

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

СИЛАБУС

Шифр і назва спеціальності	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Інститут / факультет	Інститут енергетики, електроніки та електромеханіки
Назва програми	Електромеханіка	Кафедра	Електричні машини
Тип програми	Освітньо-професійна	Мова навчання	українська

Викладач

Юр`єва Олена Юрїївна, olena.yurieva@khpі.edu.ua



Доцент, к.т.н., доцент кафедри електричних машин. Має близько 40 публікацій, основні курси – Загальна теорія електричних машин, Математичне моделювання електричних машин, Проектування та технологія виготовлення синхронних машин великої потужності, Організація технологічної підготовки виробництва

Загальна інформація про курс

Анотація	Дисципліна вивчає принципи, методи, засоби, що застосовуються при математичному моделювання електричних машин і трансформаторів.
Цілі курсу	Метою вивчення дисципліни є формування бази теоретичних знань з сучасних електромеханічних перетворювачах енергії, здобуття практичних умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для розуміння процесів та розв'язання комплексних проблем у галузі електричної інженерії.
Формат	Загальна кількість годин 120, з них 32 лекцій, 32 лабораторних занять, 56 самостійної роботи
Семестр	7

Результати навчання

Визначати принципи побудови та нормального функціонування елементів електромеханічних комплексів та систем. Оцінювати параметри роботи електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем та розробляти заходи щодо підвищення їх енергоефективності та надійності. Наслідувати зразки дій, стратегії та тактики розв'язання професійних завдань за досвідченими працівниками у галузі електромеханіки. Вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням та програмним забезпеченням при виконанні розрахунків режимів роботи електромеханічного обладнання, відповідних комплексів та систем. Комбінувати методи емпіричного і теоретичного дослідження для пошуку шляхів зменшення втрат електричної енергії при її виробництві та використанні.

Теми, що розглядаються

Тема 1. Основні положення теорії моделювання

Основні поняття та їхні визначення: моделювання, суб'єкт та об'єкт моделювання, модель, функції моделі. Види моделювання: фізичне, геометричне, математичне. Етапи процесу моделювання: знання про об'єкт-оригінал, модельні експерименти, перенесення знань з моделі на об'єкт-оригінал, практична перевірка результатів моделювання. Класифікація моделей

Тема 2. Основні положення математичного моделювання електричних машин і трансформаторів

Закони електромеханіки, що застосовуються при складанні математичних моделей електричних машин і трансформаторів: закон збереження енергії, зворотність електричних машин, перетворення енергії взаємно нерухомими магнітними полями, закон електромагнітної індукції, перший та другий закони Кірхгофа, закон повного струму, закон рівноваги моментів. Створення математичної моделі на прикладі трансформатора: знання про об'єкт оригінал, формалізація процесів, складання математичної моделі. Методи розв'язання математичних моделей електричних машин і трансформаторів: чисельні та аналітичні. Дослідження електричних машин і трансформаторів за допомогою математичних моделей, реалізованих в пакеті MATLAB.

Тема 3. Основні принципи математичного моделювання електричних машин

Явища, що ускладнюють математичне моделювання електричних машин: насичення магнітної системи, несинусоїдний розподіл МРС у повітряному проміжку; залежність індуктивності обмоток від струмів. Ідеалізована електрична машина: визначення. Узагальнена електрична машина: визначення, просторова схема. Принципи складання математичних моделей електричних машин і трансформаторів на основі узагальненої електричної машини. Принципи складання математичної моделі узагальненої електричної машини: рівняння рівноваги ЕРС, рівняння рівноваги моментів. Просторові схеми машин змінного та постійного струму.

Тема 4. Метод перетворення координат

Надання змінних величин узагальненим просторовим вектором. Отримання узагальненого просторового вектора через миттєві значення трифазної системи координат. Системи координат, що застосовуються в математичному моделюванні електричних машин: $\alpha\beta$, dq , xu , kh . Отримання реальних величин при розв'язанні математичної моделі електричної машини.

Тема 5. Математична модель узагальненої електричної машини

Рівняння поточозчеплень обмоток узагальненої електричної машини. Рівняння рівноваги напруг в диференціальній формі узагальненої електричної машини. Рівняння рівноваги напруг в матричній формі узагальненої електричної машини. Рівняння рівноваги моментів узагальненої електричної машини. Випадки, коли математична модель узагальненої електричної машини не має розв'язку. Математична модель узагальненої електричної машини в усталеному режимі. Особливості розв'язання математичних моделей узагальненої електричної машини з урахуванням насичення магнітної системи, несинусоїдного розподілу МРС в повітряному проміжку, несиметрії кіл обмоток статора та ротора.

Тема 6. Математичне моделювання асинхронних машин

Індуктивності фазних обмоток статора та ротора асинхронної машини. Поточозчеплення фазних обмоток статора та ротора асинхронної машини. Напруги фазних обмоток статора та ротора асинхронної машини у фазній системі координат. Напруги фазних обмоток статора та

ротора асинхронної машини в системі координат kh . Потокозчеплення фазних обмоток статора та ротора асинхронної машини в системі координат kh . Математична модель асинхронної машини в системі координат kh . Математична модель асинхронної машини в системі координат $\alpha\beta$. Математична модель асинхронної машини в системі координат dq . Математична модель асинхронної машини в системі координат xu . Математична модель асинхронного двигуна в усталеному режимі. Просторова модель двофазного асинхронного двигуна при коловому магнітному полі. Математична модель двофазного асинхронного двигуна при коловому магнітному полі для миттєвих значень. Математична модель двофазного асинхронного двигуна при коловому магнітному полі у векторній формі. Математична модель двофазного асинхронного двигуна при коловому магнітному полі з постійними коефіцієнтами. Просторова модель однофазного асинхронного двигуна. Математична модель однофазного асинхронного двигуна у фазовій системі координат. Розв'язання математичної моделі однофазного асинхронного двигуна для несиметричного ротора. Розв'язання математичної моделі однофазного асинхронного двигуна для симетричного ротора. Математична модель однофазного асинхронного двигуна із симетричним ротором в системі координат $\alpha\beta$.

Тема 7. Математичне моделювання синхронних машин

Обмотки синхронної машини. Просторова модель синхронної машини. Математична модель синхронної машини у фазовій системі координат. Рівняння потокозчеплень контурів обмоток синхронної машини (обмоток статора та збудження, демпферної обмотки).

Власні індуктивності обмоток статора синхронних машин. Власні індуктивності обмоток ротора синхронних машин. Взаємні індуктивності між фазними обмотками статора синхронної машини. Взаємні індуктивності між фазними обмотками статора та обмоткою збудження синхронної машини. Взаємні індуктивності між фазними обмотками статора та демпферною обмоткою синхронної машини. Взаємні індуктивності між обмоткою збудження та демпферною обмоткою синхронної машини.

Потокозчеплення контурів обмоток синхронної машини в системі координат dq . Рівняння напруг контурів обмоток синхронної машини в системі координат dq . Врахування струмів нульової послідовності синхронної машини. Перетворення величин синхронної машини з системи координат dq в систему координат $\alpha\beta$. Рівняння рівноваги моментів синхронної машини в системі координат dq .

Тема 8. Математичне моделювання машин постійного струму

Просторова модель машини постійного струму. Математична модель генератора постійного струму незалежного збудження. Математична модель генератора постійного струму змішаного збудження в усталеному режимі. Врахування насичення магнітної системи та реакції якоря при математичному моделюванні машин постійного струму.

Тема 9. Математичне моделювання електричних машин з урахуванням вихрових струмів

Причини виникнення вихрових струмів в елементах електричних машинах. Просторова модель узагальненої електричної машини з урахуванням вихрових струмів. Рівняння рівноваги напруг еквівалентного контуру вихрових струмів в листах осердя ротора асинхронної машини. Математична модель асинхронного двигуна в усталеному режимі з урахуванням вихрових струмів в осерді ротора.

Тема 10. Математичне моделювання несиметричних електричних машин

Види несиметрії електричних машин: електрична, магнітна, просторова. Методи дослідження несиметричних електричних машин: метод симетричної складової, метод обертових магнітних полів. Рівняння потокозчеплень контурів обмоток несиметричної електричної машини. Перетворення величин несиметричної електричної машини в фазовій системі координат в систему координат $\alpha\beta$. Рівняння електромагнітного моменту несиметричної електричної машини.

Математична модель асинхронного генератора, що працює на несиметричне навантаження. Математична модель асинхронного генератора при несиметричному роторі.

Математична модель однофазного асинхронного генератора

Форма та методи навчання

лекційні, лабораторні заняття, виконання розрахунково-графічного завдання.

Методи контролю

Поточний контроль реалізується у формі опитування, захисту лабора-торних робіт, перевірки виконання індивідуальних завдань, проведення кон-трольних робіт.

Контроль складової робочої програми, яка освоюється під час само-стійної роботи студента, проводиться: з лекційного матеріалу –перевіркою конспектів; з лабораторних занять – за допомогою перевірки виконаних за-вдань та контрольним опитуванням.

Семестровий контроль проводиться у формі екзамену по екзаменацій-них білетах відповідно до навчального плану в обсязі навчального матеріа-лу, визначеного навчальною програмою та у терміни, що встановлені навча-льним планом з урахуванням результатів поточної успішності.

Результати поточного контролю (поточна успішність) безпосередньо враховуються для виставлення оцінки з даної дисципліни.

Семестровий контроль може проводитися як в письмовій так і усній формі

Студент вважається допущеним до екзамену з навчальної дисципліни за умови захисту усіх лабораторних робіт та індивідуального завдання, перед-бачених навчальною програмою з дисципліни.

Розподіл балів, які отримують студенти

Контрольні роботи	Лабораторні роботи	Р	Екзамен	Сума
20	45	15	20	100

Критерії та система оцінювання знань та вмінь студентів

Рейтингов а оцінка, бали	Оцінка ECTS та її визначення	Національн а оцінка	Критерії оцінювання	
			позитивні	негативні
1	2	3	4	5
90-100	A	Відмінно	- Глибоке знання навчального матеріалу модуля, що містяться в основних і додаткових літературних джерелах; - вміння аналізувати явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; - вміння проводити теоретичні розрахунки; - відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічно послідовні; - вміння вирішувати складні практичні задачі.	Відповіді на запитання можуть містити незначні неточності

82-89	B	Добре	<ul style="list-style-type: none"> - Глибокий рівень знань в обсязі обов'язкового матеріалу, що передбачений модулем; - вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати складні практичні задачі. 	Відповіді на запитання містять певні неточності
75-81	C	Добре	<ul style="list-style-type: none"> - Міцні знання матеріалу, що вивчається, та його практичного застосування; - вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати практичні задачі. 	- невміння використовувати теоретичні знання для вирішення складних практичних задач.
64-74	D	Задовільно	<ul style="list-style-type: none"> - Знання основних фундаментальних положень матеріалу, що вивчається, та їх практичного застосування; - вміння вирішувати прості практичні задачі. 	Невміння давати аргументовані відповіді на запитання; <ul style="list-style-type: none"> - невміння аналізувати викладений матеріал і виконувати розрахунки; - невміння вирішувати складні практичні задачі.
60-63	E	Задовільно	<ul style="list-style-type: none"> - Знання основних фундаментальних положень матеріалу модуля, - вміння вирішувати найпростіші практичні задачі. 	Незнання окремих (непринципових) питань з матеріалу модуля; <ul style="list-style-type: none"> - невміння послідовно і аргументовано висловлювати думку; - невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач

35-59	FX (потрібне додаткове вивчення)	Незадовільно	Додаткове вивчення матеріалу модуля може бути виконане в терміни, що передбачені навчальним планом.	Незнання основних фундаментальних положень навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - невміння розв'язувати прости практичні задачі.
1-34	F (потрібне повторне вивчення)	Незадовільно	-	- Повна відсутність знань значної частини навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; -незнання основних фундаментальних положень; - невміння орієнтуватися під час розв'язання простих практичних задач

Основна література: (перелік літератури, яка забезпечує цю дисципліну)

1. Чорний О. П. Моделювання електромеханічних систем : Підручник / О. П. Чорний, А. В. Луговой, Д. Й. Родькін , Г. Ю. Сисюк, О. В. Садовой. – Кременчук, 2001.
2. Ткачук В. І. Електромеханотроніка: Підручник / В. І. Ткачук. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006.
3. Сивокобиленко В. Ф. Математичне моделювання в електротехніці і енергетиці: навчальний посібник / В. Ф. Сивокобиленко. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2005.
4. Чабан В. Й. Математичне моделювання в електротехніці / В. Й. Чабан – Львів: Видавництво Т. Сороки, 2010.
5. Гераїмчук М. Д. Моделювання систем у середовищі MATLAB-SIMULINK [Електронний ресурс] : комп'ютерний практикум / М. Д. Гераїмчук, Ю. Ф. Лазарев, Т. О. Толочко ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2006.
6. Толочко О. І. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ, НТУУ «КПІ», 2016.
7. Васьковський Ю. М. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами [Електронний ресурс] / Ю. М. Васьковський, Ю. А. Гайденко, М. А. Коваленко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.
8. Літерні позначення величин та параметрів електричних машин: методичні вказівки до використання в навчальному процесі кафедри «Електричні машини» для викладачів і студентів усіх спеціальностей / Укладач В.І. Мілих. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Вища математика Вступ до спеціальності Електротехнічні матеріали Технічна механіка Теоретичні основи електротехніки Основи метрології та електричних вимірювань Основи електроніки Електричні машини Інформатика, обчислювальна техніка та програмування Технологія машинобудування та конструкція електричних машин Теорія електромагнітних полів і процесів в електротехніці Теорія автоматичного керування Комп'ютерна графіка електричних машин Теорія електропривода Загальна теорія електричних машин Електромагнітні комп'ютерні розрахунки електричних машин Електричні апарати	Дипломне проектування

Провідний лектор:

доцент кафедри електричних машин, доцент Юр`єва О.Ю.