

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

імені адмірала Макарова

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АВТОМАТИКИ І ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Код РПНД: Т93928



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи

Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Математичне та імітаційне моделювання складних систем

Mathematical modelling and simulation of complex systems

рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Миколаїв – 2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне та імітаційне моделювання складних систем» для підготовки фахівців третього (освітньо-наукового) рівня за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка галузі знань 14 Електрична інженерія.

Освітня програма "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

10 червня 2022 року. – 13 с.

Розробник: Черно О.О., завідувач кафедри комп'ютеризованих систем управління, д-р техн. наук, доцент, гарант освітньої програми



Проект робочої програми навчальної дисципліни "Математичне та імітаційне моделювання складних систем" розглянуто на засіданні кафедри програмованої електроніки, електротехніки та телекомунікацій.

Протокол № 12 від 10 червня 2022 р.

Завідувач кафедри
д-р техн. наук, професор



Рябенський В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Математичне та імітаційне моделювання складних систем" розглянуто Методичною радою Навчально-наукового Інституту автоматики та електротехніки.

Протокол № 1 від 29 серпня 2022 р.

Голова
к.т.н., доцент



Скороходов В.А.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Математичне та імітаційне моделювання складних систем" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу
к.т.н., доцент



Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни "Математичне та імітаційне моделювання складних систем" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 6 від 29 серпня 2022 р.

Голова НМР НУК
д.т.н., професор



Трушляков Є.І.

Зміст

Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	5
3. Передумови для вивчення дисципліни	5
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	9
7. Форми поточного та підсумкового контролю	9
8. Критерії оцінювання результатів навчання	10
9. Засоби навчання	11
10. Рекомендовані джерела інформації.....	11
Додаток.....	13

ВСТУП

Анотація

Навчальна дисципліна «Математичне та імітаційне моделювання складних систем» має на меті засвоєння аспірантами методів дослідження взаємопов'язаних процесів різної фізичної природи та вміння використовувати їх при моделюванні в галузі електричної інженерії. Завданням навчальної дисципліни є опанування аспірантами навичок проводити аналіз параметрів технічних об'єктів, що входять до складу електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; описувати системами рівнянь процеси, що мають різну фізичну природу, у їх сукупності; будувати моделі об'єктів та систем у програмних середовищах, проводити модельні експерименти та обробляти їх результати.

Ключові слова: математичне моделювання, імітаційне моделювання, складні системи, мультифізичні процеси.

Abstract

The educational discipline "Mathematical modelling and simulation in electric power, electrical engineering and electromechanics" aim is to teach PhD students to apply research methods of interrelated processes of various physical nature in modeling in electrical engineering. The task of the educational discipline is mastering by graduate students the skills to analyze the parameters of technical objects that are part of electric power, electrotechnical and electromechanical systems; to describe processes of different physical nature in their aggregate with systems of equations; build models of objects and systems in software environments, conduct model experiments and process their results.

Keywords: mathematical modeling, simulation, complex systems, multiphysical processes.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: 14 "Електрична інженерія"	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність: 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" (освітня програма "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка")	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Електрона адреса РПНД на сайті Університету: https://nuos.edu.ua/studentu/polozhennya-nuk/opis-opp/onp-elektroenergetika-elektrotehnika-ta-elektromehanika/			
Загальна кількість годин – 90		Семестри	
	1-й	1-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи аспіранта – 4	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	Лекції	
		15 год	4 год
		Лабораторні заняття	
		15 год	4 год
		Самостійна робота	
		60 год	82 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
	Вид контролю: екзамен		
	Форма контролю: усна / письмова		

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета – оволодіння аспірантами принципами математичного та імітаційного моделювання взаємопов'язаних процесів у складних системах.

Вивчення навчальної дисципліни "Математичне та імітаційне моделювання складних систем" формує у аспірантів відповідно до освітньо-наукової програми такі компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

СК04. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумов для вивчення дисципліни не передбачено

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у аспірантів таких **програмних результатів навчання**:

РН01. Передові концептуальні та методологічні знання з електричної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН03. Уміння розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у електричній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках.

РН17. Знання методів дослідження електромагнітних та електромеханічних процесів та вміння використовувати їх при моделюванні електротехнічних комплексів та систем.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Загальні принципи моделювання. Моделювання в електроенергетиці.

Тема 1. Загальні принципи моделювання. Математичні та імітаційні моделі процесів. 2 год. [1, с. 7-66], [2, с. 130-143], [3, с. 5-39].

Тема 2. Моделювання електромагнітних процесів у електричних мережах. 2 год. [4, с. 132-149], [5, с. 107-134], [6, с. 5-15].

Тема 3. Моделювання процесів у силових трансформаторах та системах генерування струму. 2 год. [3, с. 104-105], [4, с. 155-165].

Змістовий модуль 2. Моделювання в електротехніці та електромеханіці.

Тема 4. Моделювання електромагнітних полів у електротехнічних пристроях. 2 год. [7, с. 10-27, 229-370].

Тема 5. Моделювання процесів у напівпровідникових перетворювачах напруги. 2 год. [3, с. 167-183], [8, с. 62-117].

Тема 6. Моделювання процесів у електроприводах постійного та змінного струму. 3 год. [3, с. 59-166], [8, с. 118-251].

Тема 7. Моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводами. 2 год. [3, с. 184-206].

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	практ	с.р.		л	лаб	практ	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Змістовий модуль 1. Загальні принципи моделювання. Моделювання в електроенергетиці.										
Тема 1. Загальні принципи моделювання. Математичні та імітаційні моделі процесів	16	2	12	-	2	16	1	2	-	13
Тема 2. Моделювання електромагнітних процесів у електричних мережах	7	2	-	-	5	7	-	-	-	7
Тема 3. Моделювання процесів у силових трансформаторах та системах генерування струму	7	2	-	-	5	7	1	-	-	6
Разом за змістовим модулем 1	30	6	12	-	12	30	2	2	-	26
Змістовий модуль 2. Моделювання в електротехніці та електромеханіці										
Тема 4. Моделювання електромагнітних полів у електротехнічних пристроях	15	2	-	-	11	15	1	-	-	14
Тема 5. Моделювання процесів у напівпровідникових перетворювачах напруги	15	2	-	-	11	15	-	-	-	15
Тема 6. Моделювання процесів у електроприводах постійного та змінного струму	15	3	-	-	9	15	1	-	-	14
Тема 7. Моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводами	15	2	-	-	11	15	-	-	-	15
Захист лабораторних робіт			3					2		
Разом за змістовим модулем 2	60	9	3	-	42	60	2	2	-	56
Усього годин	90	15	15	-	60	90	4	4	-	82

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва тем	Кількість годин	
		Денна	Заочна
1	Вибір об'єкта дослідження та програмного середовища для моделювання процесів.	4	1
2	Розробка імітаційних моделей елементів, що входять до складу досліджуваної системи.	4	-
3	Розробка імітаційної моделі системи та моделювання її роботи в різних режимах.	4	1
4	Захист лабораторних робіт.	3	2
Усього		15	4

При виконанні лабораторних робіт об'єкт дослідження та програмне середовище для моделювання процесів обирається кожним аспірантом (аспіранткою) індивідуально відповідно до теми його (її) дисертаційної роботи.

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для аспірантів денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 2 год/ 1 лекція;
- підготовка до лабораторних робіт – 1 год/1 заняття;
- оформлення звітів з лабораторних робіт – 3 год/1 заняття;
- підготовка до захисту лабораторних робіт – 2 год/1 заняття;
- підготовка до екзамену – 10 год.

Розподіл годин самостійної роботи для аспірантів заочної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 3 год/ 1 лекція;
- оформлення звітів з лабораторних робіт – 6 год/1 заняття;
- підготовка до захисту лабораторних робіт – 2 год/1 заняття;
- підготовка до екзамену – 11 год.

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до лекцій	14	21
2	Підготовка до лабораторних робіт	6	-
3	Оформлення звітів з лабораторних робіт	18	36
4	Підготовка до захисту лабораторних робіт	12	12
5	Підготовка до екзамену	10	13
РАЗОМ		60	82

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, семінарських занять та самостійної роботи студентів.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та лабораторних заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на лекційних та лабораторних заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання лабораторних робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно у Google Meet.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Математичне та імітаційне моделювання складних систем" є:

- виконання завдань лабораторних робіт;
- захист лабораторних робіт;
- екзамен.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення аспіранта оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках аспірант може набрати максимум **60 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки, отримані за виконання та захист лабораторних робіт: за кожен з 3-х лабораторних робіт 10 балів за виконання і до 10 балів за захист.

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний екзамен надається аспіранту, якій з урахуванням отриманих балів проміжних оцінок і заключного екзамену може набрати разом не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

Поточний контроль проводиться на кожній лабораторній роботі за результатами її виконання. Захист лабораторних робіт проводиться на останньому занятті семестру.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Екзаменаційні оцінки виставляються згідно шкали оцінювання ECTS.

Шкала оцінювання

Сума балів за результатом підсумкового контролю	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82 – 89	B
74 – 81	C
64 – 73	D
60 – 63	E
35 – 59	FX
0 – 34	F

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Виконання лабораторної роботи	Критерії оцінювання
10	Завдання виконано правильно, за результатами виконання оформлено звіт, що містить опис проведеної роботи, отримані результати та аргументовані висновки.
0	Відсутня хоча б одна з наведених вище складових.

Захист лабораторної роботи	Критерії оцінювання
10	Аспірант впевнено дав аргументовані відповіді на всі питання, задані на захисті лабораторної роботи.
8	Аспірант відповів на всі питання, але на деякі не проявив впевненості, або не навів достатньої аргументації.
5	Аспірант не зміг відповісти на деякі принципово важливі питання.
0	Аспірант не зміг відповісти на більшість питань.

Екзамен	Критерії оцінювання
40	Відповідь логічно побудована, аспірант чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
35	Аспірант спроможний чітко та стисло відповідати на поставлені запитання, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
30	Аспірант спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, належно обґрунтовує матеріал, але допускає неточності у відповідях.
25	Аспірант спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, але допускає суттєві неточності у відповідях, не завжди належно обґрунтовує відповіді.

Екзамен	Критерії оцінювання
20	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію.
15	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання, робить спроби аргументувати свою позицію, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді.
10	Аспірант демонструє задовільні знання з поставлених запитань, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання, та належно обґрунтувати свою відповідь.
5	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання, не спроможний дати відповідь на додаткові запитання, відстоювати свою позицію.

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання лабораторних робіт	3 x 10 балів = 30 балів	3 x 10 балів = 30 балів
Захист лабораторних робіт	3 x 10 балів = 30 балів	3 x 10 балів = 30 балів
Екзамен	4 x 10 балів = 40 балів	4 x 10 балів = 40 балів
Всього	100	100

9. Засоби навчання

Персональні комп'ютери зі спеціальним програмним забезпеченням:

- Mathcad;
- Matlab Simulink;
- Ansoft Maxwell.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Бахрушин В. Є. Математичні основи моделювання систем: Навчальний посібник для студентів. – Запоріжжя: Класичний приватний університет, 2009. – 224 с.

2. Моделювання та оптимізація систем: підручник / Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., А.В.Усов А. В. – Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс», 2017. – 804 с. Режим доступу: <https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2001/p2455>

3. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й. Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001. – 410 с. Режим доступу: <http://surl.li/fwrna>

4. Карпалюк І. Т. Конспект лекцій з курсу «Математичні методи і моделі в електроенергетиці» (для студентів 4 курсу денної та заочної форми навчання за напрямом 6.050701 – Електротехніка та електротехнології та слухачів другої вищої освіти зі спеціальності 7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання) / І. Т. Карпалюк; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 182 с. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/33756946.pdf>

5. Саух, С. Є. Математичне моделювання електроенергетичних систем в ринкових умовах: монографія / С. Є. Саух, А. В. Борисенко. — К.: «Три К», 2020. — 340 с. Режим доступу: https://ipme.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/01/Book_Saukh_Borysenko_10_17_2020.pdf

6. Математичне моделювання об'єктів електроенергетики: розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; укл. Гаєвська Г.М. Електронні текстові дані (1 файл: 1,34 Мбайт). — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.- 28 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48631/1/Mat_model_2022.pdf

7. Міліх В. І. Електромагнітні поля, параметри та процеси в електротехнічних пристроях : підручник / В. І. Міліх. Харків: ФОП Панов А. М., 2020. 396 с.

8. Голодний І.М., Червінський Л.С., Жильцов А.В., Санченко О.В. Романенко О.І. Моделювання регульованого електропривода: Підручник. — К.: Аграр Медіа Груп, 2019. — 266 с. Режим доступу: <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/5626/1/modeluvannya.pdf>

9. Черно О. О. Моделювання об'єктів та систем: Методичні вказівки до лабораторних робіт / О. О. Черно, А. П. Гуров, В. К. Чекунов. Миколаїв: НУК, 2018. — 47 с.

Допоміжна література

10. Кубкін М. В., Солдатенко В. П. Імітаційна модель комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, 2012. Вип. 25, ч.ІІ. С. 192-202. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/1991/1/36.pdf>

11. Кравченко І. В., Микитенко В. І., Тимчик Г. С. Комп'ютерне моделювання: системи і процеси: підручник. К. — КПІ ім. Ігоря Сікорського. — 215 С. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50552/1/Kompiuterne_modeliuvannia.pdf

12. Доля П. Г. Основи моделювання в COMSOL Multiphysics. 2019 р. Режим доступу: http://geometry.karazin.ua/resources/documents/20191219182458_3cc8431d.pdf

13. Теорія електромагнітного поля і основи техніки НВЧ: навч. посіб. / С.В. Соколов, Л.Д. Писаренко, В.О. Журба; за заг. ред. Г.С. Воробйова. — Суми : Сумський державний університет, 2011. — 393 с. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/324275564.pdf>

14. Ansys Maxwell 3D – Electronic design automation software: user's guide. 2010. — 1006 р. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7605907/>

Інформаційні ресурси в Інтернет

14. Математичне моделювання. <http://aspirant.com.ua/ua/art10.htm>

15. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки. <http://mcm-tech.kpnu.edu.ua/>

16. Параметри рівняння шляхом найменших квадратів. Апроксимація дослідних даних. <https://goaravetisyan.ru/uk/parametry-uravneniya-metodom-naimenshih-kvadratov-approksimaciya-opytnyh/>

17. Ansoft Maxwell v15 Online Help — p.1484. — режим доступу: <http://www.ansys.com>

Питання для модульного контролю

Змістовий модуль 1

1. Поняття математичної моделі.
2. Поняття імітаційної моделі.
3. Моделювання електромагнітних процесів у електричних мережах.
4. Моделювання процесів у силових трансформаторах.
5. Моделювання процесів у системах генерування струму.

Змістовий модуль 2

6. Моделювання електромагнітних полів у електротехнічних пристроях.
7. Моделювання процесів у напівпровідникових перетворювачах напруги.
8. Моделювання процесів у електроприводах постійного струму.
9. Моделювання процесів у електроприводах змінного струму.
10. Моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводами.