

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра електропостачання промислових підприємств

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Ректор

В.Л. Грешта

“ _____ ” _____ 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичні методи наукових досліджень в енергетиці

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

освітня програма «Енергетичний менеджмент»

«Електротехнічні системи електроживлення»

(назва спеціалізації)

інститут, факультет електротехнічний факультет

(найменування інституту, факультету)

мова навчання українська

Робоча програма дисципліни Математичні методи наукових досліджень в енергетиці для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітніх програм «Енергетичний менеджмент» та «Електротехнічні системи електроспоживання»

„30” січня, 2024 року-17 с.

Розробники:

Кулагін Дмитро Олександрович, професор кафедри електропостачання промислових підприємств, д-р техн. наук, професор

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри
«Електропостачання промислових підприємств»

Протокол від. “31” січня _____ 2024 року № 6

Завідувач кафедри _____

_____ (підпис)

(Шрам О.А.)
(прізвище та ініціали)

“ _____ ” 2024 року

Схвалено науково-методичною комісією Електротехнічного факультету

Протокол від. “ _____ ” _____ 2024 року № _____

“ _____ ” _____ 20__ року

Голова _____

(підпис)

(Антонов М.Л.)

(прізвище та ініціали)

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів –6	Галузь знань <u>14 Електрична інженерія</u> <small>(шифр і назва)</small>	Обов'язкова	
	Напрямок підготовки <u>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</u> <small>(код і назва)</small>		
Модулів – 2	Спеціальність (професійне спрямування): « <u>Енергетичний менеджмент</u> » та « <u>Електротехнічні системи електроспоживання</u> »	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(назва)</small>		Семестр	
Загальна кількість годин - 180		2-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 60 самостійної роботи студента – 120	Освітній ступінь: магістр	Лекції	
		28 год.	8 год.
		Практичні, семінарські	
		28 год.	6 год.
		Лабораторні	
		год.	год.
		Самостійна робота	
120 год.	167 год.		
Індивідуальні завдання: 4 год.			
Вид контролю: екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 33% до 67%

для заочної форми навчання – 8% до 92%

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання дисципліни

- вивчення основних положень математичних методів для проведення досліджень з питань функціонування, проектування, аналізу та керування енергетичними об'єктами;

- математичне забезпечення підготовки фахівців, здатних розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми електроенергетики, що передбачає застосування теорій і методів фізики та інженерних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати такі компетентності:

загальні компетентності:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

фахові компетентності:

- Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).

- Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

- Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

- Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

- Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

- Здатність знаходити, аналізувати та узагальнювати положення нормативно-правових актів, судову практику, положення джерел міжнародного права стосовно галузі енергетики.

Очікувані програмні результати навчання:

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

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

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

- Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

- Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
- Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.
- Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.
- Уміти знаходити, аналізувати та узагальнювати положення нормативно-правових актів, судову практику, положення джерел міжнародного права стосовно галузі енергетики.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Методи аналізу та синтезу електротехнічних комплексів промислових підприємств за допомогою варіаційного числення

Тема 1. Вступ.

Значення дисципліни при підготовці фахівців з електротехніки, її зміст, зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану.

Рекомендована література та методичні вказівки до вивчення дисципліни.

Основні терміни, визначення, схеми та позначення на них.

Література: [1-7]

Тема 2. Основні поняття варіаційного числення.

Функціонал.

Допустимі лінії.

Близькість функцій.

Класифікація екстремумів.

Література: [1-7] .

Тема 3. Рівняння Ейлера.

Узагальнене рівняння Ейлера.

Умови Лежандра.

Література: [1-7] .

Тема 4. Узагальнення найпростішої задачі варіаційного числення.

Задача з рухомими кінцями.

Умова трансверсальності.

Умова Вейерштрасса-Ердмана.

Функціонали декількох змінних.

Література: [1-7] .

Тема 5. Особливі випадки найпростішої задачі варіаційного числення.

Загальна задача Лагранжа.

Задача Майєра.

Задача Больца.

Варіаційні задачі в параметричній формі.

Канонічна форма рівняння Ейлера.

Задача знаходження екстремуму функціонала, залежного від декількох функцій.

Література: [1-7] .

Тема 6. Загальні принципи використання рівняння Ейлера при вирішенні задач керування електротехнічними комплексами.

Принципи автоматичного керування характеристиками електротехнічних комплексів на основі рівняння Ейлера.

Принципи позиціонування на основі рівняння Ейлера.

Принцип взаємності.

Вибір оптимального передаточного числа редуктора.

Література: [1-7] .

Тема 7. Особливі випадки використання рівняння Ейлера при вирішенні задач керування електротехнічними комплексами.

Керування електротехнічним комплексом з моментом навантаження, залежним від часу.

Граничні умови на нескінченності.

Керування електротехнічним комплексом з моментом навантаження, залежним від швидкості.

Література: [1-7] .

Тема 8. Теорія поля.

Поле екстремалей.

Умови Якобі та Лежандра.

Сильний екстремум.

Умова Вейєрштрасса.

Література: [1-7] .

Тема 9. Достатні умови екстремуму.

Необхідні та достатні умови екстремуму.

Екстремуми кусково-неперервних функцій.

Екстремуми кривих з вертикальними відрізками.

Вироджені функціонали.

Література: [1-7].

Тема 10. Задачі на екстремум при наявності обмежень.

Задачі з обмеженнями.

лінійні задачі оптимального керування.

Принцип максимуму.

Синтез оптимального кусково-постійного керування.

Динамічне програмування.

Нестандартні функціонали.

Чисельні методи визначення оптимального керування.

Література: [1-7].

Тема 11. Дослідження питань практичного використання варіаційного числення.

Оптимальне керування електротехнічними комплексами постійного струму при наявності обмежень.

Керування, яке забезпечує мінімум встановленої потужності генератора.

Багатоканальне керування.

Визначення небезпечної динамічної дії.

Керування синхронним машинами.

Література: [1-7].

Змістовий модуль 2. Синтез оптимальних регуляторів для керування електротехнічними комплексами промислових підприємств.

Тема 1. Загальні питання синтезу оптимальних регуляторів.

Проблема реалізації оптимального керування.

Основи теорії випадкових функцій.

Вибір та обґрунтування критерію якості керування.

Обчислення екстремуму наближених функціоналів.

Синтез регуляторів, які забезпечують стійкість системи.

Література: [1-7].

Тема 2. Синтез оптимальних регуляторів для електротехнічних комплексів.

Обчислення лінійних оптимальних операторів.

Синтез регулятора за зарані відомою програмою.

Врахування похибок приладів.

Методика керування регулятором.

Вибір вагових коефіцієнтів.

Література: [1-7].

Тема 3. Оптимальне керування нелінійними системами в умовах невизначеності зовнішніх факторів.

Керовані системи другого порядку.

Синтез ейлеровських регуляторів.

Особливості постановки задач керування.

Література: [1-7].

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	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
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Методи аналізу та синтезу електротехнічних комплексів промислових підприємств за допомогою варіаційного числення												
Тема 1. Вступ	4	2	2				4		0,5			3,5
Тема 2. Основні поняття варіаційного числення.	4	2	2				4	2	0,5			1,5
Тема 3. Рівняння Ейлера.	14	2	2			10	14	2	0,5			11,5
Тема 4. Узагальнення найпростішої задачі варіаційного числення.	14	2	2			10	14	2	0,5			11,5
Тема 5. Особливі випадки найпростішої задачі варіаційного числення.	14	2	2			10	14		0,5			13,5
Тема 6. Загальні принципи використання рівняння Ейлера при вирішенні задач керування електротехнічними комплексами.	14	2	2			10	14		0,5			13,5
Тема 7. Особливі випадки використання рівняння Ейлера при вирішенні задач керування електротехнічними комплексами.	16	2	2		2	10	16		0,5			15,5
Усього годин за модулем 1	80	14	14		2	50	80	6	3,5			70,5

Модуль 2											
Тема 8. Теорія поля.	14	2	2			10	14		0,5		13,5
Тема 9. Достатні умови екстремуму.	14	2	2			10	14		0,5		13,5
Тема 10. Задачі на екстремум при наявності обмежень.	14	2	2			10	14		0,5		13,5
Тема 11. Дослідження питань практичного використання варіаційного числення.	16	2	2		2	10	16		0,5		15,5
Разом за змістовим модулем 1	138	22	22		4	90	138	6	5,5		126,5
Змістовий модуль 2. Синтез оптимальних регуляторів для керування електротехнічними комплексами промислових підприємств.											
Тема 1. Загальні питання синтезу оптимальних регуляторів.	14	2	2			10	14		0,5		13,5
Тема 2. Синтез оптимальних регуляторів для електротехнічних комплексів.	14	2	2			10	14		0,5		13,5
Тема 3. Оптимальне керування нелінійними системами в умовах невизначеності зовнішніх факторів.	14	2	2			10	14		0,5		13,5
Разом за змістовим модулем 2	42	6	6			30	42		1,5		40,5
Усього годин за модулем 2	100	14	14		2	70	100		3,5		96,5
Усього годин	180	28	28		4	120	180	6	7		167

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

6. Теми практичних занять

1	Інтерфейс середовища MatLab. Введення даних і прості обчислення.	4
2	Оформлення результатів обчислень.	6
3	Використання m-файлів для інженерних розрахунків	6
4	Циклічні оператори та організація розгалужень і діалогу з користувачем у середовищі пакета MatLab.	6
5	Чисельні та символічні методи розв'язання типових математичних та інженерних задач.	6

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рівняння Ейлера.	10
2	Узагальнення найпростішої задачі варіаційного числення.	10
3	Особливі випадки найпростішої задачі варіаційного числення.	10
4	Загальні принципи використання рівняння Ейлера при вирішенні задач керування електротехнічними комплексами.	10
5	Особливі випадки використання рівняння Ейлера при вирішенні задач керування електротехнічними комплексами.	10
6	Теорія поля.	10
7	Достатні умови екстремуму.	10
8	Задачі на екстремум при наявності обмежень.	10
9	Дослідження питань практичного використання варіаційного числення.	10
10	Загальні питання синтезу оптимальних регуляторів.	10
11	Синтез оптимальних регуляторів.	10
12	Оптимальне керування нелінійними системами в умовах невизначеності зовнішніх факторів.	10
	Разом	120

9. Індивідуальні завдання

Для студентів заочної форми навчання – 1 контрольна робота.

Для студентів денної форми навчання дві розрахунково-графічних роботи по 2 години.

10. Методи навчання

Робочою програмою передбачені такі форми організації навчального процесу як лекції, практичні роботи, самостійна робота студентів, консультації та контрольні заходи.

Під час викладання курсу використовуються наступні методи навчання:

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (рисунок, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань;
- аналітичний метод – уявного (практичного) розкладу цілого на частини з метою вивчення їх суттєвих ознак;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

11. Очікувані результати навчання з дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати такі компетентності:

загальні компетентності:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

фахові компетентності:

- Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).
- Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

- Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

- Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

- Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

- Здатність знаходити, аналізувати та узагальнювати положення нормативно-правових актів, судову практику, положення джерел міжнародного права стосовно галузі енергетики.

Очікувані програмні результати навчання:

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

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

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

- Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

- Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

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

- Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

- Уміти знаходити, аналізувати та узагальнювати положення нормативно-правових актів, судову практику, положення джерел міжнародного права стосовно галузі енергетики.

12. Засоби оцінювання

Контроль успішності студентів денної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання практичних робіт;
- двох рубіжних модульних контролів;
- залікової роботи.

Контроль успішності студентів заочної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання практичних робіт;

- захисту контрольної роботи;
- екзаменаційної роботи.

13. Критерії оцінювання

Оцінювання успішності студентів здійснюється окремо за кожний модуль на відповідному рубіжному модульному контролі (РМК) за 100-бальною шкалою.

Під час контролю враховуються наступні види робіт:

- робота студента на лекціях оцінюється до 12 балів;
- виконання та захист практичних робіт оцінюється до 60 балів;
- модульні контрольні роботи – до 28 балів (2 роботи 14 балів).

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	для заліку
90 – 100	зараховано
82-89	
74-81	
64-73	
60-63	
35-59	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

14. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Сучасний математичний апарат при проведенні наукових досліджень" для студентів V курсу усіх форм навчання / Укл. Д.О. Кулагін. Запоріжжя: ЗНТУ, 2017.- 70с.

15. Рекомендована література

Базова

1. Математичне моделювання в електроенергетиці: Підручник / Кириленко О.В., Сегеда М.С., Буткевич О.Ф., Мазур Т.А. Львів:Вид. «Львівська політехніка», 2010. – 608 с. (2 пр., ел).

2. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. – Львів, “Вища школа”, 1989.- 464 с. (50пр).

3. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі (Розділ 4.5 Розрахунок режимів електричних мереж на електронно – обчислюваних машинах) – К.: Знання, 2007. – 292 с. (5 пр.).

4. Gelfand I. M. Calculus of Variations / I. M. Gelfand, Izrail Moiseevitch Gelfand, S. V. Fomin. – Courier Dover Publications, 2000 – 232 p. (ел.)
5. Cassel Kevin W. Variational Methods with Applications in Science and Engineering / Cassel Kevin W. – Cambridge University Press, 2013. – 432 p. (ел.)
6. Lebedev L. P. The Calculus of Variations and Functional Analysis with Optimal Control and Applications in Mechanics / Lebedev L. P., Cloud M. J. – World Scientific, 2003. – 436 p. (ел.)
7. Logan J. David. Applied Mathematics / Logan J. David. – 3rd Ed. – Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, 2006. – 546 p. (ел.)

Допоміжна

1. Варіаційне числення : навч. посіб. для студ. фіз. спец. ун-тів / В. М. Адамян, М. Я. Сушко ; Одеський національний ун-т ім. І.І.Мечникова. - О. : Астропринт, 2005. - 128 с.: рис. - ISBN 966-318-340-3
2. Варіаційне числення та методи оптимізації : підручник / О. М. Піддубний, Ю. І. Харкевич ; Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки. - Луцьк : Гадяк Ж. В., 2015. - 331 с. - ISBN 978-617-7129-36-2
3. Вступ до математичної фізики. Варіаційне числення та крайові задачі : навч. посіб. для студентів фіз. та інж.-фіз. спец. ВНЗ / В. М. Адамян, М. Я. Сушко ; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. - Одеса : Астропринт, 2014. - 376 с. : рис. - ISBN 978-966-190-912-9
4. Диференціальні рівняння, варіаційне числення та їх застосування : навч. посіб. / [Ф.Г. Гаращенко, В.Т. Матвієнко, В.В. Пічкур, І.І. Харченко]. – К. : Київський ун-т, 2015. – 271 с.
5. Класичні та сучасні методи варіаційного числення : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Г. І. Кошовий, В. М. Павленко, Б. Л. Голінський ; Ін-т інновац. технологій і змісту освіти, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т". - Х. : ХАІ, 2011. - 303 с. : рис. - ISBN 978-966-662-246-7
6. Математичне програмування та елементи варіаційного числення : навч.-метод. посіб. / Ф. Г. Вашук, О. Г. Лавер, Н. Я. Шумило ; Ужгород. держ. ін-т інформатики, економіки і права. - Ужгород, 2001. - 169. - ISBN 966-7186-55-5
7. Моклячук М. П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. — К. : ВПЦ "Київський університет", 2010. — 399 с.
8. Основи варіаційного числення : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл., які навч. за напрямом підгот. "Механіка" / Е. Л. Гарт ; Дніпропетровський національний ун-т ім. Олеся Гончара. - Д., 2009. - 176 с.: рис. - ISBN 978-966-551-287-5
9. Перестюк М. О., Станжицький О. М., Капустян О. В., Ловейкін Ю. В. Варіаційне числення та методи оптимізації. — К. : ВПЦ "Київський університет", 2010. — 144 с.

16. Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека ім. В.І.Вернадського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>
2. Система дистанційного навчання НУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА» / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://moodle.zp.edu.ua/>