



Національний університет
водного господарства
та природокористування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та
обчислювальної техніки

Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих
технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи

О.А. Лагоднюк

«_____» _____ 2017 р.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

04-03-24

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

«Комп'ютерний аналіз систем електроенергетики»

**COMPUTER ANALYSIS OF THE ELECTRIC
POWER SYSTEMS**

спеціальність
speciality

141 - Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

141 - Electrical power engineering,
electrotechnics and electromechanics

спеціалізація
specialization

Рівне – 2017



Робоча програма з дисципліни «Комп'ютерний аналіз систем електроенергетики» для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». - Рівне: НУВГП, 2017. - 19с.

Розробник: Василюк С.В., докт. техн. наук, доцент, професор кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Протокол від «07» вересня 2017р. № 1.

Завідувач кафедри _____ д.т.н., проф. Древецький В.В.

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Протокол від «07» вересня 2017р. № 1.

Голова науково-методичної комісії

_____ д.т.н., доц. Василюк С.В.



ВСТУП

Анотація

Енергетична стратегія України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» вимагає «...підвищення енергоефективності на етапі генерації електро- та теплоенергії, зниження втрат енергії у подальшому при її передачі та розподілі...» (п. 2.1). Підвищення енергоефективності генеруючих потужностей та систем електропостачання може бути досягнуто шляхом здійснення комп'ютерного аналізу систем, який дозволяє з найменшими матеріальними затратами обрати оптимальні режими функціонування обладнання, здійснити проектування електроенергетичних систем за заданими критеріями, підвищити точність налаштування уставок захисних апаратів, забезпечує супроводження функціонування системи електропостачання в реальному часі з можливістю прогнозування можливих аварійних станів тощо.

В результаті вивчення дисципліни «Комп'ютерний аналіз систем електроенергетики» магістранти спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» мають оволодіти наступними компетентностями: креативність, здатність досліджувати проблеми із використанням системного аналізу, синтезу та інших методів, організувати та проводити наукові дослідження.

Ключові слова: асинхронний двигун, граф, диференціальне рівняння, комп'ютерне моделювання, математична модель, матриця, перехідні процеси, чисельні методи.

Abstract

The Energy Strategy of Ukraine until 2035 "Security, Energy Efficiency, Competitiveness" requires "... increasing energy efficiency at the stage of generating electricity and heat, reducing energy losses in the future with its transmission and distribution ..." (p. 2.1). Increasing energy efficiency of generating facilities and power supply systems can be achieved through system analysis using computer simulation. This allows to choose the optimal modes of equipment operation, to design the power systems for a given criteria, extend the configuration settings accuracy of protective devices in the cheapest way. Computer simulation also provides support of the power system functioning in real time with the possibility of forecasting possible emergency situations, etc.

Graduates of specialty 141 – "Electrical power engineering, electrotechnics and electromechanics", as a result of discipline "Computer analysis of power systems" studying, must master the following competencies: creativity, ability to investigate problems using system analysis, synthesis and other methods, organize and conduct scientific research.

Key words: induction motor, graph, differential equation, simulation, mathematical model, matrix, transient, numerical methods.



1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни			
		Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 7	Галузь знань 14 - Електрична інженерія	Нормативна			
	Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка				
Модулів - 2	Спеціалізація	Рік підготовки:			
Змістовних модулів – 4		5-й		5-й	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: курсовий проект		Семестр			
Загальна кількість годин - 210		9-й	10-й	9-й	10-й
Тижневих годин для денної форми навчання:	Рівень вищої освіти: магістр	Лекції			
аудиторних – 2		16 год.	16 год.	2 год.	2 год.
		Практичні, семінарські			
самостійної роботи студента – 6		Лабораторні			
		16 год.	16 год.	4 год.	8 год.
		Самостійна робота			
		58 год.	52 год.	84 год.	74 год.
Індивідуальне завдання:					
		курсний проект, 36 год.		курсний проект, 36 год.	
Вид контролю:					
	диф. з.	екз., КП	диф. з.	екз., КП	

Примітка.

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

- для денної форми навчання – 34% до 66%
- для заочної форми навчання – 8% до 92%



2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей та навичок описувати динамічні електротехнічні системи за допомогою диференційних рівнянь, розраховувати та аналізувати усталені та перехідні процеси.

Завдання:

- оволодіти базовими знаннями з математичного моделювання перехідних процесів в електротехнічних системах
- набути базових знань щодо способів складання диференційних рівнянь стану електротехнічного комплексу;
- вивчити методи оцінки значень параметрів заступної схеми електроенергетичної системи;
- володіти прийомами складання комп'ютерної моделі електроенергетичної системи;
- навчитися аналізувати усталені та перехідні процеси в електроенергетичній системі з використанням комп'ютерної моделі.

В результаті вивчення даного курсу **студент повинен:**

знати:

- базові принципи математичного описання електротехнічних комплексів та систем електропостачання;
- основні методи формування диференційних рівнянь типових елементів систем електропостачання;
- основні методи чисельного розв'язання за допомогою комп'ютера диференційних рівнянь стану електромереж;

вміти:

- складати диференційні рівняння, що описують поведінку елементів електроенергетичних систем;
- користуватися сучасними прикладними програмними пакетами для створення комп'ютерних моделей елементів електроенергетичних систем;
- підбирати метод чисельного інтегрування диференційних рівнянь стану електромереж;
- аналізувати поведінку електротехнічної системи в часовій області.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1 (семестр 9) - Комп'ютерний аналіз електричних кіл з використанням системи MATLAB

Змістовий модуль 1 – Комп'ютерний аналіз лінійних електричних кіл з використанням системи MATLAB

Тема 1. Загальні відомості щодо комп'ютерного моделювання електроенергетичних систем



Дослідження електроенергетичних систем за допомогою фізичного та чисельного еспериментів. Моделювання, його види. Електромеханічні аналогові симулятори. Використання аналогових обчислювальних машин для моделювання ЕЕС (історичний огляд). Застосування цифрових обчислювальних машин для моделювання ЕЕС. Метод Г. Доммеля. Програмні продукти для моделювання ЕЕС (EMTP-RV, PSCAD/EMTDC, PowerFactory, ETAP Real-Time). НІЛ-моделювання (комплекс RTDS). Моделі електричних машин на основі теорії кіл та теорії поля. Проблематика обчислення значень параметрів схем заміщення електричних машин. Моделювання низькочастотних електромагнітних полів методом кінцевих елементів (програми FEMM, Flux 2D/3D). Моделювання напівпровідникових перетворювачів.

Тема 2. Використання системи MATLAB

Загальні принципи роботи з системою MATLAB та розширенням Simulink. Бібліотека елементів Simulink. Побудова найпростіших моделей. Налаштування параметрів моделі. Введення та збереження даних. Побудова графіків. Способи розв'язання диференційних рівнянь у системі MATLAB. Поняття про перетворення Лапласа. Визначення передавальної функції. Передавальні функції електричних кіл.

Тема 3. Комп'ютерний аналіз однофазних лінійних електричних кіл з використанням бібліотеки Simulink

Диференційні рівняння, що описують лінійні електричні кола. Побудова структурних схем Simulink для аналізу процесів в лінійних електричних колах за диференційними рівняннями. Використання редактора диференційних рівнянь dee. Бібліотеки силових елементів Simulink для моделювання однофазних лінійних електричних кіл. Дослідження усталених та перехідних процесів в однофазних лінійних електричних колах постійного та змінного струму.

Тема 4. Дослідження трифазних лінійних електричних кіл з використанням бібліотеки Simulink

Метод просторового вектора для дослідження усталених та перехідних процесів у симетричних трифазних колах. Взаємні перетворення від фазних величин до просторового вектора. Диференційні рівняння стану трифазної системи з використанням просторового вектора. Побудова структурних схем Simulink для дослідження процесів з використанням метода просторового вектора.

Бібліотеки Simulink для моделювання трифазних лінійних електричних кіл. Дослідження усталених режимів та перехідних процесів в трифазних електричних колах. Модель трифазного трансформатора.

Змістовий модуль 2 – Комп'ютерний аналіз нелінійних електричних кіл з використанням системи MATLAB

Тема 5. Розрахунок значень параметрів схем заміщення електродвигунів



Проблематика оцінки значень параметрів схем заміщення електричних машин за паспортними даними та на основі експериментальних даних. Методи розрахунку параметрів схем заміщення асинхронних машин. Розрахунок параметрів схем заміщення синхронних машин та двигунів постійного струму.

Тема 6. Комп'ютерне моделювання електродвигунів з використанням бібліотеки Simulink

Диференційні рівняння стану двигуна постійного струму з різними типами збудження, складання на їх основі комп'ютерних моделей (структурних схем у Simulink). Способи описання диференційними рівняннями асинхронного двигуна, їх реалізація у вигляді структурних схем у Simulink. Математична модель синхронної машини та її реалізація у вигляді структурної схеми у Simulink.

Бібліотечні моделі асинхронного, синхронного двигунів та двигуна постійного струму. Дослідження типових перехідних процесів електродвигунів з використанням бібліотеки Simulink.

Тема 7. Комп'ютерні Simulink-моделі силових напівпровідникових пристроїв

Моделі силового діода, тиристора, транзистора. Моделювання силового діода в електричному колі. Некерований однофазний та трифазний випрямляч. Моделювання керованих випрямлячів. Моделювання транзистора з ШІМ-керуванням в електричному колі.

Тема 8. Моделювання керованого електроприводу

Живлення двигуна постійного струму від керованого випрямляча. Моделювання трифазного тиристорного регулятора напруги. Комп'ютерне моделювання плавного пуску асинхронного двигуна.

Модуль 2 (семестр 10) – Математичне моделювання електротехнічних комплексів і систем

Змістовий модуль 3 – Застосування матрично-топологічного методу для аналізу електроенергетичних систем

Тема 9. Основні поняття та визначення теорії графів

Графоаналітичний метод аналізу електричних кіл. Елементи теорії графів. Шлях, контур та прадерево графа. Ребро, ланцюг, цикл, дерево графа. Незалежні цикли та контури. Матриці суміжності. Матриці інциденцій. Матриця перетинів.

Тема 10. Графоаналітичний опис схеми заміщення електромережі. Побудова графа електричної мережі

Виділення типових компонентів електромережі, складання їх схем заміщення. Формування структурної схеми електромережі та загальної схеми заміщення. Складання графа, нумерація вузлів та віток графа. Типові особливості електричної схеми, для якої побудовано граф.

Тема 11. Побудова дерева графа електромережі. Формування матриці головних перетинів



Вимоги до дерева графа. Алгоритму побудови дерева графа схеми заміщення електромережі. Нумерація ребер та хорд графа схеми заміщення. Складання скороченої матриці інцидентів. Алгоритм формування матриці головних перетинів зі скороченої матриці інцидентів.

Змістовий модуль 4 – Формування математичних моделей електроенергетичних систем

Тема 12. Формування матричних диференціальних рівнянь стану електроенергетичної системи з використанням матрично-топологічного методу

Складання рівнянь струмів та напруг резистивних елементів відповідно до матриці головних перетинів. Моделювання комутаційних апаратів та напівпровідникових елементів.

Тема 13. Матричні диференціальні рівняння стану асинхронних електродвигунів

Динамічна модель асинхронного двигуна, що враховує насичення магнітного кола за шляхом головного магнітного потоку та витіснення струму в роторі при одноконтурній схемі заміщення ротора. Динамічна модель асинхронного двигуна, що враховує насичення магнітних кіл за шляхами головного магнітного потоку та потоків розсіяння статора і ротора та витіснення струму в роторі при двоконтурній схемі заміщення ротора. Модель асинхронного двигуна, що враховує зубчатість статора та ротора.

Тема 14. Матричні диференціальні рівняння стану синхронних двигунів та двигунів постійного струму. Узагальнене матричне диференціальне рівняння стану електромережі

Математична модель синхронного двигуна у матричному вигляді. Формування матричних диференціальних рівнянь стану двигунів постійного струму з різними типами збудження. Коефіцієнти матричного диференціального рівняння стану електромережі.

Тема 15. Методи чисельного розв'язання матричних диференціальних рівнянь стану електричного кола та їх програмна реалізація

Однокрокові явні та неявні методи. Багатокрокові явні та неявні методи. Жорсткість методів інтегрування. Метод Гіра. Обрахування матриці Якобі від правої частини матричного диференціального рівняння стану системи. Програмна реалізація методів інтегрування матричних диференціальних рівнянь.

Тема 16. Дослідження перехідних процесів в електроенергетичній системі з використанням комп'ютерного моделювання. Джерела підвищення ефективності проектування електротехнічних комплексів

Перехідні процеси в штатному режимі функціонування. Перехідні процеси при короткому замиканні. Перехідні процеси при замиканні або витоку струму на землю. Джерела підвищення ефективності проектування електротехнічних комплексів.



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		ср	л	п	лаб	інд	ср
Модуль 1 (семестр 9) Комп'ютерний аналіз електричних кіл з використанням системи MATLAB												
Змістовий модуль 1 – Комп'ютерний аналіз лінійних електричних кіл з використанням системи MATLAB												
Тема 1. Загальні відомості щодо комп'ютерного моделювання електроенергетичних систем	7	2				5	12	2				10
Тема 2. Використання системи MATLAB	7	2				5	10					10
Тема 3. Комп'ютерний аналіз однофазних лінійних електричних кіл з використанням бібліотеки Simulink.	15	2		4		9	12			2		10
Тема 4. Дослідження трифазних лінійних електричних кіл з використанням бібліотеки Simulink.	16	2		4		10	10					10
Разом за зм. модулем 1	45	8		8		29	44	2		2		40
Змістовий модуль 2 – Комп'ютерний аналіз нелінійних електричних кіл з використанням системи MATLAB												
Тема 5. Розрахунок значень параметрів схем заміщення електродвигунів	11	2		2		7	11					11
Тема 6. Комп'ютерне моделювання електродвигунів з використанням бібліотеки Simulink.	11	2		2		7	13			2		11
Тема 7. Комп'ютерні Simulink-моделі силових напівпровідникових пристроїв	9	2				7	11					11
Тема 8. Моделювання керованого електроприводу	14	2		4		8	11					11
Разом за зм. модулем 2	45	8		8		29	46			2		44
Усього за модулем 1	90	16		16		58	90	2		4		84



Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма					Заочна форма						
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд		ср	л	п	лаб	інд	ср
Модуль 2 (семестр 10) – Математичне моделювання електротехнічних комплексів і систем												
Змістовий модуль 3 – Застосування матрично-топологічного методу для аналізу електроенергетичних систем												
Тема 9. Основні поняття та визначення теорії графів	15	2		2	4	7	13			4	9	
Тема 10. Графоаналітичний опис схеми заміщення електромережі. Побудова графа електричної мережі	15	2		2	4	7	16	2		2	4	8
Тема 11. Побудова дерева графа електромережі. Формування матриці головних перетинів	17	2		2	6	7	17			2	6	9
Разом за зм. модулем 3	47	6		6	14	21	46	2		4	14	26
Змістовий модуль 4 – Формування математичних моделей електроенергетичних систем												
Тема 12. Формування матричних диференційних рівнянь стану електроенергетичної системи з використанням матрично-топологічного методу	14	2		2	4	6	16			2	4	10
Тема 13. Матричні диференційні рівняння стану асинхронних електродвигунів.	16	2		4	4	6	16			2	4	10
Тема 14. Матричні диференційні рівняння стану синхронних двигунів та двигунів постійного струму. Узагальнене матричне диференційне рівняння стану електромережі	18	2			6	10	15				6	9
Тема 15. Методи чисельного розв'язання матричних диференційних рівнянь стану електричного кола та їх програмна реалізація	13	2		2	4	5	14				4	10
Тема 16. Дослідження перехідних процесів в електроенергетичній системі з використанням комп'ютерного моделювання. Джерела підвищення ефективності проектування електротехнічних комплексів	12	2		2	4	4	13				4	9
Разом за зм. модулем 4	73	10		10	22	31	74			4	22	48
Усього за модулем 2	120	16		16	36	52	120	2		8	36	74
Усього годин	210	32		32	36	110	210	4		12	36	158



5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Модуль 1 (семестр 9) - Комп'ютерний аналіз електричних кіл з використанням системи MATLAB			
1	Комп'ютерний аналіз процесів в однофазних лінійних електричних колах за диференціальними рівняннями з використанням Simulink	4	2
2	Дослідження трифазних лінійних електричних кіл з використанням комп'ютерних моделей	4	
3	Складання програми розрахунку значень параметрів схем заміщення електродвигунів	2	2
4	Дослідження функціонування двигунів постійного струму з різними типами збудження з використанням комп'ютерних моделей	2	
5	Розробка комп'ютерної моделі асинхронної машини з використанням Simulink та дослідження перехідних процесів	4	
Разом за модулем 1		16	4
Модуль 2 (семестр 10) – Математичне моделювання електротехнічних комплексів і систем			
6	Формування комп'ютерної моделі синхронної машини та аналіз перехідних процесів у Simulink.	2	2
7	Моделювання некерованого однофазного та трифазного випрямлячів	2	
8	Комп'ютерне моделювання регулювання швидкості двигуна постійного струму за допомогою керованого випрямляча	2	2
9	Моделювання плавного пуску асинхронного двигуна	2	2
10	Формування матричних диференціальних рівнянь стану електромережі з використанням топологічних матриць	4	2
11	Дослідження перехідних процесів в електромережі при короткому замиканні	2	
12	Дослідження режиму замикання на землю в електромережі	2	
Разом за модулем 2		16	8
Разом		32	12



6. Самостійна робота

Самостійна робота є методом засвоєння студентом навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Самостійна робота студента над засвоєнням навчального матеріалу з навчальної дисципліни може виконуватися в бібліотеці, навчальних аудиторіях та в домашніх умовах.

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

44 години – опрацювання лекційного матеріалу, в тому числі:

32 годин – опрацювання матеріалу, що викладався на лекціях;

12 годин – опрацювання окремих питань, які не викладалися на лекціях;

16 годин – підготовка до лабораторних робіт, в тому числі:

6 годин – вивчення методичних вказівок перед проведення лабораторної роботи;

10 годин – підготовка звітів з лабораторних робіт;

50 години – підготовка до контрольних заходів.

Розподіл годин самостійної роботи для студентів заочної форми навчання:

92 години – опрацювання лекційного матеріалу, в тому числі:

80 годин – опрацювання матеріалу, що викладався на лекціях;

12 годин – опрацювання окремих питань, які не викладалися на лекціях;

16 годин – підготовка до лабораторних робіт, в тому числі:

6 годин – вивчення методичних вказівок перед проведення лабораторної роботи;

10 годин – підготовка звітів з лабораторних робіт;

50 години – підготовка до контрольних заходів.

6.1 Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Матеріал, що викладався на лекціях			
Модуль 1 (семестр 9) - Комп'ютерний аналіз електричних кіл з використанням системи MATLAB			
1	Загальні відомості щодо комп'ютерного моделювання електроенергетичних систем	2	5
2	Використання системи MATLAB	2	5
3	Комп'ютерний аналіз однофазних лінійних електричних кіл з використанням бібліотеки Simulink.	2	5
4	Дослідження трифазних лінійних електричних кіл з використанням бібліотеки Simulink.	2	5
5	Розрахунок значень параметрів схем заміщення електродвигунів	2	5



№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
6	Комп'ютерне моделювання електродвигунів з використанням бібліотеки Simulink.	2	5
7	Комп'ютерні Simulink-моделі силових напівпровідникових пристроїв	2	5
8	Моделювання керованого електроприводу	2	5
Разом за модулем 1		16	40
Модуль 2 (семестр 10) – Математичне моделювання електротехнічних комплексів і систем			
9	Основні поняття та визначення теорії графів	2	5
10	Графоаналітичний опис схеми заміщення електромережі. Побудова графа електричної мережі	2	5
11	Побудова дерева графа електромережі. Формування матриці головних перетинів	2	5
12	Формування матричних диференціальних рівнянь стану електроенергетичної системи з використанням матрично-топологічного методу	2	5
13	Матричні диференціальні рівняння стану асинхронних електродвигунів.	2	5
14	Матричні диференціальні рівняння стану синхронних двигунів та двигунів постійного струму. Узагальнене матричне диференціальне рівняння стану електромережі	2	5
15	Методи чисельного розв'язання матричних диференціальних рівнянь стану електричного кола та їх програмна реалізація	2	5
16	Дослідження перехідних процесів в електроенергетичній системі з використанням комп'ютерного моделювання. Джерела підвищення ефективності проектування електротехнічних комплексів	2	5
Разом за модулем 2		16	40
Разом		32	80
Питання, які не викладалися на лекціях			
1	Математичне моделювання хвильових процесів у електроенергетичних системах	8	8
2	Розрахунок індукції магнітного поля у повітряному зазорі асинхронного двигуна	4	4
Разом		12	12

7. Індивідуальне науково-дослідне завдання

Індивідуальне науково-дослідне завдання виконується у формі курсового проекту. Курсовий проект виконується з метою узагальнення теоретичних відомостей та практичних навичок, отриманих студентами під час лекційних, лабораторних та практичних занять. Курсовий проект виконується студентом самостійно. Роль викладача зводиться до консультування з найбільш складних питань. Виконаний курсовий проект



реєструється на кафедрі у журналі реєстрації, після чого захищається перед комісією.

Тема курсового проекту: *«Дослідження процесів в електротехнічних комплексах та системах з використанням засобів комп'ютерного моделювання».*

Завдання на КП: *запропонувати шляхи розв'язання актуальної задачі в електроенергетичній галузі шляхом аналізу результатів чисельного експерименту, проведеного з використанням комп'ютерної моделі об'єкта дослідження.*

Об'єкт дослідження рекомендується обирати після консультації з науковим керівником відповідно до теми НДРС.

На виконання КП відводиться 36 год. Робота виконується за індивідуальним варіантом. Порядок виконання, вимоги до вмісту та оформлення описані у методичних вказівках.

Курсовий проект складається із пояснювальної записки, графічної частини та презентації, причому остання використовується для демонстрації результатів виконання роботи під час захисту. Пояснювальна записка включає наступні пункти: обґрунтування актуальності досліджуваного питання, вибір об'єкта дослідження, формулювання мети та задач дослідження, складання математичної моделі об'єкта дослідження, вибір метода ідентифікації та визначення значень параметрів моделі, складання комп'ютерної моделі на основі математичної моделі, планування чисельного експерименту на комп'ютерній моделі, здійснення чисельного експерименту, обробка даних, аналіз результатів, формулювання пропозицій щодо підвищення ефективності функціонування електротехнічних комплексів та систем. Графічна частина має включати не менше одного аркуша формату А1 з результатами дослідження. Презентація має наочно відображати всі етапи виконання КП, ілюструвати отримані результати. Пояснювальна записка має бути оформлена відповідно до вимог ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

8. Методи навчання

Лекції читаються з використанням мультимедійних проекторів для демонстрації математичних, комп'ютерних моделей, рівнянь, графіків, діаграм, фрагментів програм, структурних схем моделей тощо. Під час лекцій проводиться дискусійне обговорення проблемних питань.

Лабораторні роботи виконуються з використанням програмного середовища MATLAB.

9. Методи контролю

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань:

- оцінювання за виконання лабораторних робіт;
- опитування при захисті лабораторних робіт;
- оцінки за модульні контрольні роботи;



- підсумковий контроль знань.

Усі форми контролю включено до 100-бальної шкали оцінювання.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Основними критеріями, що характеризують рівень компетентності студента при оцінюванні результатів поточного та підсумкового контролів, є:

- виконання всіх видів навчальної роботи, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни;

- глибина і характер знань навчального матеріалу за змістом навчальної дисципліни, що міститься в основних та додаткових рекомендованих літературних джерелах;

- вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їх взаємозв'язку і розвитку;

- характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);

- вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;

- вміння аналізувати достовірність одержаних результатів.

Оцінювання результатів поточної роботи (завдань, що виконуються на лабораторних заняттях, ІНДЗ, результати самостійної роботи студентів) проводиться за такими критеріями:

0% - завдання не виконано;

40% - завдання виконано частково та містить суттєві помилки методичного або розрахункового характеру;

60% - завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці;

80% - завдання виконано повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);

100% - завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

До іспиту (заліку) допускаються студенти, які виконали навчальний план, тобто виконали і захистили усі лабораторні роботи.

Розподіл балів по темам для стаціонару за модуль 1 (семестр 9):

Поточне тестування та самостійна робота								Сума
Зм. модуль 1				Зм. модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
10	12	11	15	14	12	13	13	100

T1, ..., T8 – теми змістових модулів



Розподіл балів по темам для стаціонару за модуль 2 (семестр 10):

Поточне тестування та самостійна робота								Підсумковий екзамен	Сума
Зм. модуль 3			Зм. модуль 4						
T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16		
7	8	6	9	7	8	7	8	40	100

T9, ..., T16 – теми змістових модулів

Розподіл балів за виконання курсового проекту:

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 40	до 20	40	100

Розподіл балів, що присвоюються студентам за видами робіт:

Форма навчальної діяльності	Вид контролю	Максимальна кількість балів за одне заняття (один звіт з л.р.)	Кількість занять (звітів з л.р.)	Сума балів	Разом за формами навч. діяльності
Модуль 1 (у 9 семестрі)					
Лекції	Відвідування	1	8 пар	8	8
Лабораторні роботи	Робота під час занять	1	8 пар	8	32
	Захист звіту	4,8	5 звітів	24	
Поточний контроль №1					30
Поточний контроль №2					30
Заохочувальні бали за участь в науковій і проектній роботі, доповідь на конференції, стаття, участь в олімпіаді					до 10
Всього за модуль 1 (д. залік)					100
Модуль 2 (у 10 семестрі)					
Лекції	Відвідування	0,56	8 пар	4,5	4,5
Лабораторні роботи	Робота під час занять	0,56	8 пар	4,5	25,5
	Захист звіту	3	7 звітів	21	
Поточний контроль №1					15
Поточний контроль №2					15
Всього за поточну роботу					60
Підсумковий екзамен					40
Заохочувальні бали за участь в науковій і проектній роботі, доповідь на конференції, стаття, участь в олімпіаді					до 10
Всього за модуль 2					100



Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
82-89	добре	
74-81		
64-73		
60-63	задовільно	
35-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Комп'ютерний аналіз систем електроенергетики», розміщені в університетській комп'ютерній мережі.
2. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерний аналіз систем електроенергетики», розміщені в університетській комп'ютерній мережі.

12. Рекомендована література

Базова

- 1 Кириленко О.В. Математичне моделювання в електроенергетиці: Підручник / О.В. Кириленко, М.С. Сегеда, О.Ф. Буткевич, Т.А. Мазур. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2010. – 608 с.
- 2 Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики / Перхач В.С. – [3-е вид., перероб. і доп.]. – Львів: Вища шк., 1989. – 464 с.
- 3 Чуа Л.О. Машинный анализ электронных схем. Алгоритмы и вычислительные методы / Чуа Л.О., Лин Пен-Мин; пер. с англ. – М.: Энергия, 1980. – 640с.
- 4 Математичне моделювання перехідних процесів в електротехнічних комплексах шахтних електричних мереж: монографія / В.Ф. Сивокобиленко, С.В. Василець. – Луцьк: Вежа-Друк, 2017. – 272 с.
- 5 Сивокобиленко В.Ф. Математичне моделювання в електротехніці і енергетиці: навчальний посібник / Сивокобиленко В.Ф. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2005. – 350 с.
- 6 Демирчан К.С. Моделирование и машинный расчет электрических цепей / К.С. Демирчан, П.А. Бутырин – М.: Высш. шк., 1988. – 335с.



- 7 Моделирование электромеханических систем: [підручник] / [Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й.Родькін та ін.]. – Кременчук, 2001. – 410 с.
- 8 Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
- 9 Черных И.В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем / И.В. Черных. – Питер: ДМК Пресс, 2008. – 400 с. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php>
- 10 Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов / И.П. Копылов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.

Допоміжна

- 1 Калабеков Б.А. Методы автоматизированного расчета электронных схем в технике связи: Учеб. пособие для вузов / Б.А. Калабеков, В.Ю. Лapidус, В.М. Малафеев. – М.: Радио и связь, 1990. – 272с.
- 2 Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Уч. пособ. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
- 3 Свами М. Графы, сети и алгоритмы / Свами М., Тхуласираман К.; пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 455 с.
- 4 Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты / Р.Т. Шрейнер. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.
- 5 Чабан В.Й. Математичне моделювання в електротехніці / Чабан В.Й. – Львів: Видавництво Т. Сороки, 2010. – 508 с.
- 6 Wang Xi-Fan Modern Power Systems Analysis / Xi-Fan Wang, Yonghua Song, Malcolm Irving. – New York, NY, USA: Springer Science+Business Media, LLC, 2008. – 559 p.
- 7 Watson N. Power systems electromagnetic transients simulation / Neville Watson, Jos Arrillaga. – London: Institution of Engineering and Technology, 2007. – 449p.
- 8 Попович О.М. Математична модель асинхронної машини електромехатронної системи для імітаційного та структурного моделювання / Попович О.М. // Технічна електродинаміка. – 2010. – №4. – С. 25-32.
- 9 Чорний О. П. Особливості дослідження моделей систем електроприводу у SIMPOWERSYSTEMS з ключовими елементами / О.П. Чорний, В.К. Титюк // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2013. – Вип. 3. – С. 33-48.
- 10 Перехідні процеси в системах електропостачання / [Півняк Г.Г., Винославський В.М., Рибалко А.Я., Несен Л.І.]; за ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002. – 597с.



Електронний репозиторій НУВГП

- 1 Мартинюк, П. М. та Гошко, О. В. Порівняльний аналіз ефективності застосування чисельних методів розв'язання великих систем лінійних алгебричних рівнянь / Мартинюк П.М., Гошко О.В. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 1(61). – 2013. – с. 289-297. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1059/1/Vt6136.pdf>
- 2 Тимейчук О.Ю. Математичні методи і моделі в розрахунках та ЕОМ: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / Тимейчук О.Ю. – Рівне: НУВГП, 2008. – 60 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/4666/1/v42.pdf>
- 3 Тимейчук О.Ю. Інформаційні системи та математичні методи наукових досліджень: Навчальний посібник / Тимейчук О.Ю., Кузьменко В.М., Тимейчук Т.Б. – Рівне: НУВГП, 2011. – 118 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/4667/1/v43.pdf>

13. Інформаційні ресурси

- 1 Офіційний сайт компанії MathWorks / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mathworks.com>
- 2 Центр компетенцій MathWorks / [Електронний ресурс] – Режим доступу: matlab.ru
- 3 Академія MATLAB / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://matlabacademy.mathworks.com/>
- 4 Цифрова бібліотка факультету електроніки НТТУ «КПІ» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://fel.kpi.ua/>
- 4 Електронний науковий архів НУ «Львівська політехніка» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua>
- 5 Журнал «Технічна електродинаміка» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://techned.org.ua/>