доповіді на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ та інші науково-технічні конференції та семінари, підготовка наукових публікацій.

Методи навчання

Лекція, проблемна лекція, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, практичні роботи, підготовка рефератів, доповідей науково-дослідного характеру, зокрема, на щорічну науково-технічну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ та інші науково-технічні конференції та семінари, підготовка наукових публікацій.

Методи контролю

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань здобувачів під час практичного заняття, тестування, 2 колоквіуми, диференційованого заліку.

Оцінювання знань, умінь та навичок студентів з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

Вид роботи	Модуль
	1
Змістовний модуль 1	
1. Індивідуальні аналітичні роботи	10
Змістовний модуль 2	
1. Підготовка до практичних занять і контрольні роботи	10
2. Індивідуальні аналітичні роботи	10
3. Колоквіум	20
Змістовний модуль 3	
1. Підготовка до практичних занять і контрольні роботи	5
2. Індивідуальні аналітичні роботи	5
3. Колоквіум	15
Змістовний модуль 4	
1. Підготовка до практичних занять і контрольні роботи	5

2. Індивідуальні аналітичні роботи	5
3. Колоквіум	15
Залік	-
Всього	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
82-89	B	добре
75-81	C	
64-74	D	задовільно
60-63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Політика курсу

Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись таких положень [Кодекс етики ВНТУ](#), [Положення про академічну доброчесність студентів та науково-педагогічних працівників ВНТУ](#), [Положення про рейтингову систему оцінювання досягнень студентів у ВНТУ](#) та розуміють, що за їх порушення несуть особисту відповідальність.

Базові інформаційні ресурси

1. Комар В. О., Лесько В. О. Балансова надійність електричних систем і вплив на неї відновлюваних джерел енергії. Збірник доповідей. Міжнародна науково-технічна конференція «Екологічна безпека та відновлювані джерела енергії». Вінниця, 2017. С. 98 – 101.
2. Комар В. О. Критеріальне моделювання якості функціонування регулюючих пристроїв в задачах оптимального керування : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 01.05.02. Вінниця, 2003. 18 с.
3. Lezhniuk P., Komar V., Sobchuk D., Kravchuk S. Matching of renewable source of energy generation graphs and electrical load in local energy system (2017) Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, 10445, DOI: 10.1117/12.2280963
4. P.D. Lezhniuk, V.O. Komar, S.V. Kravchuk Reconciliation of generation graphics of renewable energy sources and load with help of morphometric analysis // – Vol 9. – № 16 (2016): International collection of scientific proceedings «European cooperation». – p. 26-35. – ISSN. 2449 – 7320
5. Petro D. Lezhniuk, Vyacheslav O. Komar, Sergiy V. Kravchuk, Yuliya V. Malogulko, Piotr Kacejko. Method of reducing the uniform of the daily graph of electrical load

- electric grids with renewable sources of energy // Proceedings Volume 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018; 1080864 (2018) <http://doi.org/10.1117/12.2501603>.
6. Petro Lezhnyuk, Olga Buslavets and Vyacheslav Komar. Impact of Renewable Sources of Energy on The Level of Active Power losses in Distribution Networks // 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). – Kyiv, Ukrain, 2016.– P. 73–78. ISBN:978-1-5090-1767-6
 7. Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В. Оцінювання імовірнісних характеристик генерування сонячних електростанцій в задачі інтелектуалізації локальних електричних систем // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – №18. – С. 92–100.
 8. P. Lezhnyuk, V. Komar, S. Kravchuk, O. Nanaka. Providing fixed level of electric energy supply quality in conditions of renovation of power distribution electrical networks with renewable energy sources // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – Kyiv, Ukraine, May 29–June 2 2017. – Pages 379–383.