

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.

“ПОТУЖНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ”

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

підготовки *магістрів наукового та професійного спрямування*

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

спеціалізації **“Електричні машини і апарати”**

(шифр за ОПП – **НП.09**)

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 «Потужні електромеханічні комплекси» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів за спеціалізацією “Електричні машини і апарати” спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

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

Предметом навчальної дисципліни є тягові електричні двигуни, тягові генератори, тягові трансформатори та інше електромеханічне обладнання, яке встановлене на транспортних засобах різного типу. Значну увагу приділено аналізу базовим поняттям електромеханічної частини транспорту, методам створення математичних моделей тягових електричних машин, алгоритм їх аналізу, методам проектування, тощо.

Міждисциплінарні зв'язки:

- 1) теоретичною базою дисципліни “Потужні електромеханічні комплекси” є вища математика, фізика, теоретичні основи електротехніки, електричні машини, силові трансформатори, основи автоматизованого проектування електричних машин, теорія автоматичного керування. Також необхідні знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основам метрології та електричних вимірювань.
- 2) Дисципліна “Потужні електромеханічні комплекси” забезпечує такі спеціальні дисципліни: “Спеціальні електричні машини”, “Мікромашини”. Крім того, освоєння дисципліни повинно дати можливість майбутньому спеціалістові здобути знання про сучасний стан розвитку електромашинної складової електротранспортних засобів (локомотивів, тролейбусів, трамваїв, метро, тощо) та навички в сфері проектування і аналізу тягових електромеханічних систем, які можуть зустрітися як під час виконання дипломного проекту (роботи), так і в практичній роботі.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- вибирати потужні електромеханічні комплекси (ПЕМК), зокрема: тягові електричні машини (ТЕМ) і трансформатори для конкретних умов їх експлуатації;
- аналізувати фізичні явища та процеси в ТЕМ та трансформаторах;
- виконувати типові розрахунки параметрів, характеристик та режимів роботи ТЕМ 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 очікувані результати навчання, а саме:

ЗНАННЯ щодо:

- фізичних явищ та процесів в тягових електричних машинах, їх принципів роботи та побудови конструкції;
- математичних методів розрахунку параметрів, характеристик та режимів роботи ТЕМ;
- методів і основних правил експлуатації та експериментальних випробовувань ТЕМ.

УМІННЯ:

- вибирати ТЕМ потрібного типу і конструкції для конкретних умов їх експлуатації;
- створювати фізичні моделі тягових електричних машин та трансформаторів;
- проектувати та виконувати типові розрахунки параметрів, характеристик та режимів роботи ТЕМ і тягових трансформаторів із застосуванням ПК;
- аналізувати та описувати сталі та перехідні процеси в потужних електромеханічних комплексах та мережах, в яких застосовуються тягові електричні машини і трансформатори;
- здійснювати регулювання режимів роботи тягових електричних машин в електричних мережах.

ДОСВІД:

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

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

2. На вивчення навчальної дисципліни відводиться 105 годин / 3,5 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна складається з одного семестрового (кредитного) модуля – *Потужні електромеханічні комплекси*.

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	3,5	105	36	18	–	51	Екзамен
-------	-----	-----	----	----	---	----	---------

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПОТУЖНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА ТЯГОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

Тема 1.1. Основні види тяги на залізницях України і світу. Електричний та тепловий тяговий привод, їх особливості та порівняння. Електрична тяга на залізницях України і світу. Техніко-економічні переваги електричної тяги.

Тема 1.2. Рівняння руху потягу. Сили, що діють на потяг. Рівнодіюча сил, що діють на потяг. Кінетична енергія потягу. Інерція оберткових мас та фактори, що її визначають.

Тема 1.3. Фізичні основи утворення сили тяги. Структурна схема тягового привода. Процес реалізації сили тяги. Визначення сили тяги двигуна. Класифікація уявлень про силу тяги двигуна.

Тема 1.4. Види тягових електричних машин. Основні визначення. Класифікація ТЕМ за призначенням та за родом струму. Режим роботи ТЕМ. Умови роботи ТЕМ. Вимоги, що пред'являються до ТЕМ.

Розділ 2. КОЛЕКТОРНІ ТЯГОВІ ЕЛЕКТРОДВИГУНИ

Тема 2.1. Властивості ТЕД постійного струму. Типи та особливості конструкції та режимів роботи ТЕД постійного струму. Характеристики живлення тягового транспорту постійним струмом. Потенційна стійкість ТЕД і способи її збільшення. Номінальні та граничні параметри ТЕД постійного струму.

Тема 2.2. Математичні опис та характеристики ТЕД постійного струму. Рівняння взаємозв'язку параметрів ТЕД постійного струму (p -ня напруг, моментів, ККД, тощо). Механічні та тягові характеристики ТЕД постійного струму з незалежним, послідовним та змішаним збудженням. Регулювання швидкості обертання ТЕД постійного струму.

Тема 2.3. ТЕД пульсуючого струму. Характеристика пульсуючого живлення. Особливості роботи ТЕД при пульсації струму. Комутація ТЕД при пульсації струму. Засоби покращення комутації.

Тема 2.4. Перехідні процеси в ТЕД. Характеристики перехідних процесів. Екстраструми і перенапруги в колекторних ТЕД. Раптове коротке замикання. Обрив живлення. Раптове вмикання. Захист ТЕД в перехідних режимах.

Тема 2.5. Особливості конструкції колекторних ТЕД. Особливості роботи, що впливають на конструктивний розвиток ТЕД. Вплив тягових передач на конструкцію ТЕД. Конструкції основних вузлів (якорі та їх осердя, обмотки якорів, колектори, остови, полюси і їх обмотки, щіткотримачі й траверси) колекторних ТЕД. Безкорпусні ТЕД.

Розділ 3. БЕЗКОЛЕКТОРНІ ТЯГОВІ ЕЛЕКТРОДВИГУНИ

Тема 3.1. Асинхронні ТЕД (АТД). Загальні положення. Основні параметри і деякі особливості конструкції АТД.

Тема 3.2. Закон частотного регулювання АТД. Закони Костенко для частотного регулювання АТД на різних етапах роботи двигуна. Регулювання швидкості і сили тяги. Формування тягових характеристик. Електромагнітні процеси в частотнорегульованому АТД.

Тема 3.3. Вентильні тягові двигуни. Принцип дії вентильного тягового двигуна. Вентильний двигун як сукупність синхронної машини і перетворювача частоти і фаз. Пуск вентильного тягового двигуна. Особливості конструкції.

Тема 3.4. Тягові двигуни з постійними магнітами. Принцип дії тягового двигуна з постійними магнітами (ТЕД з ПМ). Особливості конструкції ТЕД з ПМ. Характеристики ТЕД з ПМ. Переваги та недоліки ТЕД з ПМ порівняно з іншими типами тягових двигунів.

Тема 3.5. Лінійні тягові електродвигуни. Принцип дії лінійного тягового електродвигуна. Класифікація ЛТЕД. Асинхронні ЛТЕД для систем високошвидкісного електротранспорту. Кінцеві та поверхневі ефекти в ЛТЕД.

Розділ 4. ДОПОМІЖНІ ТЯГОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Тема 4.1. Загальні положення про допоміжні ТЕМ. Допоміжні машини електровозів постійного і змінного струму. Призначення та особливості конструкції і режимів роботи.

Тема 4.2. Деякі види допоміжних ТЕМ. Розщеплювач фаз, призначення, принцип дії і схема підключення. Електромашинні перетворювачі і генератори управління. Подільник напруги.

Тема 4.3. Тягові трансформатори електрорухомого складу. Призначення тягових трансформаторів і умови їх роботи. Конструкція, система регулювання напруги та охолодження тягових трансформаторів.

Розділ 5. СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕМ

Тема 5.1. Вентиляція ТЕМ. Системи вентиляції. Закон Бернуллі. Статичний і динамічний напори повітря. Характеристики вентиляційних систем. Принципи розрахунків вентиляційної системи ТЕМ. Аеродинамічні характеристики: очищення і фільтрація повітря.

Тема 5.2. Нагрівання й охолодження ТЕМ. Нагрівостійкість ізоляції. Перегрів і його визначення. Основні положення теорії нагрівання. Визначення кривих нагріву і охолодження.

Розділ 6. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕМ

Тема 6.1. Особливості проектування ТЕМ. Габаритні умови розміщення на електрорухомому складі. Вибір основних параметрів ТЕД. Особливості конструювання ТЕД: якоря, обмотки, колектора.

Тема 6.2. Випробування ТЕМ. Системи і схеми випробувань колекторних ТЕМ. Визначення основних характеристик і ККД. Особливості випробувань АТД і допоміжних ТЕМ. Системи і схеми вентиляційних і теплових випробувань ТЕМ.

4. Рекомендована тематика практичних (семінарських) занять

Мета практичних занять – вироблення навичок розрахунку параметрів та характеристик ТЕМ, поглиблення і закріплення отриманих на лекціях знань.

Приблизний перелік тем практичних занять:

1. Мета і задачі проектування ТЕМ.
2. Метод взаємного навантаження.
3. Визначення параметрів магнітної системи колекторних ТЕМ.
4. Розрахунок компенсаційної обмотки головних полюсів колекторних ТЕМ.
5. Визначення параметрів і характеристик колекторних ТЕМ.
6. Визначення параметрів і характеристик асинхронного тягового двигуна.
7. Розрахунок вентильного тягового двигуна.
8. Визначення перегріву обмоток ТЕМ.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

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 якості індивідуального завдання можуть бути рекомендовані такі теми:

- самостійна проробка та викладення окремих розділів курсу;
- розгляд та аналіз сучасних ТЕМ;
- монтаж та наладка елементів тягового електроприводу для лабораторії.

7. Рекомендована література

7.1. Основна література

1. *Захарченко Д.Д., Ротанов Н.А.* Тяговые электрические машины – М.: Транспорт, 1991, 343 с.
2. *Розенфельд В.Е., Исаев И.П., Сидоров Н.Н.* Теория электрической тяги. – М.: Транспорт, 1995. – 294 с. – ISBN 5-277-01462-4.
3. *Тяговые электрические двигатели.* Под редакцией доцента к.т.н. Ю.С.Коробкова. / В.Д. Флора. – Запорожье - Информационная система iElectro , 2011. – 318 с.

4. *Тягові електричні машини електрорухомого складу: навчальний посібник* /В. М. Безрученко, В. К. Варченко, В. В. Чумак. - Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. - 252 с. – ISBN 966-8471-00-8.
5. *Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями* / Н.А. Ротанов, А.С. Курбасов, Ю.Г. Быков, В.В. Литовченко; Под ред. Н.А. Ротанова. – М.: Транспорт, 1991, 336 с. – ISBN 5-277-00939-6.

7.2. Додаткова література

6. *Винокуров В.А., Попов Д.А. Электрические машины для железнодорожного транспорта.* – М.: Транспорт, 1986, 512 с.
7. *Калинин В.К. Электровозы и электропоезда.* – М.: Транспорт, 1991, 480 с.
8. *Справочник по электрическим машинам* / Под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова – М.: Энергоатомиздат, 1989. – Т. 2. – 688 с. – ISBN 5-283-00531-3.
9. *Дубровский З. М., Попов В. И., Тушканов Б. А. Грузовые электровозы переменного тока: Справочник* – М.: Транспорт, 1991. – 464 с. – ISBN 5-277-00927-2.

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). Тематика МКР відповідає змісту матеріалу, що викладається студентам на лекціях та практичних заняттях у відповідності з тематичним планом дисципліни.

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

10. Методичні рекомендації

При складанні робочих навчальних програм кредитних модулів для спеціалізації «Електричні машини і апарати» необхідно враховувати особливості дисципліни «Потужні електромеханічні комплекси» яка полягає в тому, що при її вивченні потрібно оволодіти не тільки математичними методами, але й розуміти фізичну суть електромагнітних явищ і процесів, які відбуваються в ТЕМ. Кожна тема це певна проблема (теоретична або практична), яку потрібно вирішити студентам разом з викладачем на занятті. Для структурування та кращого засвоєння студентами матеріалу доцільним є надання матеріалу у вигляді так званого «опорного конспекту» де фіксуються головні пункти матеріалу 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 є додатковою мотивацією для студентів щодо вивчення матеріалу дисципліни.