

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Директор ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження

\_\_\_\_\_ професор Віктор КАПЛУН

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**“СХВАЛЕНО”**

на засіданні кафедри електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій  
протокол № 29 від “05”червня 2025 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Олександр ОКУШКО

**”РОЗГЛЯНУТО ”**

Гарант ОП «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

\_\_\_\_\_ проф. Микола ЗАБЛОДСЬКИЙ

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Закономірності енергетичних перетворень**

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність G3 «Електрична інженерія»

Освітньо програма – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробники: д.т.н., професор Заблудський М.М.

д.т.н., професор Червінський Л.С.

*Київ – 2025*

## Опис навчальної дисципліни Закономірності енергетичних перетворень

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</b>		
Галузь знань	G –Інженерія, виробництво та будівництво	
Спеціальність	G3 – Електрична інженерія	
Освітньо-кваліфікаційний рівень	Доктор філософії	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Форма контролю	Екзамен	
<b>Показники навчальної дисципліни</b>		
	денна форма навчання	Заочна, вечірня форми навчання
Рік підготовки	перший	1
Семестр	другий	2
Лекційні заняття	15 год.	8
Практичні, семінарські заняття	30 год.	8
Лабораторні заняття		
Самостійна робота	75 год.	104
Курсова робота		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		
аудиторних	3 год.	
самостійної роботи	5 год.	

### **1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни**

**Мета:** оволодіння здобувачами знаннями законів і тенденцій розвитку генерації та перетворення енергії, методів управління енергетичними процесами і їх критичного аналізу з урахуванням економічних і екологічних аспектів.

### **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): (ЗК01) Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; (ЗК02) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

фахові (спеціальні) компетентності (СК):(СК2) Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англійських наукових текстів за напрямом досліджень; (СК3) Здатність демонструвати розуміння вимог до надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку; (СК7) Здатність ініціювати, розробляти і реалізувати комплексні інноваційні проекти в електричній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації; (СК9) Системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір.

**Програмні результати навчання (РН):** (РН03) Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані; (РН08) Глибоко розуміти загальні принципи та методи наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у галузі електричної інженерії та у викладацькій практиці; (РН11) Уміти розробляти техніко-економічне обґрунтування проектів з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та оцінювати економічну ефективність їх впровадження.

## **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.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Змістовий модуль 1. Закони й тенденції розвитку генерації та перетворення енергії, управління енергетичними процесами														
Тема 1. Основні закони й тенденції розвитку генерації	1-2		2	4			10		2	2				24

та перетворення енергії													
Тема 2. Закономірності електромеханічних перетворень.	3-4		2	4			10						
Тема 3. Розвиток концепції взаємозв'язку нерівноважної статистичної фізики та стохастичної термодинаміки в додатках до електромеханічних систем	5-6		2	4			10			2	2		20
Тема 4. Управління енергетичними процесами взаємодії поліфункціональних перетворювачів з навантажувально-охолоджуючим середовищем	7-8		2	4			10						
Разом за змістовим модулем 1		64	8	16			40						
Змістовий модуль 2 Електротехнології конверсії біомаси та методи управління енергетичною дією на біологічні об'єкти з урахуванням економічних і екологічних аспектів.													
Тема 5. Основні закономірності поглинання і перетворення оптичного випромінювання.	9-10		2	4			10		2	2			20
Тема 6. Теоретичне обґрунтування принципів керування енергетичною дією оптичного випромінювання на біологічні об'єкти	11-12		3	4			10		1	1			20

Тема 7. Електротехнології конверсії біомаси, підготовки та спалювання паливних сумішей	13- 15		2	6			15		1	1			20
Разом за змістовим модулем 2		56	7	14			35						
<b>Усього годин</b>		120	15	30			75	120	8	8			10 4

### 3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні закони й тенденції розвитку генерації та перетворення енергії	2
2	Закономірності електромеханічних перетворень.	2
3	Розвиток концепції взаємозв'язку нерівноважної статистичної фізики та стохастичної термодинаміки в додатках до електромеханічних систем	2
4	Управління енергетичними процесами взаємодії поліфункціональних перетворювачів з навантажувально-охолоджуючим середовищем	2
5	Основні закономірності поглинання і перетворення оптичного випромінювання.	2
6	Теоретичне обґрунтування принципів керування енергетичною дією оптичного випромінювання на біологічні об'єкти	3
7	Електротехнології конверсії біомаси, підготовки та спалювання паливних сумішей	2

### 4. Теми лабораторних (практичних, семінарських) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Квазічастотне управління асинхронним електроприводом	4
2.	Ємнісні параметричні генератори та п'єзоелектричні приводи для переміщення валу з нанометровою точністю.	4
3.	Застосування електромеханічних перетворювачів в енергоощадних технологіях конверсії біомаси	6
4.	Внутрішня ємнісна компенсація реактивної потужності електромеханічних перетворювачів	4
5.	Керування енергетичною дією оптичного випромінювання на біологічні об'єкти	4
6.	Екологічний аспект використання двигунів класу енергоефективності IE5	4
7.	Польові розрахунки в програмному пакеті Comsol Multiphysics	4

### 5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Індукційно-динамічні механізми	10
2	Явище резонансу крокового двигуна	10
3	Методи та пристрої для вилучення енергії з різних джерел у навколишньому середовищі.	10
4	Методи зниження рівня впливу електромагнітного випромінювання на урбанізованих територіях.	15
5	Практичне застосування перетворення оптичного випромінювання.	10
6	Оптимізація вібро-шумових характеристик електромеханічних пристроїв	10
7	Застосування модифікованого критерія наведених витрат при розробці електромеханічних пристроїв	10
	Разом	75

#### **6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:**

- екзамен;
- модульні тести;
- розрахунково-графічні роботи;
- захист практичних робіт.

#### **7. Методи навчання**

- метод проблемного навчання;
- метод практико-орієнтованого навчання;
- метод проєктного навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод навчальних дискусій та дебат;
- метод командної роботи, мозкового штурму
- словесний метод (лекція, співбесіда тощо);
- практичний метод (лабораторні, практичні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);

#### **8. Оцінювання результатів навчання**

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України».

##### **8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності**

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
<b>Змістовний модуль 1. Закони й тенденції розвитку генерації та перетворення енергії, управління енергетичними процесами</b>		

Лекція 1. Основні закони й тенденції розвитку генерації та перетворення енергії	Знати: природні ресурси і процеси, які можуть бути первинними джерелами енергії; основні закони генерації та перетворення енергії; визначення узагальнених категорій форми енергії; способи перетворення енергії; методи підвищення ефективності перетворення енергії; з якими викликами і проблемами стикається галузь перетворення енергії; відомі інновації у сфері відновлюваної енергетики.	-
Практична робота 1. Квазічастотне управління асинхронним електроприводом	Вміти аналізувати і застосовувати принципи формування квазісинусоїдальної напруги в асинхронних електроприводах	<b>15</b>
Самостійна робота 1. Індукційно-динамічні механізми	Знати схему і функціональні характеристики ударного генератора змінного струму на базі ядерного реактора. Вміти вести оптимізаційні розрахунки безконтактних електромагнітних та магнітних муфт.	<b>5</b>
Лекція 2 Закономірності електромеханічних перетворень.	Знати: основні положення концепції взаємозв'язку нерівноважної статистичної фізики та стохастичної термодинаміки в додатках до електромеханічних систем. Вміти обґрунтувати ієрархічний зв'язок рівнянь електромагнітного поля для різних типів електромеханічних перетворювачів енергії.	-
Практична робота 2. Ємнісні параметричні генератори та п'єзоелектричні приводи для переміщення валу з нанометровою точністю.	Вміти вести електромагнітні розрахунки ємнісних параметричних генераторів і п'єзоелектричних приводів	<b>10</b>
Самостійна робота 2. Явище резонансу крокового двигуна	Знати: методи і засоби визначення резонансу в системі «ротор - магнітне поле – статор», що розглядається як пружний маятник крокового двигуна та ефекту раптового падіння моменту на певних швидкостях.	<b>10</b>
Лекція 3. Розвиток концепції взаємозв'язку нерівноважної статистичної фізики та стохастичної термодинаміки в додатках до електромеханічних систем	Знати: ієрархічний зв'язок рівнянь електромагнітного поля для різних типів електромеханічних перетворювачів енергії; застосування лінійної нерівноважної термодинаміки до електромеханічних систем. Вміти вести математичний опис моделей роботи системи гідротермічної обробки сировини в якості	-

	лінеаризованої системи перетворення енергії	
Практична робота 3. Застосування електромеханічних перетворювачів в енергоощадних технологіях конверсії біомаси	Вміти визначати і аналізувати доцільність використання електромеханічних пристроїв в технологічних процесах піролізу, подрібнення, транспортування та гідролізу побічних продуктів і відходів.	<b>20</b>
Самостійна робота 3. Методи та пристрої для вилучення енергії з різних джерел у навколишньому середовищі.	Знати: принципи і методологію для вилучення енергії з навколишнього середовища з використанням електромагнітних і електромеханічних пристроїв: сонячні концентратори; вітрові турбіни; гідроелектростанції, геотермальні та морські хвильові електростанції; енергія припливів та відливів, енергія океанських хвиль з використанням структури триступеневої машини; конверсія біомаси шляхом спалювання або анаеробного травлення для виробництва тепла або електроенергії.	<b>10</b>
Модульна контрольна робота 1.		<b>30</b>
<b>Всього за модулем 1</b>		<b>100</b>
<b>Змістовий модуль 2. Електротехнології конверсії біомаси та методи управління енергетичною дією на біологічні об'єкти з урахуванням економічних і екологічних аспектів</b>		
Лекція 4 Управління енергетичними процесами взаємодії поліфункціональних перетворювачів з навантажувально-охолоджуючим середовищем	Знати: в яких перетворювачах енергії всі види дисипативної складової енергії використовуються в технологічному процесі; побудову математичної моделі для досліджень процесів руху, варіанти динамічних моделей сировинного матеріалу в шнековій зоні електромеханічного перетворювача; способи підвищення енергетичних показників поліфункціональних електромеханічних перетворювачів.	-
Практична робота 4. Внутрішня ємнісна компенсація реактивної потужності асинхронних двигунів	Ознайомитись з методами ємнісної компенсації реактивної складової споживаного струму і підвищення енергетичних показників поліфункціональних електромеханічних перетворювачів.	<b>10</b>
Самостійна робота 4. Методи зниження рівня впливу електромагнітного випромінювання на урбанізованих територіях	Ознайомитись з структурою і апаратним забезпеченням заходів для усунення електромагнітного випромінювання на урбанізованих територіях .	<b>5</b>
Лекція 5 Основні закономірності поглинання і перетворення оптичного випромінювання.	Знати: закон квантової еквівалентності Ейштейна при дії фотонів світла на речовину; чим відрізняється енергія оптичного випромінювання від інших	-

	<p>видів; основні енергетичні величини і одиниці вимірювання інфрачервоного опромінювання.</p> <p>Вміти аналізувати види фотобіологічної дії.</p>	
<p>Практична робота 5 Керування енергетичною дією оптичного випромінювання на біологічні об'єкти</p>	<p>Знати: спектри біологічної дії та їх відмінності, способи визначення ефективної дози поглинутого випромінювання; сутність термодинамічного коефіцієнту корисної дії оптичного випромінювання.</p> <p>Вміти визначати термодинамічний ККД для різних штучних джерел оптичного випромінювання.</p>	<b>15</b>
<p>Самостійна робота 5. Практичне застосування перетворення оптичного випромінювання.</p>	<p>Знати особливості фотосенсибілізації і фотохімічної реакції, сутність і приклади сучасного застосування фотокаталізу в діяльності людей.</p>	<b>10</b>
<p>Лекція 6 Теоретичне обґрунтування принципів керування енергетичною дією оптичного випромінювання на біологічні об'єкти</p>	<p>Знати термодинамічні аспекти та закономірності оптичних електротехнологій</p>	–
<p>Практична робота 6. Екологічний аспект використання двигунів класу енергоефективності IE5</p>	<p>Вміти експериментально досліджувати електродвигуни різних класів енергоефективності та визначати еквівалентну ефективність зниження викидів у навколишнє середовище.</p>	<b>10</b>
<p>Самостійна робота 6. Оптимізація вібро-шумових характеристик електромеханічних пристроїв</p>	<p>Знати методи моніторингу стану електромеханічних пристроїв: моніторинг вібрації для виявлення механічних дефектів у будь-якому обладнанні, що обертається; акустична емісія працюючого обладнання; метод термографії щодо виявлення термічних або механічних дефектів.</p>	<b>5</b>
<p>Лекція7.Електротехнології конверсії біомаси, підготовки та спалювання паливних сумішей</p>	<p>Знати: які технології є основою енергетичної системи на шляху декарбонізації та досягнення цілей вуглецевої нейтральності; які енергетичні системи можуть бути взяті за основу самоциркулюючих екосистем, в яких відходи, що з'являються при виробництві сільськогосподарської продукції, повертаються у виробничий цикл; можливі підходи та методологічна основа ( принципи і ознаки) досліджень для досягнення цілей вуглецевої нейтральності.</p>	–

Практична робота 7. Польові розрахунки в програмному пакеті Comsol Multiphysics	Вміти вести польові розрахунки електромагнітних, гідродинамічних і теплових процесів в активних зонах ЕМП	<b>10</b>
Самостійна робота 7. Застосування модифікованого критерія наведених витрат при розробці електромеханічних пристроїв	Вміти вести розрахунки ефективності за модифікованим критерієм наведених витрат при розробці ЕМП	<b>5</b>
Модульна контрольна робота 2.		<b>30</b>
<b>Всього за модулем 2</b>		<b>100</b>
<b>Навчальна робота</b>		<b><math>(M1 + M2)/2 * 0,7 \leq 70</math></b>
<b>Екзамен</b>		<b>30</b>
<b>Всього за курс</b>		<b><math>(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100</math></b>

## 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

<b>Політика щодо дедайлнів та перекладання</b>	Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
<b>Політика щодо академічної доброчесності</b>	Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Курсові роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
<b>Політика щодо відвідування</b>	Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

## 9. Навчально-методичне забезпечення

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни;
- конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
- навчальні посібники, практикуми;
- монографії.

## 10. Рекомендовані джерела інформації

1. Закономірності енергетичних перетворень: навчальний посібник / М.М. Заблодський, Л.С. Червінський– К.: Видавництво «Компрінт», 2025. – 231с.

2. Заблодський М.М. Управління енергоефективністю електромеханічних перетворювачів енергії: навчальний посібник / М.М. Заблодський, Р.М. Чуєнко, О.В. Санченко. – К.: Видавництво «Компрінт», 2022. – 575 с
3. Zablodskiy M., Klendiy P., Shvorow S., Dudar O. Monograph: Methods and Means of Increasing the Efficiency of Biogas Installations. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2022- 205 pages. <https://lap-publishing.com/#>
4. Energy-efficient system of pneumatic transportation bulk materials: Monograph /Petro Klendiy, Mykola Zablodskiy, Galina Klendiy. - LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2019. – 160 p. <https://www.morebooks.de/ru/search>
5. Zablodsky N.N. Application of quasi-frequency control in two-speed drives: Monograph/ N.N. Zablodsky, I.A. Tsodik, K.V. Hudobin.- LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2017. – 238 p. ISBN: 978-620-2-07420-9 <https://www.morebooks.de/ru/search>
6. Заблодський М.М. Системи автоматизованого проектування електромеханічних пристроїв. Частина 2.: Навч. Посіб./ М.М.Заблодський, В.Є.Плюгін, Бур К.-Алчевськ: ДонДТУ, 2014.-279с.
7. Zablodskiy M.M., Pliuhin V.E., Kovalchuk S.I., Tietieriev V.O. Indirect field-oriented control of twin-screw electromechanical hydrolyzer. Electrical Engineering & Electromechanics, 2022, no. 1, pp. 3-11. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2022.1.01>
8. Zablodskiy, M., Gritsyuk, V., Rudnev, Y., Brozhko, R. and Tymofieieva, O., 2020, April. Analysis of 3D eddy current distribution in a hollow rotor of an electromechanical converter. In 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) (pp. 561-564). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9088777>
9. Kovalchuk, S., Zablodskiy, N., Zhylytsov, A., Chuenko, R., & Gritsyuk, V. (2021). The numerical analysis of thermal processes in a twin-screw electromechanical hydrolyser for poultry by-products processing. Electrotechnic and Computer Systems, (34 (110)), 96-103. DOI: <https://doi.org/10.15276/eltecs.34.110.2021.10>
10. Spodoba, M., & Zablodskiy M. (2021). Dependence of energy consumptions on the type of mechanical mixer used in the biogas reactor. Electrical Engineering and Power Engineering, (1), 26–33. <http://ee.zntu.edu.ua/article/view/215666>
11. WEGSEE+ is the definitive solution for optimizing resources in energy efficiency projects :<https://www.weg.net/institutional/US/en/news/products-and-solutions/wegsee-is-the-definitive-solution-for-optimizing-resources-in-energy-efficiency-projects>
12. Gritsyuk, V., Nevliudov, I., Zablodskiy, M., & Subramanian, P. (2022). Estimation of eddy currents and power losses in the rotor of a screw electrothermomechanical converter for additive manufacturing. Machinery & Energetics, 13(2), 41-49. [https://doi.org/10.31548/machenergy.13\(2\).2022.41-49](https://doi.org/10.31548/machenergy.13(2).2022.41-49)
13. Патент України на винахід № 126120. МПК А23N 17/00 (2016.01). Система переробки побічних продуктів птахівництва у добриво, корм та паливо. /

Заблудський М.М., Марченко О. А., Голуб Г.А., Радько І.П., Наливайко В.А. /  
Національний університет біоресурсів і природокористування України –  
заявл. 15.07.2019 р., опубл. 17.08.2022, бюл. № 33.