

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Факультет електроенерготехніки та автоматики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан ФЕА

_____ О.С. Яндульський
(підпис)

«____» _____ 2017 р.

ПОТУЖНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

РОБОЧА ПРОГРАМА
кредитного модуля

підготовки ***магістрів наукового та професійного спрямування***

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

спеціалізації ***“Електричні машини і апарати”***

форми навчання ***денна***

шифр за ОПП – ***НП.09***

Ухвалено методичною комісією ФЕА

Протокол від «____» _____ 2017 р. № ____

Голова методичної комісії

_____ В.А. Баженов
(підпис)

«____» _____ 2017 р.

Робоча програма кредитного модуля ПОТУЖНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

для студентів спеціальності 141 ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА, спеціалізації “Електричні машини і апарати”,

освітньо-кваліфікаційного рівня МАГІСТР за ДЕННОЮ формою навчання

складена відповідно до програми навчальної дисципліни ПОТУЖНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

Розробник робочої програми:

Доцент кафедри електромеханіки, к.т.н., доцент
Гайденок Юрій Антонович

(підпис)

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

Протокол від «___» _____ 2017 року № ____

Завідувач кафедри

_____ В.Ф. Шинкаренко
(підпис)

«___» _____ 2017 р.

1. Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань 0507 Електротехніка та електромеханіка	Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль Потужні електромеханічні комплекси	Форма навчання денна
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Кількість кредитів ECTS 3,5	Статус кредитного модуля нормативний
Спеціалізація «Електричні машини і апарати»	Кількість розділів 6	Цикл до якого належить кредитний модуль професійної та практичної підготовки
	Індивідуальне завдання немає	Рік підготовки 5
		Семестр 9
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр	Загальна кількість годин 105	Лекції 36 год.
		Практичні (семінарські) 18 год.
		Лабораторні немає.
	Тижневих годин: аудиторних – 3 СРС – 3	Самостійна робота 51 год. , у тому числі на виконання індивідуального завдання 0 год.
		Вид та форма семестрового контролю Екзамен письмовий

Кредитний модуль «Потужні електромеханічні комплекси» відноситься до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки в межах нормативної частини навчального плану підготовки магістрів за спеціалізацією «Електричні машини і апарати».

Кредитний модуль «Потужні електромеханічні комплекси» – це єдиний кредитний модуль з якого складається дисципліна «Потужні електромеханічні комплекси», яка викладається в **9-му** семестрі лише для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр». Успішне засвоєння матеріалу зазначеного кредитного модуля формує у студентів знання щодо особливостей конструкції, характеристик, умов та режимів роботи основних типів електричних машин, що використовується на транспорті.

Основними термінами, якими оперують при вивченні матеріалу кредитного модуля «Потужні електромеханічні комплекси» є: електрорухомий склад, тягові електромеханічні перетворювачі енергії, сила тяги, тягові характеристики, методи проектування тягових електричних машин, тощо.

Питання, які розглядаються в модулі – це, передусім, питання особливостей конструкцій електричних машин, що працюють в складі електротранспорту; особливостей режимів роботи тягових електричних машин; визначення та аналіз різноманітних систем електричної тяги.

Також в кредитному модулі, розглядаються методи проектування тягових електричних машин постійного, пульсуючого та змінного струму, в тому числі машин з постійними магнітами. Крім того, в кредитному модулі, приділена значна увага новітнім типам електротранспорту, зокрема технології «Маглев», що використовує лінійні тягові електричні двигуни.

Таким чином, успішне освоєння матеріалу кредитного модуля «Потужні електромеханічні комплекси» повинно дати можливість майбутньому спеціалістові обґрунтовано підходити до вибору електричних машин для використання на електротранспорті (електропотяги, трамваї, тролейбуси, метро, електромобілі, тощо).

Знання теорії тягових електричних машин застосовуються також при вивченні дисциплін: “Теорія тягового електроприводу”, “Спеціальні електричні машини”, “Мікромашини”, та інших дисциплін.

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля 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.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

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

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 системах 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.

Успішне засвоєння програми кредитного модуля повинно надати можливість майбутньому спеціалістові бути готовим обґрунтовано підходити до вибору типу та конструкції ТЕМ, вибору необхідного устаткування для конкретного виду електротранспорту.

3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Загальні відомості про ПЕМК та тяговий електропривод					
Тема 1. Основні види тяги на залізницях України і світу	2	1			1
Тема 2. Рівняння руху потягу	2	1			1
Тема 3. Фізичні основи утворення сили тяги	6	1	2		3
Тема 4. Види тягових електричних машин	2	1			1
Разом за розділом 1	12	4	2		6
Розділ 2. Колекторні тягові електродвигуни					
Тема 1. Властивості ТЕД постійного струму	3	2			1
Тема 2. Математичні опис та характеристики ТЕД постійного струму	9	4	2		3
Тема 3. ТЕД пульсуючого струму	3	2			1

1	2	3	4	5	6
Тема 4. Перехідні процеси в ТЕД	6	2	2		2
Тема 5. Особливості конструкції колекторних ТЕД	3	2			1
Контрольна робота з розділів 1, 2	5		2		3
Разом за розділом 2	29	12	6		11
Розділ 3. Безколекторні тягові електродвигуни					
Тема 1. Асинхронні ТЕД (АТД)	4	3			1
Тема 2. Закон частотного регулювання АТД	5	1	2		2
Тема 3. Вентильні тягові двигуни	4	2			2
Тема 4. Тягові двигуни з постійними магнітами	8	2	2		4
Тема 4. Лінійні тягові електродвигуни	4	2			2
Разом за розділом 3	25	10	4		11
Розділ 4. Допоміжні тягові електричні машини					
Тема 1. Загальні положення про допоміжні ТЕМ	2	1			1
Тема 2. Деякі види допоміжних ТЕМ	6	1	2		3
Тема 3. Тягові трансформатори електрорухомого складу	4	2			2
Разом за розділом 4	12	4	2		6
Розділ 5. Системи охолодження ТЕМ					
Тема 1. Вентиляція ТЕМ	5	1	2		2
Тема 2. Нагрівання й охолодження ТЕМ	2	1			1
Модульна контрольна робота з розділів 3-5	3				3
Разом за розділом 5	10	2	2		6
Розділ 6. Проектування та випробування тягових електричних машин					
Тема 1. Особливості проектування ТЕМ	6	2	2		2
Тема 2. Випробування ТЕМ	3	2			1
Разом за розділом 6	9	4	2		3
Екзамен	8				8
Всього годин	105	36	18		51

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Поняття про потужні електромеханічні комплекси. Теплова та електрична тяга, їх переваги та недоліки. Перспективи розвитку електричної тяги. Сили, що діють на потяг. Рівнодіюча сил, що діють на потяг. Умови роботи електрорухомого складу і пристроїв електричного живлення. Рівняння руху потягу. Режими руху потягу. <i>Література: [2], Гл.1, с.6-15.</i>
2	Обертний момент тягового двигуна, внутрішні і зовнішні сили. Утворення сили тяги при абсолютно жорсткому колесі і рейці. Перерозподіл сил в місці контакту під дією обертного моменту тягових двигунів. Зчеплення коліс з рейками. Сили опору руху потягу. Класифікація уявлень про силу тяги двигуна. Класифікація ТЕМ за призначенням та за родом струму. Режими роботи ТЕМ. Умови роботи ТЕМ. Вимоги, що пред'являються до ТЕМ. <i>Література: [2], Гл.2, с. 16-26, Гл.3, с.27-43, Гл. 5, с. 62-77.</i>
3	Перелік основних характеристик і властивостей колекторних ТЕД. Типи колекторних ТЕД, їх основні параметри та умови роботи. Вимоги до колекторних ТЕД постійного струму. Номінальні та граничні параметри ТЕД постійного струму. <i>Література: [3], Гл.1, с.4-11; [4], Розд.1, с. 8-23.</i>
4	Рівняння взаємозв'язку параметрів ТЕД постійного струму (р-ня напруг, моментів, ККД, тощо). Магнітні, робочі та тягові характеристики ТЕД постійного струму. Коефіцієнт корисної дії та втрати потужності. Розрахунок характеристик ТЕД постійного струму при змінах напруги і магнітного потоку. <i>Література: [2], Гл.7, с. 95-115; [3], Гл.1, с.12-26; [4], Розд.1, с. 10-24.</i>
5	Принципи регулювання режимів роботи колекторних ТЕД постійного струму. Регульовальні характеристики ТЕД. Характеристики ТЕД в режимі електричного гальмування. Експлуатаційні властивості ТЕД постійного струму. <i>Література: [2], Гл.7, с. 116-127, Гл.8, с.143-168; [3], Гл.1, с.27-39; [4], Розд.1, с. 25-32.</i>
6	Особливості живлення ТЕД від випрямляча електрорухомого складу. Коефіцієнт пульсації випрямленого струму та заходи щодо його зниження. Пульсації магнітного потоку. Додаткові втрати в ТЕД пульсуючого струму. Особливості комутації. <i>Література: [3], Гл.3, с.87-120; [4], Розд.4, с. 72-94.</i>
7	Особливості струмознімання в ТЕД постійного струму. Вплив механічних збурень на роботу щіточно-колекторного вузла. Дугоутворення на колекторі. Круговий вогонь і причини його виникнення. Потенціальна стійкість ТЕД постійного струму. Буксування колісної пари. Раптове коротке замикання. Обрив живлення. Раптове вмикання. <i>Література: [3], Гл.2, с.44-59, Гл.8, с.261-296; [4], Розд.2, с. 40-63, Розд.3, с. 63-71.</i>
8	Особливості роботи, що впливають на конструкцію ТЕД. Конструкції основних вузлів колекторних ТЕД. Деякі напрями удосконалення конструкції колекторних ТЕД постійного струму. ТЕД постійного струму з компенсаційною обмоткою і без пазовим якорем. ТЕД постійного струму з неявнополюсним статором. ТЕМ з універсальним збудженням. Безкорпусні ТЕД. <i>Література: [3], Гл.2, с.75-78, Гл.3, с.121-125, Гл.4, с. 129-131; [4], Розд.5, с. 95-121.</i>
9	Загальні порівняльні дані колекторних і безколекторних ТЕД. Живлення асинхронних ТЕД від напівпровідникового перетворювача. Вибір основних параметрів АТД. Деякі особливості конструкції АТД. Тягові і гальмівні властивості електрорухомого складу з АТД. <i>Література: [2], Гл.9, с. 175-180; [3], Гл.5, с.177-178, с.194-197; [4], Розд.7, с.132-134, с.149-158.</i>
10	Основні параметри і закони частотного регулювання (закони Костенко). Регулювання швидкості й сили тяги. Формування тягових характеристик. Електромагнітні процеси в частотнорегульованому АТД. <i>Література: [3], Гл.5, с.197-203; [4], Розд.7, с.134-148.</i>
11	Принцип дії вентильного тягового двигуна. Вентильний двигун як сукупність синхронної машини і перетворювача частоти і фаз. Пуск вентильного ТЕД. Характерні особливості конструкції. Електромагнітні процеси у вентильних ТЕД і їх характеристики. Тягові і гальмівні властивості електрорухомого складу з вентильними ТЕД. <i>Література: [2], Гл.9, с. 181-186; [3], Гл.5, с.179-193, [4], Розд.6, с.122-131.</i>

12	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. <i>Література: [4], Гл.8, с. 159-164.</i>
13	Принцип дії лінійного тягового електродвигуна. Класифікація ЛТЕД. Асинхронні ЛТЕД для систем високошвидкісного електротранспорту. Кінцеві та поверхневі ефекти в ЛТЕД. Особливості конструкції обмоток асинхронних ЛТЕД. Нормальні сили. <i>Література: [3], Гл.6, с.206-234.</i>
14	Допоміжні електричні машини електровозів постійного і змінного струмів. Розщеплювач фаз. Електромашинні перетворювачі і генератори управління. Подільник напруги. <i>Література: [4], Розд.8, с.179-176.</i>
15	Призначення тягових трансформаторів і умови їх роботи. Будова і система охолодження тягових трансформаторів. Регулювання напруги тягових трансформаторів. Особливості трансформаторів електрорухомого складу з АТД. <i>Література: [4], Розд.11, с.217-229.</i>
16	Системи вентиляції. Закон Бернуллі. Статичний і динамічний напори повітря. Робота тиску. Визначення потужності двигуна вентилятора. Характеристика вентиляційних систем. Аеродинамічні характеристики: очищення і фільтрація повітря. Основні положення теорії нагрівання. Перегрів і його визначення. Метод теплових схем і визначення перегріву обмотки. <i>Література: [4], Розд.9, с.177-197, Розд.10. с.198-216.</i>
17	Особливості проектування колекторних і безколекторних ТЕД. Основні методики проектування. Габаритні умови розміщення на електрорухомому складі. Вибір основних параметрів ТЕД. Особливості конструювання ТЕД: якоря, обмотки, колектора. Розрахунки електромеханічних характеристик ТЕД постійного і пульсуючого струму з використанням ПЕОМ. <i>Література: [4], Розд.1, с.33-40; [8], Розд.20, с. 351-381.</i>
18	Основні види і програми випробувань. Системи і схеми випробувань колекторних ТЕД. Визначення основних характеристик і ККД. Дослідження і налагодження комутації. Вентиляційні і теплові випробування. Особливості випробувань АТД і допоміжних тягових машин. <i>Література: [4], Розд.12, с.230-247.</i>

5. Практичні заняття

Мета практичних занять – вироблення навичок інженерного аналізу тягових електромеханічних систем з для оцінки і покращення їх якості. Кожне практичне заняття розраховано на 2 аудиторних години.

Перелік тем практичних занять:

1. Вступне заняття. Основні співвідношення для визначення сил, що діють на потяг (сила тяги).

Література: [2], Гл.2, с.16-26.

2. Механічні, швидкісні, робочі та тягові характеристики ТЕД постійного струму.

Література: [3], Гл.1, с.10-35.

3. Диференційні рівняння, що описують динамічні процеси в ТЕД. Визначення екстраструмів та перенапруг.

Література: [3], Гл.8, с.261-290.

4. Застосування законів частотного регулювання Костенко до асинхронних тягових двигунів.

Література: [4], Розд.7, с.134-143.

5. Контрольна робота (частина 1).

Література: матеріали попередніх практичних занять та лекцій з розділів 1-3.

6. Особливості розрахунку тягових двигунів з постійними магнітами.

Література: [4], Розд.8, с.159-164.

7. Особливості розрахунку таких допоміжних ТЕМ як тягові генератори.

Література: [4], Розд.8, с.171-173.

8. Використання теплових і аеродинамічних схем заміщення для визначення максимальної температури обмотки статора в ТЕМ постійного струму та АТД.

Література: [4], Розд.9, с.195-197, Розд.10. с.207-216.

9. Методи проектування та оптимізації конструкцій ТЕМ. Застосування комп'ютерних систем для проектування ТЕМ.

Література: [4], Розд.1, с.33-40.

5. Семінарські заняття

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

6. Лабораторні заняття

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Самостійна проробка та викладення окремих розділів курсу	4
2	Розгляд та аналіз сучасних типів та конструкцій тягових машин постійного струму	4
3	Розгляд та аналіз сучасних типів та конструкцій тягових машин змінного струму	4
4	Розгляд та аналіз сучасних типів та конструкцій спеціальних тягових машин	4

8. 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.

9. Оцінювання результатів навчання

Одержання стійких знань можливо при створенні умов студентам для регулярної навчальної роботи по вивченню та повторенню матеріалу дисципліни. Для організації такої роботи та контролю ефективності навчального процесу передбачено виконання однієї модульної контрольної роботи (МКР) та однієї домашньої контрольної роботи (ДКР). Тематика МКР і ДКР відповідає змісту матеріалу, що викладається студентам на лекціях та практичних заняттях у відповідності з тематичним планом дисципліни.

Для студентів також передбачені консультації не менше одного разу на тиждень. При проведенні консультацій студенту потрібно не тільки надавати допомогу в виконанні індивідуального завдання, але й виявити недоліки в його підготовці по результатам МКР і ДКР та усунути їх.

10. Контакти з викладачем

Спілкування з викладачем проводиться через електронний кампус або електронною поштою gaidenko@ukr.net.

11. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання 2 модульних контрольних робіт;
- 2) 1 відповідь на лекційних заняттях.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1) Модульний контроль

Ваговий бал – **28**.

Максимальна кількість балів за модульні контрольні роботи дорівнює **$1 \times 28 = 56$ балів**.

Модульний контроль оцінюється згідно наступного рейтингу:

- Повне і точне виконання – **28 балів**.
- Відповіді неточні є окремі несуттєві помилки – **18...27 балів**.
- Відповіді неповні, є окремі суттєві помилки – **1...17 балів**.
- Відповіді неправильні – **0 балів**.

2) Відповіді на лекційних заняттях

Ваговий бал – **4**.

Максимальна кількість балів за відповідь дорівнює **$1 \times 4 = 4$ бали**.

Відповідь на лекції оцінюється наступним чином:

- Повна і точна відповідь – **4 бали**.
- Відповідь з помилками – **1 ... 3 балів**.
- Відсутність відповіді – **0 балів**.

Штрафні та заохочувальні бали (r_s) за:

- відсутність на практичному занятті або лекції без поважної причини – мінус **2 бали**.
- розробка оригінального способу розв'язання практичного завдання – плюс **1...3 бали**.

Розрахунок шкали рейтингу:

Сума вагових балів протягом семестру складає:

$$R_C = 56 + 4 + r_s = 60 \text{ балів} + r_s.$$

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 40% від R_D , а саме:

$$R_E = 40 \text{ балів}.$$

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R_D = R_C + R_E = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є складання усіх контрольних робіт та стартовий рейтинг r_c не менше 50% від R_c , тобто **30** балів.

Для отримання студентом відповідних оцінок його рейтингова оцінка R_D переводиться згідно з таблицею:

$R_D = R_C + R_E$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
≥ 95	A	відмінно
85...94	B	добре
75...84	C	
65...74	D	задовільно
60...64	E	
30...59	Fx	незараховано
$R_C < 30$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	F	не допущений

Критерії оцінювання екзамену

Якщо поточний рейтинг $r_c \geq 0,5R_c$, тобто **30 – 60** балів – студенти виконують екзаменаційну роботу.

Максимальна кількість балів екзамену $R_E = 40$ балів.

Відповідь на екзамені оцінюється наступним чином:

- повне і правильне виконання завдання, вичерпні і логічні відповіді на всі питання (при необхідності, і на додаткові) – **36...40 балів**;
- повне і правильне (або з незначними помилками) виконання завдання, присутні окремі помилки при відповіді на питання, які втім студент може виправити за допомогою викладача – **25...35 балів**;
- повне виконання завдання з суттєвими помилками, часткова відповідь на питання та/або допущення окремих несуттєвих помилок при відповіді на питання – **15...24 балів**;
- неповне виконання (або невиконання) завдання, наявність в завданні значних помилок; часткова відповідь (або її відсутність) на питання, допущення суттєвих помилок при відповіді на питання – **менше 15 балів**.

12. Методичні рекомендації

Особливість 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 та захисту індивідуальних завдань є додатковою мотивацією для студентів щодо вивчення матеріалу дисципліни.

13. Рекомендована література

13.1. Базова

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.

13.2. Допоміжна

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.

14. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри електромеханіки <http://em.fea.kpi.ua/>
2. Бібліотека НТУУ «КПІ» <http://www.library.kpi.ua/>