

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Факультет електроенерготехніки та автоматики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету електроенерготехніки
та автоматики

_____ О.С. Яндульський
(підпис)

“ _____ ” _____ 2017 р.

“ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ”

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

підготовки *бакалаврів* звичайної та прискореної форми навчання

спеціальності **141 – “Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка”**

спеціалізації **“Електромеханічні системи автоматизації та
електропривод”**

(шифр за ОПП – **ПП.04**)

Ухвалено методичною комісією факультету
електроенерготехніки та автоматики

Протокол від “ _____ ” _____ 2017 року № _____

Голова _____ В.А. Баженов

“ _____ ” _____ 2017 року

Київ – 2017 рік

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Доцент кафедри електромеханіки,
кандидат технічних наук,

доцент **Гайденко Юрій Антонович** _____

(підпис)

Програма ухвалена на засіданні кафедри *електромеханіки*

Протокол від “ ____ ” _____ 2017 року № ____

Завідувач кафедри *електромеханіки*

_____ (Шинкаренко В.Ф.)

(підпис)

“ ____ ” _____ 2017 року

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Електричні машини» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Цикл, до якого належить навчальна дисципліна – цикл дисциплін професійної та практичної підготовки.

Предметом навчальної дисципліни є електрична машина та трансформатор, які є основним джерелом та споживачем електроенергії. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування електричних машин та їх вплив на розвиток різноманітних галузей промисловості.

Міждисциплінарні зв'язки:

- 1) теоретичною базою дисципліни “Електричні машини” є вища математика, фізика, теоретична механіка та теоретичні основи електротехніки. Також необхідні знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основам метрології та електричних вимірювань.
- 2) Дисципліна “Електричні машини” забезпечує такі спеціальні дисципліни: “Теорія електроприводу”, “Теорія автоматичного керування”, “Електропровод машин і устаткування”.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- вибирати електричні машини і трансформатори для конкретних умов їх експлуатації;
- аналізувати фізичні явища та процеси в електричних машинах та трансформаторах;
- виконувати типові розрахунки параметрів, характеристик та режимів роботи електричних машин і трансформаторів;
- розробляти та застосовувати методи і основні правила їх експлуатації.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ щодо:

- процесів електромеханічного перетворення енергії;
- конструкції, принципів роботи, фізичних явищ та процесів в електричних машинах та трансформаторах;
- типових математичних методів дослідження електричних машин та трансформаторів;
- основних характеристик електричних машин та трансформаторів.

УМІННЯ:

- вибирати електричні машини та трансформатори для конкретних практичних умов;

- створювати фізичні моделі електричних машин та трансформаторів;
- створювати їх математичні моделі, адекватні завданням;
- виконувати розрахунки параметрів та основних режимів роботи трансформаторів та електричних машин;
- здійснювати регулювання режимів роботи електричних машин в електричних мережах;
- давати аналіз та опис усталених та перехідних процесів в системах, в яких є електричні машини та апарати і робити відповідні висновки.

досвід:

- роботи з електричними машинами та трансформаторами;
- практичного застосування методів їх експериментального дослідження;
- ознайомлення з деякими технологічними засобами виробництва електричних машин та трансформаторів, а також з досягненнями та проблемами в галузі сучасного машинобудування.

Вивчення дисципліни дає можливість студенту виявити свої навички та здібності, закласти фундамент як для подальшого освоювання спеціальних дисциплін на старших курсах, так і майбутньої діяльності.

2. На вивчення навчальної дисципліни відводиться 180 годин / 6 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна складається з одного семестрового (кредитного) модуля – *Електричні машини*.

РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Форма навчання	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
	кредитів	годин	Лекційні заняття	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні заняття (Комп'ютерний Практикум)	СРС	
Денна*	6	180	72	–	36	72	Екзамен

* – обсяг та розподіл навчальних годин (кредитів) для студентів повної та прискореної форми навчання ідентичний.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. ВСТУП ДО ДИСЦИПЛІНИ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»

Тема 1. Вступ до дисципліни «Електричні машини». Значення дисципліни “Електричні машини” у підготовці інженерів-електромеханіків. Роль та значення електричних машин у сучасній електротехніці, прискоренні науково-технічного прогресу. Перспективи розвитку електромашинобудування. Класифікація електричних машин. Номінальні дані електричних машин. Матеріали, які використовують в електромашинобудуванні.

Розділ 2. ТРАНСФОРМАТОРИ

Тема 2.1. Призначення та класифікація трансформаторів. Призначення, класифікація та конструкція трансформаторів. Конструкція магнітопроводів і обмоток трансформаторів. Схеми та групи з'єднання обмоток. Способи та конструкція систем охолодження трансформаторів.

Тема 2.2. Основи теорії трансформатора. Рівняння напруг та магніторушійних сил трансформатора. Схема заміщення і її параметри. Розрахункове визначення параметрів схеми заміщення трансформатора. Режим холостого ходу та короткого замикання.

Тема 2.3. Робота трансформатора під навантаженням. Векторні та енергетичні діаграми трансформатора. Зміна напруги трансформатора при навантаженні. Втрати і ККД трансформатора. Паралельна робота трансформаторів.

Розділ 3. МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Тема 3.1. Конструкція та принцип дії машини постійного струму (МПС). Загальні принципи роботи та класифікація електричних МПС. Основні види електричних МПС. Призначення та області застосування МПС. Будова МПС. Загальні відомості про якірні обмотки машин постійного струму.

Тема 3.2. Робота МПС при навантаженні. Електрорушійна сила обмотки якоря МПС. ЕРС обмотки якоря та електромагнітний момент машин постійного струму. Основні електромагнітні співвідношення. Реакція якоря МПС. Вплив поперечної реакції якоря на магнітний потік машини. Реакція якоря при зсуві щіток з лінії геометричної нейтралі. Комутація МПС та способи її поліпшення.

Тема 3.3. Генератори постійного струму (ГПС). Класифікація ГПС за способом збудження. Характеристики ГПС з незалежним збудженням: характеристики холостого ходу (ХХ) та короткого замикання (КЗ), побудова характеристичного трикутника; зовнішня, регульовальна та навантажувальна характеристики. Характеристики ГПС з паралельним збудженням, процес самозбудження генератора.

Тема 3.4. Двигуни постійного струму (ДПС). Схеми збудження. Робочі, механічні та пускові характеристики двигунів постійного струму. Порівняння характеристик ДПС з різними схемами збудження.

Розділ 4. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕОРІЇ МАШИН ЗМІННОГО СТРУМУ

Тема 4.1. Електромеханічне перетворення енергії в електричних машинах змінного струму.

Загальні принципи роботи та класифікація електричних машин змінного струму. Основні види електричних машин змінного струму. Обертове електромагнітне поле. Умови електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах.

Тема 4.2. Обмотки електричних машин змінного струму та їх ЕРС. ЕРС провідника, витка, котушки та m -фазної обмотки. ЕРС обмотки від вищих гармонік магнітного поля. Способи поліпшення форми кривої ЕРС. Обмотки змінного струму. Одношарові обмотки. Петльові та хвильові двошарові обмотки.

Тема 4.3. Магніторушійні сили (МРС) та магнітні поля обмоток змінного струму. МРС одно та m -фазної обмотки змінного струму. Магнітні поля обмоток змінного струму. Головні індуктивні опори обмоток. Індуктивні опори розсіювання обмоток.

Розділ 5. АСИНХРОННІ МАШИНИ

Тема 5.1. Конструкція та основи теорії асинхронної машини (АМ). Основні види конструкції асинхронної машини. Принцип дії АМ. АМ при нерухомому роторі. Рівняння МРС та рівняння напруг АМ. Схеми заміщення АМ. Енергетичні діаграми. Енергетичні співвідношення та векторні діаграми АМ.

Тема 5.2. Обертові електромагнітні моменти та механічні характеристики АМ. Електромагнітний момент АМ. Механічні характеристики АМ. Робочі та пускові характеристики асинхронного двигуна (АД). Асинхронні двигуни з глибокими пазами ротора та з подвійною кліткою ротора.

Тема 5.3. Однофазний асинхронний двигун. Основи теорії та характеристики однофазних асинхронних двигунів. Способи пуску однофазних асинхронних двигунів. Асинхронні мікромашини автоматичних пристроїв.

Розділ 6. СИНХРОННІ МАШИНИ

Тема 6.1. Конструкція та основи теорії синхронної машини (СМ) з електромагнітним збудженням. Конструкція та принцип дії СМ. Явно полюсні та неявно полюсні конструкції СМ. Магнітне поле та параметри обмотки збудження СМ. Робота синхронного генератора в режимі холостого ходу.

Тема 6.2. Робота трифазних синхронних генераторів з електромагнітним збудженням при симетричному навантаженні. Магнітне поле обмотки якоря СМ. Явище реакції якоря СМ. Індуктивні опори реакції якоря. Рівняння та векторні діаграми напруг синхронних машин (явнополюсних та неявнополюсних). Характеристики синхронних генераторів при автономній роботі.

Тема 6.3. Потужність та електромагнітний момент СМ з електромагнітним збудженням. Активна потужність (синхронізуюча потужність). Електромагнітний момент (синхронізуючий момент). Механічні характеристики СМ. Поняття кута навантаження.

Тема 6.4. Спеціальні СМ. Крокові виконавчі СД. Синхронні реактивні двигуни. СД зі збудженням від постійних магнітів та їх різновиди. Вентильно-реактивні двигуни.

4. Рекомендована тематика практичних (семінарських) занять

Практичні (семінарські) заняття навчальним планом не передбачені.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт

Головною метою лабораторних робіт є набуття студентами практичних навичок з експериментальних випробувань та досліджень електричних машин та трансформаторів. Аналіз отриманих експериментальних результатів поглиблює теоретичні знання та сприяє більш глибокому та системному розумінню електричних машин. В ході виконання типових лабораторних робіт студенти вивчають та засвоюють правила експлуатації електричних машин, основні методи, принципові схеми та апаратуру експериментальних досліджень в рамках науково-технічного завдання по темі роботи. Вони виконують обробку, аналіз та узагальнення результатів експериментальних досліджень. Кожне лабораторне заняття розраховано на 4 аудиторних години. Теми лабораторних занять:

1. Випробування трифазного двох обмоткового трансформатора.
2. Дослідження паралельної роботи двохобмоткових трифазних трансформаторів.
3. Випробування генератора постійного струму з незалежним, паралельним та змішаним збудженням.
4. Випробування двигуна постійного струму.
5. Дослідження асинхронної машини з короткозамкненим ротором у режимах двигуна та генератора.
6. Дослідження асинхронного двигуна з фазним ротором.
7. Випробування трифазного синхронного генератора в автономному режимі.
8. Випробування трифазного синхронного двигуна.

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

З метою поглибленого оволодіння окремими розділами курсу та поширення кола пророблених питань, студентам можуть бути запропоновані індивідуальні завдання, за виконання яких нараховуються додаткові заохочувальні бали при встановленні рейтингу студента згідно рейтингової системи оцінювання (PCO).

В рамках кредитного модуля *Електричні машини – 1* передбачено виконання індивідуального завдання – **розрахунково графічна робота (РГР)** по темі “Силовий трифазний трансформатор”. Використовуючи рекомендовану літературу, студент самостійно вивчає особливості конструкції та методики розрахунків трансформатора.

В рамках кредитного модуля *Електричні машини – 2* передбачено виконання індивідуального завдання – **домашня контрольна робота (ДКР)** по темі “Трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором”.

Щоб студенти уміли не тільки отримувати знання, але й навчились їх «здобувати», важлива роль при вивченні дисципліни відводиться самостійній та індивідуальній роботі. Тому студентам пропонуються окремі теми дисципліни для самостійного вивчення.

В якості індивідуального завдання можуть бути рекомендовані такі теми:

- самостійна проробка та викладення окремих розділів курсу;
- розгляд та аналіз сучасних типів та конструкцій ЕМ.

7. Рекомендована література

7.1. Основна література

1. *Андрієнко В.М., Куєвда В.П.* Електричні машини: Навч. Посіб. – К.: НУХТ, 2010. – 366 с. ISBN 978-966-612-090-1.
2. *Вольдек А.И.* Электрические машины. М.-Л.: Энергия, 1978. - 832 с.
3. *Радин В.Й., Брускин Д.З., Зорохович А.Е.* Электрические машины. Асинхронные машины. М.: Высшая школа. 1988. - 328 с.
4. *Хвостов В.С.* Электрические машины. Машины постоянного тока. М.: Высшая школа, 1988. - 336 с.
5. *Копылов И.П.* Электрические машины. М.: Энергоатомиздат, 1986. - 360 с.
6. *Читечян В.Й.* Электрические машины. Сборник задач. М.: Высшая школа, 1988. - 231 с.
7. *Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини».* К.: НТУУ«КПІ», 1992. – 60 с.
8. *Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Электрические машины. Синхронные машины и машины постоянного тока».* К.: КПИ, 1993. - 66 с.
9. *Методические указания к организации самостоятельной работы по дисциплине «Электрические машины».* К.: КПИ, 1989. – 36 с.
10. *Методические указания и контрольные задачи к практическим занятиям по дисциплине «Электрические машины».* К.: КПИ, 1987. – 43 с.
11. *Методические указания и контрольные задачи по электрическим машинам. Раздел «Трансформаторы».* К.: КПИ, 1980. – 32 с.
12. *Методические указания и контрольные задания по асинхронным машинам.* К.: КПИ. – 32с.
13. *Методические указания и контрольные задания по синхронным машинам.* К.: КПИ. – 33 с.

7.2. Додаткова література

14. *Петров Г.Н.* Электрические машины. М.: Энергия, ч.1, 1974. – 240 с.; ч.2, 1963. – 416с.; ч.3, 1968. – 223 с.
15. *Костенко М.П., Пиотровский Л.М.* Электрические машины. Л.: Энергия, ч.1, 1972. – 543 с.; ч.2, 1965. – 704 с.
16. *Важнов А.И.* Электрические машины. М.-Л.: Энергия, 1969. _ 840 с.
17. *Токарев Б.Ф.* Электрические машины. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.

8. Підсумковий контроль результатів навчання

Навчальним планом в якості підсумкового (семестрового) контролю передбачений **ЕКЗАМЕН**.

9. Засоби діагностики успішності навчання

З метою контролю знань у процесі оволодіння матеріалом, об'єктивної атестації студентів та їх рейтингової оцінки рекомендовано проводити модульні контрольні роботи (МКР) та розрахункові роботи (РР). Тематика МКР та РР відповідає змісту матеріалу, що викладається студентам на лекціях, практичних та лабораторних заняттях у відповідності з тематичним планом дисципліни.

В якості засобів діагностики рекомендуються *екзаменаційні білети з теоретичними та практичними завданнями та тести*.

10. Методичні рекомендації

Особливість дисципліни «Електричні машини» полягає в тому, що при її вивченні потрібно оволодіти не тільки математичними методами, але й розуміти фізичну суть електромагнітних явищ та процесів. Вивчення кожної теми повинно починатись з постановки проблеми, її зв'язку з практичними потребами та з законами суспільного розвитку, а її викладання – як вирішення зазначеної проблеми разом зі студентами. Одним із засобів досягнення цієї мети є надання матеріалу у «згорнутому» вигляді та фіксування його опорних пунктів в наочній формі, наприклад, в вигляді структурно-логічної схеми. Використання різних скорочень та символів дає можливість показати опорний конспект в компактному вигляді. По окремим темам студентам можна пропонувати самим скласти опорні схеми.

Застосування рейтингової системи оцінки знань не тільки по результатам екзаменів, а також по результатам контрольних робіт, захисту контрольних завдань та лабораторних робіт є додатковою мотивацією для студентів щодо вивчення матеріалу дисципліни.