

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Директор ННІ Енергетики, автоматики і
енергозбереження

(Каплун В.В.)

" _ " _ 2023 р.



“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри
електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

Протокол № _ від " _ " _ 2023 р.

В.о. завідувача кафедри

(Окушко О.В.)

“РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОН “Електротехніка, електромеханіка
та електротехнології”

(Кривонос В.Є.)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Синтез електромагнітних систем

спеціальність "141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

освітньо-наукова програма "Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка"

ННІ Енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: професор, д.т.н., Червінський Л.С.

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

Синтез електромагнітних систем

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	<i>Магістр</i>	
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>	
Освітня програма	<i>Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	<i>вибіркова</i>	
Загальна кількість годин	<i>120</i>	
Кількість кредитів ECTS	<i>4</i>	
Кількість змістових модулів	<i>2</i>	
Форма контролю	<i>екзамен</i>	
Показники навчальної дисципліни для денної і заочної форм навчання		
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	<i>другий</i>	
Семестр	<i>четвертий</i>	
Лекційні заняття	<i>20 год</i>	
Практичні заняття	<i>30 год</i>	
Самостійна робота	<i>70 год</i>	
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	<i>5 год</i>	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів системні теоретичні знання та практичні уміння і навички теоретичного і експериментального дослідження електромагнітних систем базуючись на їх синтезу.

Завданнями дисципліни є: вивчення теоретичних основ теорії електромагнітних систем, фізичні процеси в електромагнітних системах, призначення, принцип дії та конструкцію окремих типів електромагнітних систем, енергетичні і інформаційні процеси в електромагнітних системах в які входять електронні компоненти, нові напрямки розвитку електротехніки і інженерної діяльності в напрямі синтезу електромагнітних систем.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні **знати**: основи теорії електромагнітних систем; фізичні процеси в електромагнітних системах, призначення, принцип дії та конструкцію окремих типів електромагнітних систем; енергетичні і інформаційні процеси в електромагнітних системах в які входять електронні компоненти; нові напрямки розвитку електротехніки і інженерної діяльності в напрямі синтезу електромагнітних систем, **вміти**: демонструвати обізнаність в напрямі синтезу електромагнітних систем, володіти технологіями що відповідають сучасним вимогам до електромагнітних систем.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні проблеми і задачі під час професійної 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.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

СК1. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

СК3. Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

СК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

програмні результати навчання:

ПРН05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах

ПРН17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПРН18. Вміти самостійно вчитися, опанувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

- повного терміну денної форми навчання.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	Денна форма							Заочна форма						
	тижні	разом	У тому числі					разом	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. Теоретичні основи синтезу електромагнітних систем														
Тема 1. Сучасні перспективи розвитку електромагнітні систем.	7.01-13.01	12	2	3			7							
Тема 2. Система максвеллових рівнянь електромагнітного поля і їх використання	13.01-26.01	12	2	3			7							
Тема 3. Принципи розрахунку енергії електромагнітного поля	21.02-29.02	12	2	3			7							
Тема 4. Визначення електромагнітних і силових параметрів електротехнічних пристроїв на основі розрахунків електромагнітних полів	29.02-09.03	12	2	3			7							
Тема 5. Розрахунки магнітного поля в неоднорідних нелінійних середовищах	09.02-15.03	12	2	3			7							
Разом за змістовим модулем 1		60	10	15			35							

Змістовий модуль 2. Використання комп'ютерної техніки для синтезу електромагнітних систем

Тема 6. Математичний розгляд електромеханічних процесів	15.03-22.03	12	2	3			7						
Тема 7. Чисельні розрахунки перехідних процесів у нелінійних електромагнітних системах	22.03-29.03	12	2	3			7						
Тема 8. Змінні електромагнітні поля і принципи їх розрахунку	29.03-5.04	12	2	3			7						
Тема 9. Вихрові струми в електропровідних елементах конструкції електротехнічних пристроїв	5.04-12.04	12	2	3			7						
Тема 10. Автоматизована система проектування електромагнітних систем	12.04-21.04	12	2	3			7						
Разом за змістовим модулем 2		60	10	15			35						
Разом годин		120	20	30			70						

4. Теми практичних занять

№ з\п	Назва теми	Кількість годин
1	Користувацький інтерфейс пакетів спеціального програмного забезпечення.	4
2	Розрахунок параметрів та вибір схем електромагнітних систем.	4
3	Дослідження робочих характеристик електромагнітної системи за допомогою комп'ютерного симулювання.	4
4	Розрахунок динаміки електромагнітного поля котушки індуктивності	4
5	Автоматизація розрахунків за допомогою спеціального	4

	програмного забезпечення	
6	Синтез та розрахунок електромагнітних систем	4
7	Оптимізація енергетичних показників електромагнітних систем	6
	Разом	30

Теми самостійної роботи

№ з\п	Назва теми	Кількість годин
1	Поняття і визначення моделі та процесу моделювання електромагнітних систем	10
2	Системне моделювання електромагнітних об'єктів	10
3	Дослідження робочих характеристик електромагнітної системи за допомогою комп'ютерного симулювання.	10
4	Моделювання в задачах аналізу електромеханічних об'єктів	10
5	Симетрія і топологія первинного джерел поля	10
6	Принцип самоподібності і структурна періодичність електромагнітних систем	10
7	Експериментальна перевірка достовірності результатів моделювання електромагнітних систем	10
	Разом	70

5. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Рівняння магнітного, електростатичного, теплового полів і струмів;
2. Кінцево елементний аналіз;
3. Особливості синтезу електромагнітних систем;
4. Магнітостатика;
5. Викласти методику розрахунку магнітного поля коаксіального кабелю;
6. Теплова задача;
7. Задача розтікання струму;
8. Викласти умови переломлення силових ліній на межі розділення середовищ;
9. Викласти сутність методу дзеркальних зображень для розрахунку магнітного поля поблизу плоскої межі розділення середовищ;
10. Навести систему рівнянь Максвелла та зв'язок 1-го рівняння Максвелла з законом повного струму;
11. Навести закон безперервності магнітного потоку і його зв'язок з 3-м рівнянням Максвелла.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ			
ОС: Магістр Спеціальність: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій	БІЛЕТ №1 з дисципліни Синтез електромагнітних систем	Затвержую Зав. каф. _____ (підпис)

Екзаменаційні питання

1. Рівняння магнітного, електростатичного, теплового полів і струмів
2. Кінцево елементний аналіз

Тестові питання

1. Фізичні моделі мають ту ж природу, що і

1	реальні	3	змінні
2	зведені	4	абстрактивні

2. Структурно-інформаційну основу в ієрархії складних систем становить.

1	кінцева множина породжувальних елементів	4	сума необхідних елементів
2	загальна сума елементів	5	оптимальні параметри

3. Розрізняють два види задач математичного програмування:

1	Так	3	Ні
---	-----	---	----

4. Залежно від того, як критерії об'єднуються в узагальнений критерій, розрізняють:

1	адитивний критерій.	3	максимінний (мінімаксний) критерій.
2	мультиплікативний критерій.	4	Інтегральний критерій

5. Процес математичного моделювання – це творчий ітераційний процес, який починається з відомої інформації про об'єкт моделювання та продовжується доти, доки не буде отримано модель, адекватну вимогам поставленого завдання.

1	Так	2	Ні
---	-----	---	----

6. Процедура порівняння обчисленої характеристики з табличним значенням називається

1	перевіркою гіпотези	3	синтез
2	твердження	4	аналіз

7. Дисперсією називається

1	
---	--

8. Назвіть параметр, який визначає глибину проникнення електромагнітної хвилі у провідник.

1	поверхневий опір провідника	3	щільність струму на поверхні провідника
2	глибина проникнення поля в провідник	4	площа перерізу провідник

9. Охарактеризуйте принцип опису властивостей анізотропних середовищ

1	на основі тензорів	3	на основі методу накладання
2	на основі комплексних амплітуд	4	на основі векторних добутків проєкцій векторів напруженості електромагнітного поля

10. Наведіть метод опису стороннього поля, якщо точний розподіл його напруженості ϵ невідомим

1	за допомогою сторонньої ЕРС	3	за допомогою точкового джерела поля
2	за допомогою заміни на лінійний розподіл поля	4	за допомогою методу компенсації

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ			
ОС: Магістр Спеціальність: Електроенергетика,	Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій	БІЛЕТ №2 з дисципліни Синтез електромагнітних	Затвержую Зав. каф. _____

електротехніка та електромеханіка		систем	(підпис)
--------------------------------------	--	--------	----------

Екзаменаційні питання

- Кінцево елементний аналіз
- Рівняння магнітного, електростатичного, теплового полів і струмів

Тестові питання

1. Процедура порівняння обчисленої характеристики з табличним значенням називається

1	перевіркою гіпотези	3	синтез
2	твердження	4	аналіз

2. Фізичні моделі мають ту ж природу, що і

1	реальні	3	змінні
2	зведені	4	абстрактивні

3. Процес математичного моделювання – це творчий ітераційний процес, який починається з відомої інформації про об'єкт моделювання та продовжується доти, доки не буде отримано модель, адекватну вимогам поставленого завдання.

1	Так	2	Ні
---	-----	---	----

4. Дисперсією називається

1	
---	--

5. Наведіть тип поля, для якого лінійний інтеграл по будь-якому замкнутому контуру від вектора напруженості електричного поля, а також від вектора напруженості магнітного поля в області, не зайнятій струмом, дорівнює нулю

1	потенційне	3	статичне
2	однорідне	4	неоднорідне

6. Наведіть метод опису стороннього поля, якщо точний розподіл його напруженості є невідомим

1	за допомогою сторонньої ЕРС	3	за допомогою точкового джерела поля
2	за допомогою заміни на лінійний розподіл поля	4	за допомогою методу компенсації

7. Залежно від того, як критерії об'єднуються в узагальнений критерій, розрізняють:

1	адитивний критерій.	3	максимінний (мінімаксний) критерій.
2	мультиплікативний критерій.	4	Інтегральний критерій

8. Охарактеризуйте принцип опису властивостей анізотропних середовищ

1	на основі тензорів	3	на основі методу накладання
2	на основі комплексних амплітуд	4	на основі векторних добутків проекцій векторів напруженості електромагнітного поля

9. Розрізняють два види задач математичного програмування:

1	Так	3	Ні
---	-----	---	----

10. Структурно-інформаційну основу в ієрархії складних систем становить.

1	кінцева множина породжувальних елементів	4	сума необхідних елементів
2	загальна сума елементів	5	оптимальні параметри

6. Методи навчання

Застосовуються наступні методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота, практична робота, вправи. За характером логіки використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний. Індуктивний, дедуктивний. За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

7. Форми контролю

Поточний контроль знань після вивчення 1-го, 2-го змістових модулів дисципліни передбачено здійснювати шляхом тестування на платформі Elearn та виконанням самостійних робіт та модульного контролю, формою підсумкового контролю є екзамен.

8. Розподіл балів, які отримують студенти.

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90–100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$.

9. Методичне забезпечення

1. Підручники та посібники, зазначені у списку літератури.
2. Інтернет-ресурси.

10. Рекомендована література

Основна

1. Ткачук Василь. Електромеханотроніка: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. - 440 с.
2. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Конспект лекцій. - Львів. Рукопис, 2000. - 220 с.

3. Теорія та синтез вентильних двигунів постійного струму: монографія / В.І.Ткачук, І.Є.Біляковський, О.В.Макарчук, Л.В.Каша, О.В.Грещук. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 288 с.

4. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Сучасні методи синтезу систем керування” для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ Укладач Садовой О.В -Дніпро. НУ «Дніпровська політехніка», 2020.

5. Конспект лекцій з дисципліни «Сучасні методи синтезу систем керування»/Укладач Садовой О.В. –Дніпро. НУ «Дніпровська політехніка», 2020. – 87 с.

Додаткова

1. Перхач В. С. Теоретична електротехніка / Перхач В. С. – К.: Вища школа. – 1992. – 439 с.

2. Толочко О.І. Розробка моделей складних електромеханічних систем в середовищі пакета MATLAB з використанням блоків додатку віртуального фізичного моделювання Simscape // Вісник НТУ «ХП». Проблеми автоматизованого електропривода. – Харків: НТУ «ХП», 2015, 12 (1121). – С.118-123.

3. Armstrong B., de Wit C.C. Friction Modeling and Compensation. The Control Handbook. – CRC Press, 1995.

4. R. Ierusalimschy, L. H. De Figueiredo, W. Celes Reference Manual for the programming language Lua 5.1, Lua.org, August 2006 – ISBN 85-903798-3-3

5. Мілих В.І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / В.І. Мілих, О.О. Шавьолкін – К.: Каравела, 2016. – 688 с.

6. Шинкаренко В. Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем : моногр. / В. Ф. Шинкаренко. – Київ : Наук. думка, 2002. – 288с.

7. Шинкаренко В. Ф. Вступ до електромеханіки : навч. посіб. / В. Ф. Шинкаренко, В. М. Красніков. – Київ : Політехніка, 2002. – 94 с.

8. Яримбаш Д. С. Розрахунок параметрів головних шинних пакетів секцій печей графітації змінного струму Д. С. Яримбаш, С. Т. Яримбаш – Електрон. дані. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017.

11. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека Національного університету біоресурсів і природокористування України.

2. Наукові мережі:

– <http://usw.com.ua/> - **Ukrainian Scientists Worldwide** (Українські науковці у світі). Мережа для українських науковців та всіх, хто цікавиться наукою в Україні.

– URAN –Ukrainian Research and Academic Network (www.uran.net.ua).

– GEANT – загальноєвропейська опорна наукова мережа, є базовою науковою мережею в Європейській інфраструктурі, доповнює і поєднує національні наукові та освітні мережі в різних країнах Європи, об'єднує більше 3 тисяч науково-дослідних і навчальних закладів, 3 мільйони індивідуальних користувачів з 35 країн Європи.

3. Науково-пошукові системи:

– Scirus — універсальна наукова пошукова система. Здійснює повнотекстовий пошук по статтях журналів більшості великих іноземних видавництв (порядку 17 млн. статей), статтям у великих архівах статей і препринтів, науковим ресурсам Internet (більше 250 млн. проіндексованих сторінок).

– Google Scholar — пошукова система по науковій літературі. Включає статті великих наукових видавництв, архіви препринтів, публікації на сайтах університетів, наукових суспільств і інших наукових організацій.