

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
електроенерготехніки
та автоматики

_____ О.С. Яндульський

“ _____ ” _____ 2015 р.

«ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ»

Шифр ОПП 2.2.05

РОБОЧА ПРОГРАМА
КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

напря́м підготовки	6.050702 «Електромеханіка»
спеціальність	7(8).05070201 «Електричні машини і апарати»
освітньо-кваліфікаційний рівень	магістр
форма навчання	денна

Ухвалено

методичною комісією факультету
електроенерготехніки та автоматики

Протокол від “18” червня 2015 р. № 10

Голова _____ Баженов В.А.

“ _____ ” _____ 2015 р.

Київ – 2015

Робоча програма кредитного модуля «Електричні машини подвійного живлення» для студентів

за напрямом підготовки 6.050702 «Електромеханіка»,
спеціальністю 7(8).05070201 «Електричні машини і апарати»,
освітньо-кваліфікаційного рівня *спеціаліст і магістр*,
за формою навчання *денна*.

складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Електричні машини подвійного живлення».

Розробник: доцент кафедри електромеханіки,

кандидат технічних наук, доцент _____ Галіновський О.М.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри електромеханіки ФЕА

Протокол від “ ____ ” _____ 2015 року № ____

Завідувач кафедри електромеханіки _____ Шинкаренко В.Ф.

“ ____ ” _____ 2015 р.

1. ОПИС КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань: 0507 «Електротехніка та електромеханіка»	Назва навчальної дисципліни, до якої належить кредитний модуль: «Електричні машини подвійного живлення»	Форма навчання: денна
Напрямок підготовки: 6.050702 «Електромеханіка»	Кількість кредитів ECTS:– 2	Статус кредитного модуля: вибіркові навчальні дисципліни
Спеціальність: 7(8).05070201 – "Електричні машини і апарати"	Змістових модулів: 2	Цикл дисциплін, до якого належить кредитний модуль: дисципліни вільного вибору студентів
Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст і магістр	Загальна кількість: 60год.	Лекції: 18 год.
		Лабораторні роботи: 9 год.
	Тижневих годин: аудиторних – 1.5 СРС – 2.5	Самостійна робота: 33 год.
		Вид та форма семестрового контролю: залік

Значення кредитного модуля «Електричні машини подвійного живлення» у підготовці фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня (ОКР) «магістр» за напрямом 6.050702 «Електромеханіка» зі спеціальності 7(8).05070201 – "Електричні машини і апарати" полягає в формуванні у студентів *системи здатностей та умінь* щодо виконання обов'язків, виробничих функцій та типових задач діяльності фахівця. В результаті вивчення кредитного модуля студенти отримують знання з конструкції, принципу роботи, суті фізичних явищ та процесів в електричних машинах подвійного живлення, типових математичних методів для розрахунку і дослідження електричних машин подвійного живлення та електромашинно-вентильних перетворювачів в електричних машинах подвійного живлення, їх основних характеристик.

В структурно-логічній схемі навчального плану підготовки фахівців кредитний модуль «*Електричні машини подвійного живлення*» забезпечує зв'язок з кредитними модулями таких спеціальних дисциплін, як «Основи електромеханотроніки», «Математичне моделювання систем і процесів», «Основи теорії електромеханічних структур».

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

1.1. Мета кредитного модуля

Метою вивчення кредитного модуля «Електричні машини подвійного живлення» є формування у студентів *системи здатностей та умінь* щодо виконання обов'язків, виробничих функцій та типових задач діяльності фахівця освітньо-кваліфікаційного рівня (ОКР) «спеціаліста і магістра» за напрямом 6.050702 «Електромеханіка», які передбачені для первинних посад у певному виді економічної діяльності. Система здатностей та умінь, якими повинен оволодіти фахівець, відповідають освітньо-кваліфікаційній характеристиці (ОКХ) спеціаліста і магістра зі спеціальності 7(8).05070201 – "Електричні машини і апарати". Зокрема метою вивчення навчальної дисципліни є формування системи здатностей та умінь щодо методів проведення технічних розрахунків, дослідження, виробництва та експлуатації електричних машин подвійного живлення.

1.2. Основні завдання кредитного модуля

Основні завдання навчальної дисципліни «Електричні машини подвійного живлення» витікають з вимог ОПП для ОКР «спеціаліста і магістр» за напрямом 6.050702 «Електромеханіка» та ОКХ бакалавра зі спеціальності 7(8).05070201 – "Електричні машини і апарати". Згідно з вимог зазначених ОПП і ОКХ студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- Знати конструкцію та принцип дії електричних машин подвійного живлення.
- Знати фізичні явища та процеси в вентильних генераторах безконтактних синхронних машин та вітроенергетичних установок.
- Знати методи досліджень моделей вентильних генераторів електричних машин подвійного живлення в системі схемотехнічного моделювання.
- Знати характеристики електричних машин подвійного живлення.

вміння:

- Виконувати математичні розрахунки на електронних обчислювальних машинах, використовуючи сучасні програмно-обчислювальні комплекси і

системи.

- Розраховувати характеристики електричних машин подвійного живлення.
- Розраховувати параметри захисних ланок вентильних генераторів.
- Розраховувати основні співвідношення та характеристики багатофазних вентильних генераторів електричних машин подвійного живлення.

досвід:

- Дослідження моделей електромашинно-вентильних перетворювачів електричних машин подвійного живлення на електронних обчислювальних машинах.
- Обробка, аналіз та узагальнення результатів досліджень моделей електромашинно-вентильних перетворювачів.

3. СТРУКТУРА КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабор. роб. (комп'ют. практикум)	СРС
<i>Тема 1.</i> Загальна характеристика електричних машини подвійного живлення	3	2		1
<i>Тема 2.</i> Асинхронізовані машини (АСМ). Загальна характеристика. Схема заміщення та векторні діаграми АСМ.	5	2		3
<i>Тема 3.</i> Безконтактні синхронні машини (БСМ). Збудники БСМ.	5	2		3
Разом в змістовому модулі 1	13	6		7
<i>Тема 4.</i> Трифазні та багатофазні випрямлячі БСМ. Фізична картина роботи. Основні співвідношення та характеристики.	10	4	2	4
<i>Тема 5.</i> Параметри вентилів та захисні ланки вентилів вентильних генераторів.	7	2	2	3
<i>Тема 6.</i> Дослідження випрямлячів в програмі схемотехнічного моделювання	16	4	5	7
<i>Тема 7.</i> Методи електромагнітного розрахунку збудників БСМ	2	2		
Модульна контрольна робота	6			6
Разом в змістовому модулі 2	41	12	9	20
Залік	6			6
Всього годин	60	18	9	33

4. ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Лекція 1. Електричні машини подвійного живлення (ЕМПЖ). Загальна характеристика. ЕМПЖ в автономних системах генерування та в потужних енергосистемах. Безконтактні ЕМПЖ.</p> <p><i>Література:</i> оглядові матеріали лектора (в електронному виді)</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Застосування ЕМПЖ в енергозберігаючих системах та відновлюваних джерелах енергії.</p>
2	<p>Лекція 2. Асинхронізовані машини. Загальна характеристика. Структура та основні властивості. Схема заміщення, рівняння напруг та намагнічуючих сил, векторна діаграма асинхронізованої машини (АСМ) в режимах генератора. Безконтактні асинхронізовані машини.</p> <p><i>Література:</i> [9], с. 23-29.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Схема заміщення, рівняння напруг та намагнічуючих сил, векторна діаграма трансформатора при передачі потужності в первинну (або вторинну) систему.</p>
3	<p>Лекція 3. Безконтактні синхронні машини. Системи збудження безконтактних синхронних машин (БСМ). Вимоги до систем збудження. Збудники (вентильні генератори) БСМ</p> <p><i>Література:</i> [1], Гл. 1, с. 23- 27.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Частоти ЕРС якірних обмоток багатофазних синхронних та асинхронних збудників.</p>
4	<p>Лекція 4. Випрямлячі безконтактних синхронних машин. Багатофазні ідеальні випрямлячі з нульовими та мостовими схемами перетворення. Основні співвідношення та зовнішня характеристика трифазного мостового випрямляча. Системи відносних одиниць.</p> <p><i>Література:</i> [1], с. 10-36.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Фізична картина роботи трифазного мостового випрямляча.</p>
5	<p>Лекція 5. Співставлення параметрів трифазних та багатофазних випрямлячів БСМ. Еквівалентні схеми випрямлячів по ланці навантаження та по ланці джерела живлення.</p> <p><i>Література:</i> [2], Гл. 1, с. 4 – 22; [4].</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Визначення параметрів джерела живлення, напруги холостого ходу та струму короткого замикання багатофазного мостового випрямляча.</p>

6	<p>Лекція 6. Параметри вентилів та захисні ланки вентильних генераторів. Визначення часу відновлення запираючих властивостей вентилів. Параметри захисних ланок. Внутрішні комутаційні перенапруги випрямлячів вентильних генераторів в залежності від параметрів захисних ланок вентилів.</p> <p><i>Література:</i> [6], с. 43 – 50.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Порівняння комутаційних перенапруг трифазного мостового випрямляча вентильного генератора в відносних одиницях навантаження при різних значеннях ЕРС та частоти якірної обмотки.</p>
7	<p>Лекція 7. Дослідження моделей випрямлячів БСМ в програмі схемотехнічного моделювання. Алгоритм та програма розрахунку моделей випрямлячів. Розрахунок основних співвідношень випрямлячів в квазіусталених режимах. Особливості розрахунку випрямлячів в перехідних режимах роботи.</p> <p><i>Література:</i> [5], с. 29-33; [8], с. 425 – 430</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Побудова характеристик діодних випрямлячів по результатам розрахунку їх моделей в квазіусталених режимах.</p>
8	<p>Лекція 8. Дослідження моделей трифазних та багатофазних випрямлячів в перехідних режимах роботи по електричним та еквівалентним схемам.</p> <p><i>Література:</i> [5], с. 29 -33.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Співставлення результатів досліджень моделі трифазного мостового випрямляча по електричній та еквівалентній схемі в системі схемотехнічного моделювання.</p>
9	<p>Лекція 9. Методи електромагнітного розрахунку збудників безконтактних синхронних машин</p>

5. ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

Головна мета лабораторних занять (комп'ютерний практикум) полягає в закріпленні в лабораторних умовах теоретичних знань, в набутті студентами практичних навичок по аналізу електромашинно-вентильних перетворювачів в системі схемотехнічного моделювання, по обробці, аналізу та узагальненню результатів досліджень.

Кожне лабораторне заняття розраховано на 2 аудиторні години.

№ з/п	Назва лабораторного заняття	Кількість аудитор. годин
1	Заняття 1. Інструктаж з правил техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт. Дослідження режимів роботи трифазного мостового випрямляча вентильного генератора безконтактної синхронної машини. <i>Література: [9]</i>	2
2	Заняття 2. Дослідження комутаційних перенапруг трифазного мостового випрямляча вентильного генератора в залежності від параметрів захисних ланок. <i>Література: [6]</i>	2
3	Заняття 3. Розрахунок характеристик випрямлячів вентильних генераторів в статичних режимах роботи. <i>Література: [7]</i>	2
4	Заняття 4. Дослідження випрямлячів вентильних генераторів в перехідних режимах по електричним та еквівалентним схемам. <i>Література: [5], [9],</i>	2
5	Заняття 5. Модульна контрольна робота	1

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Завдання для СРС 1. Застосування електричних машин подвійного живлення в енергозберігаючих системах та відновлюваних джерелах енергії.	1
2	Завдання для СРС 2. Схема заміщення, рівняння напруг та намагнічуючих сил, векторна діаграма трансформатора при передачі потужності в первинну (або вторинну) систему.	3
3	Завдання для СРС 3. Частоти ЕРС якірних обмоток багатофазних синхронних та асинхронних збудників.	3
4	Завдання для СРС 4. Фізична картина роботи трифазного мостового випрямляча.	2
5	Завдання для СРС 5. Визначення параметрів джерела живлення, напруги холостого ходу та струму короткого замикання багатофазного мостового випрямляча.	2

6	Завдання для СРС 6. Порівняння комутаційних перенапруг трифазного мостового випрямляча вентиляного генератора в відносних одиницях навантаження при різних значеннях ЕРС та частоти якірної обмотки.	3
7	Завдання для СРС 7. Побудова характеристик діодних випрямлячів по результатам розрахунку їх моделей в квазіусталених режимах.	4
8	Завдання для СРС 8. Співставлення результатів досліджень моделі трифазного мостового випрямляча по електричній та еквівалентній схемі в програмі схематичного моделювання.	3
9	Модульна контрольна робота	6
10	Підготовка до заліку	6
Всього годин		33

7. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Рейтингова система оцінювання (PCO) результатів навчання студентів передбачає визначення кількості балів, отриманих студентом в процесі вивчення певного кредитного модуля. Рейтинг студента складається з балів, які він отримує за:

1. Дві відповіді кожного студента на лекціях (за умови, що на одному занятті опитують 5 студентів при чисельності групи 20 осіб).
2. Виконання та захист 4 лабораторних робіт.
3. Виконання модульної контрольної роботи
4. Відповідь на заліку.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Лекції

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів за дві відповіді $10 \cdot 2 = 20$ балів.

2. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 8. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює: $8 \text{ балів} \cdot 4 = 32$ бали. Критерії оцінювання:

- 2 бали – підготовка – до роботи,
- 3 бали – виконання лабораторної роботи,
- 3 бали – захист лабораторної роботи.

3. Модульна контрольна робота

Максимальна кількість балів – 8 балів

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру (стартовий рейтинг) складає: $R_C = 20 + 32 + 8 = 60$ балів.

Залікова складова шкали R_e дорівнює 40% від загальної рейтингової шкали - 40 балів: Рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R = R_c + R_e = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг не менше 50% від R_c тобто 30 балів. Виходячи з розміру шкали $R_E = 40$ балів, критерії залікового оцінювання складають: A,B,C: 35 ... 40 балів — повна відповідь в залежності від ступеня обґрунтування; D,E: 26 ... 32 балів — недостатнє обґрунтування та наявність 1-2 помилок; $F_x < 26$ балів — неповний обсяг, відсутність обґрунтування і висновків.

Оцінки ECTS та традиційні виставляються студентам по рейтинговим оцінкам R згідно з таблицею:

$R = R_C + R_E$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
96 ... 100	A	зараховано
86 ... 95	B	
76 ... 85	C	
66 ... 75	D	
56 ... 65	E	
<56	F_x	не зараховано
$R_C < 30$ або не виконані інші умови допуску до ек-замену	F	не допущений

8. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Особливість дисципліни «Електричні машини подвійного живлення» полягає в тому, що при її вивченні потрібно оволодіти не тільки математичними методами, але й зрозуміти фізичну суть явищ та процесів. Вивчення кожної теми повинно починатись з формулювання проблеми та її зв'язку з практичними потребами, а її викладання – як вирішення проблеми разом зі студентами. В цьому відношенні корисним є застосування опорних схем. Головна їх мета - виявити усі логічні зв'язки теми. Одним із засобів досягнення цієї мети є надання матеріалу в «звернутому» вигляді та фіксування його опорних пунктів в наочній формі, наприклад, у вигляді структурно-логічної схеми. Використання різних скорочень та символів дає можливість показати опорний конспект в компактному вигляді. По окремим темам студентам можна запропонувати самим скласти опорні схеми. Застосування

рейтингової системи оцінки знань є додатковою мотивацією для студентів по вивченню матеріалу дисципліни.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

9.1. Основна література

1. Беркович Е.И., Ковалев В.Н., Ковалев Ф.И. и др. Полупроводниковые выпрямители. – М.: Энергия, 1978. – 448 с.
2. Глебов И.А. Научные основы проектирования систем возбуждения мощных синхронных машин. Л., Наука, 1988, 322с.

9.2. Додаткова література

3. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 464 с. ил.

Статті в науково-технічних виданнях

4. Галиновский А.М., Ленская Е.А. Многофазные синхронные возбудители в бесконтактных системах возбуждения синхронных машин. Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України, №1, 2003.
5. Галиновский А.М., Ленская Е.А. Метод расчета электромашинно-вентильных преобразователей с естественной коммутацией в переходных режимах. Технічна електродинаміка, №5, 2003, стр. 29-33.
6. Галиновский А.М., Ленская Е.А., Эрхард Айхофер. Методика расчета защитных цепей вентилей выпрямителя. Технічна електродинаміка, №4, 2005, с. 43-50.
7. Галиновский А.М. Параметры и характеристики полупроводниковых выпрямителей вентильных генераторов // Гірничя електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 88. – С. 47–55.
8. Галиновский А.М., Бабенко О.Ю., Ленская Е.А. Определение основных соотношений выпрямителей вентильных генераторов по результатам расчетов переходных режимов // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. Випуск 3/2012 (19).– С. 425-430
9. Галиновский А.М. Исследование электромашинно-вентильных преобразователей бесконтактных синхронных и асинхронизированных машин в системе схемотехнического моделирования. // Електротехніка і електромеханіка. – 2013. – № 5. – С. 23–29.

10. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

Методичні вказівки до виконання практичних та лабораторних робіт з кредитного модулю та інші інформаційні матеріали викладені на:

1. Сайт кафедри електромеханіки ФЕА НТУУ «КПІ», адреса: **em.fea.kpi.ua**
2. Кампус кафедри електромеханіки ФЕА НТУУ «КПІ» адреса: **login.kpi.ua**