



СПЕЦІАЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ОНП ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	I курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	180 години / 6 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a0c4718e-21f5-46d5-bdb8-d6ff7eda3a4c
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н. Шинкаренко Василь Федорович, 0662172244</i> Практичні: <i>д.т.н. Шинкаренко Василь Федорович, 0662172244</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Спеціальні електричні машини» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є пізнання принципів структурної організації і закономірностей еволюції видової різноманітності електричних машин, засвоєння принципів наукової систематики прогресуючої різноманітності структурних і функціональних класів електричних машин, набуття практичних навичок структурного передбачення і інноваційного синтезу принципово нових структурних класів і різновидів спеціальних електричних машин за заданою функцією цілі.

Предмет навчальної дисципліни – принципи структурної організації і функціональної еволюції спеціальних електричних машин в умовах науково-технічного прогресу; основи генетичної систематики, еволюційної різноманітності електричних машин; тенденції розвитку і напрямів практичного використання спеціальних ЕМ; генетичні і фізичні властивості джерел з біжучими і обертовими магнітними полями; системні властивості, закономірності розвитку та напрямки практичного використання базових видів спеціальних ЕМ поступального і обертального рухів; особливості конструкції, електромагнітних процесів і областей практичного застосування спеціальних машин автономних систем електропостачання і електроприводу; принципи структурної організації, особливості електромагнітних процесів і області практичного використання електромеханічних перетворювачів енергії для безпосереднього здійснення технологічних процесів; принципи структуроутворення, областей функціонування складних спеціальних ЕМ-систем.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК2. Здатність до використання інформаційних та комунікаційних технологій.

ФК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК8. Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК 13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК 16. Здатність ефективно використовувати новітні екологічно-чисті матеріали і технології при розробці, модернізації і реконструкції електричних машин та апаратів, електричного обладнання систем електротранспорту та виробничих комплексів.

ФК 20. Здатність аналізувати і використовувати отримані результати розробок новітніх типів електричних машин та апаратів для подальшої їх комерціалізації в складі стартап-проектів, у тому числі для продажу ліцензій і трансферу технологій.

ФК 21. Здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних світових науково-технічних досягнень в сфері електричних машин та апаратів та прогноз створення та розвитку нових ефективних технічних рішень

Програмні результати:

ПРО8. Враховувати правові та економічні аспекти наукових досліджень та інноваційної діяльності.

ПРО9. Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.

ПРО10. Презентувати матеріали досліджень на міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРО12. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО13. Брати участь у сумісних дослідженнях і розробках з іноземними науковцями, професіоналами та фахівцями в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРО 18. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО 22. Розв'язувати класичні, комплексні і непередбачувані завдання в галузях електроенергетики, електротехніки та електромеханіки із застосуванням сучасних та інноваційних підходів до їх вирішення

ПРО 23. Практично використовувати моделі і методи міждисциплінарного синтезу складних технічних систем з електромеханічними перетворювачами енергії

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

В структурно-логічній схемі програми підготовки зі спеціальності дисципліна «Спеціальні електричні машини» фактично є основною дисципліною, яка забезпечує майбутніх спеціалістів системними знаннями стосовно принципів організації їх структурно-функціональної різноманітності, особливостей електромеханічного перетворення енергії, тенденцій розвитку і областей практичного використання функціональних класів електричних машин (спеціальних електричних машин). Дисципліна «Спеціальні електричні машини», маючи безпосередній зв'язок з дисципліною «Електричні машини», «Моделювання електромеханічних систем», є базовою для студентів, що навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістрів, які обрали

магістерські програми навчання: «Генетична систематика електричних машин», «Генетичне передбачення в структурній електромеханіці і створення генетичних банків інновацій», «Інноваційний синтез гібридних електромеханічних систем». Кредитний модуль також використовується при вивченні окремих розділів спеціальної дисципліни «Основи теорії структур електромеханічних систем».

Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль структурно розподілено на 4 розділи, а саме:

1. **Тенденції розвитку, систематика, базові Роди і Види спеціальних електричних машин**, до якого ввійшли питання проблеми структурної різноманітності і закономірностей розвитку спеціальних електричних машин, основ генетичної систематики електричних машин
2. **Електричні машини поступального руху**, до якого ввійшли питання генетичних і фізичних властивостей джерел з біжучим електромагнітним полем, базових Видів, конструкції, властивостей і галузей використання електричних машин поступального руху.
3. **Функціональні класи спеціальних електричних машин обертового руху**, до якого ввійшли питання базових Видів спеціальних електричних машин обертового руху, спеціальні ЕМ для автономних систем електропостачання, синхронні генератори контактного типу, безконтактні ЕМС енергозабезпечення, синхронні генератори з пазуроподібним ротором, безконтактні СГ з внутрішньозамкненим магнітопроводом, синхронні генератори з магнітоелектричним збудженням та асинхронні генератори.
4. **Складні електромеханічні системи спеціального призначення**, до якого ввійшли питання про електромеханічні перетворювачі енергії для безпосереднього здійснення технологічних процесів, електромеханічні апарати і дезінтегратори (ЕМД) для безпосереднього здійснення технологій.

Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Спеціальні електричні машини. **Конспект лекцій** [Електронний ресурс]: навчальний посібник з освітньої компоненти «Спеціальні електричні машини», для здобувачів, які навчаються за ОПП та ОНП другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова. КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 77,4 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 166 с. Рекомендовано Вченою радою ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 12 від 26.06.2023 р.) як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 141 електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.
2. Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", спеціалізації "Електричні машини і апарати" / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. - Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 258 с. українською мовою; Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського Протокол № 10; дата 04.11.2019. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38793>
3. Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини»
<https://do.ipkpi.ua/course/view.php?id=2307>

Додаткові:

1. Термінологічний словник зі структурної та генетичної електромеханіки: видання друге, доповнене й уточнене [Електронний ресурс] : довідкове видання для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,59

Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 118 с. Рекомендовано Вченою радою ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 11 від 29.05.2023 р.) як довідкове видання для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Електричні машини і апарати».

2. V. Shynkarenko, A. Makki, V. Kotliarova and A. Shymanska, "Modular Principle in the Structural organization and Evolution of Electromechanical Objects," 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2019, pp. 162-165. doi: 10.11.09 /MEES.2019.8896446
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8896446&isnumber=8896362>
3. V. Shynkarenko, A. Makki, A. Shymanska and V. Kotliarova, "Genetic Synthesis of Electromechanical Objects of the Modular Type," 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2019, pp. 166-169. doi: 10.1109/MEES.2019.8896596
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8896596&isnumber=8896362>
4. Шинкаренко В. Ф. Принципи структуроутворення просторово адаптивних електромеханічних систем зі змінною структурою і геометрією активної зони / В. Ф. Шинкаренко, В. В. Котлярова, П. О. Красовський, Н. А. Місан // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії». – 2020. – № 3 (1357). – С. 62-70. – doi:10.20998/2409-9295.2020.3.11. http://library.kpi.kharkov.ua/files/documents/2020_3.pdf
5. Vasyl Shynkarenko, Yuriy Kuznetsov, Lubomir Soos, Anna Shymanska, Viktoriia Kotliarova and Pavlo Krasovskiy. The Principle of Hybridization in the Structural Organization and Evolution of Electromechanics Objects. Journal of MECHANICAL ENGINEERING, Vol 72 (2022), No 2, 173 – 188. DOI: <https://doi.org/10.2478/scjme-2022-0027>
6. Шинкаренко В.Ф. Системність принципів гібридизації в структурній організації і еволюції технічних систем. Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022), (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.): - Т.1. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – С. 19-20. <https://drive.google.com/file/d/1SMvFI3vGgJvpSCjWOkzHut1dNrFuuGcR/view>
7. Шинкаренко В.Ф., Котлярова В.В., Монахов Є.А., Красовський П.О. Структурні мутації в адаптивній еволюції електромеханічних перетворювачів енергії // Технічні науки та технології, № 2 (28), 2022. – С. 111- 126. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2\(28\)-111-126](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2(28)-111-126) та <http://tst.stu.cn.ua/article/view/264765>
8. Шинкаренко В.Ф., Шиманська А.А., Красовський П.О. Принципи таксономії гібридних електромеханічних об'єктів // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022) : матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.) : у 2 т. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – Т. 2. – С. 138-139. <https://drive.google.com/file/d/12lqyVIJBzsaO7WL6Y9nrYjLrDYWcMMGE/view>

Навчальний контент

3. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Проблема структурної різноманітності і закономірності розвитку спеціальних електричних машин. Мета і задачі дисципліни. Значення дисципліни у підготовці майбутніх спеціалістів. Місце і значення спеціальних ЕМ в електромеханіці і сучасній техніці. Основні тенденції розвитку спеціальних ЕМ. Області практичного

	використання. літературні джерела: [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 1,2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
2	Основи генетичної систематики електричних машин. Проблема і значення систематики в складних еволюціонуючих системах. Основні терміни і визначення. Область існування і генетична класифікація породжувальних структур спеціальних ЕМ. Генетична модель структуротворення існуючих класів ЕМ. Принцип збереження генетичної інформації. Складові геносистематики (генетична класифікація, таксономія і номенклатура). літературні джерела: [3]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 1,2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
3	Вимоги до систематики ЕМ. Поняття базового Виду ЕМ і його генетична природа. Базовий вид ЕМ як основна таксономічна категорія систематики. Внутрішня структура Базового Виду. Реальні, інформаційні і неявні Види ЕМ. Види-близнюки і Види-двійники ЕМ. Системні і індивідуальні властивості базових Видів спеціальних ЕМ. Категорія Роду ЕМ. Поняття «ідеального Роду». Рангова структура основних систематичних одиниць. літературні джерела: [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
4	Принципи геносистематики довільних функціональних класів ЕМ. Прогностична функція геносистематики ЕМ. Принцип нерівномірності темпів розвитку і популяційної структури базових видів ЕМ. Прикладні задачі систематики. літературні джерела: [3]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
5,6	Генетичні і фізичні властивості джерел з біжучим електромагнітним магнітним полем. Генетичний код і кінцеві електромагнітні ефекти. Способи утворення біжучого поля. Генетична класифікація розподілених обмоток. Індуктори біжучого магнітного поля. Компонувальні схеми ЛАД. Обмотки індукторів біжучого поля. Тривимірна геометрична модель плоского індуктора. Вторинні елементи (ВЕ) плоских асинхронних машин поступального руху. Складові магнітного поля у повітряному зазорі реального індуктора. Парна і непарна кількість полюсів в індукторах біжучого поля. Узгоджене і зустрічне з'єднання обмоток у двосторонньому плоскому індукторі. літературні джерела: [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 5,6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
7	Базові види асинхронних електричних машин поступального руху. Область існування і системні властивості базових видів асинхронних машин (АМ) поступального руху. Область існування ПДП АМПР. Принцип дії АД з плоским індуктором. Класифікація ЛАД за областями використання. Компонувальні схеми АД з плоским індуктором. ЛАД з одностороннім індуктором. Вторинні елементи ЛАД. Класифікація і основні вимоги до вторинних елементів. Класифікація вторинних елементів тягових ЛАД. Секціоновані ВЕ з температурними зазорами. літературні джерела: [3]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 7 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
8,9	Кінцеві електромагнітні ефекти в реальних індукторах біжучого магнітного поля. Генетична природа кінцевих електромагнітних ефектів. Первинний поперечний

	кінцевий ефект. Фізична природа первинного поздовжнього КЕ. Наслідки прояву первинного поздовжнього КЕ. Коефіцієнт поздовжнього кінцевого ефекту. Вторинний поздовжній КЕ в індукторах біжучого поля. Фізична природа вторинного поздовжнього КЕ. Результати фізичних експериментів. Вплив швидкості руху на розподіл нормальної складової індукції у повітряному зазорі. Додаткові втрати потужності, зумовлені дією ВПКЕ. Вторинний поперечний КЕ в плоских АД. Складові електромагнітних сил в лінійних двигунах. Складові нормальних сил в плоских АД. Вплив ВПКЕ на розподіл нормальних сил. Поперечні сили в плоских АД. Принципи компенсації кінцевих електромагнітних ефектів. літературні джерела: [3]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 8,9 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
10	Спеціальні електричні машини обертального руху. Систематика функціонального класу електричних машин обертального руху. Топологічна модель формотворення ЕМ обертального руху. Конічні електричні машини обертального руху та області їх практичного застосування. Приклади практичного використання ЕМ роду конічних. літературні джерела: [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 10 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
11	Електричні машини роду тороїдальних плоских. Основні геометричні розміри ЕМ з ТПС. Основні конструювальні схеми. Порівняльний аналіз циліндричних і тороїдальних машин. Області практичного використання. Сучасні конструкції електричних машин Роду тороїдальних. Модульні тягові двигуни серії EMRAX. літературні джерела: [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 11 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
12,13	Спеціальні електричні машини роду сферичних. Особливості термінології. Систематика і еволюція сферичних ЕМПЕ. Короткий аналіз технічної еволюції сферичних ЕМПЕ. Сучасні напрями практичного застосування сферичних ЕМ. ЕМ-системи просторової орієнтації. Робототехніка. Сферичні тягові двигуни. Сферичні мікродвигуни для систем машинного зору. Сферичні магнітні системи для електрофізичних комплексів термоядерного синтезу (типу токамак і стелларатор). Інноваційні проекти за участю аспірантів і студентів кафедри. Сферичні хвильові генератори коливального руху. ЗЕМЛЯ як природна сферична електромеханічна система. літературні джерела: [3]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 12, 13 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
14,15	Спеціальні електричні машини з електромагнітною редукцією моменту і швидкості руху. Електричні двигуни з ротором, що котиться. Генетична природа і систематика двигунів з котким ротором. Еволюція ДКР. Принципові відмінності ДКР. Принцип дії ДКР. Класифікація та робочі властивості двигунів з котким ротором. Двигуни з хвильовим ротором. Способи отримання несиметричних магнітних полів в ДКР. Аналіз експлуатаційних характеристик. Області практичного застосування. Інноваційні проекти студентів кафедри. Магнітні редуктори та передачі. Принцип дії. Генетична природа магнітних редукторів. Приклади практичного використання. Мотор-редуктори. Класифікація мотор-редукторів.

	літературні джерела: [3]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 14,15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
16	Функціональні класи спеціальних електричних машин. Спеціальні ЕМ для автономних систем електропостачання. Синхронні генератори контактного типу. Безконтактні ЕМС енергозабезпечення. Синхронні генератори з пазуроподібним ротором. Безконтактні СГ з внутрішньозамкненим магнітопроводом. Синхронні генератори з магнітоелектричним збудженням. Асинхронні генератори. Інноваційні проєкти студентів кафедри. літературні джерела: [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 16 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
17,18	Електромеханічні перетворювачі енергії для безпосереднього здійснення технологічних процесів. Класифікація ЕМПЕ для безпосереднього здійснення технологічних процесів. Електромеханічні апарати і дезінтегратори (ЕМД) для безпосереднього здійснення технологій. Однообмоткові апарати типу АВС для подрібнення і тонкого помолу речовин. Принцип дії і особливості конструктивного виконання електромеханічних дезінтеграторів (ЕМД) Роду плоских. Умови функціонування ЕМД. Динаміка руху елементарної ДФЧ. Фактори, що впливають на інтенсивність обробки технологічних інгредієнтів в активній зоні ЕМД. Основні переваги та проблеми ЕМД (у порівнянні з механічними). Області практичного застосування ЕМД. Інноваційні розробки аспірантів і студентів кафедри. літературні джерела: [3]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» лекція 17,18 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1,2	Розв'язання задач на ідентифікацію генетичного коду за заданим прототипом спеціальної електричної машини та визначення її Видової і Родової приналежності. літературні джерела [2] Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
3	Розв'язання системних та інноваційних задач з визначення області існування функціональних класів електромеханічних систем та побудови рангової структури систематики функціональних класів ЕМ. літературні джерела [2] Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
4	Розв'язання пошукових задач на способи компенсації поздовжніх і поперечних кінцевих ефектів в електричних машинах поступального руху. Розв'язання задач спрямованого синтезу нових різновидів спеціальних ЕМ з використанням закону гомологічних рядів електромеханічних систем. літературні джерела [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307

5	Розв'язання пошукових задач на способи компенсації бокових сил в плоских електродвигунах. Розв'язання задач з спрямованого синтезу нових різновидів спеціальних ЕМ технологічного призначення з підвищеними показниками якості. літературні джерела [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
6	Частина 1 МКР. Розв'язання пошукових задач спрямованого синтезу нових різновидів спеціальних ЕМ для систем автономного електропостачання з використанням закону гомологічних рядів електромеханічних систем. Розв'язання задач генетичного синтезу і аналізу нових різновидів спеціальних ЕМ з використанням моделей видоутворення. літературні джерела [2]; [3]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
7	Частина 2 МКР. Розв'язання інноваційних задач з використанням методології генетичного синтезу і аналізу нових різновидів спеціальних ЕМ за заданою функцією цілі. Розв'язання задач генетичного синтезу гібридних і суміщених різновидів спеціальних ЕМ-систем. літературні джерела [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
8	Частина 3 МКР. Розв'язання пошукових задач структурного синтезу і аналізу складних ЕМ-систем. літературні джерела [2]; Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
9	Науковий семінар з обговоренням результатів виконання МКР Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307

4. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	54
3	Розв'язок задач	6
5	Підготовка до МКР	30
6	Підготовка до екзамену	36

5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Виконання КР з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту індивідуальних завдань: захист курсової роботи з дисципліни здійснюється індивідуально у встановлений викладачем термін;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських наукових конференціях, підготовку наукових статей. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання КР.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання КР з дисципліни передбачає нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР впродовж семестру не передбачено; у разі нульового результату/ів написання МКР можливе отримання додаткової задачі з відповідної теми на екзамені;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Спеціальні електричні машини»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, розв'язання задач

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання трьох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Розв'язання задач	МКР	Rc	Рекз	R
5	10	45	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 0,25.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

0,25 бали * 18 = 5 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 0,25;

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

1 бал * 9 = 10 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задач, вільне володіння темою заняття – 1;
- розв'язання задач за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 0,5;

Модульна контрольна робота

Програмою передбачено проведення 1 модульної контрольної роботи, яка виконується у вигляді трьох семестрових контрольних робіт, результати яких враховуються в поточній семестровій атестації студентів. Мета контрольних заходів полягає у визначенні рівня засвоєння теоретичного матеріалу за відповідними тематичними розділами робочого навчального плану (варіанти завдань наведені в додатку А):

- Індуктори з біжучим магнітним полем. Первинні повздовжній і поперечний кінцеві електромагнітні ефекти.
- ЕМ з аксіальним зазором. Суміщені ЕМ. Багатостепеневі ЕМ.
- Електромеханічні перетворювачі енергії для безпосереднього здійснення технологічних процесів.

У разі необхідності модульна контрольна робота може бути проведена у вигляді розв'язання індивідуальних завдань, розміщених у дистанційному курсі з дисципліни на платформі дистанційної освіти Сікорський.

Ваговий бал кожної частини МКР – 15.

Максимальний бал за МКР – 3*15=45.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання 2 задач – 15 балів;
- часткове розв'язання задач, наявність незначних помилок – 12-14 балів;
- правильне розв'язання 1 задачі – 7-8 балів;
- часткове розв'язання 1 задачі – 1-6 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену $R_z = 40$ балів.

Рейтинг екзамену $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену $R_z = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $R_z \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Додаток А.

Перелік завдань для модульної контрольної роботи

Частина № 1. «Індуктори з біжучим магнітним полем.

Первинні поздовжній і поперечний кінцеві електромагнітні ефекти»

Завдання 1.

Визначити (за допомогою генетичних кодів) до якого класифікаційного ряду в структурі Генетичної класифікації належать ідеалізовані моделі індукторів біжучого поля, якщо вони задовольняють наступним вимогам:

- | | |
|--|-------|
| 1.1. Довжина і ширина індуктора нескінченні; | (0.0) |
| 1.2. Нескінченна тільки ширина індуктора; | (2.0) |
| 1.3. Нескінченна тільки довжина індуктора; | (0.2) |

Завдання 2.

Визначити швидкість хвилі біжучого поля індуктора (м/с), якщо задані наступні вихідні дані: частота $f = 50$ Гц; активна довжина індуктора $L_{\text{инд}} = 100$ см; Число полюсів індуктора $2p = 4$.

$$V = 2 \pi f = 2 \pi L_{\text{инд}} / 2p = 2 \cdot 50 \cdot 1 / 4 = 25 \text{ м / с}$$

Завдання 3.

Вказати наявність (+) або відсутність (-) первинних поздовжнього і поперечного кінцевих ефектів для наведених в таблиці індукторів:

	Первинний поздовжній KE	Первинний поперечний KE
ТП 0.2 y	? (-)	? (+)
ЦЛ 2.0 x	? (+)	? (-)
СФ 2.2	? (+)	? (+)
ПЛ 0.0 y	? (-)	? (-)

Завдання 4.

З якими типами вторинних елементів може функціонувати ЛАД з двостороннім плоским індуктором при „узгодженому” і „зустрічному” включенні обмоток:

	Узгоджене	Зустрічне
ДЛАД з немагнітним ВЕ	? (+)	? (-)
ДЛАД з біметалевим ВЕ	? (+)	? (+)
ДЛАД з к.з. ВЕ	? (+)	? (+)
ДЛАД з фазним ВЕ	? (+)	? (+)

Завдання 5.

Пояснити різницю в термінах: „Індуктивна ЕМ”, „Індукційна ЕМ”, „Індукторна ЕМ”.
Навести приклад ЕМ (вказати повну назву), яка одночасно задовольняє всім трьом термінам.

Частина № 2. «Електричні машини з аксіальним зазором. Суміщені електричні машини.
Багатоступеневі електричні машини»

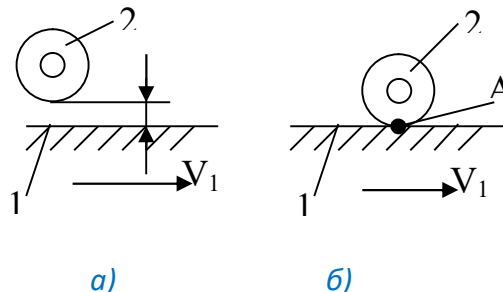
Завдання 1.

Вказати, до якої із наведених нижче класифікаційних груп слід віднести види спеціальних АД, синтезованих на джерелі СФ 0.2 у:

- АД з радіальним зазором ?,
- АД з аксіальним зазором ?,
- АД з радіально-аксіальним зазором ?

Завдання 2.

На рис. а) і б) наведено два варіанти просторових компоновок АД з плоским нерухомим індуктором 1 (ПЛ 2.2) і циліндричним ротором 2.



Заповнити таблицю, в якій вказати наявність або відсутність наступних величин:

- 1) кутової швидкості обертання ротора (ω_{OU}), з врахуванням знаку (за додатній напрям вважати обертання за годинниковою стрілкою);
- 2) лінійної швидкості переміщення ротора (VOX), з врахуванням знаку (за додатній напрям вважати такий, що співпадає з $V1$);
- 3) числа ступенів свободи руху ротора p .

	а)	б)
Ротор з нерухомою віссю обертання		
Ротор з рухомою віссю обертання		

Примітка: всі види рухів ротора відбуваються лише в площині XOY; Прокозування в точці механічного контакту А (рис. б) – відсутнє.

Завдання 3.

Навести ескіз електродвигуна з котким дисковим ротором, синтезованого на джерелі ТП 0.2 у. Зазначити число ступенів свободи рухомого ротора.

Завдання 4.

Навести ескіз к.з. ротора АД з аксіальним повітряним зазором. Вказати к.з. кільця і стержні ротора. Зазначити напрям шихтовки магнітопровода ротора.

Частина № 3. «Електромеханічні перетворювачі енергії для безпосереднього здійснення технологічних процесів»

Завдання 1.

1.1. Побудувати та візуалізувати геометричну модель двополюсного електромеханічного дезінтегратора з розподіленою поверхневою 3-фазною обмоткою ($\varphi = 60$ ел. град) на основі генетичної структури ТП 2.0 х.;

1.2. На малюнку показати:

- порядок чергування фаз обмоток індукторів;*
- контури замикання і орієнтацію основних магнітних потоків;*
- орієнтацію вихрових зон;*
- довжину полюсного поділу.*

Завдання 2.

2.1. Синтезувати і візуалізувати структуру плоского чотирьохполюсного електромеханічного дезінтегратора (ПЛ 2.2х) з переміжними (чередующимися) за подовжнім напрямом вихровими зонами (обмотки індукторів 3-фазні; $\varphi = 60$ ел. град).

2.2. На малюнку вказати:

- порядок чергування фаз обмоток індукторів;*
- контури замикання і орієнтацію основних магнітних потоків;*
- орієнтацію вихрових зон;*
- довжину полюсного поділу.*

Завдання 3.

3.1. На основі аналізу геометричного класу плоских джерел поля в періодичній структурі ГК, вибрати джерело поля і візуалізувати відповідну йому структуру однообмоткового ($m = 3$; $\varphi = 60$ ел. град) електромеханічного дезінтегратора з зустрічними біжучими полями і вихровими активними зонами.

Завдання 4.

4.1. Здійснити вибір генетичного оператора синтезу і синтезувати на основі джерела поля ПЛ 2.0х, структуру однообмоткового електромеханічного дезінтегратора з зустрічними біжучими полями і вихровими активними зонами.

4.2. Візуалізувати синтезовану структуру і вказати вибраний оператор синтезу;

4.3. Вказати порядок чергування фаз;

4.4. Вказати довжину полюсного поділу.

Додаток Б.
Перелік запитань до екзаменаційних білетів
з дисципліни «Спеціальні електричні машини»

1. *Види асиметрії в електричних машинах (на генетичному і структурному рівнях, навести приклади).*
2. *Вплив вторинного поздовжнього кінцевого ефекту на розподіл нормальних складових сил в плоскому асинхронному двигуні з одностороннім індуктором.*
3. *Плоскі асинхронні двигуни з поперечним магнітним потоком (особливості конструкції, принцип дії, області застосування).*
4. *Первинний поперечний кінцевий ефект в електричних машинах (генетична і фізична природа, область існування, прояви, наслідки).*
5. *Вторинний поперечний кінцевий ефект в плоских асинхронних двигунах (генетична і фізична природа, область існування, прояви, наслідки).*
6. *Поперечні сили в плоских асинхронних двигунах (причини виникнення, фізична природа, прояви, наслідки).*
7. *Безконтактний синхронний генератор з внутрішньозамкненим магнітопроводом (особливості конструкції, принцип дії, властивості, області застосування).*
8. *Складові нормальної сили в плоскому односторонньому асинхронному двигуні з комбінованим вторинним елементом.*
9. *Безконтактний синхронний генератор з обертовими випрямлячами (конструкція, принцип дії, властивості, застосування).*
10. *Принципи компенсації поздовжніх кінцевих ефектів в несиметричних асинхронних двигунах групи 2.2.*
11. *Електричні машини з котким ротором (генетична природа, особливості конструкції, принцип дії, властивості, область застосування).*
12. *Особливості розподілу нормальної складової індукції в активній зоні електродинамічного сепаратора в залежності від типу компонування схеми і довжини полюсного поділу індуктора.*
13. *Асиметрія фазних струмів в індукторах кінцевої довжини (причини виникнення, наслідки і способи компенсації).*
14. *Електромеханічний дезінтегратор з вихровою активною зоною для безпосереднього здійснення технологічних процесів (особливості конструкції, умови функціонування, принцип дії, області застосування).*
15. *Асинхронні двигуни з конічним ротором (таксономічний статус класу, принцип дії самогальмівного АД, властивості, область застосування).*
16. *Принципи компенсації вторинних поперечних кінцевих ефектів в асинхронних машинах і приклади технічної реалізації.*
17. *Асинхронні двигуни з дуговим статором (область існування і структура видів класу, особливості конструкції, визначення швидкості обертання, області застосування).*
18. *Електромеханічні системи для безпосереднього здійснення технологічних процесів (загальна класифікація класу за фізичним станом робочого середовища, приклади систем)*
19. *Порівняльний аналіз синхронних генераторів (контактного і безконтактного типу) з пазуроподібним ротором (конструкція, принцип дії, електромагнітні процеси, області застосування).*
20. *Фактори, що впливають на продуктивність та якість обробки матеріалів в електромеханічному дезінтеграторі.*
21. *Первинний поздовжній кінцевий ефект в індукторах біжучого поля (генетична і фізична природа, прояви, наслідки).*
22. *Складові електромагнітного поля у повітряному проміжку реального плоского індуктора.*
23. *Електродинамічні сепаратори лому кольорових металів (принцип дії, компонування схеми, способи транспортування сировини, області застосування).*

24. Способи організації результуючих магнітних полів в активній зоні електромеханічного дезінтегратора багатофакторної дії.
25. Узгоджене та зустрічне з'єднання обмоток в двоіндукторному плоскому асинхронному двигуні і відповідні варіанти вторинних елементів.
26. Фактори, що впливають на величину виштовхувальної сили, що діє на елементарну немагнітну частинку в активній зоні електродинамічного сепаратора.
27. Синхронні безконтактні генератори з магнітоелектричним збудженням і призматичними магнітами (конструктивні типи, принцип дії, властивості, області застосування).
28. Способи утворення біжучих (оберткових) магнітних полів в електричних машинах.
29. Асинхронні генератори (типи, властивості, область застосування). Умови і процес самозбудження асинхронного генератора.
30. Вторинний поздовжній кінцевий ефект в плоских асинхронних двигунах (фізична природа, прояви, наслідки).
31. Ємнісні електричні машини (принцип дії, приклади реалізації, область застосування).
32. Основні фактори впливу на вторинний поздовжній кінцевий ефект в тягових плоских асинхронних двигунах. Порівняльний аналіз додаткових втрат потужності на вході і виході індуктора.
33. Поперечні сили в плоских тягових асинхронних двигунах (фізична природа, прояви, наслідки). Принципи компенсації.
34. Принципи систематики електричних машин. Основні систематичні одиниці. Рангова структура таксонів функціональних класів ЕМ.
35. Електромагнітні сили і моменти, що діють на елементарну нерівновісну ферромагнітну частинку в активній зоні електромеханічного дезінтегратора.
36. Сферичні асинхронні машини (таксономічний статус і структура видів класу, особливості структури, область застосування).
37. Тороїдні плоскі асинхронні машини (таксономічний статус і структура видів класу, компонувальні схеми, області застосування).
38. Циліндричні асинхронні двигуни зворотньо-поступального руху (таксономічний статус класу, особливості конструкції та електромагнітних процесів, області застосування).
39. Принцип компенсації поперечних сил в плоских тягових асинхронних двигунах з немагнітним вторинним елементом.
40. Порівняльний аналіз прояву вторинного поперечного кінцевого ефекту в плоских асинхронних двигунах з немагнітним і ферромагнітним вторинними елементами.
41. Електромагнітні сили і моменти в асинхронних тороїдних плоских двигунах з торцевим ротором.
42. Порівняльний аналіз двигунів з котким ротором і класичного виконання; їх функціональна доцільність.
43. Фізичні процеси, що виникають в торцевих зонах секціонованого вторинного елемента тягового плоского асинхронного двигуна.
44. Особливості вибору основних геометричних розмірів в тороїдних плоских електричних машинах.
45. Плоскі асинхронні машини поступального руху (таксономічний статус і видова структура класу, порівняльний аналіз, області практичного використання).
46. Порівняльний аналіз плоских асинхронних машин з поздовжнім і поперечним магнітним потоком.
47. Принцип групового симетрування фазних струмів в несиметричних асинхронних двигунах.
48. Електромагнітні сепаратори шківного типу (принцип дії, особливості конструкції, системи збудження, галузі використання).
49. Магнітоелектричні системи з радіальним і аксіальним магнітними потоками збудження (на прикладі циліндричної і тороїдної плоскої електричних машин).

50. Електрогенератори для вітроелектростанцій (основні вимоги, основні конструктивні варіанти, принцип дії).

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри електромеханіки ФЕА, д.т.н., проф. Шинкаренко В. Ф.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)

Оновлення силябусу:

Оновлено перелік завдань для модульної контрольної роботи, частина 1.

Оновлено конспект лекцій, відповідно до результатів виконання Ініціативної теми

«Генетична організація і еволюція електромеханічних об'єктів з адаптивною геометрією активної зони», д/р № 0120U105525 та Ініціативної теми «Удосконалення існуючих різновидів і спрямований синтез нових конкурентоспроможних електромеханічних дезінтеграторів багатофакторної дії», д/р № 0118U002111

Оновлено перелік літератури.



ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ОНП ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	180 годин / 6 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/МКР
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська/Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. Чумак Вадим Володимирович, тел. 0502083843 Лабораторні роботи: к.т.н. Чумак Вадим Володимирович, тел. 0502083843
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2640

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Електричні машини систем автоматики» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є вивчення студентами 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 систем автоматики, типових математичних методів для розрахунку і їх дослідження, основних характеристик електричних машин систем автоматики.

Предмет навчальної дисципліни – є система властивостей електричних машин систем автоматики – їх конструкція, принцип дії, параметри, характеристики та режими роботи.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК2. Здатність до використання інформаційних та комунікаційних технологій.

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності.

ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК7. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК8. Здатність працювати автономно та в команді.

ФК1. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК3. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК4. Здатність демонструвати знання та розуміння математичних принципів та методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК7. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.

ФК 12. Здатність до виконання дослідно-конструкторських робіт, що передбачають розробку нових та модернізацію існуючих електричних машин та апаратів різного типу і призначення.

ФК 14. Здатність розробляти фізичні й математичні моделі робочих процесів в досліджуваних електричних машинах та апаратах, електричних приводах та системах, розробляти методики та організовувати проведення натурних експериментів з подальшим аналізом отриманих результатів.

ФК 15. Здатність моделювати та досліджувати за допомогою сучасних програмних та апаратних засобів характеристики фізичних (електромагнітних, теплових, вібраційних тощо) полів в електричних машинах і апаратах.

ФК 17. Здатність аналізувати і використовувати отримані результати розробок новітніх типів електричних машин та апаратів для подальшої їх комерціалізації в складі стартап-проектів, у тому числі для продажу ліцензій і трансферу технологій.

ФК 18. Здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних світових науково-технічних досягнень в сфері електричних машин та апаратів та прогноз створення та розвитку нових ефективних технічних рішень.

Програмні результати:

ПРО7. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО9. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

ПРО10. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО 14. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРО 16. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем

ПРО 17. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПР 19. Розв'язувати класичні, комплексні і непередбачувані завдання в галузях електроенергетики, електротехніки та електромеханіки із застосуванням сучасних та інноваційних підходів до їх вирішення

ПР 21. Проводити моніторинг та діагностування електроенергетичного та електромеханічного обладнання і устаткування, встановлювати основні причини виходу з ладу в процесі їх експлуатації.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Значення кредитного модуля «Електричні машини систем автоматики» у підготовці фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня (ОКР) «магістр» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньої програми «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 систем автоматики, типових математичних методів для розрахунку і їх дослідження, основних характеристик електричних машин систем автоматики.

В структурно-логічній схемі навчального плану підготовки фахівців кредитний модуль «Електричні машини систем автоматики» забезпечує зв'язок з кредитними модулями таких спеціальних дисциплін, як «Електричні машини», «Основи автоматизованого проектування електричних машин», «Виробництво та експлуатація електричних машин», «Електричні машини систем автоматики», «Технологія виробництва електричних машин», «Спеціальні електричні машини»..

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль структурно розподілено на 5 розділів, а саме:

1. Електромашинні генератори

Тема 1.1 Огляд та класифікація електричних машин систем автоматики. Специфіка електричних машин систем автоматики. Класифікація електричних машин систем автоматики по роду струму і їх робочим властивостям, застосуванню та виконуваним функціям. Спеціальні вимоги, що пред'являють до електричних машин систем автоматики, специфічні особливості конструкції.

Тема 1.2 Електромашинні генератори (ЕМГ) як елементи систем автоматики. ЕМГ в режимі холостого ходу (математична модель).

Тема 1.3. Вимоги до ЕМГ. Врахування впливу короткозамкнених контурів магнітопроводу машини на динамічний процес. Методи вирішення нелінійних систем. Схеми управління: АУ, ФУ, АФУ. Принцип регулювання швидкості ЕМГ. Особливості параметрів і характеристик.

Тема 1.4. Принцип зворотного зв'язку. Генератор зі змішаним збудженням с додатнім ЗЗ. Вибір значень фазозовуючих елементів К і С для отримання кругового поля в різних режимах. Схеми заміщення та їх параметри. Енергетична діаграма. Розрахунок витрат, $\cos\phi$, моментів, потужностей.

Тема 1.5. Генератор з самозбудженням. Розрахунок перехідного процесу самозбудження Потужність, що споживається на збудження та керування.

2. Інформаційні електричні мікромашини автоматичних пристроїв

Тема 2.1. Отримання передавальної функції та операторного рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами.

Тема 2.2. Функція передачі та перетворення сигналу та функція підсилення потужності сигналу. Електромашинний генератор, як підсилювач потужності.

Тема 2.3. Переваги ЕМУ поперечного поля. Конструкція ЕМУ поперечного поля. Принцип дії і основні співвідношення в ЕМУ поперечного поля. Маркування ЕМУ. Пристрій ЕМУ поперечного поля. Принцип дії і основні співвідношення в ЕМУ поперечного поля. Механізм дії вихрових потоків і гістерезису.

Тема 2.4. Зовнішня характеристика. Режим повної компенсації. Режим перекомпенсації. Робочі характеристики ЕМУ поперечного поля. Характеристика намагнічування феромагнітного матеріалу. Нелінійність типу «зона нечутливості». Динамічний режим роботи ЕМУ поперечного поля.

Тема 2.5. Параметри отриманої перехідної характеристики. Врахування неповної компенсації. Висновки по темі. Аналіз і ступінь достовірності отриманого виразу. Врахування неповної компенсації.

Тема 2.6. Загальні вимоги до електродвигунів систем автоматики. Виконавчий двигун постійного струму (ВДПС). Робочі властивості та характеристики ВДПС при якірному способі керування. Сімейство механічних та регулювальних характеристик. Електричні двигуни – як елементи СА.

3. Синхронні мікродвигуни різних типів для систем автоматики

Тема 3.1. Складання динамічної моделі роботи ВДПС. Визначення характеру перехідного процесу розгону ВДПС. Поняття динамічної ємності. Динамічні властивості двигуна при якірному способі регулювання.

Тема 3.2. Сімейство механічних та регулювальних характеристик ВДПС з полюсним керуванням. Статичні характеристики ВДПС з полюсним керуванням.

Тема 3.3. Складання динамічної моделі роботи ВДПС. Визначення характеру перехідного процесу розгону ВДПС. Динамічні властивості двигуна при полюсному управлінні. Аналіз отриманого виразу.

Тема 3.4. Двигун з дисковим печатним якорем. Основні переваги двигуна з дисковим печатним якорем. Двигун з демпфуючим моментом. Швидкодіючі ІДПТ для систем автоматики

Тема 3.5. Двигуни з гладким якорем. Конструкція машини серії МНГ. НДПТ з порожнистим проволочним якорем.

Тема 3.6. Види та властивості матеріалів постійних магнітів. Конструкції магнітних систем ВДПС з постійними магнітами. Конструкція магнітних систем МПС з постійними магнітами.

Тема 3.7. Особливості проявлення реакції якоря в МЕЗ. Електрична машина з магнітом'якими полюсними наконечниками. Специфіка робочого процесу в ЕМ з магніто-електричною системою. Комутація в машині з постійними магнітами та робоча діаграма.

Тема 3.8. Блок-схема БДПС. Робота принципової спрощеної схеми БДПС нереверсивного двигуна. Безконтактні двигуни постійного струму (БДПС). Блок-схема БДПС

4. Крокові електродвигуни

Тема 4.1. Основні визначення КД. Основні типи схем керування кроковими двигунами. Основні визначення КД. Основні типи схем керування кроковими двигунами.

Тема 4.2. Види комутації КД. Основні типи крокових двигунів. Конструкція РКД. Схема живлення і перемикання обмоток різнополярними імпульсами струмів. Види комутації КД. Основні типи крокових двигунів. Конструкція КДА. Конструкція РКД.

Тема 4.3. Межі стійкого руху ротора крокового двигуна (кордони відсутності збою). Граничний синхронний режим. Характеристика частоти прийомистості КД. Межі стійкого руху ротора крокового двигуна (кордони відсутності збою). Граничний синхронний режим. Характеристика частоти прийомистості КД.

5. Виконавчі мікромашини систем автоматики

Тема 5.1. Конструкція ІГ. Різні конструкції зубцевої зони ІГ. Переваги ІГ. Типи конструкції ІГ по розташуванню обмотки збудження. Переваги ІГ. Різні конструкції ІГ по розташуванню ОЗ.

Тема 5.2. Конструкція, принцип дії багатошвидкісних АД. Обмотки Деландера (схема Деландера).

Тема 5.3. Функції ОТ. Конструкція і функціональна схема ОТ. Конструкція обертових трансформаторів.

Тема 5.4. Основні співвідношення роботи СКОТ. Первинне симетрування обмоток СКОТ. Вторинне симетрування обмоток СКОТ.

Тема 5.5. ЛОТ з первинним симетруванням. Основні параметри та характеристики ЛОТ. Область застосування ЛОТ.

Тема 5.6. Масштабний ОТ. ЛОТ в співвідношенні з МОТ. ОТ в режимі фазообертача.

Тема 5.7. Обмоточні гармоніки ОТ. Обмоточна функція ОТ. Властивості обмотувальної функції. Обмотувальний коефіцієнт для гармоніки. Види похибок ОТ. Інші види обмотувальних функцій застосовувані в ОТ. Похибки обертових трансформаторів.

Тема 5.8. Принцип дії і конструкції СРРД. Конструкції СДПМ. Особливості асинхронного пуску СДПМ.

Тема 5.9. Конструкція, принцип дії гістерезисних двигунів. Область застосування гістерезисних двигунів. Природа гістерезисного моменту. Принцип роботи гістерезисного двигуна. Механічні характеристики ГД.

Тема 5.10. Векторна діаграма і робочі характеристики гістерезисного двигуна. Технічні та експлуатаційні переваги і недоліки гістерезисного двигуна.

Тема 5.11. Конструкція та принцип дії сельсинів, функціональне призначення сельсинів. Однофазні сельсини (мікромашини). Безконтактні сельсини (однофазні). Квазістаціонарний режим.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Коваленко М.А., Цивінський С.С., Коваленко І.Я. Безконтактні магнітоелектричні машини із постійними магнітами: монографія / Чумак В.В., Островерхов М.Я., Тимощук О.Л., Коваленко М.А., Цивінський С.С., Коваленко І.Я. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 210 с.
2. Електричні машини систем автоматики: Безконтактні електричні мікромашини: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, М. А. Коваленко, В. В. Котлярова. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 45 с.
3. Електричні машини систем автоматики: Розрахунок колекторного мікроелектродвигуна постійного струму з порожнистим немагнітним якорем [Електронний ресурс] : навч. посіб.

для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, М. А. Коваленко, В. В. Котлярова. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,23 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 49 с.

4. Електричні машини систем автоматики: Виконавчі електричні мікромашини: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, В. В. Котлярова, Є. М. Дубчак. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,55 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 68 с.

5. Електричні машини систем автоматики: Інформаційні електричні мікромашини: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, В. В. Котлярова, Є. М. Дубчак. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,88 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 90 с.

6. Електричні машини систем автоматики: Розрахунок мікродвигуна постійного струму з постійними магнітами: Курсова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, В. В. Котлярова, М. А. Коваленко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,07 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 47 с.

7. Електричні машини систем автоматики: Спеціальні електричні мікромашини: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, В. В. Котлярова, М. А. Коваленко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,05 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 110 с.

8. Чумак В.В., Коваленко М.А. Електричні машини систем автоматики. Курс лекцій. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, М. А. Коваленко. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 241 с.

Додаткові інформаційні ресурси:

1. Васьковський Ю.М., Гайденок Ю.А., Коваленко М.А. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами: навчальний посібник – К.: “Політехніка”, 2017. - 190 с.

2. Ostroverkhov, M., Chumack, V., Tymoshchuk, O., Kovalenko, M., & Ihnatiuk, Y. (2022). Designing a voltage control system of the magnetoelectric generator with magnetic flux shunting for electric power systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(5 (119), 16–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265861>.

3. Chumak V.V., Kovalenko M.A., Tsivinskiy S.S., Tkachuk I.V., Ponomarev O.I. Mathematical modeling of a Synchronous generator with combined excitation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. №1/5(103). С. 30–36. (ISSN 1729-3774).

4. Chumack, Vadim and Bazenov, Volodymyr and Tymoshchuk, Oksana and Kovalenko, Mykhailo and Tsyvinskyi, Serhii and Kovalenko, Iryna and Tkachuk, Ihor, Voltage stabilization of a controlled autonomous magnetoelectric generator with a magnetic shunt and permanent magnet excitation (December 21, 2021). Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(5 (114), 56–62. (ISSN 1729-3774).
5. Ostroverkhov, M., Chumack, V., Kovalenko, M., & Kovalenko, I. (2022). Development of the control system for taking off the maximum power of an autonomous wind plant with a synchronous magnetoelectric generator. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(2(118), 67–78. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263432>.
6. Ostroverkhov, M., Chumack, V., Falchenko, M., & Kovalenko, M. (2022). Development of control algorithms for magnetoelectric generator with axial magnetic flux and double stator based on mathematical modeling . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(5 (120), 6–17. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267265>.
7. Коваленко І.Я. Чумак В.В., Коваленко М.А. Аналітичний огляд електромеханічних перетворювачів енергії для вітрової енергетики. Екологічні науки. – 2018. – №2(21). – С.36-39.
8. Чумак, В., Коваленко, М., Ткачук, І., & Коваленко, І. (2022). Порівняння синхронних генераторів для автономної бензинової установки. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика, (2 (8), 32–38. <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2022.2.06>. (Фахове видання, Б).
9. Чумак, В., Островерхов, М., Коваленко, М., Головка, В., & Коваленко, І. (2022). Корекція вихідної потужності генератора безмультіплікаторної вітроелектроустановки при дискретних та випадкових значеннях швидкості вітру. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика, (2 (8), 39–46. <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2022.2.07>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Вступ. Огляд та класифікація електричних машин систем автоматики. Специфіка електричних машин систем автоматики. Класифікація електричних машин систем автоматики по роду струму і їх робочим властивостям, застосуванню та виконуваним функціям. Спеціальні вимоги, що пред'являють до електричних машин систем автоматики, специфічні особливості конструкції. Література: [1], с.240-253; [3], с. 110- 122. Електромашинні генератори (ЕМГ) як елементи систем автоматики. ЕМГ в режимі холостого ходу (математична модель). Література: [4], с.253-260, [3], с. 123- 127, [6], с. 12- 17
2	Електромашинні генератори (ЕМГ), продовження. Вимоги до ЕМГ. Врахування впливу короткозамкнених контурів магнітопроводу машини на динамічний процес.

	Методи вирішення нелінійних систем. Схеми управління: АУ, ФУ, АФУ. Принцип регулювання швидкості ЕМГ. Особливості параметрів і характеристик. Література: [2], с.101-187; [3] с. 139-148.
3	Електромагнітна стала часу. Принцип зворотного зв'язку. Генератор зі змішаним збудженням с додатнім 33. Вибір значень фазозсовуючих елементів К і С для отримання кругового поля в різних режимах. Схеми заміщення та їх параметри. Енергетична діаграма. Розрахунок витрат, $\cos\varphi$, моментів, потужностей. Література: [1] с.269-273, [3] с.34-46, [5] с.234-246
4	Генератор з самозбудженням. Генератор з самозбудженням. Розрахунок перехідного процесу самозбудження Потужність, що споживається на збудження та керування. Література: [1] с.269-273, [2] с.84-96, [5] с.247-261 Робота ЕМГ під навантаженням. Отримання передавальної функції та операторного рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами. Література: [1] с.298-310; [2] с.298-310; [4] с. 190-234.
5	ЕМГ як підсилювач потужності. Функція передачі та перетворення сигналу та функція підсилення потужності сигналу. Електромашинний генератор, як підсилювач потужності. Література: [1] с.310-316, [2] с.210-216; [6] с.21-26 ЕМУ поперечного поля. Переваги ЕМУ поперечного поля. Конструкція ЕМУ поперечного поля. Принцип дії і основні співвідношення в ЕМУ поперечного поля. Маркування ЕМУ. Пристрій ЕМУ поперечного поля. Принцип дії і основні співвідношення в ЕМУ поперечного поля. Механізм дії вихрових потоків і гістерезису. Література: [1], с.216-232; [3] с. 231-238
6	Робочі характеристики ЕМУ поперечного поля. Зовнішня характеристика. Режим повної компенсації. Режим перекомпенсації. Робочі характеристики ЕМУ поперечного поля. Характеристика намагнічування феромагнітного матеріалу. Нелінійність типу «зона нечутливості». Динамічний режим роботи ЕМУ поперечного поля. Література: [1], с.324-328; [3], с. 61-65, [4], с. 115-129
7	Аналіз і ступінь достовірності отриманих виразів динамічного режиму роботи ЕМУ поперечного поля. Параметри отриманої перехідної характеристики. Врахування неповної компенсації. Висновки по темі. Аналіз и степені достовірності отриманого виразу. Врахування неповної компенсації. Література: [1], с.328-344; [3], с. 66-73, [4], с. 131-149. Електричні двигуни як елементи систем автоматики. Загальні вимоги до електродвигунів систем автоматики. Виконавчий двигун постійного струму (ВДПС). Робочі властивості та характеристики ВДПС при якірному способі керування. Сімейство механічних та регулювальних характеристик. Електричні двигуни – як елементи СА. Література: [1], с.344-350; [2], с. 76-83, [5], с. 101-109.
8	Динамічні властивості ВДПС при якірному способі регулювання. Складання динамічної моделі роботи ВДПС. Визначення характеру перехідного процесу розгону ВДПС. Поняття динамічної ємності. Динамічні властивості двигуна при якірному способі регулювання. Література: [1], с.28-44; [2], с. 102-113; [4] с. 66-73

9	Динамічні властивості ВДПС при полюсному керуванні. Сімейство механічних та регулювальних характеристик ВДПС з полюсним керуванням. Статичні характеристики ВДПС з полюсним керуванням. Література: [1], с.236-252; [3] с. 240-248; [4] с. 166-173
10	Динамічні властивості ВДПС при полюсному керуванні. Складання динамічної моделі роботи ВДПС. Визначення характеру перехідного процесу розгону ВДПС. Динамічні властивості двигуна при полюсному управлінні. Аналіз отриманого виразу. Література: [1], с.45-54; [2], с. 115-123; [5] с. 176-183 Модульна контрольна робота – 2 години
11	Швидкодіючі ВДПС для систем автоматики. Двигун з дисковим печатним якорем. Основні переваги двигуна з дисковим печатним якорем. Двигун з демпфуючим моментом. Швидкодіючі ІДПТ для систем автоматики. Література: [1], с.55-64; [2], с. 125-133; [5] с. 186-193
12	Електричні машини циліндричними якорями і друкованою обмоткою. Двигуни з гладким якорем. Конструкція машини серії МНГ. НДПТ з порожнистим проволочним якорем. Література: [1], с.65-74; [3], с. 251-263; [4] с. 94-98
13	Магнітоелектричні системи збудження (МЕЗ) ВДПС. Види та властивості матеріалів постійних магнітів. Конструкції магнітних систем ВДПС з постійними магнітами. Конструкція магнітних систем МПС з постійними магнітами. Література: [1], с.75-87; [3], с. 271-283; [4] с. 101-108
14	Специфіка робочого процесу в електричних машинах з МЕЗ. Особливості проявлення реакції якоря в МЕЗ. Електрична машина з магнітом'якими полюсними наконечниками. Специфіка робочого процесу в ЕМ з магніто-електричною системою. Комутація в машині з постійними магнітами та робоча діаграма. Література: [1], с.265-274; [3], с. 271-283; [4] с. 264-278
15	Безконтактні ДПС (БДПС). Блок-схема БДПС. Робота принципової спрощеної схеми БДПС нереверсивного двигуна. Безконтактні двигуни постійного струму(БДПС). Блок-схема БДПС. Література: [1], с.240-253; [3] , с. 110- 122.
16	Крокові двигуни. Основні визначення КД. Основні типи схем керування кроковими двигунами. Основні визначення КД. Основні типи схем керування кроковими двигунами. Література: [1], с.344-350; [2], с. 76-83;[4], с.253-260, [3], с. 123- 127, [6], с. 12- 17
17	Схема живлення і перемикання обмоток різнополярними імпульсами струмів. Види комутації КД Основні типи крокових двигунів. Конструкція РКД. Схема живлення і перемикання обмоток різнополярними імпульсами струмів. Види комутації КД. Основні типи крокових двигунів. Конструкція КДА. Конструкція РКД. Література: [2], с.101-187; [3] с. 139-148
18	Режими роботи КД. Межі стійкого руху ротора крокового двигуна (кордони відсутності збою). Граничний синхронний режим. Характеристика частоти прийомистості КД. Межі стійкого руху ротора крокового двигуна (кордони відсутності збою). Граничний синхронний режим. Характеристика частоти прийомистості КД. Література: [1] с.269-273, [3] с.34-46, [5] с.234-246.
19	Індукторний генератор (ІГ). Конструкція ІГ. Різні конструкції зубцевої зони ІГ. Переваги ІГ. Типи конструкції ІГ по розташуванню обмотки збудження. Переваги ІГ. Різні конструкції ІГ по розташуванню ОЗ.

	<i>Література: [1] с.269-273, [2] с.84-96, [5] с.247-261</i>
20	Полюсоперемикаючі або багатомовідкісні АД. Конструкція, принцип дії багатомовідкісних АД. Обмотки Деландера (схема Деландера). <i>Література: [1] с.298-310; [2] с.298-310; [4] с. 190-234</i> Обертові трансформатори (ОТ). Функції ОТ. Конструкція і функціональна схема ОТ. Конструкція обертових трансформаторів. <i>Література: [1] с.310-316, [2] с.210-216; [6] с.21-26</i>
21	Синусно-косинусний обертовий трансформатор (СКОТ). Основні співвідношення роботи СКОТ. Первинне симетрування обмоток СКОТ. Вторинне симетрування обмоток СКОТ. <i>Література: [1], с.216-232; [3] с. 231-238</i>
22	Лінійний обертовий трансформатор (ЛОТ). ЛОТ з первинним симетруванням. Основні параметри та характеристики ЛОТ. Область застосування ЛОТ. <i>Література: [1], с.324-328; [3], с. 61-65, [4], с. 115-129</i>
23	Обертовий трансформатор в режимі перетворювача координат. Масштабний ОТ. ЛОТ в співвідношенні з МОТ. ОТ в режимі фазообертача. <i>Література: [1], с.328-344; [3], с. 66-73, [4], с. 131-149.</i>
24	Параметри обмоток ОТ. Обмоточні гармоніки ОТ. Обмоточна функція ОТ. Власливості обмотувальної функції. Обмотувальний коефіцієнт для гармоніки. Види похибок ОТ. Інші види обмотувальних функцій застосовувані в ОТ. Похибки обертових трансформаторів. <i>Література: [1], с.45-54; [2], с. 76-83, [5], с. 101-109.</i>
25	Синхронні редукторні реактивні двигуни. Синхронний двигун з постійними магнітами (СДПМ). Принцип дії і конструкції СРРД. Конструкції СДПМ. Особливості асинхронного пуску СДПМ. <i>Література: [2], с. 102-113; [4] с. 66-73.</i>
26	Гістерезисні двигуни. Конструкція, принцип дії гістерезисних двигунів. Область застосування гістерезисних двигунів. Природа гістерезисного моменту. Принцип роботи гістерезисного двигуна. Механічні характеристики ГД. <i>Література: [1], с.236-252; [3] с. 240-248; [4] с. 166-173</i>
27	Робочі характеристики гістерезисного двигуна. Векторна діаграма і робочі характеристики гістерезисного двигуна. Технічні та експлуатаційні переваги і недоліки гістерезисного двигуна. <i>Література: [2], с. 115-123; [5] с. 176-183</i> Модульна контрольна робота – 2 години Сельсини. Конструкція та принцип дії сельсинів, функціональне призначення сельсинів. Однофазні сельсини (мікромашини). Безконтактні сельсини (однофазні). Квазістаціонарний режим. <i>Література: [2], с. 76-83; [4], с. 11- 22; [7], с.14-23; [10], с.4-7.</i>

Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Вступне заняття. Інструктаж по техніці безпеки. Ознайомлення з особливостями приладів та обладнання.

	Лабораторна робота №1. Дослідження уніполярного крокового двигуна на базі мікроконтролера. (4 години) літературні джерела [3, 4] Дистанційний курс «Електричні машини систем автоматики» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2640
2	Лабораторна робота №2. Дослідження безконтактного синхронного генератора з постійними магнітами з аксіальним магнітним потоком в автономному режимі роботи. (4 години) літературні джерела [5, 6] Дистанційний курс «Електричні машини систем автоматики» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2640
3	Лабораторна робота №3. Дослідження поворотного трансформатора. (4 години) літературні джерела [5, 6] Дистанційний курс «Електричні машини систем автоматики» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2640
4	Лабораторна робота №4. Випробування виконавчого двигуна постійного струму. літературні джерела [5, 6] Дистанційний курс «Електричні машини систем автоматики» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2640 Колоквіум із захисту лабораторних робіт.

6. Самостійна робота студента

Розподіл годин на проведення самостійної роботи студентами:

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до проведення аудиторних занять	46
2	Підготовка до проведення лабораторних робіт	20
3	Підготовка до МКР	6
4	Підготовка до екзамену	36
	Усього	108

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях. Виконання КР з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-

диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських наукових конференціях, підготовку наукових статей. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання робіт.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання робіт з дисципліни передбачає нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР впродовж семестру не передбачено; у разі нульового результату/ів написання МКР можливе отримання додаткової задачі з відповідної теми на екзамені;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Електричні машини систем автоматики»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, виконання та захист лабораторних робіт.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів передбачає визначення кількості балів, отриманих студентом під час вивчення дисципліни.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Лабораторні роботи	МКР	R _c	R _{екз}	R
4	36	20	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал — 2. Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях дорівнює: 2 бали*2 = 4 бали.

Критерії оцінювання:

2 бали — повна обґрунтована відповідь,

1 бал — недостатньо обґрунтована відповідь,

0 балів — немає або невірна відповідь.

Модульний контроль

Ваговий бал — 10. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює: 10 балів*2 = 20 балів. Критерії оцінювання:

10 балів - повна обґрунтована відповідь,

7 ... 9 балів - недостатньо обґрунтована відповідь,

4...6 балів - наявність 1- 2 помилок,

2...3 бали - необґрунтована відповідь з помилками.

Робота на лабораторних заняттях

Ваговий бал — 4. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних роботах — 4 бали * 9 = 36 балів.

Ваговий бал — 4.

За кожен лабораторну можна отримати бали згідно наступного рейтингу:

Виконання експериментальної частини роботи, якісна обробка експериментальних даних, оформлення протоколу згідно зі стандартами і повна, обґрунтована відповідь при захисті роботи — 4 бали.

Обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу — 3 бали.

Суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи — 1 ... 2 бали.

Лабораторна робота у цілому незахищена та не відпрацьована — 0 балів.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру (стартовий рейтинг) складає:

$$R_c = 4 + 36 + 20 = 60 \text{ балів.}$$

Екзаменаційна складова шкали складає 40% від R, а саме:

$$R_z = 40 \text{ балів.}$$

Рейтингова шкала з дисципліни складає:

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

Форма семестрового контролю — екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів — зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів — студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену $R_z = 40$ балів.

Рейтинг екзамену $R_z = 33 - 40$ балів — студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності — і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену $R_3 = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $R_3 = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $R_3 \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н. Чумаком В.В.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)

Список оновлень силябусу:

Оновлено список основної та додаткової літератури;

Оновлено тематику лабораторних робіт, в т.ч. додано нові лабораторні роботи («Випробування безконтактного вентильного двигуна постійного струму», «Дослідження асинхронного двигуна при живленні від перетворювача частоти»).



ОСНОВИ ІННОВАЦІЙНОГО СИНТЕЗУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ОНП ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова, цикл професійної підготовки, Блок № 6 (Електричні машини)
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	I курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	150 години / 5 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Диференційний залік/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a0c4718e-21f5-46d5-bdb8-d6ff7eda3a4c
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н. Шинкаренко Василь Федорович, 0662172244 Практичні: д.т.н. Шинкаренко Василь Федорович, 0662172244
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є отримання теоретичних знань, набуття практичних навичок та умінь постановки і розв'язання широкого кола пошукових задач інноваційного спрямування на основі використання системної технології структурного передбачення, методології спрямованого синтезу за умови ефективного використання творчого потенціалу та професійної інтуїції майбутнього спеціаліста.

Предмет навчальної дисципліни постановка пошукових задач інноваційного спрямування та обґрунтування вибору методів їх розв'язання; методи генетичного аналізу стосовно класів задач з розпізнавання генетичної інформації і визначення генетичних операторів синтезу по заданому прототипу електромеханічного перетворювача енергії (ЕМПЕ); генетичні програми для довільних функціональних класів ЕМПЕ, за заданою функцією цілі, або за описом одиничного ЕМ-об'єкта; структурне передбачення на рівні генетичних програм ЕМ-систем; спрямований синтез конкурентоспроможних структур за заданою функцією цілі; інноваційна структура гомологічних класів ЕМПЕ лише по одному структурному представнику ряду; спрямований синтез гібридних і суміщених структурних різновидів ЕМПЕ.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК2. Здатність до використання інформаційних та комунікаційних технологій.

ЗК4. Здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності.

ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК8. Здатність працювати автономно та в команді.

ФК1. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК3. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК7. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.

ФК8. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові акти, норми, правила і стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК10. Здатність демонструвати обізнаність з питань інтелектуальної власності та контрактів в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК 12. Здатність до виконання дослідно-конструкторських робіт, що передбачають розробку нових та модернізацію існуючих електричних машин та апаратів різного типу і призначення.

ФК 17. Здатність аналізувати і використовувати отримані результати розробок новітніх типів електричних машин та апаратів для подальшої їх комерціалізації в складі стартап-проектів, у тому числі для продажу ліцензій і трансферу технологій.

ФК 18. Здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних світових науково-технічних досягнень в сфері електричних машин та апаратів та прогноз створення та розвитку нових ефективних технічних рішень.

Програмні результати:

ПРО1. Відтворювати процеси в електроенергетичних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРО3. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРО9. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

ПРО10. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО11. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземними мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО15. Знати сучасні методи математичного моделювання електричних машин та апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії електромеханічних комплексів.

ПРО 17. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРО 20. Розв'язувати класичні, комплексні і непередбачувані завдання в галузях електроенергетики, електротехніки та електромеханіки із застосуванням сучасних та інноваційних підходів до їх вирішення.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

В структурно-логічній схемі програми підготовки зі спеціальності дисципліна «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» фактично є єдиною дисципліною, яка забезпечує майбутніх спеціалістів високоінтелектуальними методами і навичками

практичного використання новітньої технології структурного передбачення і системних методів інноваційного синтезу нових різновидів і конкурентоспроможних зразків електромеханічних об'єктів (ЕМ-об'єктів). Дисципліна «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем», маючи безпосередній зв'язок з дисципліною «Спеціальні електричні машини», «Моделювання електромеханічних систем», є базовою для студентів, що навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістрів, які обрали магістерські програми навчання: «Генетична систематика електричних машин», «Генетичне передбачення в структурній електромеханіці і створення генетичних банків інновацій», «Інноваційний синтез гібридних електромеханічних систем». Кредитний модуль також використовується при вивченні окремих розділів спеціальної дисципліни «Основи теорії структур електромеханічних систем».

Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **3 розділи**, а саме:

1. Основи структурного передбачення та інноваційного синтезу електромеханічних об'єктів та систем.
2. Інноваційний синтез нових структурних різновидів електричних машин за заданою функцією цілі.
3. Структурне передбачення і інноваційний синтез гібридних і суміщених ЕМПЕ.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

Базові:

1. Освітньо-наукова програма другого (магістерського) рівня вищої освіти з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Режим доступу [https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/141_ONPM_EEEM_2022.pdf]. – Дата останнього відвідування 05.05.2023р.
2. Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", спеціалізації "Електричні машини і апарати" / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. - Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 258 с. українською мовою; Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського Протокол № 10; дата 04.11.2019. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38793>
3. Термінологічний словник зі структурної та генетичної електромеханіки: видання друге, доповнене й уточнене [Електронний ресурс] : довідкове видання для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 118 с. Рекомендовано Вченою радою ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 11 від 29.05.2023 р.) як довідкове видання для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Електричні машини і апарати»
4. Структурне передбачення і спрямований синтез нових різновидів електричних машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник з освітніх компонент «Спеціальні електричні машини. Курсова робота» для здобувачів, які навчаються за ОПП та ОНП другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,41 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 90 с. Рекомендовано Методичною радою

КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 8 від 02.06.2023 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 11 від 29.05.2023 р.). Реєстр. № 22/23-824

5. Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем»
<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309>

Додаткові:

1. Основи наукових досліджень [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізація «Електричні машини і апарати» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 17863 KB). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 184 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38773>
2. V. Shynkarenko, Yu. Kuznetsov, L. Soos, A. Shymanska, V. Kotliarova, P. Krasovskyi The Principle of Hybridization in the Structural Organization and Evolution of Electromechanics Objects, *Strojnícky časopis - Journal of Mechanical Engineering* 72(2)2022:173-188
<https://sciencedirect.com/article/10.2478/scjme-2022-0027>
3. V. Shynkarenko, A. Makki, V. Kotliarova, A. Shymanska, P. Krasovskyi, "Genetic Organization and Evolution of Electromechanical Objects with Adaptive Geometry of Active Zone," *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J.* 5(5), 512-525, 2020
<https://doi.org/10.25046/aj050564>
4. Vasyl Shynkarenko, Ali Makki, Viktoriia Kotliarova and Anna Shymanska Modular Principle in the Structural Organization and Evolution of Electromechanical Objects // *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*
<https://doi.org/10.1109/MEES.2019.8896446>
5. Vasyl Shynkarenko, Ali Makki, Viktoriia Kotliarova and Anna Shymanska Genetic Synthesis of Electromechanical Objects of the Modular Type // *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*
<https://doi.org/10.1109/MEES.2019.8896596>
6. Anna Shymanska, Kateryna Pavlovskaya Principles of hybrid electromechanical structure classes genetic systematics // *International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*
<https://doi.org/10.1109/MEES.2017.8248883>
7. Шинкаренко В.Ф., Монахов Є.А., Чумак В.В., Фетісов В.С. Синтез структури тороїдального генератора з гібридною системою збудження // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*, випуск № 2, 2019. – С. 34 – 40. <http://ees.kdu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/07/3.pdf>
8. Шинкаренко В.Ф. Системність принципів гібридизації в структурній організації і еволюції технічних систем. Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022)», (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.): - Т.1. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – С. 19-20. <https://drive.google.com/file/d/1SMvFI3vGqJvpSCjWOkzHut1dNrFuuGcR/view>

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Місце і значення задач інноваційного синтезу в сучасній електромеханіці. Генетична природа інновацій. Взаємозв'язок генетичної і інноваційної складових в еволюції ЕМ-систем. Проблема пошуку і створення принципово нових електромеханічних об'єктів і систем. літературні джерела: базові [1,2,5]; додаткові [1,2] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
2,3	Задачі синтезу і аналізу, їх взаємозв'язок і порівняльний аналіз. Аналіз методів розв'язання пошукових задач синтезу. Поняття і задачі інноваційного синтезу. Теоретична основа і системна методологія структурного передбачення і інноваційного синтезу. Аналіз інноваційної еволюції в періодичній структурі Генетичної класифікації і в структурі Виду ЕМ-системи. Проблема захисту авторських прав при використанні результатів інноваційного синтезу. літературні джерела: базові [2, 3, 5]; додаткові [2,7] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
4,5	Генетичні програми структуроутворення ЕМ-систем. Місце і значення генетичних програм в біологічній еволюції. Поняття генетичної програми ЕМ-системи. Інформаційні і структурні носії генетичних програм. Рівні подання генетичних програм і їх взаємозв'язок. літературні джерела: базові [2,4]; додаткові [3,4] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
6,7	Електромеханічний об'єкт, як носій інформації про генетичні програми свого класу. Взаємозв'язок генетичних програм з елементним базисом породжувальної системи і технічною еволюцією. Прогностична інформація генетичних програм. Методи визначення генетичних програм на макро- і макрорівнях. Візуалізація і аналіз генетичних програм. Аналогії і відмінності між генетичними програмами біологічних і електромеханічних систем. Наукове, методичне і практичне значення генетичних програм. літературні джерела: базові [2,5]; додаткові [6] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
8,9	Постановка задач структурного передбачення. Теоретичні основи генетичного передбачення. Подвійна генетична природа структурного передбачення. Рівні подання знань в технології передбачення. Класи задач структурного передбачення. Закон гомологічних рядів як методологічна основа технології структурного передбачення. Організація і задачі патентно-інформаційного пошуку і його місце в технології передбачення. літературні джерела: базові [3,4,11]; додаткові [7] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
10,11	Передбачення нових різновидів структур на основі аналізу генетичних програм. Закон гомологічних рядів як методологічна основа технології структурного передбачення. Використання результатів передбачення в задачах інноваційного синтезу ЕМПЕ. літературні джерела: базові [2,5,10]; додаткові [8] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем»

	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
12,13	Інноваційний синтез електромеханічних об'єктів з використанням закону гомологічних рядів. Група топологічних перетворень як математична основа формалізації процедур синтезу. Постановка задачі. Вибір структури-прототипу. Формування цільової функції синтезу. Обґрунтування обмежень на область синтезу. літературні джерела: базові [2,3,5]; додаткові [5] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
14,15	Методи вивертання фігури навиворіт, просторових деформацій та горизонтального перенесення суттєвої інформації. Порівняльний аналіз методів спрямованого синтезу з використанням ЗГР. Способи упорядкованого подання результатів синтезу. Аналіз системних та індивідуальних властивостей синтезованих структур. Визначення структури «ідеальних» і «реальних» гомологічних рядів. Синтез в паралельних гомологічних рядах. Визначення інноваційного потенціалу за результатами синтезу. літературні джерела: базові [2,3,5] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
16,17	Генетичний синтез структур ЕМПЕ за заданою цільовою функцією. Універсальність генетичних принципів синтезу в природних і електромеханічних системах. Методи ідентифікації операторів генетичного синтезу в структурі реальних ЕМПЕ. літературні джерела: базові [2,4] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
18,19	Вихідна інформація і постановка задачі синтезу. Формування цільової функції. Визначення домінуючого виду ЕМПЕ і обґрунтування обмежень. Синтез структури геному популяцій довільних видів електричних машин. Інноваційний синтез інверсних структур ЕМ. Інноваційний синтез багатоелементних (реплікованих) структур. Синтез ізомерних груп. Інноваційний синтез структур ЕМ з використанням оператора кросинговера. Інноваційний синтез генетично мутованих структурних різновидів ЕМПЕ. Візуалізація і аналіз результатів синтезу. літературні джерела: базові [3,5] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
20,21	Інноваційний синтез гібридних і суміщених ЕМПЕ. Принципи структуротворення гібридних структур ЕМПЕ. Основні класи гібридних ЕМПЕ. Розпізнавання об'єктів гібридного типу. Генетичні програми гібридних структур. Внутрішньовидові і внутрішньородові гібриди. літературні джерела: базові [2,3,5] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
22,23	Синтез двійникових гібридів. Синтез гібридів внутрішньовидового рівня. Синтез гомологічних гібридів. Визначення емерджентної функції гібридних структур. Постановка задач синтезу структур ЕМПЕ, суміщених з системами іншої генетичної природи. Критерії міжсистемного синтезу. літературні джерела: базові [2,4] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
24,25	Системне узагальнення і напрями практичного використання результатів передбачення та інноваційного синтезу. Систематизація і аналіз результатів синтезу. Генетичні банки інновацій. Приклади використання інформації генетичних

	банків в інноваційних проектах. літературні джерела: базові [2,5] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
26,27	Напрями практичного використання результатів технології генетичного передбачення і інноваційного синтезу в наукових дослідженнях і в навчальній роботі. Використання отриманих результатів у винахідництві. Метод групового патентування. Проблема захисту авторських прав при використанні результатів інноваційного синтезу. літературні джерела: базові [2,5] Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1,2	Розпізнавання генетичної інформації і ідентифікація генетичних операторів синтезу за заданою структурою-прототипом ЕМ. літературні джерела базові [2,3]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
3,4	Визначення генетичних програм на мікро- і макрорівнях. літературні джерела базові [2, 3]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
5,6	Передбачення і синтез нових різновидів структур на основі результатів розшифровки генетичних програм. літературні джерела базові [2, 3]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
7,8	Інноваційний синтез ЕМ-об'єктів з використанням закону гомологічних рядів. літературні джерела базові [2, 3]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
9,10	Генетичний синтез структур ЕМПЕ за заданою цільовою функцією. Контрольна робота 1. літературні джерела базові [2, 3]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
11,12	Інноваційний синтез гібридних ЕМПЕ. літературні джерела базові [2]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
13,14	Синтез і візуалізація суміщених електромеханічних структур. літературні джерела [2]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
15,16	Розробка генетичного банку інновацій. Контрольна робота 2. літературні джерела базові [2]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем»

	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
17,18	Складання формули і опису на винахід за результатами структурного синтезу. літературні джерела базові [2]; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309

5. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	20
2	Підготовка до МКР	20
6	Підготовка до заліку	20

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських наукових конференціях, підготовку наукових статей.
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: диференційований залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
-----------------	--------

100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- відповіді під час проведення лабораторних занять;
- виконання МКР;
- наукова робота студента

Експрес-опитування на лекціях	Експрес-опитування на л.р.	МКР	Наукова робота студента	Rc	Rзал	R
9	9	42 (20+22)	5	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 0,25.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

0,25 бали * 27 = 9 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1;

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лабораторних заняттях

Ваговий бал – 0,5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

0,5 бал * 18 = 9 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття – 0,2;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 0,25;

Наукова робота студента

За власною ініціативою студент може підготувати доповідь для участі у щорічній факультетській науковій конференції або кафедральному конкурсі “Престиж-електромеханіка”.

Кожен вид вказаної роботи може бути оцінений додатковим балом – 5.

Поточні індивідуальні рейтинги студентів періодично доводяться викладачем до студентів безпосередньо або через старосту групи.

Поточна атестація студентів базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох частин, результати яких враховуються в поточній семестровій атестації студентів. Мета контрольних заходів

полягає у визначенні рівня засвоєння теоретичного матеріалу за відповідними тематичними розділами робочого навчального плану.

Завдання першої та другої контрольних робіт полягають у наступному:

- Генетичний аналіз і синтез нових структурних різновидів ЕМ за заданою функцією цілі.
- Генетичний аналіз і синтез гібридних електромеханічних структур (варіанти завдань наведені в додатку А).

Вагові бали першої та другої КР – 20 та 22 балів відповідно.

Максимальний бал за МКР – $20 + 22 = 42$.

Термін проведення першої КР – 8 тиждів, другої – 18 тиждів семестру.

Критерії оцінювання

- виконання завдання в повному обсязі – 22 та 20 балів за першу та другу контрольну відповідно;
- часткове виконання завдання, наявність незначних помилок – 19-21 та 15-19 балів за першу та другу контрольну відповідно;
- часткове виконання завдання з наявністю грубих помилок – 1-18 та 1-14 балів за першу та другу контрольну відповідно;
- відсутність виконання завдання – 0 балів.

Форма семестрового контролю – диференційний залік

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,2 - 0,39) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 40$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_z \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Додаток А.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

до виконання модульної контрольної роботи

Тематична контрольна робота № 1.

1. За заданим описом електромеханічного об'єкта (видається індивідуально) визначити:

- складові генетичної інформації і генетичний код електромеханічної структури;
- приналежність до відповідного функціонального класу;
- вид просторового руху рухомої частини;

- таксономічний статус об'єкта (видову і родову приналежність);
- генетичну програму ідеального гомологічного ряду;
- генетичну програму геометричного класу;
- генетичний код спорідненого ЕМ-об'єкта в структурі Виду- двійника.

2. З використанням інформації, отриманої за результатами аналізу (п. 1) синтезувати та візуалізувати гомологічну структуру ЕМ-об'єкта, що відрізняється видом просторового руху від заданого. Для синтезованої структури ЕМ-об'єкта вказати:

- контур замикання основного магнітного потоку;
- генетичний код;
- вид просторового руху;
- родову приналежність об'єкта;
- генетичний код спорідненого ЕМ-об'єкта в структурі Виду- двійника.

Тематична контрольна робота № 2.

1. За заданим описом гібридного електромеханічного об'єкта (видається індивідуально) визначити:

- складові генетичної інформації і генетичну формулу гібридної електромеханічної структури;
- класифікаційний статус гібридної структури;
- вид просторового руху рухомої частини;
- генетичну програму ідеального гомологічного ряду;
- генетичну програму геометричного класу;

2. З використанням інформації, отриманої за результатами аналізу (п. 1) синтезувати та візуалізувати гомологічну структуру гібридного ЕМ-об'єкта, що відрізняється видом просторового руху від заданого. Для синтезованої структури ЕМ-об'єкта вказати:

- складові генетичної інформації і генетичну формулу гібридної електромеханічної структури;
- класифікаційний статус гібридної структури;
- вид просторового руху рухомої частини.

Додаток Б.

Перелік контрольних запитань, внесених до програми підсумкового заліку з дисципліни „Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем”

1. В чому полягає проблема синтезу структур в технічних науках ?
2. Які принципи відмінності існують в задачах аналізу і синтезу?
3. Чим зумовлена висока складність задач синтезу?
4. Чим забезпечується спрямованість розв'язання задач генетичного синтезу ?
5. В чому полягає прогностична функція методів генетичного синтезу електромеханічних структур ?
6. Чим забезпечується інноваційна спрямованість задач генетичного і еволюційного синтезу.
7. Яку функцію в задачах структурного синтезу виконує Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля ?
8. Які класи задач підлягають розв'язанню з використанням Генетичної класифікації ?
9. Чим відрізняється генетичний синтез структур від еволюційного?
10. Чим відрізняється структурний синтез від параметричного?
11. Які класи задач підлягають розв'язанню з використанням генетичних моделей видоутворення ЕМ ?
12. Які класи задач підлягають розв'язанню з використанням еволюційних алгоритмів синтезу ?

13. Яка послідовність процедур підлягає виконанню в задачах ідентифікації генетичних операторів синтезу за заданим ЕМ-об'єктом?
14. Яка послідовність процедур підлягає виконанню в задачах визначення області існування функціональних класів ЕМ ?
15. Постановку яких задач можна здійснити на основі відомої області існування ?
16. Які обмеження накладаються на визначення області існування ?
17. Поняття генетичної програми ЕМ-системи і рівні їх подання.
18. В чому полягає інноваційна природа генетичних програм ЕМ-систем?
19. Методика визначення генетичних програм за наявністю опису одного, довільного представника класу ЕМ-систем.
20. Яка теоретична основа визначає технологію генетичного передбачення нових різновидів ЕМ-об'єктів?
21. Рівні і методи структурного передбачення ЕМ-систем.
22. Якими методами можна здійснювати синтез гомологічних структур ЕМ-об'єктів?
23. Які ЕМ-об'єкти синтезуються з використанням оператора реплікації ?
24. Які ЕМ-об'єкти синтезуються з використанням оператора просторової інверсії ?
25. Які електромеханічні об'єкти синтезуються з використанням оператора кросинговеру ?
26. Які ЕМ-об'єкти синтезуються з використанням оператора мутації ?
27. Який структурні різновиди ЕМ можна синтезувати з використанням методу „вивертання фігури навиворіт”?
28. Для яких задач синтезу можна використати метод горизонтального перенесення інформації ?
29. Поняття і структура гібридної ЕМ-системи і її генетична природа.
30. Класифікація гібридних ЕМ-систем.
31. Генетичні програми гібридних класів ЕМ-систем.
32. Методика розпізнавання гібридних ЕМ-систем.
33. Метод синтезу двійникових гібридних ЕМ-об'єктів.
34. Метод синтезу гібридних структур в межах довільного роду ЕМ-систем.
35. В яких задачах інноваційного синтезу доцільно використання методу просторової деформації ?
36. Особливості синтезу складних ЕМ-систем суміщеного типу.
37. Яка методологічна основа лежить в основі постановки і проведення еволюційних експериментів ?
38. Які види еволюційних експериментів використовуються в генетичній електромеханіці?
39. Які моделі і методи лежать в основі синтезу структур-ізомерів?
40. Які класи задач підлягають розв'язанню на основі використання закону гомологічних рядів?
41. Яка інформація зосереджена в генетичних банках інновацій ?
42. Як використати інформацію генетичних банків для розв'язання прикладних задач інноваційного спрямування ?

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри електромеханіки ФЕА, д.т.н., проф. Шинкаренком В. Ф.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 14 від 25.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету І (протокол № 10 від 16.06.2023 р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.



ВИПРОБУВАННЯ, ДІАГНОСТИКА, СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	"Електроенергетика та електромеханіка" (Electric power engineering and electromechanics)
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	I курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	150 годин / 5 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=5704220f-c820-4b25-8a19-b8144821e270
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: к.т.н., доц. Чумак Вадим Володимирович, chumak.kpi@ukr.net , к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович, Fegasusr@gmail.com Лабораторні роботи: к.т.н., доц. Чумак Вадим Володимирович, к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович Практичні заняття: - Комп'ютерні практикуми: -
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=7357

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни "Випробування, діагностика, сервісне обслуговування та оптимізація параметрів і характеристик електричних машин", яка складається з 2-х частин:

ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин" і ч. 2 "Оптимізація параметрів і характеристик електричних машин" складена відповідно до програми магістерської підготовки «освітньо-наукова» за галуззю знань 14 «Електрична інженерія», зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є вивчення студентами сучасних підходів до підвищення рівня функціонування електромеханічних комплексів, освоєння новітньої елементної бази за участі цифрової обчислювальної техніки, електронних цифрових перетворювачів та освоєння методів діагностування основних вузлів всього комплексу в цілому, а також використання сучасних методів автоматизованого проектування електричних машин і вибір прийнятних методів для пошуку оптимального конструктивного рішення.

Вивчення дисципліни дає можливість студенту виявити свої нахили та здібності до науково-дослідної роботи і закладає фундамент для подальшого освоєння практичної діяльності. Вивчення дисципліни дає можливість засвоїти основи для виробничо-технічної, проектно-конструкторської та дослідної діяльності, які далі розвиваються при роботі над магістерською дисертацією.

Предметом навчальної дисципліни «Випробування, діагностика, сервісне обслуговування та оптимізація параметрів і характеристик електричних машин» є електромеханічні перетворювачі енергії, їх параметри, характеристики та принципи підвищення рівня їх функціонування, підвищення надійності роботи шляхом сучасного діагностування, впровадження стратегії ефективних методів планово-попереджувальних ремонтів, а також процес автоматизованого проектування електричних машин різних типів.

Програмні результати навчання:

Студент навчиться сучасним підходам до випробувань електричних машин, діагностики дефектів ізоляції, металу обмоток, електротехнічної сталі; способів та методів визначення та прогнозування пошкоджень, застосовувати елементи автоматизації проектування електричних машин і трансформаторів за допомогою ПЕОМ, складати математичні моделі електричних машин, визначати склад незалежних змінних, системи обмежень і цільової функції (або цільових функцій), вибирати прийнятний метод (методи) пошуку оптимального конструктивного рішення, обирати прийнятний метод (методи) пошуку оптимальних параметрів електричних машин.

Компетенції: Здатність до можливості підвищення рівня функціонування ЕМПЕ та комплексів шляхом заміни на сучасне допоміжне обладнання.

Знання: структури сучасних комплексів на основі ЕМПЕ, оволодіння принципами і методами випробування, діагностування і сервісного обслуговування цих ЕМ комплексів.

Уміння: Виконувати теоретичні і практичні дослідження фізичних процесів електромеханічного перетворення енергії задля діагностики і сервісного обслуговування в різноманітних режимах роботи ЕМПЕ.

Компетентності:

Загальні компетентності:

ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу електромеханічних комплексів та електричних машин.

ЗК 2 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 3 Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій

ЗК 4 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях з електромеханічними комплексами та електричними машинами.

ЗК 9 Здатність працювати автономно та в команді.

ЗК 10 Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

Фахові компетентності спеціальності:

ФК 1 Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК 2 Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК 3 Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК 5 Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК 8 Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК 9 Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК 10 Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати

ФК 12 Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.

ФК 13 Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК 16 Здатність ідентифікувати, одержувати й розміщати необхідні дані, планувати й проводити аналітичні і експериментальні дослідження та моделювання електричних машин і апаратів, критично оцінювати дані й робити висновки.

ФК 17 Здатність моделювати та досліджувати за допомогою сучасних програмних та апаратних засобів електромагнітні поля електричних машин і апаратів.

ФК 18 Здатність ефективно використовувати нові технології в процесі модернізації та реконструкції електричного обладнання, електричних машин та апаратів, електричного транспорту, електричних пристроїв, систем та комплексів.

Програмні результати навчання:

ПРО3. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРО8. Враховувати правові та економічні аспекти наукових досліджень та інноваційної діяльності.

ПРО10. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО13. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

ПРО14. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРО15. Знати сучасні методи математичного моделювання електричних машин і апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії, електромеханічних комплексів.

ПРО16. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем

ПРО18. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами

ПР20. Практично використовувати моделі і методи міждисциплінарного синтезу складних технічних систем з електромеханічними перетворювачами енергії

ПР21. Проводити моніторинг та діагностування електроенергетичного та електромеханічного обладнання і устаткування, встановлювати основні причини виходу з ладу в процесі їх експлуатації.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Міждисциплінарні зв'язки. Дисциплінами, що передують вивченню дисципліни «Випробування, діагностика, сервісне обслуговування та оптимізація параметрів і характеристик електричних машин» та складають її теоретичну базу є: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Основи автоматизованого проектування електричних машин», «Надійність електричних машин». Дисципліна **«Випробування, діагностика, сервісне обслуговування та оптимізація параметрів і характеристик електричних машин»** забезпечує у подальшому вивчення наступної спеціальної дисципліни: «Випробування та сертифікація електричних машин та апаратів»

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **2 кредитних модулі і 12 змістових модулів**, а саме:

До ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин":

1. Нормативні методи випробування електричних машин згідно ДСТУ. Загальні питання випробувань електричних машин та апаратів. Випробування електричних машин.

2. Діагностика тягових двигунів рухомого складу електротранспорту та силових трансформаторів. Діагностика щітково-колекторного вузла тягових двигунів постійного струму. Питання надійності тягових електричних двигунів. Діагностика силових трансформаторів. Діагностика ексцентриситету ротора і нерівномірності повітряного зазору.

3. Діагностика шихтованих магнітопроводів електричних машин. Діагностика магнітопровода вентильного двигуна. Контроль та діагностика сердечників великих ЕМ на електростанціях.

4. Математичні моделі та імовірнісні характеристики для аналізу діагностичних ознак. Використання математичних моделей для вирішення практичних задач діагностики. Класифікація моделей. Властивості математичних моделей. Ієрархія математичних моделей і форми їх представлення. Детерміновані і стохастичні моделі. Основні означення та імовірнісні характеристики стохастичних моделей.

5. Практичний досвід визначення вузлів електричних машин, що підлягають профілактичному, середньому чи капітальному ремонту. Визначення вузлів і деталей, що підлягають діагностиці. Вибір і розробка засобів для діагностування електричних машин. Пошук несправностей електричних машин.

6. Діагностика ізоляції електричних машин. Старіння ізоляції електричних машин. Дефекти та пошкодження ізоляції обмоток електричних машин і апаратів. Визначення терміну служби ізоляції. Пошкодження та дефекти обмоток роторів і якорів електричних машин. Пошук несправностей електричних машин. Знос та пошкодження підшипників електричних машин. Зношення і пошкодження активної стали електричних машин. Знос та пошкодження колекторів, контактних кілець та щіткового механізму електричних машин. Діагностування обмоток електричних машин. Діагностування корпусної і міжфазної ізоляції обмоток електричних машин. Діагностування міжвиткової ізоляції обмоток електричних машин. Прогнозування технічного стану електричних машин.

До ч. 2 "Оптимізація параметрів і характеристик електричних машин":

7. Концепція систем автоматизованого проектування. Основні аспекти створення САПР. Цілі створення і функціонування САПР. Структура і склад САПР.

8. Вступ в сучасні САПР. Основи проектування. Завдання і види САПР. Геометричне моделювання. Параметричне моделювання. 2D CAD «Електронний кульман». 3D CAD (засоби власне проектування). Спеціалізовані CAD. CAE (засоби інженерного аналізу) інженерні розрахунки. CAM (засоби підготовки автоматизованого виробництва). CAPP (засоби планування технологічних процесів) – технологічна підготовка. PDM (засоби керування документооборотом). Електронна документація. PLM (керування життєвим циклом виробу). Спеціальне обладнання. Вибір САПР.

9. Характеристика процесу проектування з позицій його автоматизації. Етапи, з яких складається процес проектування. Основні особливості ЕМП як об'єкта автоматизації проектування. САПР – якісно новий інструмент проектування.

10. Математичні моделі електромеханічних перетворювачів у структурі САПР. Загальні вимоги до математичних моделей ЕМП. Геометрична інтерпретація задачі оптимізації. Математична модель АД. Основа проектування – пошук оптимального рішення.

11. Пошук глобального оптимуму. Пошук глобального оптимуму із застосуванням локальних методів. Пошук глобального оптимуму із застосуванням прямих методів.

12. Пошук локального оптимуму. Вибір форми представлення математичної моделі. Вибір напрямку і кроку при пошуку локального оптимуму. Від математичної моделі до робочого креслення. Алгоритм оптимального проектування асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором з урахуванням вторинних явищ.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Надійність електричних машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник з освітньої компоненти «Надійність електричних машин» до виконання лабораторних робіт для здобувачів, які навчаються за ОПП другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. О. Реуцький, А. А. Шиманська, С. С. Цивінський, В. В. Котлярова. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,43 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 72 с.

2. Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Випробування, діагностика дефектів та сервісне обслуговування електричних машин" для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати», програми магістерської підготовки «освітньо-наукова», «освітньо-професійна», освітнього ступеня магістр/ Уклад.: В.В.Чумак, М.А.Коваленко. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 41 с.

3. Основи автоматизованого проектування електричних машин. Частина 1. Практичні заняття: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Чумак, С.С. Цивінський. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022 - 50 с.

4. Основи автоматизованого проектування електричних машин. Частина 2. Практичні заняття: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,

освітня програма «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М.О. Реуцький, С.С. Цивінський. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022 - 77 с.

5. В.І.Сущук-Слюсаренко, та Р.А.Гадияк, Математична статистика: навчальний посібник для самостійної роботи студентів з дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика». Київ, Україна: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://ela.kpi.ua:8080/bitstream/123456789/11536/1/1.pdf>. Дата звернення 15.01.2023.

Додаткові інформаційні ресурси:

6. Elias G. Strangas, Fault Diagnosis, Prognosis, and Reliability for Electrical Machines and Drives / Elias G. Strangas, Guy Clerc, Hubert Razik, Abdenour Soualhi // Wiley-IEEE Press. – 2021. - 443 p.

7. Reda El Bechari. Optimization and reliability analysis for electrical machines modeled by finite element method. Centrale Lille Institut. - 2020. - 216 p.

8. Титко А.І., Васьковський Ю.М. Наукові основи, методи та засоби діагностування асинхронних електродвигунів. Наш формат, Київ, 2015, 300 с.

9. Є. Г. Худий, і І. І. Пельтек, «Сучасні методи діагностики стану ізоляції електричних машин,» Вестник НТУ «ХПИ»: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика, № 28, с. 549-550, 2010.

10. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Електричні машини». Розділи: «Синхронні машини», «Машини постійного струму» для студентів електромеханічних та електроенергетичних спеціальностей / Укл.: М.О.Реуцький, О.М.Давидов, М.Г.Анпілогов, Є.М.Дубчак. – К.: КПІ, 2007. методкабінет каф. Електромеханіки. сайт INTRANET.

11. Jean-Claude Trigeassou Electrical Machines Diagnosis. - ISTE Ltd, 2011. – 327 p.

12. Електротехніка та електромеханіка систем залізничної автоматики [Текст]: підручник / М.М. Бабаєв, М.Г.Давиденко, Г.І. Загарій, Ю.В. Соболев, В.С. Блиндюк, О.М. Прогонний, О.М. Ананьєва, К.А. Трубочанінова: підручник. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 608 с.

13. Соболев Ю.В. Теорія електричних і магнітних кіл [Текст] / Ю.В.Соболев, М.М.Бабаєв, М.Г.Давиденко, - Харків: ХФВ «Транспорт України». – 2002. 264с.

14. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Електричні машини». Розділи: «Трансформатори», «Асинхронні машини» для студентів електромеханічних та електроенергетичних спеціальностей / Укл.: В.М.Андрієнко, М.Г.Анпілогов, В.Ф.Шинкаренко. – К.: КПІ, 2001. – 53 с. методкабінет каф. Електромеханіки. сайт INTRANET.

15. ДЕКРЕТ КАБІНЕТУ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ (Про стандартизацію і сертифікацію). Із змінами і доповненнями, внесеними Законами України. від 11 червня 1997 року N 333/97-ВР.

16. Проектування електромеханічних перетворювачів енергії. Трансформатори. Основи автоматизованого проектування електричних машин - 1: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати» / О.М. Давидов, С.С. Цивінський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 171 с.

17. Проектування електричних машин: Навч. посібник / Циценков Д.В., Куваєв Ю.В., Іванов О.Б., Бобров О.В. (за ред. проф. Шкрабця Ф.П.) – Дніпро: НТУ "ДП", 2018. – 390 с.

18. Проектування трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненою обмоткою ротора: навч. посібник для студ. електротехн. спеціальностей / В. І. Мілих. – Харків : НТУ «ХПИ», 2009. – 99 с.

19. Наумчук О.М. Основи систем автоматизованого проектування: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. - Рівне: НУВГП, 2008. - 136 с.
20. Лябук М.Н. Розрахунок і конструювання силових трансформаторів. Навчальний посібник / М.Н. Лябук. – Луцьк. РВВ ЛДТУ, 2004. – 198 с.
21. Проблеми ресурсо- та енергозбереження при проектуванні електричних машин та апаратів: Курс лекцій для студентів спеціальності “Електричні машини і апарати” / Уклад. Ю. А. Шумілов. – К.: 2002. – 100 с: ил.
22. Методичні вказівки до курсової роботи з курсу “Проблеми ресурсо- та енергозбереження при проектуванні електричних машин та апаратів” /Уклад. Ю.А. Шумілов, Л.Б. Ракитський. – К.: Політехніка, 2001. – 43 с.
23. Автоматизоване проектування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів : навч. посібник / О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 355 с.
24. Шевченко В. П. Основи автоматизованого проектування електричних машин: Конспект лекцій для студ. спец. “Електричні машини та апарати”, “Електричний транспорт”. — Одеса: Наука і техніка, 2008. — 104 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу до статті:
https://books.google.com.ua/books?id=NdNIRao369kC&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин"
1	<u>Лекція 1</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. НОРМАТИВНІ МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЗГІДНО ДСТУ Тема 1. Загальні питання випробувань електричних машин та апаратів.
2	<u>Лекція 2</u> Тема 2. Випробування електричних машин.
3	<u>Лекція 3</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ДІАГНОСТИКА ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ Тема 3.1. Діагностика щітково-колекторного вузла тягових двигунів постійного струму Тема 3.2. Питання надійності тягових електричних двигунів
4	<u>Лекція 4</u> Тема 4. Діагностика силових трансформаторів. Тема 5. Діагностика ексцентриситету ротора і нерівномірності повітряного зазору

5	<u>Лекція 5</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ДІАГНОСТИКА ШИХТОВАНИХ МАГНІТОПРОВІДІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Тема 6. Діагностика магнітопровода вентильного двигуна. Тема 7. Контроль та діагностика сердечників великих ЕМ на електростанціях.
6	<u>Лекція 6</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ІМОВІРНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК Тема 8.1. Використання математичних моделей для вирішення практичних задач діагностики. Тема 8.2. Класифікація моделей.
7	<u>Лекція 7</u> Тема 8.3. Властивості математичних моделей. Тема 8.4. Ієрархія математичних моделей і форми їх представлення.
8	<u>Лекція 8</u> Тема 8.5. Детерміновані і стохастичні моделі. Тема 9. Основні означення та імовірнісні характеристики стохастичних моделей.
9	<u>Лекція 9</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВИЗНАЧЕННЯ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ПРОФІЛАКТИЧНОМУ, СЕРЕДНЬОМУ ЧИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ Тема 10. Визначення вузлів і деталей, що підлягають діагностиці Тема 11. Вибір і розробка засобів для діагностування електричних машин
10	<u>Лекція 10</u> Тема 12. Пошук несправностей електричних машин
11	<u>Лекція 11</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. ДІАГНОСТИКА ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Тема 13. Старіння ізоляції електричних машин. Дефекти та пошкодження ізоляції обмоток електричних машин і апаратів. Тема 14. Визначення терміну служби ізоляції Тема 15. Пошкодження та дефекти обмоток роторів і якорів електричних машин
12	<u>Лекція 12</u> Тема 16. Пошук несправностей електричних машин. Тема 17.1. Знос та пошкодження підшипників електричних машин Тема 17.2. Зношення і пошкодження активної сталі електричних машин Тема 17.3. Знос та пошкодження колекторів, контактних кілець та щіткового механізму електричних машин.
13	<u>Лекція 13</u>

	Тема 18.1. Діагностування обмоток електричних машин Тема 18.2. Діагностування корпусної і міжфазної ізоляції обмоток електричних машин Тема 18.3. Діагностування міжвиткової ізоляції обмоток електричних машин Тема 18.4. Прогнозування технічного стану електричних машин
ч. 2 "Оптимізація параметрів і характеристик електричних машин":	
14	<u>Лекція 14</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 7. КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ Тема 1. Основні аспекти створення САПР. Визначення основних аспектів створення САПР. Розробка концепції САПР. Тема 2. Цілі створення і функціонування САПР. Визначення цілей створення і функціонування САПР. Класифікація САПР. Тема 3. Структура і склад САПР. Визначення структури і складу САПР. Основні принципи створення САПР. Література: [1-12]
15	<u>Лекція 15</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 8. ВСТУП В СУЧАСНІ САПР Тема 1. Основи проектування. Технічне завдання на НДР і проведення НДР Порядок виконання та ефективність ОКР Тема 2. Завдання і види САПР Класифікація САПР Види забезпечення САПР Тема 3. Геометричне моделювання Каркасне моделювання Поверхневе моделювання Твердотільне моделювання Література: [1-12]
16	<u>Лекція 16</u> Тема 4. Параметричне моделювання

	Таблична параметризація Ієрархічна параметризація Варіаційна (розмірна) параметризація Геометрична параметризація Асоціативне конструювання Об'єктно-орієнтоване конструювання Тема 5. 2D CAD «Електронний кульман» Креслярські інструменти Ієрархія об'єктів Спеціалізовані модулі Клони і аналоги AutoCAD
17	<u>Лекція 17</u> Тема 6. 3D CAD (засоби власне проектування) Редактор деталей Редактор збірок Генератор креслень Системи для промислового дизайну Тема 7. Спеціалізовані CAD AEC CAD - архітектурно-будівельні САПР EDA-проектування електронних пристроїв Геоінформаційні системи
18	<u>Лекція 18</u> Тема 8. CAE (засоби інженерного аналізу) інженерні розрахунки Метод кінцевих елементів Моделювання кінематики Аерогідродинамічні розрахунки Електростатика і електродинаміка Література: [1-12]
19	<u>Лекція 19</u> Тема 9. CAM (засоби підготовки автоматизованого виробництва) G-код CAM-системи Верифікація і оптимізація NC-програм Види обробки Тема 10. CAPP (засоби планування технологічних процесів) – технологічна підготовка Цифрове виробництво

20	<u>Лекція 20</u> Тема 11. PDM (засоби керування документооборотом) Функції PDM Електронне сховище документів Структуризація проекту і класифікатори, класифікація документів Атрибути і система пошуку Розмежування доступу Інтеграції різних CAD-систем
21	<u>Лекція 21</u> Автоматичне відстеження та історія створення і управління змінами Колективна робота над проектом Звіти та експорт інформації Управління нормативно-довідковою інформацією Внутрішня поштова система Передача даних в ERP-системи Література: [1-12]
22	<u>Лекція 22</u> Тема 12. Електронна документація Публікація креслень Публікація тривимірних проектів Технічні ілюстрації Електронні посібники Тема 13. PLM (керування життєвим циклом виробу) Компоненти і складові PLM Головні процеси PLM
23	<u>Лекція 23</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 9. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ З ПОЗИЦІЙ ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ Тема 1. Етапи, з яких складається процес проектування. Тема 2. Основні особливості ЕМП як об'єкта автоматизації проектування. Тема 3. САПР – якісно новий інструмент проектування. Комплекс засобів автоматизації проектування. Література: [9]
24	<u>Лекція 24</u>

	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 10. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У СТРУКТУРІ САПР Тема 1. Загальні вимоги до математичних моделей ЕМП. Формалізація задачі оптимального проектування. Оптимальне рішення. Критерій оптимальності. Література: [9], с.16-19. Тема 2. Геометрична інтерпретація задачі оптимізації. Критерій оптимальності. Границя допустимої області. Метод згортки критеріїв оптимальності. Література: [9], с.19-22
25	<u>Лекція 25</u> Тема 3. Математична модель АД. Критерії оптимальності асинхронних двигунів. Порядок визначення складу змінних, що варіюються відносно АД. Обмеження, що накладаються в процесі оптимізації АД. Література: [9], с.23-27. Тема 4. Основа проектування – пошук оптимального рішення. Мета задачі оптимального проектування. Глобальний мінімум. Локальний мінімум функції. Впорядкування критеріїв із введенням допустимих відхилень. Література: [9], с.27-31.
26	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 11. ПОШУК ГЛОБАЛЬНОГО ОПТИМУМУ Загальна характеристика. Тема 1. 4.1 Пошук глобального оптимуму із застосуванням локальних методів. Поняття “градієнт і гесіан критерію оптимальності”. 4.1.1 Визначення області притягання знайдених локальних оптимумів. 4.1.2 Формування початкових точок пошуку локальних оптимумів, розташованих поза областю притягання вже знайдених локальних оптимумів. Література: [9], с.33-41. Завдання на СРС: Загальна схема пошуку глобального оптимуму Література: [9], с.35. Тема 2. 4.2 Пошук глобального оптимуму із застосуванням прямих методів. Загальна характеристика прямих методів. 4.2.1 Незалежний випадковий пошук (метод Монте-Карло). 4.2.2 Багатоетапний пошук методом випадкових проб. Література: [9], с.41-47

	Завдання на СРС: 4.2.3 Генетичний алгоритм оптимізації Література: [9], с.47-48
27	<u>Лекція 27</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 12. ПОШУК ЛОКАЛЬНОГО ОПТИМУМУ Загальна характеристика локальних методів. Тема 1. 5.1 Вибір форми представлення математичної моделі. метод 1. Проекційний градієнтний метод. метод 2. Метод штрафних функцій. метод 3. Метод бар'єрних функцій. Література: [9], с.48-53. Завдання на СРС: Більш детальне вивчення методів пошуку оптимуму. Тема 2. 5.2 Вибір напрямку і кроку при пошуку локального оптимуму. 1) Прямі методи (на початку пошуку) метод 1. Метод найкращої проби. метод 2. Метод конфігурацій. метод 3. Локальний випадковий метод. метод 4. Регулярний проекційний градієнтний метод. метод 5. Метод змінної метрики. Література: [9], с.53-60. Завдання на СРС: Більш детальне вивчення методів пошуку оптимуму. Інші методи пошуку оптимуму. Метод золотого перерізу. Література: [9], с. 60.

Лабораторні роботи

№ з/п	Назва лабораторної роботи
для ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин":	
1	Лабораторна робота №1. Діагностування ушкоджень білячої клітки роторів асинхронних двигунів (4 години)
2	Лабораторна робота № 2. Використання параметрів пуску асинхронного двигуна для розрахунку кількісних діагностичних ознак наявності ушкоджених стержнів білячої клітки ротора (4 години)
3	Лабораторна робота № 3. Аналіз квазісталого процесу обертання короткозамкненого ротора асинхронного двигуна з метою отримання сигналу датчика вібрації (4 години)
4	Лабораторна робота № 4. Випробування синхронного генератора з постійними магнітами з метою перевірки правильності їх збірки (4 години)
для ч. 2 "Оптимізація параметрів і характеристик електричних машин":	
5	Лабораторна робота № 5. Аналіз процесу роботи асинхронного генератора з ушкодженими стержнями білячої клітки ротора з метою сервісного обслуговування в міжремонтний період (4 години)

6	Лабораторна робота № 6. Оптимізація зубцево-пазової зони асинхронного двигуна в процесі планово-попереджувальних ремонтів (4 години)
7	Лабораторна робота № 7. Визначення методів ремонту ушкодженої лапи асинхронного двигуна (4 години)
8	Лабораторна робота № 8. Визначення методів заміни крильчатки асинхронного двигуна (4 години)

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
для ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин":		
1	Оцінка енергетичних параметрів ЕМПЕ. Електромагнітна діагностика електродвигунів насосів і компресорів технологічних агрегатів. Література [1,2]	2
2	Аналіз показників якості мережі живлення ЕМПЕ. Література [2].	2
3	Вимір опорів обмоток статора та ротора. Діагностика головної ізоляції електричних машин. Література [2].	2
4	Діагностика міжвиткової ізоляції електричних машин. Література [2]	2
5	Діагностика міжлистової ізоляції магнітопроводів електричних машин. Література [2]	2
6	Енергетичні показники ЕМПЕ та їх характеристики. Література [8].	2
7	Аналіз структури сучасного ЕМ-комплексу на основі існуючих прикладів. Література [2]	1
8	Виявлення основних складових що впливають на ефективність та надійність функціонування ЕМПЕ. Література [2,5].	1
9	Теоретичні та практичні засоби для оптимізації ЕМПЕ. Література [2,5]	1
10	Визначення якості основних вузлів електромеханічних комплексів по фактичному стану. Література [7].	1
11	Прогнозування остаточного ресурсу елементів електромеханічних комплексів. Література [2, 7].	1
12	Визначення необхідності профілактичного, середнього або капітального ремонту. Література [1,6]	1
13	Моделі прогнозування остаточного ресурсу елементів електромеханічних комплексів. Прогнозування остаточного ресурсу ЕМП та комплексів на їх основі. Література [3, 8].	2
для ч. 2 "Оптимізація параметрів і характеристик електричних машин":		
1	Завдання для СРС 1. Тема 6. 3D CAD (засоби власне проектування).	2
2	Завдання для СРС 2. Тема 8. САЕ (засоби інженерного аналізу) інженерні розрахунки.	2
3	Підготовка до домашньої контрольної роботи	6
4	Завдання для СРС 3. Тема 3. САПР – якісно новий інструмент проектування.	2

5	Завдання для СРС 4. Тема 1. Пошук глобального оптимуму із застосуванням локальних методів	2
6	Завдання для СРС 5. Тема 2. Пошук глобального оптимуму із застосуванням прямих методів.	2
7	Завдання для СРС 6. Тема 1. Вибір форми представлення математичної моделі	4
8	Завдання для СРС 7. Тема 2. Вибір напрямку і кроку при пошуку локального оптимуму	4
9	Підготовка до модульної контрольної роботи	6
10	Підготовка до екзамену	36

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-дискі викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни **«Випробування, діагностика, сервісне обслуговування та оптимізація параметрів і характеристик електричних машин»**;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: написання МКР, ДКР, реферата, виконання лабораторних робіт

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: набрати стартовий рейтинг РС не менше 40 балів з 60 балів, виконати і захистити всі лабораторні роботи з даної дисципліни, написати МКР, ДКР, і доповісти за рефератом.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

При семестровому контролі у вигляді заліку результати навчальної діяльності студента за семестр оцінюються зі 100 балів без врахування результату залікової контрольної роботи.

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів і складається з балів, що студент протягом семестру отримує за:

1. Написання модульної контрольної роботи: 10 балів
2. Написання розрахункової роботи: 10 балів
3. Виконання та захист 8 лабораторних робіт: 80 балів;
4. Відповідь на заліку (у випадку перездачі) – 40 балів.

Критерії нарахування балів:

1. Результати написання модульної контрольної роботи: 10 балів.

Інформація про структуру МКР:
За повністю правильно написану МКР 10 балів
В білеті 3 питання: по 4+4+2 бали
1 і 2 питання - складне питання або питання середньої складності – по 4 бали.
3 питання – просте питання - 2 бали.
В одному простому питанні може бути декілька простих запитань.
Для зарахування МКР необхідно її написати на 60% і більше від максимальної кількості балів за МКР.

Студент має можливість переписувати МКР достатню кількість разів, доки не напише МКР на достатню кількість балів.

2. Виконання та захист 8 лабораторних робіт: 80 балів;

- За л.р. 1-8 по 10 балів кожна л.р.
- по 10 балів — повне виконання і захист кожної л.р.
 - по 0...9 балів — часткове виконання л.р.

3. Написання розрахункової роботи: 10 балів;

- 10 балів — повне виконання РР.
- 0...9 балів — неповне виконання РР.

Умови отримання першої атестації:	набрано 50% (15 б) з того, що можна набрати (30 б): зроблено і захищено л.р. 1, 2, 3: 30 б
Умови отримання другої атестації:	набрано 50% (40 б) з того, що можна набрати (80 б): - написано МКР на оцінку не менше 6 б: 10 б - написано РР на оцінку не менше 6 б: 10 б - зроблено і захищено л.р. 1-6: 60 б
Штрафні та заохочувальні бали: - активна участь у виконанні практичних занять: + 1...5 балів; - За часткове виконання або несвоєчасність написання МКР і виконання лабораторних робіт зменшується кількість балів за них. Зокрема, МКР має бути написана до моменту проведення проміжного семестрового контролю (2-ї атестації), а всі завдання з практичних занять мають бути виконані до заліку. При їх виконанні після заліку бали за них зменшуються. - Сумарна кількість як штрафних, так і заохочувальних балів не повинна перевищувати $0,1R_C = 6$ балів (для РСО-2, екзамен) або $0,1R = 10$ балів (для РСО-1, залік).	
Критерії допуску студентів до заліку:	- набрати стартовий рейтинг R_C не менше 40 балів зі 100 балів; - виконати усі проміжні етапи.
Проведення заліку з дисципліни: Якщо сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, більше 60 балів, то 1) він отримує залікову оцінку (залік) так званим “автоматом” відповідно до набраного рейтингу і його оцінка переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Студентам, які протягом семестру набрали більш ніж 60 балів, надається можливість виконувати залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки: 2) рейтинг студента повністю скасовується і він пише залікову роботу, бали за яку складають 100 балів. 2.1) Якщо студент на заліку набрав більше 60 балів, то він може вибрати найбільший з результатів. 2.2) якщо студент на заліку набрав менше 60 балів, такий результат такого заліку скасовується і він може повернутися до своїх набраних попередньо балів. 3) рейтинг студента не скасовується і він пише залікову роботу, бали за яку складають різницю між 100 балами і тим, що студент набрав впродовж семестру (наприклад, студент набрав 65 балів, то максимум за залік він може набрати 35 балів). При цьому в заліку зберігається кількість питань, а оцінка за залік пропорційно зменшується. У цьому разі бали, отримані ним на заліковій контрольній роботі, є остаточними. Якщо сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, менше 60 балів, то студент “надолужує” бали переписуванням конспекту допоки не набере 60 або більше балів.	

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу, в білеті 3 теоретичних питання по 13,4 балів кожне.

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи

Кожне запитання (завдання) оцінюється у 13,4 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 13,4-11 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 10-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 7-6 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Оцінка автоматом виставляється бо з дисципліни залік (PCO-1).

Сума балів, отриманих протягом семестру та/або балів за залікову контрольну роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

для ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин":

1. Оцінка енергетичних параметрів ЕМПЕ.
2. Електромагнітна діагностика електродвигунів насосів і компресорів технологічних агрегатів.
3. Аналіз показників якості мережі живлення ЕМПЕ.
4. Вимір опорів обмоток статора та ротора.
5. Діагностика головної ізоляції електричних машин.
6. Діагностика міжвиткової ізоляції електричних машин.
7. Діагностика міжлистової ізоляції магнітопроводів електричних машин.
8. Енергетичні показники ЕМПЕ та їх характеристики.
9. Аналіз структури сучасного ЕМ-комплексу на основі існуючих прикладів.
10. Виявлення основних складових що впливають на ефективність та надійність функціонування ЕМПЕ.
11. Теоретичні та практичні засоби для оптимізації ЕМПЕ.

для ч. 2 "Оптимізація параметрів і характеристик електричних машин":

1. Що включає концептуальна структура САПР.
2. Перелічіть принципи створення САПР.
3. Засоби, якими досягається виконання цілей створення САПР.
4. Цілі створення САПР в областях народного господарства.
5. З яких етапів складається процес проектування?
6. З чого складається попереднє проектування?
7. Що включає опис об'єкта, що формується на стадії попереднього проектування?
8. Що входить в технологічний аспект САПР.
9. Класифікація САПР по класу обчислювальних засобів, що використовуються (по Глушкову).

10. З чого складається комплекс засобів автоматизації проектування
11. Нарисуйте блок-схему «Взаємозв'язки проектних рішень»
12. Нарисуйте блок-схему «Форми моделей ЕМП»
13. Впорядкування критеріїв із введенням допустимих відхилень. (поясніть суть такого підходу).
14. Які труднощі можуть виникнути на шляху побудови більш точної формальної моделі процесу проектування?
15. За якою схемою може бути побудований алгоритм пошуку глобального оптимуму?
16. Загальна характеристика прямих методів.
17. В яких випадках рекомендується застосовувати метод випадкових проб?
18. Якими особливостями характеризуються прямі методи?
19. Метод згортки критеріїв оптимальності.
20. Коротко охарактеризуйте методи пошуку глобального і локального оптимуму:
 1. Незалежний випадковий пошук. Його переваги і недоліки.
 2. В яких випадках рекомендується застосовувати метод випадкових проб?
 3. Детермінований аналог методу випадкових проб – ЛП-пошук.
 4. Багатоетапний пошук методом випадкових проб.
 5. Метод штрафних функцій.
 6. Метод бар'єрних функцій.
 7. Метод найкращої проби.
 8. Метод конфігурацій.
 9. Аналог методу конфігурацій - локальний випадковий метод.
 10. Градієнтні методи
 11. Методи змінної метрики

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020
ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ім. Ігоря Сікорського РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц., к.т.н. Чумаком В.В., доц., к.т.н. Гераскіним О. А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)



Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ОНП ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 2 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>210 годин / 7 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. Коваленко Михайло Анатолійович, 0676563651</i> ст. викл. Котлярова Вікторія Володимирівна 0509952028 Практичні: <i>к.т.н. Коваленко Михайло Анатолійович, 0676563651</i> ст. викл. Котлярова Вікторія Володимирівна 0509952028
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6747</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» складена відповідно до закладу по підготовці фахівців з галузі знань 14 «Електрична інженерія» по спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціалізацією «Електричні машини і апарати» освітньо - кваліфікаційних рівнів магістр науковець та магістр професіонал.

Навчальна дисципліна належить до циклу вибірових навчальних дисциплін.

Метою навчальної дисципліни є орієнтація студентів у сучасних застосуваннях виробничих комплексів щодо найбільш поширених електротехнологій, як механічних, так і електрофізикохімічних; визначити основні функціональні ролі енергетичної, регулювальної, керувальної та захисної систем, а також застосованих в них електричних машин та апаратів.

Предмет навчальної дисципліни – є система властивостей та особливості використання електромеханічних перетворювачів енергії у сучасних виробничих електромеханічних комплексах.

Програмні компетентності:

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Фахові компетентності:

ФК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

Програмні результати навчання:

ПРО2. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРО3. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПР16. Дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності в освітній та науковій діяльності.

Знання: загальних систем, якими характеризується узагальнений технологічний процес; систем керування та захисту комплексів.

Уміння: вибору необхідного електромеханічного обладнання; аналізувати можливі шляхи для енергозбереження; оцінки якості проекту.

Досвід: аналіз складових електромеханічного комплексу на конкретному прикладі.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: вища математика, фізика, теоретичні основи електротехніки, електричні машини. Дисципліна „**Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації**”, використовуючи відомі закони електротехніки, створює методику розрахунків та вибору та аналізу виробничих комплексів, їх модернізацію з врахуванням сучасних вимог до енергоефективності. Зміст кредитного модуля містить загальні вимоги до сучасних електромеханічних комплексів, узагальнені види технологій та їх складові, що повинно відноситись до компетенції спеціаліста інженера – електромеханіка та інженера-дослідника, вибір з урахуванням вимог експлуатації джерел традиційних новітніх технологій.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно складається з 5 розділів, а саме:

- 1. Вступ, узагальнені моделі виробничих електромеханічних комплексів**, до якого ввійшли питання про типові технології виробництва; Синтез типових функціональних систем у багаторівневій структурі виробничих електромеханічних комплексів; Узагальнені вимоги до роботи виробничих електромеханічних комплексів.
- 2. Основне електромеханічне енергетичне устаткування для механічних технологій технологій**, до якого ввійшли питання про особливості використання виробничих первинних джерел електричної енергії; Виробничі електромеханічні автономні спеціалізовані джерела механічної енергії; Електричні двигуни для механізмів періодичної та безперервної дії; Виробничі мікромашинні комплекси; Електричні двигуни спеціального технологічного призначення; Використання електричних двигунів сучасних конструкцій.
- 3. Основне електромеханічне енергетичне устаткування для електрофізико хімічних технологій**, до якого ввійшли питання про виробничі електромеханічні автономні спеціалізовані джерела електричної енергії; Електроенерго-перетворювальні пристрої термічних технологій; Електромеханічні енергоперетворювачі для електрозварювальних технологій; Енергоперетворювальні пристрої для розмірної обробки матеріалів; Енергоперетворювальні пристрої для аерозольних та електрохімічних технологій.
- 4. Електричні апарати систем регулювання виробничих електромеханічних комплексів**, до якого ввійшли питання про узагальнений аналіз методів регулювання виробничих електромеханічних комплексів; Узагальнений аналіз проявів перехідних процесів при регулюванні виробничих статичних електромеханічних комплексів; Узагальнений аналіз проявів перехідних процесів при регулюванні виробничих динамічних електромеханічних

комплексів; Електричні апарати комутації в електроенергетичних каналах; Електричні апарати регулювання в електроенергетичних каналах; Електричні апарати регулювання у механічних енергетичних каналах.

5. **Електричні апарати системи керування роботою виробничих електромеханічних комплексів**, до якого ввійшли питання про узагальнений аналіз систем та методів керування роботою виробничих електромеханічних комплексів; Електричні датчики сигналів у системах автоматичного керування; Виконавчі та захисні пристрої у системах автоматичного керування; Узагальнений аналіз властивостей виконавчих двигунів змінного та постійного струмів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Виробничі електромеханічні комплекси: практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, М. А. Коваленко, С. С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 76.83 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 55 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) — за поданням Вченої ради ФЕА (протокол № 10 від 20.06.2022 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48888>
2. Дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741>
3. Павленко Т. П. Системи електропостачання в електромехатронних комплексах : конспект лекцій для підготовки магістрів за освітньо-науковою програмою спеціальності 141 – Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка фахового спрямування / Т. П. Павленко, Н. П. Лукашова, В. М. Шавкун ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 84 с.
4. Середа О. Г. Теоретичні основи розвитку цифрових технологій в системах автоматизації, діагностики, контролю та захисту електротехнічних комплексів [Електронний ресурс] : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.09.03 : галузь знань 14 / Олександр Григорійович Середа ; наук. консультант Шевченко С. Ю. ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2021. – 320 с.

Додаткові:

1. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації – 2. Виробничі комплекси» / Чумак В.В., Коваленко М.А. // Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 53 с.
2. Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації: Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати» денної форми навчання. Укл. М. О. Реуцький. - К.; НТУУ «КПІ», 2013 -...с. Укр. мовою.
3. Красніков В.М., Новіков А.В. Електромеханіка.- К., Вища школа, 1994р. Красніков В.М. Електромеханіка промислових комплексів - К., НКМВО, 1991р. Інформаційно-методичні видання.
4. Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах : електронний конспект лекцій комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Тептя, В. В. Кулик. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 183 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Предмет та задачі курсу. Типові технології виробництв широкого профілю. Типові технології виробництв широкого профілю та особливості їх сучасного розвитку. Синтез типових функціональних систем у багаторівневій структурі виробничих електромеханічних комплексів. літературні джерела: [1, с. 15-31]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
2	Вимоги до роботи ВЕМК. Узагальнені вимоги до роботи виробничих електромеханічних комплексів. літературні джерела [1, с. 32-40]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
3	Первинні джерела електроенергії. Особливості використання виробничих первинних джерел електричної енергії. літературні джерела [1,с. 41-50]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
4	Джерела механічної енергії. Виробничі електромеханічні автономні спеціалізовані джерела механічної енергії. літературні джерела [1, с. 51-57]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
5	Електричні двигуни. Електричні двигуни для механізмів періодичної та безперервної дії. літературні джерела [1, с.58-68]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 5 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
6	Мікромашинні ВЕМК. Виробничі мікромашинні комплекси. літературні джерела [1, с.69-83]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
7	Спеціальні електричні двигуни. Електричні двигуни спеціального технологічного призначення. літературні джерела [1, с.84, 93]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 7 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
8	Сучасні електричні двигуни. Використання електричних двигунів сучасних конструкцій. літературні джерела [1, с.94-99]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
9	Виробничі електромеханічні автономні спеціалізовані джерела електричної енергії. Автономні джерела електричної енергії. Електроенергоперетворювальні пристрої для термічних технологій. ЕМО для термічних технологій. літературні джерела [1, с. 100...110, с.111..114].

	дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 9 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
10	Електромеханічні енергоперетворювачі для електрозварювальних технологій. ЕМО для електрозварювання. Енергоперетворювальні пристрої для розмірної обробки матеріалів. Електрофізикохімічна розмірна обробка матеріалів. Енергоперетворювальні пристрої для електроаерозольних та електрохімічних технологій. Електроаерозольні та електрохімічні технології. літературні джерела [1, с. 115...119, с. 120...124, с.125...128]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 10 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
11	Узагальнений аналіз методів регулювання виробничих електромеханічних комплексів. Методи регулювання ВЕМК. літературні джерела [1, с. 129...141]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 11 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
12	Узагальнений аналіз проявів перехідних процесів при регулюванні виробничих статичних електромеханічних комплексів. Регулювання статичних ВЕМК. Узагальнений аналіз проявів перехідних процесів при регулюванні виробничих динамічних електромеханічних комплексів. Регулювання динамічних ВЕМК. літературні джерела [1, с. 142...170]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 12 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
13	Електричні апарати регулювання в електроенергетичних каналах. Лекція 13. Регулятори в колах електричної енергії. Електричні апарати регулювання у механічних енергетичних каналах. Електромагнітні муфти. літературні джерела [1, с.171 – 182]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 13 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
14	Узагальнений аналіз систем та методів керування роботою виробничих електромеханічних комплексів. Методи керування ВЕМК. літературні джерела [1, с.183 – 199]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 14 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
15	Виконавчі та захисні пристрої у системах автоматичного керування. Електричні апарати захисту ВЕМК. літературні джерела [1, с.200 – 208]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
16	Узагальнений аналіз властивостей виконавчих двигунів змінного та постійного струмів. Основні властивості виконавчих двигунів. літературні джерела [1, с. 209 – 222]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 16 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
17	Електричні апарати дистанційної передачі інформації про рух контрольованого об'єкту. Інформаційні електричні апарати.

	літературні джерела [1, с. 223 – 230]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 17 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
18	Електричні датчики сигналів у системах автоматичного керування. Електричні датчики. літературні джерела [1, с. 215 – 219]. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 18 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
19	Енергетичні системи електромеханічних комплексів. Пошук потенційних ресурсних можливостей для більш економічного використання електричної енергії при експлуатації електричних машин та трансформаторів. Схеми нерегульованих виробничих електромеханічних та електрофізикохімічних комплексів. Шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу в нерегульованому електромеханічному комплексі. Вдосконалення вибору двигуна, перехід на енергозберігаюче електрообладнання, оцінка характеристик двигунів та їх теплового стану. Літературні джерела: [1] с. 15-17; [2] с. 13-15; с. 10-18; [4, 6]; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 19 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
20	Регульовані системи електромеханічних комплексів. Схеми регульованого електромеханічного комплексу. Системи керування ЕМК та система контролю. Шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу в регульованому електромеханічному комплексі. Усунення проміжних передач. Застосування групового, одиночного або багатодвигунного приводу. Збільшення ефективності виконання технологічних процесів. Вибір раціональних режимів роботи електрообладнання. Покращення якості електроенергії. Літературні джерела: [1] с. 99-115; с. 118-131; [2] с. 46-80; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Пошук електромеханічного комплексу для виконання індивідуального завдання. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 20 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
21	Вибір апаратури регулювання і захисту. Класифікація електричних апаратів. Пускові, комутаційні та захисні. Вибір електроапаратів за призначенням для конкретних умов експлуатації. Вибір основних енергозберігаючих об'єктів. Основні джерела втрат активної потужності. Типові структури промислових виробництв. Загальна модель енергоспоживання в виробництві. Літературні джерела: [1] с. 18-24; [9] с. 7-31; [4] с. 99-137; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Вибір апаратури регулювання та захисту для ЕМК індивідуального завдання. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 21 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
22	Умови створення енергозберігаючих моделей. Пошук можливостей та методів максимального зменшення втрат електроенергії. Структури енергетичних каналів та втрат в них. Схеми заміщення енергетичних об'єктів. Графіки навантаження. Літературні джерела: [1] с. 18-24; с. 41-47; [2] с. 13-21; [7] с. 111-117; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Пошук шляхів зниження енергоємності ЕМК з індивідуального завдання.

	дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 22 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
23	Регулювання навантаження трансформаторів. Коефіцієнт навантаження та коефіцієнт корисної дії трансформаторів. Регулювання чисто активного навантаження. Схема заміщення трансформатора при чисто активному навантаженні. Літературні джерела: [1] с. 47-50; [2] с. 135-137; [7] с. 117-121; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Умови максимуму ККД. Залежність ККД від виду навантаження. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 23 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
24	Втрати активної потужності та ККД трансформаторів. Нерегульований та регульований режим експлуатації трансформаторів. Постійні та змінні втрати. Умови максимуму ККД трансформаторів та шляхи зменшення та перерозподілу втрат. Літературні джерела: [1] с. 18-24; с. 41-47; [2] с. 13-21; [7] с. 111-117; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Вибір джерела живлення ЕМК для індивідуального завдання. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 24 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
25	Вплив реактивних струмів на властивості трансформатора. Вплив реактивних струмів на ККД трансформаторів. Втрати активної потужності в обмотках трансформаторів при наявності реактивних струмів. Умови максимуму ККД при наявності реактивних струмів. Літературні джерела: [1] с. 41-47; [7] с. 115-117; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Шляхи зменшення споживання реактивних струмів. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 25 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
26	Ефективність компенсації реактивної потужності в трансформаторах. Залежності втрат потужності в трансформаторах від рівня та характеру навантаження. Розрахунок втрат при наявності та відсутності засобів компенсації реактивної потужності. Повздовжня та поперечна компенсація. Літературні джерела: [1] с. 24-27; [7] с. 121-122; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Пошук шляхів компенсації реактивних струмів. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 26 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
27	Регулювання первинної напруги трансформаторів. Аналіз властивостей трансформатора при регулюванні напруги та чисто активному навантаженні. Втрати потужності в сталі та в обмотках. Умови мінімальних втрат потужності в трансформаторі при регулюванні напруги. Закон регулювання напруги в залежності від коефіцієнта навантаження та параметрів трансформатора. Літературні джерела: [1] с. 18-24; с. 41-47; [2] с. 13-21; [7] с. 111-117; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Способи регулювання напруги енергетичних об'єктів під навантаженням.. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 27 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
28	Оцінка ефективності регулювання виробничих трансформаторів. Трансформатори з одно факторним, двох факторним та трьох факторним регулюванням з компенсацією

	споживання реактивної потужності. Впровадження групових методів експлуатації трансформаторів. Літературні джерела: [1] с. 27-31; [7] с. 122-123; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Оптимізація режимів навантаження та включення на паралельну роботу трансформаторів. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 28 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
29	Особливості експлуатації асинхронних двигунів. Вибір асинхронних двигунів та їх вплив на надійність технологічного процесу в залежності від режиму роботи. Шляхи зменшення втрат в АД та їх економічна доцільність. Перехідні процеси при роботі АД та їх вплив на енергетичні показники. Розрахунок потужності та вибір електродвигунів. Головні вимоги при виборі електродвигуна. Перевірка двигуна за умовами пуску та за умовами перегріву. Врахування виду та режиму навантаження. Літературні джерела: [1] с. 18-24; с. 41-47; [2] с. 13-21; [7] с. 111-117; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Розрахунок необхідної потужності електродвигуна ЕМК з індивідуального завдання. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 29 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
30	Умови створення аналітичних моделей асинхронних двигунів. Спрощена схема заміщення АД. Втрати в обмотках статора та ротора. Літературні джерела: [1] с. 34-37; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Розрахунок втрат в електродвигуні ЕМК для номінального режиму роботи дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 30 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
31	Мінімізація втрат активної потужності в асинхронних двигунах. Попередній аналіз втрат в асинхронному двигуні без врахування намагнічуючого струму. Умови максимуму ККД. Шляхи зменшення втрат за рахунок регулювання напруги живлення. Умови мінімуму втрат. Потенціальна економія енергії. Літературні джерела: [1] с. 37-39; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Розрахунок мінімуму втрат в електродвигуні ЕМК за умови регулювання напруги живлення. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 31 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
32	Врахування впливу реактивних струмів на Енергозберігаючі властивості асинхронних двигунів. Активна та реактивна складові струму двигуна. Втрати в АД з врахуванням реактивного струму обмотки статора при регулюванні напруги живлення. Умови максимуму ККД та мінімуму втрат. Потенційний ресурс економії. Літературні джерела: [7] с. 168-176; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Розрахунок ресурсу економії ЕМК за умови мінімізації втрат. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 32 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
33, 34	Зміна споживання реактивної потужності при регулюванні напруги живлення. Залежності споживаної реактивної потужності від навантаження при регульованій та нерегульованій по напрузі формі експлуатації асинхронного двигуна. Оптимізація закону регулювання напруги по критерію мінімуму втрат з врахуванням реактивного струму. Ефективність енергозберігаючого регулювання напруги в асинхронному двигуні. Способи визначення розподілу втрат потужності в асинхронному двигуні. Сумарні втрати

в АД при зміні навантаження та при регулюванні напруги живлення. Оптимізація регулювання АД з врахуванням всіх експлуатаційних факторів. Приклад енергозберігаючого регулювання асинхронного двигуна.

Літературні джерела: [7] с. 168-176;

Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Оптимізація регулювання електродвигуна ЕМК з врахуванням всіх експлуатаційних факторів.

дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» лекція 33, 34 <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	<i>Узагальнені моделі виробничих електромеханічних комплексів. літературні джерела [1], с.144-153; дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
2	<i>Закріплення основних положень моделювання. літературні джерела [1], с.11-22; [2], с.11-15; дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
3	<i>Основне електромеханічне устаткування для механічних технологій. Модульна контрольна робота (частина 1). літературні джерела [1], с. 181-182; дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
4	<i>ЕМО для механічних технологій. Електротермічні технології. літературні джерела [4], с. 191-192; дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
5	<i>Електричні двигуни. Електрозварювальні технології. Електричні апарати систем регулювання виробничих електромеханічних комплексів. літературні джерела [3], с. 211-212. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
6	<i>Основне електромеханічне енергетичне устаткування для електрофізикохімічних технологій. Електротермічні технології. літературні джерела [3], с. 223-234; дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
7	<i>Електричні регулювальні апарати. Розв'язання задач. літературні джерела [3], с.242-245. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
8	<i>Електричні апарати систем керування. Модульна контрольна робота (частина 2). літературні джерела: [3], с.246-250. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»</i> <i>індивідуальні завдання на МКР ч.ІІ</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
9	<i>Енергозберігаючі моделі керування та навантажувальні діаграми електромеханічних комплексів.</i> <i>Літературні джерела [1, 2];</i> <i>Завдання на СРС: Вибір стандартних режимів навантаження ЕМК індивідуального задання та створення навантажувальної діаграми.</i>

	дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» підбірка задач за темою 1,2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Завдання
10, 11	Розрахунки ефективності регулювання навантаження трансформаторів. Розрахунки ефективності регулювання напруги мережі трансформаторів. Літературні джерела [1, 2]; Завдання на СРС: Умови максимуму ККД. Залежність ККД від виду навантаження. Способи регулювання напруги ЕМК індивідуального завдання під навантаженням. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» підбірка задач за темою 1,2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Завдання
12, 13	Дослідження режиму короткого замикання асинхронного двигуна. Дидактичне забезпечення – навчальний стенд для проведення випробувань АД ; Літературні джерела [1, 2]; ГОСТ 183-74; методика проведення випробувань; Завдання на СРС: Програма приймально-здавальних випробувань АД. ГОСТ 11828-81. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» підбірка задач за темою 3,4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Завдання
14, 15	Дослідження режиму неробочого ходу асинхронного двигуна. Дидактичне забезпечення – навчальний стенд для проведення випробувань АД ; Літературні джерела [1, 2]; ГОСТ 183-74; методика проведення випробувань; Завдання на СРС: Програма приймально-здавальних випробувань АД. ГОСТ 11828-81. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» підбірка задач за темою 3,4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Завдання
16	Створення аналітичних моделей енергоефективних асинхронних двигунів. Розрахунки впливу реактивних струмів на енергозберігаючі властивості асинхронних двигунів. Літературні джерела [1, 2]; Завдання на СРС: Розрахунки впливу реактивних струмів на енергозберігаючі властивості електрообладнання з індивідуального завдання дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» підбірка задач за темою 5,6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Завдання
17	Розрахунки впливу якості електроенергії на енергозберігаючі властивості електрообладнання. Узагальнення організаційних методів по ресурсозбереженню при експлуатації виробничих електромеханічних комплексів. Літературні джерела [1, 2]; Завдання на СРС: Рекомендації по енергозбереженню при експлуатації ЕМК індивідуального завдання. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» підбірка задач за темою 5,6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Завдання
18	Заслуховування та обговорення доповідей студентів за результатами виконання індивідуального домашнього завдання. Дидактичне забезпечення – комп'ютер та проектор ; Літературні джерела – презентація індивідуального завдання; Завдання на СРС: підготовка доповіді за матеріалами індивідуального завдання. дистанційний курс «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації» підбірка задач за темою 7,8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Завдання

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	8
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на практичних заняттях	27
3	Аналіз додаткової літератури та виконання додаткових завдань	5
4	Вивчення програмних продуктів для роботи на практичних заняттях	4
5	Підготовка до МКР	16
6	Підготовка до екзамену	12

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних роботах.*
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання лабораторних робіт.*
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання практичних завдань передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів;*
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації»;*
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, розв'язання задач

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за роботу на практичних та лекційних заняттях, модульний контроль, семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання та захист чотирьох лабораторних робіт;
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Практичні роботи	МКР	Rc	Rek	R
6	24	30	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал — 3. Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях дорівнює: 3 бали*2 = 6 балів.

Критерії оцінювання:

- 3 бали — повна обґрунтована відповідь,
- 1...2 бали — недостатньо обґрунтована відповідь,
- 0 балів — немає або невірна відповідь

Практичні роботи

Ваговий бал — 6. Максимальна кількість балів за всі практичні роботи дорівнює: 6 балів*4 = 24 балів.

Критерії оцінювання:

- 1 бали — підготовка до практичної роботи,
- 2 бали — виконання практичної роботи,
- 3 бали — захист роботи.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал — 15. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює: 15 балів*2 = 30 балів. Критерії оцінювання:

- 15 балів - повна обґрунтована відповідь,
- 8 ... 10 балів - недостатньо обґрунтована відповідь,
- 6...7 балів - наявність 1- 2 помилок,
- 3 бали - необґрунтована відповідь з помилками.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – екзамен

Залікова робота складається із теоретичних запитань, виконаних в формі тестувань.

Критерії оцінювання екзамену

Максимальний рейтинг екзамену $Re = 40$ балів.

Рейтинг екзамену $Re = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену $Re = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $Re = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $Re \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Мета і завдання дисципліни.
2. Структурна типова трирівнева модель ПЕМК.
3. Види спеціалізованих електродвигунів.
4. Синхронні реактивні мікродвигуни. Конструкція, принцип дії.
5. Способи регулювати зварювальний струм.
6. Особливості регулювання напруги трансформатора без відключення від мережі (РПН).
7. Два види регулювання та приємним для них обладнання.
8. Схеми і принцип дії електромагнітного під'ятника.
9. Принципова схема дистанційного керування.
10. Виконавчий асинхронний двигун. Види конструкцій. Самохід.
11. Визначення виробництва широкого профілю.
12. Структурна модель дворівневого регулювання ПЕМК.
13. Особливості роботи трансформатора при харчуванні синусоїдальним струмом.
14. Способи усунення можливості вибуху у вибухонебезпечних приміщеннях ПЕМК.
15. Переваги зварки.
16. Схема індукційного регулятора.
17. Узагальнене вираз для регулювання вторинної ЕРС трансформатора.
18. Електромагнітна муфта з магнітною зв'язкою. Схема, принцип дії.
19. Принципова схема автоматичного керування.
20. Конструктивна схема магнітоелектричного реле і резисторних датчиків.
21. Типи технологій ПЕМК.
22. Загальні вимоги до роботи ПЕМК.
23. Необхідні оцінки застосовуються до електродвигунів в процесі проектування.
24. Особливості конструкцій і робочих властивостей гістерезисного двигуна.
25. Обробка деталей без зняття припусків в електрофізикохімічній технології.
26. Схема параметричного стабілізатора напруги.
27. Стадії перехідного процесу.
28. Види електромеханічних систем контакторів.
29. Види автоматичного управління.
30. Схеми конденсатних параметричних деталей.
31. Узагальнена модель зв'язків технологічного устрою ПЕМК.

32. Які системи розрізняють в ПЕМК.
33. Три види асинхронних двигунів серії 4А і АН.
34. Плоский Магнітодинамічний насос. Конструкція, принцип дії.
35. Новітні електрофізикохімічної технології.
36. Схема трифазно-двофазного трансформатора.
37. Схеми заміщення ідеального асинхронного двигуна. Стійкість.
38. Електромеханічна муфта з механічним зв'язком.
39. Узагальнена структурна схема автоматичного управління.
40. Схема датчика Хола. Принцип дії.
41. Особливості розвитку механічних технологій.
42. Найпростіша модель ПЕМК для механічних технологій.
43. Вплив несиметричного навантаження трансформаторів.
44. Схема магнето.
45. Які технології відносяться до електрофізикохімічної.
46. Схема трифазного - шестифазний трансформатора.
47. Особливості пуску двигунів постійного струму і асинхронних.
48. Одноосьовий ефект при пуску синхронних двигунів.
49. Схема індукційного електромеханічного датчика.
50. Види захисту трансформаторів.
51. Узагальнені вимоги до ПЕМК.
52. Трирівнева модель ПЕМК.
53. Особливості роботи при подачі синусоїдального напруги на трансформатор.
54. Двигуни постійного струму, що застосовуються для механічних технологій в ПЕМК.
55. Види електротермічних джерел за ознаками використання.
56. Три варіанти використання дуги при електрозварювання. Вольт-амперна характеристика дуги.
57. Види резисторів в ланцюгах регулювання електричної енергії.
58. Геркон, конструкція принцип дії.
59. Види захисту електродвигунів.
60. Схема диференціального трансформаторного датчика.
61. Види технологій ПЕМК.
62. Дворівнева модель ПЕМК для механічних технологій.
63. Джерела електроенергії для механічних технологій, їх особливості.
64. Особливості синхронних мікродвигунів з постійними магнітами. Конструкція, пуск.
65. Перелічити види електрофізикохімічної технології.
66. Схема електростатичного генератора, принцип дії.
67. Схема заміщення ідеального двигуна постійного струму.
68. Визначення стійкості синхронних двигунів. Коливання.
69. Види випускаються реле для автоматичного керування, захисту та контролю.
70. Схема індуктивних датчиків і магнітострикційного датчика.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н. Коваленком М.А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 22.06.2022 р.)

Оновлено список літератури

Оновлено тематику практичних занять



ЕЛЕКТРИЧНІ КОМУТАЦІЙНІ АПАРАТИ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ОНП ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Денна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=9f535d05-ccd4-4f3a-983e-966c052418db</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. Коваленко Михайло Анатолійович, 0676563651 Практичні: к.т.н. Коваленко Михайло Анатолійович, 0676563651</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</i>

Програмна навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Електричні комутаційні апарати низької напруги» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів теоретичних та практичних знань про електричні апарати їх вибір, та про ефективне застосування в сучасних в електричних мережах, побуті та промисловості.

Предмет навчальної дисципліни – параметри та характеристики електричних комутаційних апаратів низької напруги.

Програмні компетентності:

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК10. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня.

ФК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

ФК19. Здатність застосовувати сучасні програми та апаратні засоби керування електричних машин, що працюють в складі електромеханотронних систем з метою отримання заданих робочих характеристик.

ФК20. Здатність аналізувати і використовувати отримані результати розробок новітніх типів електричних машин та апаратів для подальшої їх комерціалізації в складі стартап-проектів, у тому числі для продажу ліцензій і трансферу технологій

Програмні результати навчання:

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРН06. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПРН19. Виявити проблеми і ідентифікувати обмеження, що пов'язані з проблемами охорони навколишнього середовища, сталого розвитку, здоров'я і безпеки людини та оцінками ризиків в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРН24. Проводити моніторинг та діагностування електроенергетичного та електромеханічного обладнання і устаткування, встановлювати основні причини виходу з ладу в процесі їх експлуатації

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: вища математика, фізика, теоретичні основи електротехніки, електричні машини. Дисципліна „Електричні комутаційні апарати низької напруги”, використовуючи відомі закони електротехніки, створює методику розрахунків та вибору комутаційних апаратів для захисту електричних двигунів та іншого електричного обладнання в мережах електропостачання. При вивченні конструкції та режимів роботи електричних комутаційних апаратів потрібні також знання з електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основ метрології та електричних вимірювань. Загальноосвітні питання розглядаються при аналізі аварійних перехідних процесів в електричних мережах.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 6 розділів, а саме:

- 1. Вступ, основні положення та поняття електричних комутаційних апаратів низької напруги**, до якого ввійшли питання про предмет та задачі курсу “Електричні комутаційні апарати”. Електричні комутаційні апарати в колах захисту електричних двигунів змінного струму. Класифікація електричних комутаційних апаратів. Радіально-магістральна схема живлення промислового підприємства (примірок). Можливі аварійні режими в процесі експлуатації двигунів.
- 2. Режими роботи електричних апаратів в мережах 0,4 кВ**, до якого ввійшли питання про Особливості мереж 0,4 кВ. Коротке замикання в електричній мережі. Режими роботи електричних апаратів. Узгодження захисних характеристик пристроїв захисту з граничнодопустимими навантаженнями за струмом і часом різних споживачів.
- 3. Елементи теорії комутаційних апаратів**, до якого ввійшли питання про втрати в електричних апаратах. Основні види електричних контактів. Перехідний опір контакту, його залежність від сили жиму, матеріалу провідника. Сили Двайта. Комутація електричного ланцюга з активно-індуктивним навантаженням. Електрична дуга та способи її гашення.
- 4. Автоматичні вимикачі**, до якого ввійшли питання про нормативну базу, технічні вимоги, призначення, принцип дії, класифікація, технічні характеристики сучасних модульних вимикачів. Часо-струмові характеристики. Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір

модульних автоматичних вимикачів. Додаткові пристрої (додаткові контакти, незалежний розщеплювач, розщеплювач максимальної та мінімальної напруги та інші.) на DIN-рейку. Особливості вимикачів на великі струми. Вимикачі навантаження (рубильники) та інші види вимикачів. Пристрої захисного відключення(ПЗВ) та диференційні автоматичні вимикачі. Призначення, поняття диференційного струму, принцип дії, класифікація, технічні характеристики, галузі застосування.

5. **Магнітні пускачі, контактори**, до якого ввійшли питання про конструкцію та принцип дії магнітного пускача, режими експлуатації, основні технічні характеристики. Теплові реле, додаткові контакти, приставки витримки часу та інші додаткові пристрої до контакторів.
6. Інші електричні комутаційні апарати захисту двигунів, до якого ввійшли питання про реле контролю величини та симетрії фазних напруг. Пристрої температурного контролю обмоток електричних машин. Запобіжники.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. О. Галіновський, Є. Дубчак, О. Ленська. Безпосередні перетворювачі частоти на обертових частинах безщіткових асинхронізованих машин / Винахідник і раціоналізатор, журнал УАН,. – 2021. – №1. – С. 18-23.
2. Електричні комутаційні апарати низької напруги. Електричні апарати пуску та захисту електричних двигунів: лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, М. А. Коваленко, С. С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 6.57 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 31 с.
3. Хай М.В., Бурштинський М.В., Харчишин Б.М. Електричні апарати. Низьковольтна апаратура розподілу, керування та захисту. Загальний курс. - Львівська політехніка. – 2021. – 480 с.
4. Дистанційний курс: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740>

Додаткові:

1. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навч. посібник / Б. В. Клименко. – Харків : Точка, 2012. – 340 с.
2. Галіновський О.М. Параметри та характеристики напівпровідникових випрямлячів вентильних генераторів // Гірничі електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 88. – С. 47–55.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Предмет та задачі курсу “Електричні комутаційні апарати низької напруги”. Електричні комутаційні апарати низької напруги в колах захисту електричних двигунів змінного струму. Класифікація електричних комутаційних апаратів. Радіально-магістральна схема живлення промислового підприємства (примірок). Можливі аварійні режими в процесі експлуатації двигунів. літературні джерела: [2, с. 9 - 12] , [1, с.157 - 159]. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740

2	Режими роботи електричних апаратів в мережах 0,4 кВ. Особливості мереж 0,4 кВ. Коротке замикання в електричній мережі. Режими роботи електричних апаратів. Узгодження захисних характеристик пристроїв захисту з граничнодопустимими навантаженнями за струмом і часом різних споживачів. літературні джерела [1, с. 158 - 166], [5]; дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
3	Елементи теорії комутаційних апаратів. Втрати в електричних апаратах. Основні види електричних контактів. Перехідний опір контакту, його залежність від сили жиму, матеріалу провідника. Сили Двайта. Комутація електричного ланцюга з активно-індуктивним навантаженням. Електрична дуга та способи її гашення. літературні джерела [1, с. 9 – 26, с. 70 - 75], [2]. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
4	Автоматичні вимкачі (загальні питання). Загальні питання (нормативна база, технічні вимоги, призначення, принцип дії, класифікація, технічні характеристики) сучасних модульних вимкачів. Часо-струмові характеристики. літературні джерела [1, с. 31 – 46, с. 76 - 78], [2]. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
5	Вибір автоматичних вимкачів та додаткових пристроїв. Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір модульних автоматичних вимкачів. Додаткові пристрої (додаткові контакти, незалежний розщеплювач, розщеплювач максимальної та мінімальної напруги та інші.) на DIN-рейку. літературні джерела [1, с. 47 – 52, с. 78 - 82], [2]; дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 5 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
6	Автоматичні вимкачі на великі струми. Особливості вимкачів на великі струми. Вимкачі навантаження (рубильники) та інші види вимкачів. літературні джерела [1, с. 52 – 58, с. 83 - 87], [2]; дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
7	Пристрої захисного відключення (ПЗВ) та диференційні автоматичні вимкачі. Призначення, поняття диференційного струму, принцип дії, класифікація, технічні характеристики, галузі застосування. літературні джерела [1, с. 118 – 126, 175 -179], [2, 4, 6, 7, 8, 9]. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 7 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
8	Магнітні пускачі, контактори. Конструкція та принцип дії магнітного пускача, режими експлуатації, основні технічні характеристики. Теплові реле, додаткові контакти, приставки витримки часу та інші додаткові пристрої до контакторів. літературні джерела [1, с. 106 – 110, 113 – 118, 170 - 174], [7, 8, 9]. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
9	Інші Електричні комутаційні апарати низької напруги захисту двигунів. Реле контролю величини та симетрії фазних напруг. Пристрої температурного контролю обмоток електричних машин. Запобіжники. літературні джерела [1, с. 106 - 113]. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 9 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
10	Захист обертових перетворювачів БСМ від внутрішніх комутаційних перенапруг.

	Загальні положення. Параметри захисних ланок випрямлячів. Комутаційні перенапруги трифазного діодного мостового випрямляча БСМ в залежності від параметрів захисних ланок. Дослідження моделей збудників БСМ в програмі Micro-Cap. <i>Література: [1]. С. 22-26.</i> Дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги», лекція 3.
11, 12	Дослідження моделей випрямлячів в усталених та перехідних режимах роботи. Еквівалентні схеми заміщення мостових випрямлячів. Загальні положення. Еквівалентні схеми заміщення випрямляча по ланкам навантаження та джерела живлення. Алгоритм розрахунку параметрів та основних співвідношень випрямлячів. Дослідження моделей випрямлячів в усталених та перехідних режимах. Співставлення характеристик багатофазних та трифазних випрямлячів. Моделі подібних вентильних перетворювачів, розрахунок безконтактних синхронних машин при розділенні збудника на взаємозв'язані підсистеми (загальні положення). <i>Література: [1]. С. 27-44; КП 4.6 - 4.8.</i> Дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги», лекції 4, 5
13, 14	Нереверсивні тиристорні перетворювачі безконтактних синхронних машин. Режими роботи нереверсивного тиристорного випрямляча. Модель мостового тиристорного перетворювача в програмі Micro-Cap. Мостові, мосто-нульові та каскадні мостові випрямлячі. <i>Література: [1]. С. 45-52; КП 4.9.</i> Дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги», лекції 6.
15, 16	Асинхронізована машина (АСМ), загальний аналіз. Структурна схема, основні властивості АСМ. Блок-схема та конструкція безконтактною АСМ (БАСМ) - повторення. Спрощена схема заміщення та векторна діаграми основної електричної машини (ОЕМ) БАСМ. Уточнена схема заміщення ОЕМ. Розрахунок характеристик ОЕМ в режимі генератора.. <i>Література: [2]. С. 114-120; КП, С. 7.1.</i> Дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги», лекція 7, 8 Контрольна робота
17,18	Електромашино-вентильні перетворювачі (ЕМВП) БАСМ на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією. Структурні схеми одномашинних та каскадних збудників БАСМ. Частоти джерел живлення та управління одномашинних ЕМВП. . . Безпосередні перетворювачі частоти (БПЧ) зі штучною комутацією (БПЧШ). Формування кривих вихідної напруги в ідеальних перетворювачах частоти (ПЧ) з однофазним навантаженням. БПЧШ при однофазному навантаженні. Трифазно-трифазні БПЧШ з обмеженим числом повністю керованих вентилів. <i>Література: [2]. С. 121-124, 126-128, 131-137. КП 7.2-7.4.</i> Дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 9.
19, 20	Безпосередні перетворювачі частоти з природною комутацією (БПЧП). Формування кривих вихідної напруги в статичних БПЧП. БПЧП з модульованою вхідною напругою (БПЧПМ) при однофазному навантаженні. Електрична та еквівалентна схеми трифазно-однофазного БПЧПМ. Дослідження моделі БПЧПМ при управлінні тиристорами: по частоті навантаження; по частоті джерела живлення; при комбінованому способі управління. Визначення режимів роботи ПЧ.

	Загальний аналіз результатів досліджень БПЧПМ з однофазним навантаженням. <i>Література: [2], С. 129-130, 144-152. КП 6.</i> Дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекції 10.
21, 22	<i>ЕМВП на базі трифазно-трифазних БПЧП та БПЧПМ.</i> Комбінований спосіб з'єднання якірних обмоток збудників БСМ. Дослідження моделей ЕМВП на базі БПЧП та БПЧПМ при різних з'єднаннях обмоток джерела живлення та способах управління тиристорами. . <i>ЕМВП на базі БПЧП та БПЧПМ з різними схемами перетворення.</i> Співставлення безпосередніх перетворювачів частоти БАСМ з різними схемами перетворення. Вибір типу ПЧ в залежності від діапазону зміни ковзання ОЕМ БАСМ. <i>Література: [2]. С. 156-165, 171-178. КП 7, 8.</i> Дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» лекція 11, 12.
23, 24	<i>Перспектива впровадження БАСМ.</i> Перспектива впровадження БАСМ в потужних та автономних енергосистемах, керованих електроприводах, двигунах-генераторах гідроакумуючих станцій. <i>СРС: питання №1, № 4.</i> <i>Залік по курсу.</i>
25	Електричні комутаційні апарати низької напруги в колах захисту електричних двигунів змінного струму. Класифікація електричних комутаційних апаратів. Радіально-магістральна схема живлення промислового підприємства (примірок). Можливі аварійні режими в процесі експлуатації двигунів. літературні джерела: [2, с. 9 - 12] , [1, с.157 - 159]. дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
26	Режими роботи електричних апаратів в мережах 0,4 кВ. Особливості мереж 0,4 кВ. Коротке замикання в електричній мережі. Режими роботи електричних апаратів. Узгодження захисних характеристик пристроїв захисту з граничнодопустимими навантаженнями за струмом і часом різних споживачів. літературні джерела [1, с. 158 - 166], [5]; дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 16, 17 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
27	Елементи теорії комутаційних апаратів. Втрати в електричних апаратах. Основні види електричних контактів. Перехідний опір контакту, його залежність від сили жиму, матеріалу провідника. Сили Двайта. Комутація електричного ланцюга з активно-індуктивним навантаженням. Електрична дуга та способи її гашення. літературні джерела [1, с. 9 – 26, с. 70 - 75] , [2]. дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 18, 19 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740

Практичні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Вступне заняття. Інструктаж з правил безпеки та поведінки при виконанні лабораторних робіт. Особливості схем досліджень. Знайомство з лабораторними та демонстраційними стендами лабораторії дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
2	Лабораторна робота №1. Дослідження автоматичного вимикача. Знайомство з конструкцією автоматичного вимикача та додатковими пристроями. Експериментальне визначення основних параметрів та характеристик модульного автоматичного вимикача, визначення втрат на контактах вимикача. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
3	Лабораторна робота №2. Дослідження диференційного автоматичного вимикача (ДАВ). Знайомство з конструкцією ДАВ. Перевірка працездатності, експериментальне визначення часу спрацьовування ДАВ від величини напруги живлення. Експериментальне визначення часу спрацьовування ДАВ від величини диференційного струму при номінальній напрузі. Вимір часу спрацьовування ДАВ при перевантаженні струму в робочому колі. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
4	Лабораторна робота №3. Дослідження магнітного пускача(контактора) та теплового реле. Знайомство з конструкціями магнітного пускача(МП), додаткових контактів (ДК), теплового реле(РТ), реле напруги(РН), експериментальне дослідження часо-струмових характеристик РТ, визначення потужності втрат в обмотці МП. Експериментальне дослідження реле напруги при зміні напруги та асиметрії напруги живлення АД. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
5	Лабораторна робота №4. Дослідження автоматичного вимикача захисту двигуна змінного струму. Знайомство з конструкціями автоматичного вимикача захисту двигуна змінного струму, додаткових пристроїв, експериментальне дослідження часо-струмових характеристик в залежності від струму уставки вимикача. дистанційний курс «Електричні комутаційні апарати низької напруги» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740
6	Електромашинно-вентильний перетворювач безконтактного асинхронізованого генератора на базі безпосереднього перетворювача частоти з природною комутацією 1. Мета роботи 1.1 Закріплення теоретичних знань по роботі електромашинно-вентильних перетворювачів (ЕМВП) безконтактних асинхронізованих машин (БАСМ) на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією (БПЧП). 1.2 Отримання практичних навиків по дослідженню моделі трифазно-трифазного БПЧП БАСМ в програмі Micro-Cap. 2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень 2.1 Ознайомлення з моделлю ЕМВП БАСМ на базі БПЧП в програмі Micro-Cap. 2.2 Дослідження моделі БПЧП з комбінованим управлінням зустрічновключеними тиристорами при: а) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u < f_i$, $\varphi_n = 30^\circ \div 80^\circ$; б) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u < f_i$, $\varphi_n = 0^\circ \div 10^\circ$; в) з'єднанні фаз джерела живлення в одну точку, $f_u < f_i$, $\varphi_n = 30^\circ \div 80^\circ$;

	г) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u > f_i$, $n = 300 \div 800$; 2.4 Оформлення висновків по роботі.
7	Діодно-транзисторний безпосередній перетворювач частоти зі штучною комутацією 1. Мета роботи 1.1 Закріпити теоретичні положення з питань: формування кривих вихідної напруги в ідеальних безпосередніх перетворювачах частоти зі штучною комутацією (БПЧШ) з однофазним та трифазним навантаженнями; формування кривих вихідної напруги в трифазно-трифазному діодно-транзистроному БПЧШ; 1.2 Придбати практичні навички дослідження моделі електромашинно-вентильного перетворювача (ЕМВП) асинхронізованої машини (АСМ) на базі діодно-транзисторного БПЧШ в програмі Micro-Cap. 2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень 2.1 Дослідження ідеального шестифазно-однофазного БПЧШ з різним співвідношенням частот джерела живлення та управління. 2.2 Дослідження ідеального шестифазно-однофазного каскадного БПЧШ. 2.3 Дослідження ідеального трифазно-трифазного БПЧШ. 2.4 Ознайомлення зі схемою ЕМВП АСМ на базі діодно-транзистор-ног БПЧШ в програмі Micro-Cap, а також з текстовою частиною програми. 2.5 Дослідження ЕМВП з різними параметрами захисних ланок. 2.6 Оформлення висновків по роботі.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	8
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на практичних заняттях	36
3	Аналіз додаткової літератури та виконання додаткових завдань	5
4	Вивчення програмних продуктів для роботи на практичних заняттях	4
5	Підготовка до МКР	16
6	Підготовка до заліку	24

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних роботах.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали.

Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни «Електричні комутаційні апарати низької напруги», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання лабораторних робіт.

- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання практичних завдань передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Електричні комутаційні апарати низької напруги»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, розв'язання практичних задач

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за роботу на лабораторних та лекційних заняттях, модульний контроль, семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання та захист практичних робіт;
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Практичні роботи	МКР	Rc	Rзал	R
14	56	30	100	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал — 3. Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях дорівнює: 7 балів*2 = 14 балів.

Критерії оцінювання:

- 7 балів — повна обґрунтована відповідь,
- 3...6 балів — недостатньо обґрунтована відповідь,
- 0...2 бали — немає або невірна відповідь

Практичні роботи

Ваговий бал — 8. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює: $8 \text{ балів} \cdot 7 = 56 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

- 2 бали — підготовка до роботи,
- 2 бали — виконання практичної роботи,
- 4 бали — захист практичної роботи.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал — 15. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює: $15 \text{ балів} \cdot 2 = 30 \text{ балів}$. Критерії оцінювання:

- 15 балів - повна обґрунтована відповідь,
- 8 ... 10 балів - недостатньо обґрунтована відповідь,
- 6...7 балів - наявність 1- 2 помилок,
- 3 бали - необґрунтована відповідь з помилками.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – залік

Залікова робота складається із теоретичних запитань, виконаних в формі тестувань.

Критерії оцінювання заліку

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 40$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_z \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Призначення та принцип дії модульних АВ.
2. Основні конструктивні елементи модульного АВ типу ВА 47-29. Що таке DIN- рейка?
3. Основні технічні характеристики АВ.
4. Що таке номінальний та найбільший комутаційний струм АВ.
5. Часо-струмова характеристика АВ, та її типи.
6. Для яких видів споживачів застосовуються АВ з характеристиками В, С і D?
7. Які розчеплювачі здійснюють захист у зоні струмових перевантажень та коротких замикань? Механізм вільного розчеплення.
8. Яке додаткове обладнання існує для розширення функцій АВ?
9. Призначення модульних ДАВ.

10. Принцип дії модульних ДАВ.
11. Основні конструктивні елементи модульного ДАВ типу АД-12.
12. Основні технічні характеристики ДАВ.
13. Що таке номінальний та номінальний диференціальний струм ДАВ?
14. Часо-струмова характеристика ДАВ.
15. Що таке апарати захисного відключення категорій А та АС?
16. Як здійснюється перевірка працездатності ДАВ.
17. Чим відрізняються ДАВ для захисту людини та захисту від пожеж?
18. Чим відрізняються апарати захисного відключення та ДАВ?
19. Призначення та принцип дії контакторів.
20. Призначення та принцип дії РН.
21. Призначення та принцип дії РТ.
22. Основні технічні характеристики контакторів.
23. Основні технічні характеристики РН.
24. Основні технічні характеристики РТ.
25. Часо-струмова характеристика РТ, та її типи.
26. Призначення та принцип дії модульних АВЗД
27. Основні конструктивні елементи модульного АВЗД типу ВА 2005. Що таке DIN-рейка?
28. Основні технічні характеристики АВЗД.
29. Що таке номінальний та найбільший комутаційний струм АВЗД.
30. Часо-струмова характеристика АВЗД.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентами кафедри електромеханіки ФЕА.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 22.06.2022 р.)



ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський) - магістр наукового спрямування</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-наукова програма	«Електроенергетика та електромеханіка» (electric power engineering and electromechanics)
Статус дисципліни	Вибіркова освітня компонента
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Васьковський Юрій Миколайович, тел. 0501022010 Практичні: проф. Васьковський Юрій Миколайович
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс Moodle https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3942

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Технічна електродинаміка» складено відповідно до Освітньо-наукової програми другого (магістерського) рівня вищої освіти підготовки магістрів наукового спрямування за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей і отримання наступних програмних результатів навчання:

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК6. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

Фахові компетентності:

ФК6. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК15. Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

ФК16. Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних процесів в електроенергетичних та електромеханічних системах.

ФК18. Здатність до створення математичних та імітаційних моделей електроенергетичних та електромеханічних систем.

ФК20. Здатність поєднувати знання теорії електроенергетичних та електромеханічних систем з метою вирішення комплексних міждисциплінарних науково-практичних проблем у цих сферах.

Предметом навчальної дисципліни є сукупність математичних методів для визначення на основі теорії електромагнітного поля параметрів та експлуатаційних характеристик сучасних електричних машин, методи їх дослідження та розрахунку.

Програмні результати навчання:

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРН03. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН11. Обґрунтовувати вибір напряму та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН12. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: успішне засвоєння дисципліни базується на знаннях, отриманих студентом під час вивчення таких дисциплін, як «Фізика», «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки», «Математичне моделювання електричних машин».

Постреквізити: В структурно-логічній схемі навчального плану підготовки магістрів дисципліна «Технічна електродинаміка» забезпечує подальше вивчення дисциплін на третьому рівні вищої освіти – доктор філософії (PhD).

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно складається з 6-ти змістовних модулів, а саме:

Змістовий модуль 1. Основні рівняння технічної електродинаміки та чисельні методи розв'язання рівнянь електромагнітного поля.

Тема 1.1. Система рівнянь електромагнітного поля. Граничні та початкові умови.

Тема 1.2. Постановка задачі розрахунку поля в електричних машинах та пристроях.

Тема 1.3. Метод скінченних елементів і його практична реалізація в програмно-обчислювальних комплексах.

Тема 1.4. Визначення параметрів, характеристик, електромагнітних сил та моментів електричних машин за результатами розрахунку поля.

Змістовий модуль 2. Теорія поверхневого ефекту в електропровідних середовищах.

Тема 2.1 Поняття та математичне обґрунтування виразу для еквівалентної глибини проникнення електромагнітного поля в електропровідне середовище.

Тема 2.2. Використання поверхневого ефекту в електротехнічних пристроях. Асинхронні машини з масивним ротором.

Тема 2.3. Електромагнітні екрани і екранування магнітних полів.

Змістовий модуль 3. Моделювання електричних машин з постійними магнітами.

Тема 3.1. Рівняння електромагнітного поля з урахуванням наявності намагнічених середовищ.

Математична модель постійного магніту.

Тема 3.2. Приклади моделювання електричних машин з постійними магнітами. Синхронний двигун з колекторною конструкцією ротора.

Змістовий модуль 4. Аналіз взаємопов'язаних фізичних полів в електричних машинах.

Тема 4.1. Поняття про взаємозв'язок електромагнітних, теплових і механічних полів в електричних машинах.

Тема 4.2. Система рівнянь для аналізу взаємопов'язаних фізичних полів та методи їх розв'язання.

Змістовий модуль 5. Моделювання електричних машин з наявністю дефектів в елементах конструкції. Діагностика дефектів електричних машин.

Тема 5.1. Моделювання і діагностика дефектів короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна.

Тема 5.2. Моделювання та дослідження імпульсних електромеханічних перетворювачів енергії.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

Основні інформаційні ресурси:

1. Мілих В.І. Електромагнітні поля, параметри та процеси в електротехнічних пристроях. Підручник. – Харків, 2020. – 396 с.
2. Віктор П. А. Том 3. Основи електродинаміки. – Book Chef, 2021. – 496 с.
3. Васьковський, Ю. і Мельник, А. 2019. Електромагнітні віброзбуджуючі сили у потужних дво- та чотириполюсних турбогенераторах АЕС України. Технічна Електродинаміка. 2019, 3 (Квіт 2019), 060. DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2019.03.060>.
4. Васьковський, Ю. і Райчев, П. 2021. Еволюція електромагнітних рейкових прискорювачів. Технічна Електродинаміка. 1 (Січ 2021), 023. DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2021.01.023>.
5. Васьковський, Ю. і Татарінов, К. 2022. Зовнішня демпферна система ротора явнополюсної синхронної машини. Технічна Електродинаміка. 6 (Жов 2022), 019. DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2022.06.019>.
6. Васьковський, Ю. і Павлюк, В. 2023. Порівняльний аналіз енергетичних характеристик різних типів синхронних тягових електродвигунів. Технічна Електродинаміка. 4 (Чер 2023), 043. DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2023.04.043>.
7. Васьковський, Ю. і Гераскін, О. 2021. Вплив режимних і експлуатаційних факторів на демпферну систему ротора явнополюсної синхронної машини. Технічна Електродинаміка. 2 (Лют 2021), 047. DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2021.02.047>.
8. Курс: Технічна електродинаміка (kpi.ua) <https://do.ipkpi.ua/course/view.php?id=3942>

Додаткові інформаційні ресурси:

1. Васьковський Ю.М. Математичне моделювання електромеханічних перетворювачів енергії. Навчальний посібник для вузів з грифом МОН України, Київ, НТУУ “КПІ, ФЕА, 2013, 164с.
2. Васьковський Ю.М. Польовий аналіз електричних машин. Навчальний посібник для вузів з грифом МОН України, Київ, НТУУ “КПІ”, ВПІ ВПК “Політехніка” 2007, 191с.
3. Подольцев А.Д., Кучерява И.Н. Мультифізичне моделювання в електротехніці. – Київ, Наш формат, 2015. – 306 с.
4. Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. Моделювання електромеханічних систем. Підручник.– Кременчук, 2011. – 410 с.
5. Васьковський Ю.М., Гайденок Ю.А., Коваленко М.А. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами. Навчальний посібник з грифом Вченої Ради

КПІ, Київ, наш формат, 2017, 192 с.

6. Васьковський, Ю. і Пода, М. 2021. Моделювання процесів енергоперетворення в системі рекуперації енергії коливань транспортних засобів. Технічна Електродинаміка. 4 (Чер 2021), 035. DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2021.04.035>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття:

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Лекція 1. Вступ. Місце дисципліни «Технічна електродинаміка» в системі сучасних електротехнічних дисциплін і її задачі для поглибленого аналізу параметрів і процесів електричних машин і апаратів. Система рівнянь Максвелла – теоретична основа для аналізу електромагнітних полів. Література: [1 - 5, Вступ]. Завдання на СРС: Історія експериментального та математичного обґрунтування системи рівнянь Максвелла.
2	Лекція 2. Система рівнянь електромагнітного поля. Види польових функцій та отримання диференціальних рівнянь у часткових похідних. Література: [3], с. 13 - 19. Завдання на СРС: Диференціальні рівняння у часткових похідних для магнітної індукції та векторного магнітного потенціалу.
3	Лекція 3. Постановка задачі розрахунку електромагнітного поля в електричних машинах та пристроях. Опис геометрії розрахункової області. Опис джерел електромагнітного поля. Фізичні характеристики матеріальних середовищ. Завдання граничних умов 1-го, 2-го роду і умов періодичності та початкових умов. Література: [2, с.69 - 98], [3, с.13 - 46]. Завдання на СРС: Визначення просторового розміру поля: дво - і тривимірні поля.
4	Лекція 4. Методи чисельного розв'язання рівнянь електромагнітного поля. Метод скінченних різниць і його практична реалізація в програмно-обчислювальних комплексах. Література: [3, с.41 - 46], [2, с.69 - 98], Завдання на СРС: Класифікація чисельних методів розв'язання польових задач.
5	Лекція 5. Теоретичні основи методу скінченних елементів (МСЕ). Історія виникнення і розвитку МСЕ. Поняття скінченного елемента (СЕ) і апроксимаційних функцій. Типи СЕ і дискретизація розрахункової області - побудова сітки скінчених елементів (ССЕ). Практична реалізація МСЕ в програмно-обчислювальних комплексах. Література: [3, с.41 - 46]. Завдання на СРС: Скінченні елементи 1-го і 2-го роду.
6	Лекція 6. Визначення інтегральних параметрів та характеристик електричних машин. Визначення магнітних потокозчеплень обмоток та їх індуктивних параметрів. Література: [3, с.51 - 99]. Завдання на СРС: Визначення пазового розсіювання обмотки електричної машини.
7	Лекція 7. Визначення електромагнітних сил та моментів в електричних машинах. Визначення сил за допомогою методів об'ємної густини сили, енергетичного методу та методу тензора магнітного натягу.

	<i>Література: [3, с.51 - 99].</i> <i>Завдання на СРС: Розрахунок електромагнітного моменту електричної машини.</i>
8	Лекція 8. Електромагнітні процеси в електропровідних середовищах. <i>Визначення еквівалентної глибини проникнення електромагнітного поля в електропровідне середовище та математичне обґрунтування її виразу.</i> <i>Література: [4] с. 38 - 43.</i> <i>Завдання на СРС: Розрахунок глибини проникнення поля в середовища з різними параметрами</i>
9	Лекція 9. Асинхронні машини з масивним ротором. Поверхневий ефект в масивному роторі асинхронного двигуна (АД). Оптимізація характеристик АД з масивним ротором. <i>Література: [3], с.87-89, [4], с. 43 - 47.</i> <i>Завдання на СРС: Визначення пускового моменту АД з масивним ротором.</i>
10	Лекція 10. Електромагнітні процеси в торцевій зоні ротора турбогенератора. <i>Мультифізичні процеси в кінцевих клинах ротора в несиметричних режимах роботи турбогенератора. Двовимірні і тривимірні математичні моделі для дослідження струмів і нагріву елементів конструкції торцевих зон.</i> <i>Література: [4], с.87-89, [9] с. 125 - 128.</i> <i>Завдання на СРС: Особливості конструкції кінцевих клинів ротора турбогенератора.</i>
11	Лекція 11. Екранування магнітних полів в електричних машинах. Методи екранування низькочастотних і високочастотних електромагнітних полів. Екранування магнітних полів за допомогою магнітних шунтів. Екранування магнітних полів в трансформаторах і торцевих зонах турбогенераторів. <i>Література: [1], с.50-56, [7] с. 155 - 255.</i> <i>Завдання на СРС: Конструкція та виконання магнітних шунтів і екранів.</i>
12	Лекція 12. Моделювання електричних машин з постійними магнітами. Рівняння електромагнітного поля з урахуванням наявності намагнічених середовищ. Математична модель постійного магніту. <i>Література: [1] с.24-43.</i> <i>Завдання на СРС: Основні характеристики постійних магнітів.</i>
13	Лекція 13. Приклади моделювання електричних машин з постійними магнітами. Синхронний двигун з колекторною конструкцією ротора. Порівняльний аналіз тягових електродвигунів для електромобіля. <i>Література: [1] с.24-43.</i> <i>Завдання на СРС: Задання напрямку вектора намагнічування постійного магніту</i>
14	Лекція 14. Фізичні поля іншої природи в електричних машинах. Рівняння теплових полів в електричних машинах. Визначення взаємозв'язку електромагнітних, теплових і механічних полів. Математична аналогія розрахунку електромагнітних і теплових полів. <i>Література: [3] с.127 - 149.</i> <i>Завдання на СРС: Фізичний зміст граничних умов 1 - го, 2 - го і 3 - го роду для теплових полів.</i>
15	Лекція 15. Аналіз взаємопов'язаних фізичних полів. Система диференціальних рівнянь взаємопов'язаних фізичних полів та методи її розв'язання. Приклади моделювання (асинхронний двигун з масивним ротором, електро-тепло-механічний перетворювач енергії). <i>Література: [3] с.127 - 149.</i> <i>Завдання на СРС: Приклади розрахунків теплових полів (теплове поле ротора потужного турбогенератора).</i>
16	Лекція 16. Моделювання дефектів в елементах конструкції електричних машин. Моделювання і діагностика ушкоджень короткозамкненої обмотки ротора

	асинхронного двигуна. Література: [4], с. 43 - 47. Завдання на СРС: Різні варіанти ушкодження ротора асинхронного двигуна
17	Лекція 17. Моделювання та дослідження імпульсних електромеханічних перетворювачів енергії. Імпульсні прискорювачі електропровідних тіл. Рейкотрон та індуктивний прискорювач. Електричні генератори імпульсних струмів. Література: [4], с. 43 - 47. Завдання на СРС: Ефективність електромагнітного прискорювання.
18	Лекція 18. Узагальнення методології технічної електродинаміки і вибір оптимальних методів для розв'язання задач електротехніки і електромеханіки. Приклади аналізу фізичних процесів в об'єктах електромеханіки і вибір оптимальних методів аналізу. Узагальнення матеріалу дисципліни. Література: [10] с. 61 - 78. Завдання на СРС: Підготовка до заліку.
Усього годин	

36

Практичні заняття: Практичні заняття дозволяють розвинути і закріпити у студентів теоретичні знання, набуті при вивченні лекційного курсу, а також отримати практичні навички щодо розрахунків параметрів, характеристик і режимів роботи електричних машин методами теорії електромагнітного поля. В ході виконання завдань студенти навчаються робити чисельні оцінки параметрів машин, вивчають та засвоюють методологію практичного використання сучасних обчислювальних програм та комп'ютерних комплексів.

Теми практичних занять:

№ з/п	Назва теми і зміст практичного заняття	Кількість аудитор. годин
1	Заняття 1. Постановка задачі та завдання вихідних даних для розрахунку електромагнітного поля в електричних машинах різного типу. Вибір розрахункової області, завдання джерел електромагнітного поля та властивостей активних матеріалів для: а) асинхронного двигуна; б) синхронного генератора. Література: [1] с.20-46, [7] с.19 – 25.	2
2	Заняття 2. Розрахунок еквівалентної глибини проникнення поля. Розрахунок та дослідження впливу фізичних параметрів середовища та частоти струму на глибину проникнення поля. Література: [1] с.47-55.	2
3	Заняття 3. Дослідження характеристик АД з масивним ротором. Чисельне визначення параметрів ротора АД при різних ковзаннях (при пуску і в номінальному режимі). Література: [3] с.111-123.	2
4	Заняття 4. Електромагнітні екрани і екранування магнітних полів. Чисельне дослідження коефіцієнтів екранування поля за допомогою електромагнітних екранів. Література: [3] с.46-71.	2
5	Заняття 5. Метод скінченних елементів. Приклади реалізації МСЕ в програмно-обчислювальних комплексах FEMM і Comsol Multiphysics.	2
6	Заняття 6. Моделювання електричних машин з постійними магнітами. Приклади моделювання машин з постійними магнітами. Література: [1] с.46-71.	2
7	Заняття 7. Аналіз взаємопов'язаних фізичних полів. Чисельне визначення впливу нагріву провідника на його електропровідність і розподіл поля в	2

	електричній машині. <i>Література: [3] с.127 - 149.</i>	
8	Заняття 8. Вібраційна діагностика ушкоджень ротора асинхронного двигуна. Спектральний аналіз сигналу вібрації.	2
9	Заняття 9. Модульна контрольна робота.	2
Усього годин		18

Самостійна робота студента: В таблиці наведено основні завдання, що виносяться на самостійну роботу студентів

№ з/п	Назва теми, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Завдання для СРС 1. Історія експериментального та математичного обґрунтування системи рівнянь поля Максвелла.	3
2	Завдання для СРС 2. Диференційні рівняння у часткових похідних для магнітної індукції та векторного магнітного потенціалу.	4
3	Завдання для СРС 3. Визначення та класифікація електромагнітних полів: нелінійні, нестационарні, квазістационарні поля. Визначення просторового розміру поля: дво- і тривимірні поля.	3
4	Завдання для СРС 4. Класифікація чисельних методів розв'язання польових задач.	3
5	Завдання для СРС 5. Скінченні елементи 1-го і 2-го роду.	3
6	Завдання для СРС 6. Визначення пазового розсіювання обмотки електричної машини.	3
7	Завдання для СРС 7. Розрахунок електромагнітного моменту електричної машини.	4
8	Завдання для СРС 8. Розрахунок глибини проникнення поля в середовища з різними параметрами	3
9	Завдання для СРС 9. Визначення пускового моменту АД з масивним ротором.	4
10	Завдання для СРС 10. Підготовка до модульної контрольної роботи	6
11	Завдання для СРС 11. Особливості конструкції кінцевих клинів ротора турбогенератора.	4
12	Завдання для СРС 12. Основні характеристики постійних магнітів.	3
13	Завдання для СРС 13. Задання напрямку вектора намагнічування постійного магніту	3
14	Завдання для СРС 14. Фізичний зміст граничних умов 1 - го, 2 - го і 3 - го роду для теплових полів.	3
15	Завдання для СРС 15. Приклади розрахунків теплових полів (теплове поле ротора потужного турбогенератора).	3
16	Завдання для СРС 16. Різні варіанти ушкодження ротора асинхронного двигуна	4
17	Завдання для СРС 17. Ефективність електромагнітного прискорювання.	4
18	Завдання для СРС 18. Підготовка до заліку	6
Усього годин		66

Модульна контрольна робота. Для одержання студентами стійких знань передбачено виконання модульної контрольної роботи, на яку виносяться основні питання дисципліни.

Модульна контрольна робота складається з двох частин (контрольних робіт):

- контрольна робота 1 по темам 1.1 – 2.3.
- контрольна робота 2 по темам 3.1 – 5.2.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- **правила відвідування занять:** відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- **правила поведінки на заняттях:** студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- **правила захисту індивідуальних завдань:** захист реферату з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки реферату;

- **політика дедлайнів та перескладань:** якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

- **політика щодо академічної доброчесності:** Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з даної дисципліни;

- **при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.**

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

РСО розроблена згідно з «Положенням про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (затверджено та уведено в дію наказом № 1/273 від 14.09.2020 р.)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

РСО передбачає оцінювання результатів навчання здобувача вищої освіти впродовж семестру – проходження або виконання певних видів робіт, передбачених заходами поточного контролю. Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою.

Умови допуску до семестрового контролю: обов'язковими умовами допуску до семестрового контролю є: виконання двох частин модульної контрольної роботи, кількість балів, передбачених заходами поточного контролю – не менше 40 балів.

Поточний семестровий рейтинг студента складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання розрахункових завдань при проведенні практичних занять.

Бальне оцінювання певних видів робіт, передбачених заходами поточного контролю:

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал за одне експрес-опитування – 5 балів.

Максимальна кількість балів на одного студента дорівнює: 5 балів * 2 опитування = 10 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 5 балів;

Модульна контрольна робота

Максимальна кількість балів за виконання першої частини МКР (по темам 1.1 – 2.3)

дорівнює 30 балів.

Критерії оцінювання:

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 28...30 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) - 15... 27 балів;
- відповідь містить менше 50 % правильних відповідей – 0...14 балів;

Таку ж кількість балів (30) студент отримує за виконання другої частини

МКР (по темам 3.1 – 5.2)

Виконання завдань під час практичних занять

Максимальна кількість балів, яка може бути отримана під час проведення практичних занять дорівнює 30 балів.

Критерії оцінювання:

- обсяг правильних розв'язків практичних задач (80-100%) 25...30 балів;
- обсяг правильних розв'язків практичних задач (40-79%) 10...24 балів;
- обсяг правильних розв'язків практичних задач (0-39%) 0...9 балів;

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є поточний рейтинг студента не менше 50% від максимально можливого.

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів, які студент може отримати протягом семестру складає:

$$R_c = 10 + (30 + 30) + 30 = 100 \text{ балів.}$$

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку але мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, викладач проводить семестровий контроль у вигляді **залікової контрольної роботи (ЗКР) або співбесіди**.

У разі проведення ЗКР (співбесіди), результуюча сума балів по дисципліні визначається як сума балів безпосередньо за результатами ЗКР (співбесіди) та балів за виконання ДКР. У цьому випадку розмір шкали оцінювання безпосередньо ЗКР (співбесіди) складає 40 балів, а сума балів, отримана за виконання заходів поточного контролю, перераховується з коефіцієнтом 0,6. і може складати у даному випадку не більше $100 - 40 = 60$ балів. Таким чином при проведенні ЗКР студент максимально може отримати також 100 балів (40 балів ЗКР і 60 балів за виконання заходів поточного контролю).

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, то попередній рейтинг здобувача скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи (співбесіди). Цей варіант формує відповідальне ставлення здобувача до прийняття рішення про виконання залікової контрольної роботи, змушує його критично оцінити рівень своєї підготовки та ретельно готуватися до заліку.

Критерії оцінювання ЗКР

- повні і правильні відповіді на усі поставлені запитання $R_3 = 38... 40$ балів;
- відповіді з певними несуттєвими похибками $R_3 = 30...37$ бали (в залежності від кількості похибок);
- відповідь без суттєвих помилок, але не з повним обсягом потрібної інформації $R_3 = 20...26$ бали;

- неповна відповідь з певними помилками $R_3 = 10-19$ балів;
- неповна відповідь зі значною кількістю помилок, але які не є принциповими $R_3 = 5-9$ балів;
- повністю неправильна відповідь або відсутність відповіді – 0 балів.

Таблиця відповідності сумарних рейтингових балів оцінкам за наступною шкалою:

Сумарна кількість балів R_p	Оцінка	Результат
95-100	Відмінно	зараховано
85-94	Дуже добре	
75-84	Добре	
65-74	Задовільно	
60-64	Достатньо	
Менше 60	Незадовільно	Не зараховано
Не виконані умови допуску	Не допущено	Не допущено

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Система рівнянь Максвелла – теоретична основа для аналізу електромагнітних полів.
2. Постановка задачі розрахунку електромагнітного поля в електричних машинах та пристроях.
3. Методи чисельного розв'язання рівнянь електромагнітного поля.
4. Визначення інтегральних параметрів та характеристик електричних машин за результатами розрахунку електромагнітного поля.
5. Визначення еквівалентної глибини проникнення електромагнітного поля в електропровідне середовище та математичне обґрунтування її виразу.
6. Вплив поверхневого ефекту на характеристики асинхронних машин з масивним ротором.
7. Екранування електромагнітних полів в електричних машинах
8. Рівняння електромагнітного поля з урахуванням наявності намагнічених середовищ. Математична модель постійного магніту.
9. Аналіз взаємопов'язаних електромагнітних і теплових полів.
10. Моделювання і діагностика ушкоджень короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна.
11. Імпульсні електромеханічні перетворювачі енергії.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри електромеханіки ФЕА, д.т.н. Васьковським Ю.М.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)



ТЯГОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітньо-наукова програма	<i>Електроенергетика та електромеханіка (Electrical Power Engineering and Electromechanics)</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова (Цикл професійної підготовки) з Блоку №6 (Електричні машини)</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>Перший рік, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів ECTS / 120 годин (Лекції – 18 год., Практичні – 18 год., СРС – 84 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Гайденок Юрій Антонович, тел. 0675061948, сторінка викладача: https://intellect.kpi.ua/profile/gya9</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Тягові електричні машини» (шифр ПВ8 з Блоку №6) складено відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістра «Електроенергетика та електромеханіка» (https://osvita.kpi.ua/141_ONPM_EEEM) з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей:

Загальні компетентності:

- ЗК01** – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- ЗК03** – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК05** – Здатність приймати обґрунтовані рішення;
- ЗК06** – Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК07** – Здатність виявляти та оцінювати ризики;
- ЗК09** – Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

Фахові компетентності:

- ФК01** – Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;
- ФК02** – Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;
- ФК04** – Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;
- ФК05** – Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;
- ФК06** – Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці;
- ФК11** – Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем;
- ФК12** – Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів;
- ФК14** – Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем;
- ФК16** – Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних процесів в електроенергетичних та електромеханічних системах;
- ФК17** – Здатність до усвідомлення сучасного стану та розуміння перспектив розвитку електроенергетики та електромеханіки;
- ФК20** – Здатність поєднувати знання теорії електроенергетичних та електромеханічних систем з метою вирішення комплексних міждисциплінарних науково-практичних проблем у цих сферах.

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

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна:

ПРН01 – Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем;

ПРН04 – Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем;

ПРН05 – Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах;

ПРН06 – Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу;

ПРН07 – Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах;

ПРН15 – Поєднувати різні форми науково-дослідної роботи і практичної діяльності з метою подолання розриву між теорією і практикою, науковими досягненнями і їх практичною реалізацією;

ПРН17 – Демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;

ПРН20 – Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами;

ПРН21 – Аналізувати поточний стан електроенергетики та електромеханіки, розуміти та оцінювати напрямки та перспективи їх розвитку;

ПРН24 – Вміти вирішувати комплексні міждисциплінарні науково-практичні проблеми у сферах електроенергетичних та електромеханічних систем.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти теоретичною базою таких дисциплін як: «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Основи автоматизованого проектування електричних машин», «Теорія автоматичного керування».

Дисципліна “Тягові електричні машини” забезпечує такі спеціальні дисципліни: “Електричні машини систем автоматики”, “Спеціальні електричні машини”, “Випробування, діагностика дефектів та сервісне обслуговування електричних машин”, “Надійність електричних машин” тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **6 розділів**, а саме:

1. **Загальні відомості про тяговий електропривод**, до якого ввійшли питання про: основні види тяги на залізницях України і світу; рівняння руху потягу; фізичні основи утворення сили тяги; види тягових електричних машин.

2. **Колекторні тягові електродвигуни**, до якого ввійшли питання про: властивості тягових електродвигунів (ТЕД) постійного струму; математичний опис та характеристики ТЕД постійного струму; ТЕД пульсуючого струму; комутація в колекторних ТЕД.
3. **Безколекторні тягові електродвигуни**, до якого ввійшли питання про: асинхронні тягові електродвигуни (АТД); закон частотного регулювання АТД; вентильні тягові двигуни; тягові двигуни електромобіля; лінійні тягові електродвигуни.
4. **Допоміжні тягові електричні машини і трансформатори**, до якого ввійшли питання про: загальні положення про допоміжні тягові електричні машини (ТЕМ); деякі види допоміжних ТЕМ; тягові трансформатори електрорухомого складу.
5. **Системи охолодження тягових електричних машин**, до якого ввійшли питання про: вентиляція тягових електричних машин; нагрівання й охолодження тягових електричних машин; нагрівостійкість ізоляції в ТЕМ.
6. **Проектування та випробовування тягових електричних машин**, до якого ввійшли питання про: особливості проектування ТЕМ; випробування ТЕМ; визначення основних характеристик і ККД.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Ayman M. EL-Refaie, "Electrical Machines for Traction and Propulsion Applications," in *Transportation Electrification: Breakthroughs in Electrified Vehicles, Aircraft, Rolling Stock, and Watercraft*, IEEE, 2023, pp.1-26, doi: 10.1002/9781119812357.ch1.
2. Grachev, V & Shrajber, M. (2021). Thermomechanical voltages in the insulation of traction electric machines of locomotive. *Journal of Physics: Conference Series*. 2131. 042087. 10.1088/1742-6596/2131/4/042087.
3. Terekhin, I. & Maznev, A. & Ivanov, I. & Tretyakov, A. & Kremlev, I.. (2020). The Influence of Moisture and Temperature on the Electrical Properties of Reinforced-Concrete Structures of a Catenary System. *Russian Electrical Engineering*. 91. 613-616. 10.3103/S1068371220100090.
4. Kim, K. & Panychev, Alexander & Blazhko, L. & Rybin, P.. (2020). Properties of a Synchronous Machine with Self-Regulating Magnetic Suspension of the Rotor when Its Axis Is Skewed. *Russian Electrical Engineering*. 91. 597-603. 10.3103/S1068371220100053.
5. Burkov, A. & Valinsky, O. & Evstaf'ev, A. & Maznev, A. & Tretyakov, A.. (2019). Modern Locomotive Traction Drive Control Systems. *Russian Electrical Engineering*. 90. 692-695. 10.3103/S106837121910002X.
6. Дистанційний курс:
«Тягові електричні машини» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209>

Додаткові:

1. Тягові електричні машини електрорухомого складу: навчальний посібник / В.М. Безрученко, В.К. Варченко, В.В. Чумак. Дніпро: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. 252 с. – ISBN: 966-8471-00-8.
2. Тягові електричні двигуни. За редакцією доцента к.т.н. Ю.С.Коробкова. / В.Д. Флора. Запоріжжя: Інформаційна система iElectro, 2011. 318 с.
3. Hughes A. *Electric motors and drives: Fundamentals, types, and applications*. 3rd ed. Oxford : Elsevier/Newnes, 2006. 410 p. – ISBN-13: 978-0-7506-4718-2

4. Robert Henry Smith. *Electric Traction*. Franklin Classics, 2018. 500 p. ISBN: 978-0-3439-6194-7
5. M. A. Chaudhari, S. M. Chaudhari. *Modern Electric Traction* [eBook]. 2nd ed. : Nirali Prakashan, 2018. 205 p. – ISBN: 978-9-3516-4325-8
6. Напара Ю. Б., Васильєв В. Є. *Теорія тягового електропривода: Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Проектування тягового асинхронного двигуна" / Дніпропетр. нац. ун-т залізничн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. - Д., 2008. - 44 с.*
7. *Тягові електричні машини: методичні вказівки до виконання лабораторних і учбово-дослідницьких робіт / уклад.: В. М. Безрученко, С. Л. Марікуца. Дніпропетр. нац. ун-т залізничн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізничн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. - 43 с.*
8. *Методичні вказівки з вивчення дисципліни "Тягові електричні двигуни" та виконання контрольних завдань для студентів спеціальності 7.050702 "Електричні машини та апарати" усіх форм навчання / уклад. каф. електричн. машин Запорізьк. нац. техн. ун-т. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2011 – 19 с.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Розділ 1. Загальні відомості про 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 літературні джерела: [1] с. 6-7; дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 1. Ч.1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2 Тема 1.2. Рівняння руху потягу ○ Сили, що діють на потяг. Рівнодіюча сил, що діють на потяг ○ Кінетична енергія потягу ○ Інерція обертових мас та фактори, що її визначають літературні джерела: [2], с. 8-10. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 1. Ч.2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2
2	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 літературні джерела: [2], с. 10-11. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 2. Ч.1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2

	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 літературні джерела: [1], с. 8-10. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 2. Ч.2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2
3	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 літературні джерела [1], с. 8-25, с. 95-120; дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3
4	Тема 2.2. Математичний опис та характеристики ТЕД постійного струму ○ Рівняння взаємозв'язку параметрів ТЕД постійного струму (р-ня напруг, моментів, ККД, тощо) ○ Механічні та тягові характеристики ТЕД постійного струму з незалежним, послідовним та змішаним збудженням ○ Регулювання швидкості обертання ТЕД постійного струму літературні джерела: [1], с. 25-39. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3
5	Тема 2.3. ТЕД пульсуючого струму ○ Характеристика пульсуючого живлення ○ Особливості роботи ТЕД при пульсації струму ○ Комутація ТЕД при пульсації струму ○ Втрати в ТЕД при пульсації струму літературні джерела: [1], с. 72-94. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 5 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3
6	Тема 2.4. Комутація в колекторних ТЕД ○ Критерії оцінки якості комутації ○ Причини іскріння щіток ○ Утворення дуги на колекторі ○ Засоби покращення комутації літературні джерела: [1], с. 40-62. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 6

	https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=209#section-3
7	Розділ 3. Безколекторні тягові електродвигуни Тема 3.1. Асинхронні ТЕД (АТД) ○ Загальні положення ○ Основні параметри і деякі особливості конструкції АТД ○ Способи живлення АТД ○ Особливості вибору параметрів при проектуванні АТД літературні джерела: [1], с. 132-134, с. 149-158; [2], с. 185-186 дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 7 https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=209#section-4
8	Тема 3.2. Закон частотного регулювання АТД ○ Схема заміщення частотнокерованого 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 літературні джерела: [1], с. 134-148. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 8 https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=209#section-4
9	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 літературні джерела: [1], с. 122-131. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 9 https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=209#section-4
10	Тема 3.4. Тягові двигуни електромобіля ○ Типи електроживлення в електромобілях ○ Регулювання напруги живлення електродвигунів електромобіля ○ Види компонувань елементів тягового електроприводу електромобілів ○ Розміщення електродвигунів в електромобілях ○ Мотор-колесо. Визначення. Переваги та недоліки ○ Двигуни, що використовуються для мотор-колеса ○ Двигуни постійного струму для мотор-колеса ○ Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором для мотор-колеса ○ Двигуни з постійними магнітами для мотор-колес ○ Вентильно-реактивні двигуни для мотор-колеса ○ Порівняння характеристик та вибір оптимального двигуна для мотор колеса літературні джерела: [4], с. 174-220.

	дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 10 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4
11, 12	Тема 3.5. Лінійні тягові електродвигуни ○ Принцип дії лінійного тягового електродвигуна ○ Класифікація ЛТЕД ○ Переваги і недоліки лінійних ТЕД ○ Крайові ефекти в лінійних ТЕД ○ Асинхронні лінійні ТЕД ○ Інші типи лінійних ТЕД літературні джерела: [2], с. 215-247, с. 249-271. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 11 та лекція 12 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4
13	Розділ 4. Допоміжні тягові електричні машини і тягові трансформатори Тема 4.1. Загальні положення про допоміжні ТЕМ ○ Класифікація допоміжних ТЕМ ○ Допоміжні машини електровозів постійного і змінного струму ○ Призначення та особливості конструкції і режимів роботи літературні джерела: [1], с. 159-168. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 13. Ч.1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5 Тема 4.2. Деякі види допоміжних ТЕМ ○ Розщеплювач фаз, призначення, принцип дії і схема підключення ○ Електромашинні перетворювачі і генератори управління ○ Дільники напруги літературні джерела: [1], с. 169-178. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 13. Ч.2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5
14	Тема 4.3. Тягові трансформатори електрорухомого складу ○ Призначення тягових трансформаторів і умови їх роботи ○ Конструкція, система регулювання напруги та охолодження тягових трансформаторів ○ Сучасні види тягових трансформаторів літературні джерела: [1], с. 217-229. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 14 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5
15	Розділ 5. Системи охолодження тягових електричних машин Тема 5.1. Вентиляція ТЕМ ○ Види систем вентиляції ТЕД ○ Статичний і динамічний напори повітря ○ Характеристики вентиляційних систем

	○ Принципи розрахунків вентиляційної системи ТЕМ ○ Аеродинамічні характеристики: очищення і фільтрація повітря літературні джерела: [1], с. 177-197. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6
16	Тема 5.2. Нагрівання й охолодження ТЕМ ○ Нагрівостійкість ізоляції ○ Перегрів і його визначення ○ Основні положення теорії нагрівання ○ Визначення кривих нагріву і охолодження літературні джерела: [1], с. 198-216. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 16 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6
17	Розділ 6. Проектування та випробування тягових електричних машин Тема 6.1. Особливості проектування ТЕМ ○ Габаритні умови розміщення на електрорухомому складі ○ Вибір основних параметрів ТЕД ○ Особливості конструювання ТЕД: якоря, обмотки, колектора літературні джерела: [2], с. 137-182. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 17 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-7
18	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 літературні джерела: [1], с. 230-247. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 18 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-7

Практичні заняття

Мета практичних занять – вироблення навичок аналізу характеристик та поглиблення уявлень про тягові електричні машини і трансформатори. Кожне практичне заняття розраховано на 2 аудиторні години.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Вводне заняття. Рівняння руху потягу. Обчислення сили тяги потягу. літературні джерела: [2], с. 8-11. дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темами 1.2 та 1.3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2

2	Обчислення втрат і ККД в тягових двигунах постійного струму. Пульсаційні втрати в тягових двигунах пульсуючого струму. літературні джерела: [1], с. 10-14; с. 37-38; с. 91-92. дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темами 2.2 та 2.3. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3
3	Розрахунок електро механічних характеристик тягових двигунів постійного та пульсуючого струму літературні джерела: [1], с. 33-39. дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темами 2.2 та 2.3. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3
4, 5	Вибір основних параметрів асинхронних тягових двигунів (АТД). Формування тягових характеристик АТД. літературні джерела: [1], с. 132-159. дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темами 3.1 та 3.2. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4
6, 7	Розрахунок параметрів і характеристик тягових трансформаторів. Втрати і ККД тягового трансформатора. літературні джерела: [1], с. 217-229. дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темою 4.3. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5
8	Розрахунок вентиляційної системи тягових електричних машин. літературні джерела: [1], с. 177-197. дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темою 5.1. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6
9	Метод теплових схем і визначення перегріву обмоток тягових електричних машин. літературні джерела: [1], с. 198-216. дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темою 5.2. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6

Лабораторні роботи

Лабораторні роботи навчальним планом не передбачені.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	36
2	Підготовка до МКР	20
3	Підготовка до заліку	28
РАЗОМ:		84

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (затверджено та уведено в дію наказом від 14.09.2020 р. № 1/273, зі змінами, внесеними наказом від 03.05.2022 р. № НОН/131/2022) заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях. Виконання модульної контрольної роботи (МКР) з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни «Тягові електричні машини», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання МКР;*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;*
- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» від 5 квітня 2021 р. (<https://kpi.ua/code>) встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Тягові електричні машини»;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка в месенджерах і соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: Модульна контрольна робота (МКР), яка складається з трьох частин.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: виконання МКР, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100 ... 95	Відмінно
94 ... 85	Дуже добре

84 ... 75	Добре
74 ... 65	Задовільно
64 ... 60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- участі в експрес опитуваннях на лекційних заняттях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання **1** (складається з трьох частин) модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес опитування на лекційних заняттях	Розв'язання задач	МКР	Рс ¹	Залік (за потреби)	Р ²
6	40	54	100	(30)	100

¹ Рс – сума балів контрольних заходів протягом семестру.

² Р – загальна рейтингова оцінка за семестр.

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях лекційних заняттях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях – $2 \times 2 = 4$ бали.

Критерії оцінювання

- Повна та точна відповідь на питання – **2 бали**;
- Неповна та неточна відповідь на питання – **1 бал**;
- Відсутність відповіді на питання – **0 балів**.

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – $5 \times 8 = 40$ балів.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття – **5 балів**;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – **2...4 балів**;
- недостатня спроможність або повна неспроможність до розв'язання задач, відсутність володіння матеріалу необхідних розділів курсу – **0 балів**.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 18.

Максимальний бал за МКР – $18 \times 3 = 54$ балів.

Критерії оцінювання

- Повне і точне виконання – **18 балів**.
- Відповіді неточні є окремі несуттєві помилки – **11...17 балів**.
- Відповіді неповні, є окремі суттєві помилки – **1...10 балів**.
- Відповіді неправильні – **0 балів**.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – залік

Студенти, які набрали протягом семестру **70 і більше балів ($R_c \geq 0,7 R$)**, за бажанням, можуть отримати залік автоматично без написання залікової роботи, тобто так званим "автоматом" відповідно до набраного рейтингу.

Студенти, які не виконали МКР не менше ніж на «задовільно» та не отримали не менше 30 стартових балів до заліку не допускаються.

Студенти, які виконали умови допуску до заліку, але набрали протягом семестру менше **70 балів ($R_c < 0,7 R$)** виконують залікову контрольну роботу.

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань кожне з яких оцінюється в **15 балів**. Таким чином максимальна кількість балів за залікову роботу – **30 балів**.

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи

- повне і правильне виконання завдання; вичерпні і логічні відповіді на всі питання (при необхідності, і на додаткові) – **23...30 балів**;
- відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни – **13...22 балів**.
- повне виконання завдання з суттєвими помилками, часткова відповідь на питання та/або допущення окремих несуттєвих помилок при відповіді на питання. Відповіді непослідовні і нечіткі – **5...12 балів**.
- неповне виконання (або невиконання) завдання. У відповіді студент припускається суттєвих помилок, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання – **< 5 балів**.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем (питань), які виносяться на семестровий контроль

1. Призначення, структура та основні елементи тягового електроприводу. Класифікація тягових електроприводів.
2. Особливості умов роботи тягового приводу. Джерела живлення, що застосовуються на електрорухомому складі.
3. Характеристика енергетичних показників контактної мережі.
4. Рівняння руху потягу. Характеристика навантаження тягового електродвигуна.
5. Динамічні сили, що діють на тягові двигуни. Причини їх виникнення.
6. Характеристика енергетичних показників двигун-генераторних установок.
7. Умови роботи тягових двигунів. Вимоги, які ставляться до тягових двигунів. Режим роботи ТЕД.
8. Вимоги, що пред'являються до характеристик тягового генератора.

9. Характеристики і регулювання напруги тягових генераторів змінного струму.
10. Спільна робота теплового двигуна і тягового генератора.
11. Визначення потужності тягових двигунів.
12. Визначення схеми з'єднання тягових електродвигунів з джерелом енергії.
13. Визначення номінальної напруги тягових двигунів постійного і пульсуючого струмів.
14. Навантажувальні характеристики тягового двигуна. Коефіцієнт насичення в ТЕД.
15. Втрати потужності в тяговому двигуні. ККД тягового двигуна постійного і пульсуючого струмів.
16. Визначення електричних, магнітних і механічних втрат в тяговому двигуні.
17. Природа додаткових втрат потужності в тяговому двигуні. Визначення ККД в генераторному (гальмівному) режимі роботи ТЕД.
18. Електромеханічні характеристики тягових двигунів.
19. Жорсткість швидкісних характеристик тягового двигуна.
20. Робочі характеристики тягових двигунів постійного і пульсуючого струмів.
21. Перехідні процеси, що виникають в тягових двигунах.
22. Регулювання швидкості обертання тягових двигунів.
23. Способи електричного гальмування застосовуються на електрорухомому складі. Електрична стійкість в гальмівному режимі.
24. Рекуперативне гальмування. Струм рекуперації. Живлення обмотки незалежного збудження тягової машини при рекуперативному гальмуванні.
25. Швидкісна і моментна характеристики тягового двигуна при ослабленому збудженні. Регульовальні властивості тягового двигуна.
26. Динамічні сили, що діють на щітково-колекторний апарат тягового двигуна за різних умов підвищення.
27. Особливості комутації в щітково-колекторному апараті тягового двигуна. Способи покращення комутації.
28. Особливості комутації в двигунах пульсуючого струму.
29. Часові діаграми напруги і струму навантаження локомотива. Коефіцієнти пульсації напруги і струму.
30. Способи зменшення пульсації струму та магнітного потоку тягового двигуна. Властивості згладжуючих реакторів.
31. Особливості застосування компенсаційної обмотки в тягових двигунах пульсуючого струму.
32. Вплив пульсації якірного струму на розподіл індукції під головним полюсом.
33. Вплив нестабільності напруги на потенційні діаграми тягових двигунів пульсуючого струму.
34. Перехідні процеси, які найчастіше виникають при живленні електрорухомого складу від контактної мережі.
35. Повне рівняння перехідного процесу при відновленні напруги на струмоприймачі. Врахування змінності індукції обмоток якірного кола.
36. Перехідні процеси, що відбуваються в тяговому двигуні при стрибкоподібному підвищенні напруги контактної мережі.
37. Процеси в асинхронному тяговому двигуні.
38. Електромагнітний момент асинхронного тягового двигуна в перехідному процесі.
39. Порівняння властивостей колекторних і безколекторних тягових двигунів.
40. Вентильний тяговий двигун. Його переваги перед колекторним тяговим двигуном.
41. Напівпровідникові перетворювачі, які застосовують у вентильних двигунах з живленням від контактної мережі змінного і постійного струму.
42. Магнітне поле в повітряному зазорі вентильного двигуна. Регулювання швидкості обертання вентильного двигуна.
43. Особливості визначення ЕРС вентильного двигуна, його моменту на валу та швидкості обертання в порівнянні з машиною постійного струму.

44. Особливості живлення асинхронних тягових двигунів від інвертора напруги струму.
45. Регулювання частоти обертання асинхронного тягового двигуна.
46. Гармоніки МДС, що виникають в асинхронному тяговому двигуні і їх вплив на момент двигуна.
47. Втрати потужності в асинхронних тягових двигунах при частотному регулюванні.
48. Застосування лінійних тягових двигунів. Їх відмінності від обертових двигунів.
49. Будова і принцип дії лінійного асинхронного двигуна. Конструктивні різновиди таких двигунів.
50. Крайові ефекти в лінійному асинхронному двигуні.
51. Конструктивне виконання і класифікація лінійних синхронних двигунів.
52. Лінійний двигун постійного струму (конструктивне виконання і принцип дії).
53. Лінійні вентильні двигуни (конструктивне виконання і принцип дії).
54. Особливості лінійних асинхронних двигунів для високошвидкісного наземного транспорту.
55. Кінцеві динамічні і статичні ефекти в лінійних асинхронних двигунах.
56. Особливості будови обмоток в лінійних асинхронних двигунах.
57. Проблема створенні високошвидкісного наземного транспорту на принципі левітації екіпажу.
58. Створення електродинамічного підвішування поїзда. Застосування надпровідних електромагнітів.
59. Конструктивна схема і принцип дії магнітного підвішування з нульовим потоком.
60. Переваги, які має лінійний синхронний двигун перед лінійним асинхронним при застосуванні на залізничному транспорті.
61. Сила тяги в лінійному синхронному двигуні. Конструкція дорожньої обмотки такого двигуна.
62. Як діють сили по координатним осям шляху на рух екіпажу і шлях?
63. Визначення магнітної сили опору руху екіпажу.
64. Визначення необхідної сили тяги в сталому і перехідному режимах руху екіпажу, виходячи з сил опору руху.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у **Положенні про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті** (затверджено та уведено в дію наказом від 09.05.2023 р. № НОН/157/2023)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н., доц. Гайденко Ю. А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)



"НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН"

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ОНП ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Денна/прискорена/дистанційна
Рік підготовки, семестр	I курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a85999b3-d50c-41f1-be38-6616d9c511ca http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=5704220f-c820-4b25-8a19-b8144821e270
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: к.т.н. доц. Реуцький Микола Олександрович, rto318@i.ua к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович, Fegasusr@gmail.com Лабораторні роботи: к.т.н. доц. Реуцький Микола Олександрович, к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Надійність електричних машин» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей: об'єктивно оцінити переваги та недоліки електричних машин, технологічні та експлуатаційні впливи на вузли та конструкцію електричних машин з точки зору якості та надійності; спланувати та провести випробування електричних машин на надійність і оцінити результати випробовувань; розрахувати надійність основних вузлів електричних машин; системно-цільового підходу до вирішення практичних інженерних та наукових проблем надійності електричних машин; вирішення проблем надійності, які виникають при розробці та експлуатації нових, більш ефективних електромеханічних систем та вмінь застосовувати методи і основні правила експлуатації електричних машин та трансформаторів; термінологію і аналізувати: характеристики та показники надійності електричних машин; основні математичні моделі для розрахунку показників

надійності електричних машин та їх експериментальної оцінки; вплив технології виробництва та експлуатації в різних умовах на процеси розвитку відмов елементів, систем та електричних машин в цілому; використання сучасних методів проектування електричних машин: визначення видів ушкоджень електричних машин за результатами аналізу їх вібрації та шуму; розуміння сучасних підходів в обробці сигналів датчиків вібрації; користуватися поняттями з області віброакустики; використовувати сучасні методи розрахунків вібрації і шумів, а також зменшувати віброакустичну активність електричних машин різних типів на стадії їх проектування; користуватися сучасними методами експериментального дослідження вібрації і шуму електричних машин різних типів; оволодіння навичками використання ефективного віброзахисту різних типів електричних машин.

Предметом навчальної дисципліни є взаємозв'язок надійності, якості та ефективності електричних машин, специфічних математичних методів, елементів математичної та фізичної теорії надійності щодо електричних машин, методи математичного моделювання та аналізу дифузних систем, ймовірнісні характеристики міцності, старіння, механізмів розвитку відмов найслабших елементів електромеханічних систем; система властивостей фізичних процесів збудження шуму і вібрації в електричних машинах різних типів, а також сучасні засоби вимірювання вібрацій і діагностування ушкоджень в електричних машинах.

Програмні результати навчання:

Компетенції загальні:

ЗК7. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК10. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня.

Компетенції фахові:

ФК1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних об'єктів та систем.

ФК 17. Здатність до усвідомлення сучасного стану та розуміння перспектив розвитку електроенергетики та електромеханіки.

Програмні результати навчання:

ПРН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРН03. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

ПРН06. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПРН10. Презентувати матеріали досліджень на міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН21. Аналізувати поточний стан електроенергетики та електромеханіки, розуміти та оцінювати напрямки та перспективи їх розвитку.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисциплінами, що передують вивченню дисципліни «Надійність електричних машин» та складають її теоретичну базу є: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини». Дисципліна становить основу проходження переддипломної практики та виконання магістерської дисертації.

Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль структурно розділено на розділи, а саме:

- **Надійність електричних машин**, до якого ввійшли питання: основні поняття та складові надійності, основні етапи забезпечення надійності, елементи теорії ймовірностей та математичної статистики, кількісні показники надійності, структурна надійність, закони розподілу відмов, оцінка надійності за даними випробувань та експлуатації.
- **Вібрації та шуми електричних машин**, до якого ввійшли питання: основні параметри звуку, шуму і вібрації; джерела шуму та вібрації електричних машин; розрахунок вібрації і випромінюваного шуму; магнітний шум асинхронних двигунів; магнітний шум синхронних машин; магнітний шум машин постійного струму; аеродинамічний шум електричних машин; вібрація електричних машин, що збуджується джерелами механічного походження; вимірювання шуму і аналіз сигналів датчиків вібрації електричних машин.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Дискретні вейвлет-перетворення в діагностуванні гідроагрегатів : монографія / В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацев, В. Ф. Граняк, С. О. Буковський. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 112 с.
2. Elias G. Strangas, FaultDiagnosis, Prognosis, andReliabilityforElectricalMachinesandDrives / Elias G. Strangas, GuyClerc, HubertRazik, AbdenourSoualhi // Wiley-IEEE Press. – 2021. - 443 p.
3. Надійність електричних машин: Вібрації та шуми електричних машин: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ., які навчаються за освітньою програмою "Електричні машини і апарати" / КПІ ім. І. Сікорського; уклад.: О.А. Гераскін. – Електронні текстові дані (1 файл: 10 Мбайт). – Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2019. – 108 с.
4. ReliabilityofElectricMachines: VibrationsandNoisesofElectricMachines: computerworkshop [Electronicresource]: educationaltutorialforstudentsstudyingonspecialty 141 "Electricpowerengineering, electricalengineeringandelectromechanics" / KPI

namedafterIgorSikorsky; Authors: Oleksandr GERASKIN, Evgen DUBCHAK. – Electronic text data (1 file: 6 MB). - Kyiv: KPI namedafterIgorSikorsky, 2021. - 103 p.

5. Надійність електричних машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник з освітньої компоненти «Надійність електричних машин» до виконання лабораторних робіт для здобувачів, які навчаються за ОПП другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. О. Реуцький, А. А. Шиманська, С. С. Цивінський, В. В. Котлярова. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,43 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 72 с. Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 8 від 02.06.2023 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 11 від 29.05.2023 р.). Реєстр. № 22/23-825.с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38787>

6. Дистанційний курс «Надійність електричних машин»
<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146>

Додаткові інформаційні ресурси:

7. Губаревич О.В. Надійність і діагностика електрообладнання: Підручник / О.В. Губаревич. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.
8. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин.: навчальний посібник (5 частин)/ В. В. Грабко, М. П. Розводюк, С. М. Левицький, І. В. Грабенко. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 137 с.
9. Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П. Діагностування енергетичного обладнання: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014.- 590 с.
10. Кухарчук В. В. Моніторинг, діагностування та прогнозування вібраційного стану гідроагрегатів : монографія / В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацев, В. В. Усов. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 169 с.
11. ShahriyarKaboli, ReliabilityinPowerElectronicsandElectricalMachines: IndustrialApplicationsandPerformanceModels / ShahriyarKaboli. // IGI Global. – 2016. – 481 p.
12. Яцун, М. А. Експлуатація та діагностування електричних машин і апаратів: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів, що навч. за напрямом підготовки "Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі"/ М. А. Яцун, А. М. Яцун; Львівський нац. аграрний ун-т, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2010. - 228 с.
13. Шумілов Ю. А. Шум і вібрація електричних машин. Конспект лекцій – електронний варіант. – 2006. – 76 с: ил.
14. Яцейко А. Я. Діагностика ізоляції високовольних трансформаторів струму під робочою напругою : автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук : спец.: 05.14.02 – «Електричні станції, мережі і системи» / А. Я. Яцейко. — К., 2008. — 18 с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Надійність електричних машин	
1	ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА СКЛАДОВІ НАДІЙНОСТІ. Показники надійності та якості. Об'єкт. Якість. Показники якості. Пошкодження. Відмова. Працездатність. Непрацездатність. Надійність. Безвідмовність. Ремонтпридатність. Довговічність. Термін служби. Ресурс. Граничний стан. Зберігаємість. Дослідження. Науковий метод підвищення надійності ЕМ. Аналіз апріорної (первинної) інформації, отриманої експертним опитуванням, вивченням літературних джерел, роздумів. Уточнення найближчих цілей, висунення робочих гіпотез. Планування, підготовка і проведення дослідів. Аналіз результатів дослідів, порівняння їх з апріорною інформацією і гіпотезами. Формулювання висновків – уточнення моделей, оцінка гіпотез, отримання апостеріорної інформації. Ухвалення рішення про доцільність і можливість подальшого руху на наступний виток спіралі. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою, пошук прикладів технічного вирішення проблем надійності в техніці. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
2	Проектування. Розробка конструкції. Структурні поняття: елемент, вузол, виріб, система. Конструкційна надійність. Конструкторський промах. Загальні рекомендації конструкторам. Виробництво. Загальні властивості сучасної технології. Виробництво електричних машин. Загальні закономірності. Засоби та плани контролю якості. Випробування на надійність. Прискорені випробування. Технологічні експерименти. Руйнівні і неруйнівні методи контролю. ОТК. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою, Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
3	ОСНОВНІ ЕТАПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ. Експлуатація. Аналіз першопричини та місць відмов. Захист, профілактика та резервування. Статистичний аналіз першопричин і місць відмови в ЕМ. Оптимізація захисту, профілактики та резервування ЕМ. Планові огляди. Безвідмовність обмоток. Випробування на надійність. Ресурсні випробування. Прискорені випробування. Визначальні та контрольні випробування на надійність. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
4	ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики. Ймовірності випадкових випадків. Причини відмов електричних машин. Випадкова подія, величина, процес. Ймовірність. Ймовірність події. Властивості ймовірності. Статистичне визначення. Відносна частота. Практичне застосування результатів статистичних спостережень. Випадкові величини. Випадкові величини дискретного та безперервного типу. Зв'язок між значенням випадкових величин та їх ймовірностями. Способи завдання

	випадкових величин. Статистичні характеристики: інтегральна та диференціальна функції розподілення. Закон розподілу випадкових величин. Диференціальний закон розподілу. Щільність розподілу. Практичне застосування результатів статистичних спостережень. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
5	Точкові оцінки випадкових величин. Істотні властивості розподілів вірогідних величин. Математичне очікування, мода, медіана, дисперсія, коефіцієнт варіації, розмах середньоарифметичне відхилення ВВ. Коефіцієнт форми розподілу. Показники, які оцінюють форму розподілу випадкових величин: коефіцієнт асиметрії та коефіцієнт ексцесу. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 5 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
6	КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ. Кількісні показники надійності. Ймовірність безвідмовної роботи. Ймовірності відмови. Частота відмов. Інтенсивність відмов. Середній час безвідмовної роботи. Середнє напруження на відмову. Практичне застосування результатів статистичних спостережень. СТРУКТУРНА НАДІЙНІСТЬ Структурна надійність. Послідовне з'єднання елементів. Резервування. Дублювання. Ймовірність відмови. Практичні розрахунки надійності систем з послідовним з'єднанням елементів. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
7	Паралельне з'єднання елементів. Збільшення надійності елементів та систем за рахунок резервування та дублювання. Ймовірність відмови системи. Ймовірність безвідмовної роботи. Практичні розрахунки надійності систем з паралельним з'єднанням елементів. Паралельно-послідовне з'єднання елементів. Паралельне з'єднання послідовних кіл. Послідовне з'єднання паралельних блоків. Ймовірність відмови системи. Ймовірність безвідмовної роботи. Практичні розрахунки надійності систем з паралельно-послідовним з'єднанням елементів. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 7 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
8	Періоди роботи технічних пристроїв. Період припрацювання. Період нормальної експлуатації. Період зносу. Виникнення відмов технічних пристроїв в період припрацювання, нормальної роботи та в період старіння. Закони розподілу відмов. Експоненційний розподіл. Ознаки експоненціального розподілу. Ймовірність безвідмовної роботи при експоненціальному розподілі. Практичні розрахунки надійності з експоненційним розподілом. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.

	Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
9	Нормальний розподіл. Нормальний розподіл випадкових величин, або розподіл Гауса, або крива Лапласа. Зростання інтенсивності відмов. Перший початковий момент розподілу. Середнє квадратичне відхилення. Функція розподілу випадкової величини. Правило трьох сиги. Інтеграл Лапласа. Табульовані функції. Щільність ймовірності розподілу табульованих функцій. Нормований та центрований розподіл. Розрахунок надійності систем, розподіл ймовірності яких підпорядковується нормальному закону розподілу. Практичні розрахунки надійності з нормальним розподілом. Розподіл Релея. Ознаки розподілу Релея. Ймовірність безвідмовної роботи при розподілі Релея. Практичні розрахунки надійності з розподілом Релея. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
10	Гамма-розподіл. Ознаки гамма-розподілу. Ймовірність безвідмовної роботи при гамма-розподілі. Практичні розрахунки надійності з гамма-розподілом. Розподіл Вейбулла. Ознаки розподілу Вейбулла. Ймовірність безвідмовної роботи при розподілі Вейбулла. Практичні розрахунки надійності з розподілом Вейбулла. Біноміальний розподіл. Ознаки біноміального розподілу. Ймовірність безвідмовної роботи при біноміальному розподілі. Практичні розрахунки надійності з біноміальним розподілом. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
11	Оцінка надійності за даними випробовувань та експлуатації. Основні методи оцінки надійності. Визначальні випробування. Контрольні випробування. Випробування. Коефіцієнт прискорення. Загальна характеристика контрольних випробувань. Помилка першого роду. Помилка другого роду. Методика контрольних випробувань на надійність. Спрощений план випробувань. Практичне застосування плану випробувань для розрахунків надійності. Приємочний та браковочний рівні ВБР. Визначаючі випробування та оцінка надійності по даним експлуатації. Методика проведення контрольних випробувань на надійність. Методика та приклади проведення контрольних випробувань. Визначальні випробування та оцінка надійності за даними експлуатації. Ймовірно теоретичний розподіл. Рівень значущості. Критерії згоди. Графічний метод оцінки прямолінійності Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Літературні джерела: [1-5]; Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
12	Надійність ізоляції обмоток електричних машин. Руйнування ізоляції. Тепловий, електричний, іонізаційний пробій діелектрика. Модель надійності ізоляції обмоток електричних машин. Математичні моделі надійності міжжиткової ізоляції. Розрахунок надійності міжжиткової, корпусної та міжфазової ізоляції обмоток електричних машин. Економічні питання надійності. Витрати на підвищення надійності. Модульна контрольна робота.

	Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
	для ч.2 "Вібрації та шуми електричних машин":
13	<u>Лекція 13</u> ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ЗВУКУ, ШУМУ І ВІБРАЦІЇ Тема 1. Звук. Основні поняття. Визначення поняття "Звук". Характеристики звуку. Література: [1-5]. Тема 2. Фізичні параметри звуку. Гучність звуку. Рівень гучності. Одиниці вимірювання звуку. Закон Вебера-Фехнера. Основні акустичні одиниці вимірювання звуку. Довжина звукової хвилі. Література: [1-5]. дистанційний курс "Надійність електричних машин" ч. 2 "Вібрації та шуми електричних машин", лекція 4, https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3143
14	<u>Лекція 14</u> Тема 3. Шум. Класифікація шуму. Тема 4. Вібрація. Параметри вібрації. Тема 5. Загальні відомості про генерування шуму і вібрації. Повний акустичний опір. Питомий акустичний опір. Коливальний тиск. Взаємозв'язок між гармонічними зміщенням, швидкістю і прискоренням. Випромінювання шуму. Завдання на СРС: Вплив шуму і вібрації на організм людини. Література: [1-5].
15	<u>Лекція 15</u> ДЖЕРЕЛА ШУМУ ТА ВІБРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Тема 1. Загальна характеристика випромінювання шуму електричними машинами. Характеристика джерел шуму та вібрації електричних машин. Тема 2. Методи розділення джерел шуму та вібрації. Характеристика методів розділення джерел шуму та вібрації. Література: [1-5].
16	<u>Лекція 16</u> РОЗРАХУНОК ВІБРАЦІЇ І ВИПРОМІНЮВАНОВОГО ШУМУ Тема 1. Динамічна модель електричної машини. Метод електромеханічної аналогії.

	Поняття “вибірковий резонанс”. Методи “відлаштування” від резонансів. Завдання на СРС: Одномасова, двомасова і трьохмасова коливальні системи. Тема 2.Вібрація статорів, що збуджується електромагнітними силами. Література: [1-5].
17	<u>Лекція 17</u> Тема 3.Випромінювання магнітного шуму корпусом машини. МАГНІТНИЙ ШУМ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ Тема 1.Магнітне поле в повітряному проміжку АД Радіальні і тангенціальні сили, що створюються магнітними полями. Тангенціальні сили, що створюються магнітними полями. Завдання на СРС: Вибір кількості пазів короткозамкненого ротора. Література: [1-5].
18	<u>Лекція 18</u> Тема 2.Магнітострикція. Особливості магнітострикційних процесів в АД. Тема 3.Вплив технологічних і конструктивних факторів на магнітний шум. Тема 4.Вібрація крупних багатополюсних асинхронних двигунів. Література: [1-5]. Модульна контрольна робота
19	<u>Лекція19</u> МАГНІТНИЙ ШУМ СИНХРОННИХ МАШИН Тема 1.Вібрація статора дво полюсного турбогенератора. Тема 2. Вібрація статора гідрогенератора Завдання на СРС:Результативимірювання шуму і вібрації синхронних машин. Тема 3.Вібрація статорних обмоток Література: [1-5].
20	<u>Лекція20</u> МАГНІТНИЙ ШУМ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ Тема 1.Основні причини магнітного шуму машин постійного струму. Власні коливання ярма. Прямий паз по довжині якоря, ексцентричний повітряний проміжок під полюсом. Тема 2.Додаткові причини магнітного шуму машин постійного струму. Скошений паз по довжині якоря, рівномірний повітряний проміжок під полюсом. Вплив навантаження на магнітний шум машин постійного струму. Вплив деяких технологічних відхилень на магнітний шум машин постійного струму. Література: [1-5].
21	<u>Лекція 21</u>

	АЕРОДИНАМІЧНИЙ ШУМЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Тема 1. Утворення аеродинамічного шуму в електричних машинах. Шум вентилятора. Шум, що виникає від обертання ротора. Тема 2. Застосування глушителів шуму. Завдання на СРС: Аеродинамічний шум машин різного виконання. Література: [1-5].
22	<u>Лекція 22</u> ВІБРАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН, ЩО ЗБУДЖУЄТЬСЯ ДЖЕРЕЛАМИ МЕХАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ Тема 1. Вібрація електричних машин, що збуджується підшипниками. Вимоги до конструкції і виробництва підшипників. Загальні відомості про підшипники кочення. Вимоги до конструкції і виробництва підшипників. Тема 2. Джерелавібрації підшипників кочення. Вплив струмів і магнітних полів на вібрацію підшипників кочення. Вібрація підшипників ковзання. Основні види ушкодження підшипників. Тема 3. Шум щіткового апарата. Причини шуму щіткового апарата Шум ковзного контакту. Тема 4. Віброакустична активність джерел механічного походження. Зниження віброакустичної активності джерел механічного походження. Удари в кінематичних парах. Незрівноваженість обертювх мас. Література: [1-5].
23	<u>Лекція 23</u> ВИМІРЮВАННЯ ШУМУ І АНАЛІЗ СИГНАЛІВ ДАТЧИКІВ ВІБРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Тема 1. Умови і методи вимірювання шуму електричних машин. Вимірювальна апаратура. Встановлення і режим роботи досліджуваної машини. Нормування вібрації машин. Тема 2. Інтелектуальні системи моніторингу та діагностики машин по вібрації. Вібрація, її вимір і аналіз Тема 3. Датчики вібрації. Види датчиків вібрації. Основні елементи конструкції і принцип дії датчиків віброприскорення і віброшвидкості. Тема 4. Прилади для вимірювання вібрації електричних машин. Сучасні прилади для вимірювання вібрації електричних машин. Їх основні характеристики.

	Тема 5. Спектральна обробка сигналів датчиків вібрації в машинах роторного типу Література: [1-5].
--	---

5. Лабораторні роботи

№ з/п	Назва лабораторної роботи
Надійність електричних машин	
1	Вступне заняття. Інструктаж з правил техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт. Порядок виконання оформлення протоколів та здачі лабораторних робіт.
2	Моделювання та вивчення ймовірнісних характеристик максимальних навантажень на ізоляцію обмоток електричних машин. (Лабораторна робота №5) Літературні джерела [10]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
3	Моделювання та вивчення ймовірнісних характеристик міцності системи корпусної ізоляції обмоток електричних машин. (Лабораторна робота №6) Літературні джерела [10]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
4	Моделювання характеристик безвідмовної роботи ізоляції двох двигунів. (Лабораторна робота №7) Літературні джерела [10]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
5	Оцінка надійності електричних машин за даними випробувань та експлуатації. (Лабораторна робота №8) Літературні джерела [10]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
для ч.2 "Вібрації та шуми електричних машин": (лабораторні роботи)	
6	Моделювання і обробка сигналу датчика вібрації АД із використанням основних елементів в програмі NationalInstrumentsLabView. (2 години)
7	Моделювання і обробка сигналу датчика вібрації АД із використанням елементів SimulateSignal і SpectralMeasurements в програмі NationalInstrumentsLabView. (2 години)
8	Спектральна обробка сигналів електромагнітних вібробуджуючих сил асинхронного двигуна: неушкодженого і при наявності uszkodжень стержнів ротора (4 години)
9	Дослідження спектрів електромагнітних вібробуджуючих сил асинхронного двигуна: неушкодженого і при наявності статичного ексцентриситета (4 години)
10	Колоквіум із захисту лабораторних робіт (1 година)

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
для ч. 1 "Надійність електричних машин":		
1	<i>Завдання для СРС 1. Пошук прикладів технічного вирішення проблем надійності в техніці. Основні поняття та складові надійності. Показники надійності та якості.</i>	1
2	<i>Завдання для СРС 2. Зв'язок між наукоємністю електротехнічних виробів та їх надійністю.</i>	1
3	<i>Завдання для СРС 3. Загальні принципи проектування. Ідеї рівної міцності та рівної надійності</i>	1
4	<i>Завдання для СРС 4. Експлуатація. Аналіз першопричин та місць відмов. Види пошкоджень та відмов електричних машин в процесі випробувань та експлуатації. Захист, профілактика та резервування. Діагностика відмов.</i>	1
5	<i>Завдання для СРС 5. Випробувальне устаткування. Принципи випробування електричних машин на надійність.</i>	1
6	<i>Завдання для СРС 6. Моделювання випадкових величин. Випадкові величини дискретного та безперервного типів. Зв'язок між значенням випадкових величин та їх ймовірностями. Способи завдання випадкових величин. Статистичні характеристики: інтегральна та диференціальна функції розподілення.</i>	2
7	<i>Завдання для СРС 7. Завдання на СРС: Порівняння випадкових величин. Оцінки крайніх значень випадкових величин.</i>	1
8	<i>Завдання для СРС 8. Розрахунок ІБР, ІВ, інтенсивності відмов за даними статистичного ряду випадкових величин.</i>	1
9	<i>Завдання для СРС 9 Розрахунок надійності систем при послідовному з'єднанні елементів.</i>	1
10	<i>Завдання для СРС 10. Збільшення надійності елементів та систем за рахунок резервування та дублювання. Ймовірність відмови системи. Ймовірність безвідмовної роботи.</i>	1
11	<i>Завдання для СРС 11. Завдання на СРС: Розрахунок надійності при паралельно-послідовному з'єднанні систем.</i>	1
12	<i>Завдання для СРС 12. Виникнення відмов технічних пристроїв в період припрацювання, нормальної роботи та в період старіння.</i>	1
13	<i>Завдання для СРС 13. Застосування нормального розподілу при розрахунках надійності систем електромеханічних пристроїв. Застосування експоненційного розподілу при розрахунках надійності систем електромеханічних пристроїв</i>	1
	<i>Завдання для СРС 14. Застосування нормального розподілу при</i>	

14	розрахунках надійності систем електромеханічних пристроїв.	1
15	<i>Завдання для СРС 15. Застосування розподілу Релея при розрахунках надійності систем електромеханічних пристроїв.</i>	1
16	<i>Завдання для СРС 16. Застосування гамма-розподілу при розрахунках надійності систем електромеханічних пристроїв.</i>	1
17	<i>Завдання для СРС 17. Застосування розподілу Вейбулла при розрахунках надійності систем електромеханічних пристроїв.</i>	1
18	<i>Завдання для СРС 18. Застосування біноміального розподілу при розрахунках надійності систем електромеханічних пристроїв.</i>	1
19	<i>Завдання для СРС 19. Визначаючи випробування та оцінка надійності по даним експлуатації.</i>	2
20	<i>Завдання для СРС 20. Прийомочний та браковочний рівні ВБР.</i>	2
21	<i>Завдання для СРС 21. Визначення об'єму вибірки для проведення контрольних випробувань з заданим ризиком споживача.</i>	2
22	<i>Завдання для СРС 22. Визначення закону розподілу випадкових величин за статистичними даними.</i>	4
23	<i>Завдання для СРС 23. Розрахунок надійності міжвиткової, корпусної та міжфазової ізоляції обмоток електричних машин.</i>	2
24	<i>Завдання для СРС 24. Розрахунок надійності міжвиткової, корпусної та міжфазової ізоляції обмоток електричних машин.</i>	7
25	<i>Завдання для СРС 25. Зв'язок між вартістю та надійністю. Витрати на підвищення надійності електричних машин. Мінімум витрат, який відповідає заданій імовірності відмови.</i>	7
для ч.2 "Вібрації та шуми електричних машин":		
1	<i>Завдання для СРС 1. Вплив шуму і вібрації на організм людини.</i>	1
2	<i>Завдання для СРС 2. Одномасова, двомасова і трьохмасова коливальні системи.</i>	1
3	<i>Завдання для СРС 3. Вибір кількості пазів короткозамкненого ротора.</i>	1
4	<i>Підготовка до домашньої контрольної роботи (частина 1)</i>	4
5	<i>Завдання для СРС 4. Результати вимірювання шуму і вібрації синхронних машин.</i>	1
6	<i>Завдання для СРС 5. Аеродинамічний шум машин різного виконання.</i>	1
8	<i>Підготовка до екзамену</i>	36

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни "Надійність електричних машин"
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: написання МКР, виконання лабораторних робіт

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальна оцінка за кожну МКР 6 балів, виконання і захист усіх лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Оскільки дисципліна складається з 2-х частин, то є певні особливості в оцінюванні студентів. Зокрема, бали набрані в частині 1, діляться на 2 і сумуються до балів, набраних в частині 2. Таким чином в кожній частині студент може набрати 30 балів з 60 балів стартового рейтингу до екзамена.

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів. Екзаменаційна складова шкали Re всього курсу дорівнює 40% від загальної рейтингової шкали - 40 балів:

PCO для ч. 1 "Надійність електричних машин":

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;*
- виконання та захист чотирьох лабораторних робіт;*
- виконання індивідуальної роботи (РГР);*
- виконання чотирьох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).*

<i>Експрес-опитування</i>	<i>Лаб. роботи</i>	<i>РГР</i>	<i>МКР</i>	<i>Rc</i>	<i>Рекз</i>	<i>R</i>
<i>12</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>8</i>	<i>60</i>	<i>40</i>	<i>100</i>

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 0,3.

*Максимальна кількість балів на всіх лекціях –
0,3 бали * 27 = 8 бали.*

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 0,3;*

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $5 \times 4 = 20$ балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 5 балів;*
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 2 ... 4 балів;*
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 1 ... 2 балів;*
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;*

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 20.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 20 балів;*
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 7...11 балів;*
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...6 балів;*
- розрахунок неправильний – 0 балів;*
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.*

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з теоретичного та практичного запитання курсу: «Надійність електричних машин».

Ваговий бал кожної частини МКР – 4.

Максимальний бал за МКР – $2 \times 4 = 8$.

<i>Критерії оцінювання</i> - правильна відповідь та правильне розв'язання задачі – 2 *4=8.бали; - часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок у відповіді – 2 *3=6.балів; - правильне розв'язання задачі та неправильна відповідь або навпаки – 2 *2=4. бали; - відсутність відповіді – 0 балів. Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.	
<i>РСО для ч.2 "Вібрації та шуми електричних машин":</i>	
<i>Стартовий рейтинг в 60 балів складається з балів, що студент протягом семестру отримує за:</i>	<i>1. Написання модульної контрольної роботи: 20 балів</i> <i>2. Виконання та захист 4лабораторних робіт: 40 балів;</i> <i>5. Відповідь на екзамені – 40 балів.</i>
<i>Критерії нарахування балів:</i>	
<i>1. Результати написання модульних контрольних робіт: 2*10б=20 балів.</i>	<i>Інформація про структуру МКР:</i> <i>За повністю правильно написану МКР =20 балів</i> <i>В білеті 5 питань:</i> <i>1 питання - складне питання 8 балів.</i> <i>2 питання - питання середньої складності 6 балів.</i> <i>3 питання – 3 простих питання по 2 балу = 6 балів.</i> <i>В одному простому питанні може бути декілька простих запитань.</i> <i>Для зарахування МКР необхідно її написати на 60% і більше від максимальної кількості балів за МКР.</i> <i>Оцінювання питання на 8 балів:</i> <i>8 балів - повна обґрунтована відповідь;</i> <i>2 ...7 балів –недостатньо обґрунтована відповідь.</i> <i>Студент має можливість переписувати МКР достатню кількість разів, доки не напише МКР на достатню кількість балів.</i>
<i>2. Виконання та захист 4лабораторних робіт: 40 балів;</i>	• <i>по 8 балів — повне виконання і вчасний захист кожноїлабораторної роботи1, 2.</i> • <i>по 12 балів — повне виконання і вчасний захист кожноїлабораторної роботи3, 4.</i> <i>Оцінювання л.р. на 12 балів:</i> • <i>12 балів — повне виконання і вчасний захист лабораторної роботи;</i>

	0...6 балів — неповне або часткове виконання лабораторної роботи.
Умови отримання першої атестації:	набрано 50% (13 б) з того, що можна набрати (26 б): - написано МКР 1 на оцінку не менше 6 б: 10 б - зроблено і захищено л.р. 1 і 2: 16 б
Умови отримання другої атестації:	набрано 50% (26 б) з того, що можна набрати (52 б): - написано кожну МКР 1 і МКР 2 на оцінку не менше 6 б: 20 б - зроблено і захищено л.р. 1...3: 32 б
Штрафні та заохочувальні бали: участь у модернізації лабораторних робіт: + 1...6 балів; Сумарна кількість як штрафних, так і заохочувальних балів не повинна перевищувати $0,1R_c = 6$ балів (для PCO-2, екзамен) або $0,1R = 10$ балів (для PCO-1, залік).	
Критерії допуску студентів до екзамену з дисципліни частина 1:	- набрати стартовий рейтинг RC не менше 40 балів з 60 балів; - виконати і захистити всі лабораторні роботи з даної дисципліни; - написати кожну з МКР 1 і МКР 2 на оцінку, не менше 6 балів (60%) з 10 балів.
Проведення екзамену з дисципліни частина 1 і 2: На екзамені студент може набрати 10 балів з ч.1 дисципліни і 30 балів з ч.2 дисципліни. Питань на екзамені з курсу частини 2 «Надійність електричних машин» більше тому що в частині 2 відсутні модульні контрольні роботи. Рейтингова шкала з дисципліни складає: $R = R_c + R_e = 30 + 10 = 40 \text{ балів.}$ На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. На екзамені в білеті 4 питання по 10 балів кожне: - питання з дисципліни частина 1 (теоретичне питання) - питання з дисципліни частина 2 (теоретичне питання) - питання з дисципліни частина 2 (теоретичне питання) - питання з дисципліни частина 2 (задача) Критерії оцінювання екзаменаційної контрольної роботи: Кожне запитання (завдання) оцінюється у 10 балів за такими критеріями: «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 10-9 балів; «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 8-7 балів; «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 7-6 балів; «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів. Оцінка "автоматом" не виставляється бо з дисципліни екзамен (PCO-2).	

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

для ч. 1 "Надійність електричних машин":

1. Проаналізувати основні етапи забезпечення надійності. Дослідження. Науковий метод.
2. Проаналізувати основні етапи забезпечення надійності. Проектування. Розробка конструкцій.
3. Проаналізувати основні етапи забезпечення надійності. Виробництво. Загальні властивості сучасної технології.
4. Проаналізувати основні етапи забезпечення надійності. Експлуатація Аналіз першопричин та місце відмов. Захист, профілактика та резервування.
5. Елементи теорії імовірностей та математичної статистики. Проаналізувати поняття імовірності випадкових подій.
6. Елементи теорії імовірностей та математичної статистики. Проаналізувати поняття випадкових величини та методи задання випадкових величин.
7. Елементи теорії імовірностей та математичної статистики. Проаналізувати поняття функції розподілення випадкових величин та властивості функції розподілення.
8. Проаналізувати поняття точкових випадкових величин. Середнє, медіана і мода.
9. Проаналізувати поняття точкових випадкових величин. Дисперсія. Коефіцієнт варіації. Розмах. Середньоарифметичне відхилення.
10. Проаналізувати поняття точкових випадкових величин. Коефіцієнт форми. Коефіцієнт ексцесу.
11. Дати оцінку кількісним характеристикам надійності. Імовірність безвідмовної роботи.
12. Дати оцінку кількісним характеристикам надійності. Частота відмов. Інтенсивність відмов.
13. Дати оцінку кількісним характеристикам надійності. Середній час безвідмовної роботи. Середнє напрацювання на відмову.
14. Привести порівняння періодів роботи технічних приладів.
15. Проаналізувати поняття структурна надійність. Послідовне та паралельне з'єднання елементів.
16. Проаналізувати поняття структурна надійність. Послідовно-паралельне з'єднання елементів.
17. Дати оцінку експоненціальному закону розподілення відмов.
18. Дати оцінку нормальному закону розподілення відмов.
19. Дати оцінку закону розподілення Релея.
20. Дати оцінку закону Гамма- розподілення.
21. Дати оцінку закону розподілення Вейбулла.
22. Дати оцінку біноміальному закону розподілення.
23. Дати оцінку надійності за даними дослідження та експлуатації. Загальна характеристика контрольних досліджень.
24. Проаналізувати методику проведення контрольних досліджень на надійність.

25. Проаналізувати означальні дослідження і оцінка надійності за даними експлуатації.
26. Проаналізувати надійність ізоляції обмоток електричних машин.
27. Дати оцінку моделі оцінки ізоляції обмоток електричних машин.
28. Економічні питання надійності. Дати оцінку зв'язку між вартістю та надійністю.
29. Економічні питання надійності. Дати оцінку затратам на підвищення надійності виробів.
30. Дати оцінку надійності елемента, апарату чи системи при імпульсному режимі роботи.

для ч.2 "Вібрації та шуми електричних машин":

- Тема 1. Звук. Основні поняття.
- Тема 2. Фізичні параметри звуку.
- Тема 3. Шум.
- Тема 4. Вібрація.
- Тема 5. Загальні відомості про генерування шуму і вібрації.
- Тема 6. Загальна характеристика випромінювання шуму електричними машинами.
- Тема 7. Методи розділення джерел шуму та вібрації.
- Тема 8. Динамічна модель електричної машини.
- Тема 9. Вібрація статорів, що збуджується електромагнітними силами.
- Тема 10. Випромінювання магнітного шуму корпусом машини.
- Тема 11. Магнітне поле в повітряному проміжку АД
- Тема 12. Магнітострикція.
- Тема 13. Вплив технологічних і конструктивних факторів на магнітний шум.
- Тема 14. Вібрація крупних багатополюсних асинхронних двигунів.
- Тема 15. Вібрація статора дво полюсного турбогенератора.
- Тема 16. Вібрація статора гідрогенератора
- Тема 17. Вібрація статорних обмоток
- Тема 18. Основні причини магнітного шуму машин постійного струму.
- Тема 19. Додаткові причини магнітного шуму машин постійного струму.
- Тема 20. Утворення аеродинамічного шуму в електричних машинах.
- Тема 21. Застосування глушителей шуму.
- Тема 22. Вібрація електричних машин, що збуджується підшипниками.
- Тема 23. Джерела вібрації підшипників кочення.
- Тема 24. Шум щіткового апарата.
- Тема 25. Віброакустична активність джерел механічного походження
- Тема 26. Умови і методи вимірювання шуму електричних машин.
- Тема 27. Інтелектуальні системи моніторингу та діагностики машин по вібрації.
- Тема 28. Датчики вібрації.
- Тема 29. Прилади для вимірювання вібрації електричних машин.
- Тема 30. Спектральна обробка сигналів датчиків вібрації в машинах роторного типу.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц. к.т.н. Гераскіним О.А., доц. к.т.н. Реуцьким М.О.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)

Зміни в силабусі:

Розширено та оновлено список літератури.



СПЕЦІАЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

КР «СТРУКТУРНЕ ПЕРЕДБАЧЕННЯ І СПРЯМОВАНИЙ СИНТЕЗ НОВИХ РІЗНОВИДІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН»

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ОНП ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	I курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	45 годин / 1,5 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/КР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a0c4718e-21f5-46d5-bdb8-d6ff7eda3a4c
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н. Шинкаренко Василь Федорович, 0662172244</i> Практичні: <i>д.т.н. Шинкаренко Василь Федорович, 0662172244</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Спеціальні електричні машини» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою курсової роботи є оволодіння сучасними методами постановки і розв'язання складних пошукових задач інноваційного спрямування з використанням технології структурного передбачення та спрямованого генетичного синтезу об'єктів електромеханіки за заданою функцією цілі. Розв'язання основних завдань курсової роботи розраховано на інтеграцію навчальної, наукової, професійної, інноваційної та евристичної складових, що визначають рівень готовності майбутнього спеціаліста до самостійного виконання пошукових проектів інноваційного спрямування. Виконання курсової роботи сприяє систематизації і узагальненню знань, напрацюванню умінь розв'язання складних пошукових задач з гарантованим інноваційним ефектом.

Предмет навчальної дисципліни – принципи структурної організації і функціональної еволюції спеціальних електричних машин в умовах науково-технічного прогресу; основи генетичної систематики, еволюціонуючої різноманітності електричних машин; тенденції розвитку і напрямів практичного використання спеціальних ЕМ; генетичні і фізичні властивості джерел з біжучими і обертовими магнітними полями; системні властивості, закономірності розвитку та напрямки практичного використання базових видів спеціальних ЕМ поступального і обертального рухів; особливості конструкції, електромагнітних процесів і

областей практичного застосування спеціальних машин автономних систем електропостачання і електроприводу; принципи структурної організації, особливості електромагнітних процесів і області практичного використання електромеханічних перетворювачів енергії для безпосереднього здійснення технологічних процесів; принципи структуроутворення, областей функціонування складних спеціальних ЕМ-систем.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК9. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

ФК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК5. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК10. Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати

ФК13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК16. Здатність ефективно використовувати новітні екологічно-чисті матеріали і технології при розробці, модернізації і реконструкції електричних машин та апаратів, електричного обладнання систем електротранспорту та виробничих комплексів.

Програмні результати:

ПРО8. Враховувати правові та економічні аспекти наукових досліджень та інноваційної діяльності.

ПРН09. Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.

ПР11. . Обґрунтовувати вибір напряму та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН12. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР13. Брати участь у сумісних дослідженнях і розробках з іноземними науковцями, професіоналами та фахівцями в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПР18. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР22. Розв'язувати класичні, комплексні і непередбачувані завдання в галузях електроенергетики, електротехніки та електромеханіки із застосуванням сучасних та інноваційних підходів до їх вирішення

ПР23. Практично використовувати моделі і методи міждисциплінарного синтезу складних технічних систем з електромеханічними перетворювачами енергії

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

В структурно-логічній схемі програми підготовки зі спеціальності дисципліна «Спеціальні електричні машини» фактично є основною дисципліною, яка забезпечує майбутніх спеціалістів системними знаннями стосовно принципів організації їх структурно-функціональної різноманітності, особливостей електромеханічного перетворення енергії, тенденцій розвитку і областей практичного використання функціональних класів електричних машин (спеціальних електричних машин). Дисципліна «Спеціальні електричні машини», маючи безпосередній зв'язок з дисципліною «Електричні машини», «Моделювання електромеханічних систем», є базовою для студентів, що навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістрів, які обрали магістерські програми навчання: «Розшифровка геному електромеханічних перетворювачів

енергії», «Генетична систематика електричних машин», «Генетичне передбачення в структурній електромеханіці і створення генетичних банків інновацій». Кредитний модуль також використовується при вивченні окремих розділів спеціальної дисципліни «Основи теорії структур електромеханічних систем».

Зміст навчальної дисципліни

Курсова робота передбачає послідовне виконання таких етапів:

Курсовий проєкт передбачає послідовне виконання таких етапів:

1. Здійснити вибір ЕМ-об'єкта, описати конструкцію, принцип дії і його функціональне призначення.
2. Ідентифікувати складові генетичної інформації, генетичний код і визначити приналежність об'єкта до відповідного функціонального класу, Роду, Виду та відповідного гомологічного ряду.
3. За допомогою системної моделі визначити макрогенетичні програми горизонтального гомологічного ряду і Роду з зазначенням генетичних кодів гомологічних електромагнітних хромосом.
4. За результатами аналізу макрогенетичних програм здійснити передбачення і визначити кількісний склад генетично допустимих і неявних Видів ЕМ-структур.
5. За інформацією обраного ЕМ-об'єкта (п.1) здійснити інноваційний синтез конкурентоспроможних структур ЕМ в межах горизонтального ряду.
6. Здійснити візуалізацію і визначити системні та індивідуальні властивості синтезованих ЕМ-структур.
7. Зробити висновки та рекомендації за результатами виконаної роботи.
8. Подати КП на перевірку
9. Підготовка до захисту
10. Захист КП

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Структурне передбачення і спрямований синтез нових різновидів електричних машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник з освітніх компонент «Спеціальні електричні машини. Курсова робота» для здобувачів, які навчаються за ОПП та ОНП другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,41 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 90 с. Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 8 від 02.06.2023 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 11 від 29.05.2023 р.). Реєстр. № 22/23-824.
2. Спеціальні електричні машини. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник з освітньої компоненти «Спеціальні електричні машини», для здобувачів, які навчаються за ОПП та ОНП другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова. КПІ ім. Ігоря Сікорського. –Електронні текстові дані (1 файл: 77,4 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 166 с. Рекомендовано Вченою радою ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 12 від 26.06.2023 р.) як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

3. *Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", спеціалізації "Електричні машини і апарати" / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. - Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 258 с. українською мовою; Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського Протокол № 10; дата 04.11.2019. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38793>*
4. *Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини»*
<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307>

Додаткові:

1. *Термінологічний словник зі структурної та генетичної електромеханіки: видання друге, доповнене й уточнене [Електронний ресурс] : довідкове видання для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 118 с. Рекомендовано Вченою радою ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 11 від 29.05.2023 р.) як довідкове видання для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Електричні машини і апарати».*
2. *Шинкаренко В.Ф., Монахов Є.А., Чумак В.В., Фетісов В.С. Синтез структури тороїдального генератора з гібридною системою збудження // Електромеханічні і енергозберігаючі системи, випуск № 2, 2019. – С. 34 – 40. <http://ees.kdu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/07/3.pdf>*
3. *V. Shynkarenko, A. Makki, A. Shymanska and V. Kotliarova, "Genetic Synthesis of Electromechanical Objects of the Modular Type," 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2019, pp. 166-169. doi: 10.1109/MEES.2019.8896596
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8896596&isnumber=8896362>*
4. *Шинкаренко В.Ф., Лихозуб А.П. Генетичний синтез електромеханічних систем багатокординатного руху на основі уніфікованих модулів. Збірка тез XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси «ІІРТК-2020», 19 – 20 травня, НАУ (м. Київ). – С. 200 – 204.
<https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/2069/1.pdf>*
5. *Vasyl Shynkarenko, Yuriy Kuznetzov, Lubomir Soos, Anna Shymanska, Viktoriia Kotliarova and Pavlo Krasovskyi. The Principle of Hybridization in the Structural Organization and Evolution of Electromechanics Objects. Journal of MECHANICAL ENGINEERING, Vol 72 (2022), No 2, 173 – 188. DOI: <https://doi.org/10.2478/scjme-2022-0027>*

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Графік виконання курсової роботи

<i>Тиждень семестру</i>	<i>Назва етапу роботи</i>
1,2	Отримання теми та завдання Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
3,4	Здійснити вибір ЕМ-об'єкта, описати конструкцію, принцип дії і його функціональне призначення

	Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
5,6	Ідентифікувати складові генетичної інформації, генетичний код і визначити приналежність об'єкта до відповідного функціонального класу, Роду, Виду та відповідного гомологічного ряду. Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
7,8	За допомогою системної моделі визначити макrogenетичні програми горизонтального гомологічного ряду і Роду з зазначенням генетичних кодів гомологічних електромагнітних хромосом Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
9,10	За результатами аналізу макrogenетичних програм здійснити передбачення і визначити кількісний склад генетично допустимих і неявних Видів ЕМ-структур Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
11,12	За інформацією обраного ЕМ-об'єкта (п.1) здійснити інноваційний синтез конкурентоспроможних структур ЕМ в межах горизонтального ряду. Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
13,14	Здійснити візуалізацію і визначити системні та індивідуальні властивості синтезованих ЕМ-структур. Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
15,16	Зробити узагальнюючі висновки та рекомендації за результатами виконаної роботи. Дистанційний курс «Спеціальні електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2307
17,18	Подання КР на перевірку Підготовка до захисту Захист КР

5. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Виконання етапів КР	20
6	Підготовка до заліку (захисту КР)	10

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Виконання КР з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях,

передбачені PCO дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- правила захисту індивідуальних завдань: захист курсової роботи з дисципліни здійснюється індивідуально у встановлений викладачем термін;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали PCO, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських наукових конференціях, підготовку наукових статей. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання КР.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання КР з дисципліни передбачає нарахування штрафних балів.
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Спеціальні електричні машини»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: контроль виконання етапів КР

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: диференційований залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за виконання КР

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання етапів КР;

Виконання етапів КР	Rc	Rзал	R
40	40	60	100

Виконання етапів КР

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів –
4 бали * 10 = 40 балів.

Критерії оцінювання

- своєчасне, самостійне та якісне виконання етапу КР – 4;
- наявність незначних помилок, неточностей – 2-3;

- наявність грубих помилок – 1;
- несвоєчасне виконання етапу – 0.

Форма семестрового контролю – диференційований залік (захист КР)

Умовами допуску студента до захисту курсової роботи є наступні:

- виконання курсової роботи відповідно до завдання;
- самостійність виконання роботи;
- представлення роботи до захисту у визначений термін;
- наявність оформлених пояснювальної записки і графічної частини роботи відповідно до чинних стандартів.

Під час захисту КР оцінюються наступні положення:

Якість виконання роботи (ваговий бал – 40):

- високий рівень виконаної роботи (новизна теми і об'єкта дослідження; повнота виконання завдань; наявність елементів творчого внеску; аргументованість положень і висновків; висока якість оформлення пояснювальної записки і графічних матеріалів) 35-40 балів;
- робота виконана відповідно до завдання; оформлення відповідає вимогам стандартів; робота захищена в установлений термін; наявність елементів інноваційної новизни – 26-34 балів;
- наявність окремих недоліків при розв'язанні або викладенні основних завдань роботи; незначні порушення вимог щодо оформлення – 26-35 балів;
- часткова відсутність обґрунтувань, наявність окремих помилок при виконанні основних завдань; наявність часткових порушень вимог до оформлення роботи; порушення графіку виконання і терміну захисту роботи – 10-25 балів;
- наявність суттєвих недоліків, допущених при викладенні та оформленні результатів роботи (робота до захисту не допускається) < 10 балів.

Якість захисту курсової роботи (ваговий бал – 20):

- наявність логічних і чітких пояснень щодо отриманих результатів досліджень, уміння аргументовано захищати основні положення, власні оригінальні ідеї і технічні рішення; наявність обґрунтованих висновків і пропозицій, чіткі і правильні відповіді на поставлені запитання – 16-20 балів;
- повне і логічне викладення результатів роботи, наявність неповних обґрунтувань або окремих неточностей – 21-25 балів;
- викладення результатів роботи за наявності недостатнього обґрунтування, окремих незначних помилок, неповних відповідей на запитання – 16-20 балів;
- наявність окремих помилок, неповні відповіді на запитання – 6-55 балів;
- наявність суттєвих помилок, відсутність логічних обґрунтувань і висновків, неправильні відповіді на поставлені запитання < 5 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Додаток А.

Індивідуальне завдання на курсовий проєкт інноваційного спрямування

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ ІННОВАЦІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ з дисципліни “Спеціальні електричні машини”

студенту гр. ЕМ -
(номер групи) (прізвище, ім'я та по батькові)

Тема роботи: “СТРУКТУРНЕ ПЕРЕДБАЧЕННЯ ТА Інноваційний синтез нових різновидів
.....”

(зазначається назва обраного функціонального класу ЕМ)

- Мета роботи: Набуття і закріплення компетентностей з системної методології постановки і розв'язання задач структурного передбачення та інноваційного синтезу нових різновидів спеціальних електричних машин та електромеханічних пристроїв.
- Об'єкт дослідження:
- Предмет дослідження: макrogenетичні програми ЕМ-об'єктів, інноваційний потенціал гомологічного ряду і Роду, результати синтезу ЕМ-структур, конкурентоспроможні технічні рішення.
- Методи дослідження: системне і генетичне моделювання, технологія структурного передбачення, методологія генетичного синтезу і аналізу гомологічних ЕМ-структур, методи таксономічного та інноваційного аналізу досліджуваного класу ЕМ.
- Необхідні компетенції: фахові; системні; когнітивні; інноваційні, гуманітарні; міждисциплінарні.
- Структура завдання:
 1. Здійснити вибір ЕМ-об'єкта, описати конструкцію, принцип дії і його функціональне призначення.
 2. Ідентифікувати складові генетичної інформації, генетичний код і визначити приналежність об'єкта до відповідного функціонального класу, Роду, Виду та відповідного гомологічного ряду.
 3. За допомогою системної моделі визначити макrogenетичні програми горизонтального гомологічного ряду і Роду з зазначенням генетичних кодів гомологічних електромагнітних хромосом.
 4. За результатами аналізу макrogenетичних програм здійснити передбачення і визначити кількісний склад генетично допустимих і неявних Видів ЕМ-структур.
 5. За інформацією обраного ЕМ-об'єкта (п.1) здійснити інноваційний синтез конкурентоспроможних структур ЕМ в межах горизонтального ряду.
 6. Здійснити візуалізацію і визначити системні та індивідуальні властивості синтезованих ЕМ-структур.
 7. Зробити висновки та рекомендації за результатами виконаної роботи.
- Форма подання результатів роботи: 1. Пояснювальна записка; 2. Графічна частина (презентація); 3. Тези наукової доповіді, або формулу заявки на винахід (за бажанням).
- Термін виконання роботи: 10 тижнів.

*Примітка: Методичне забезпечення до виконання КР – на платформі Сікорський.

Завдання видано: р. Термін виконання КР – 10 тижнів.

Викладачпроф. В. Шинкаренко

Додаток Б

Показник функціональних класів спеціальних електричних машин для вибору об'єкта дослідження*

1. Сучасні електродвигуни для електромобілів, електроскутерів, електромотоциклів.
2. Електродвигуни для безпілотних літальних апаратів;
3. Сферичні асинхронні двигуни для систем орієнтації орбітальних станцій.
4. Асинхронні генератори для вітроелектростанцій.
5. Суміщені системи типу «Генератор – вітротурбіна»;
6. Індукторні системи для магнітотерапевтичних комплексів.
7. Асинхронні генератори для безплотинних гідроелектростанцій.
8. Генератори для електростанцій, що використовують енергію морських хвиль.
9. Електромеханічні системи типу „мотор-колесо” для перспективних електромобілів.
10. Електромеханічні дезінтегратори багатофакторної дії для приготування синтетичних паливних сумішей.
11. Електродинамічні сепаратори для сепарації лому кольорових металів.
12. Електромеханічні системи з інерційним накопичувачем енергії.
13. Електричні машини з магнітоелектричним збудженням
14. Електричні двигуни з максимальним використанням активного об'єму.
15. Електричні машини з адаптивною структурою і геометрією активної зони.
16. Тягові асинхронні двигуни з поперечним магнітним потоком для швидкісних систем електротранспорту.
17. Циліндричні асинхронні двигуни зворотньо-поступального руху.
18. Асинхронні двигуни для транспортування сталевих труб і прокату.
19. Електромеханічні системи плоско-паралельного руху.
20. Електричні машини модульного виконання.
21. Електромеханічні системи приводу «Мотор-шпіндель».
22. Гібридні електричні машини.
23. Спеціальні електричні машини для космічних апаратів.
24. Спеціальні електричні машини герметичного виконання.
25. Мікромініатюрні електричні машини.
26. Циліндричні асинхронні двигуни для трубопровідного контейнерного транспорту.
27. Індуктори для індукційного нагріву сталевих заготовок.
28. Електромеханічні системи з вихровою активною зоною для порошкової металургії.
29. Асинхронні двигуни для потужних механізмів ударної дії.
30. Вентильні електродвигуни для робототехнічних комплексів.
31. Вентильні електродвигуни для приводу металообробних станків і центрів.
32. Електричні двигуни з безпосередньою редукцією швидкості руху.
33. Електричні машини для робототехнічних комплексів.
34. Індукторні системи для розгінних пускових комплексів.
35. Трифазні трансформатори з просторовим магнітопроводом.
36. Суміщені електромеханічні системи типу „двигун-трансформатор”.
37. Суміщені електромеханічні системи типу „двигун-редуктор”.
38. Суміщені електромеханічні системи типу „двигун-насос”.
39. Електромеханічні джерела енергії для автономного живлення морських буїв.
40. Асинхронні машини обертального руху з кільцевими обмотками.
41. Асинхронні машини поступального руху з поверхневими обмотками.
42. Асинхронні машини поступального руху з кільцевими обмотками.
43. Дюгові асинхронні машини обертального руху з поверхневими обмотками.
44. Синхронні машини обертального руху з кільцевими обмотками.
45. Синхронні машини поступального руху з поверхневими обмотками.
46. Синхронні машини поступального руху з кільцевими обмотками.
47. Дюгові синхронні машини обертального руху з поверхневими обмотками.
48. Синхронні машини обертального руху з магнітоелектричним збудженням.
49. Синхронні машини поступального руху з магнітоелектричним збудженням.
50. Синхронні машини поступального руху з магнітоелектричним збудженням.
51. Дюгові синхронні машини обертального руху з магнітоелектричним збудженням.
52. Двороторні асинхронні машини обертального руху з кільцевими обмотками.
53. Багатороторні асинхронні машини обертального руху.

54. Дваторторні асинхронні машини обертого руху з інверсією руху.
55. Плоскі асинхронні машини поступального руху з інверсією руху.
56. Плоскі асинхронні машини поступального руху з еластичною вторинною системою.
57. Плоскі асинхронні машини коливального руху.
58. Обертові асинхронні машини коливального руху.
59. Синхронні двигуни з дуговим статором і магнітоелектричним збудженням.
60. Триступеневі асинхронні двигуни з сферичним ротором.
61. Двоступеневі асинхронні двигуни з сферичним ротором.
62. Двоступеневі асинхронні двигуни циліндричного типу.
63. Двоступеневі асинхронні двигуни з плоскопаралельним рухом.
64. Гібридні асинхронні двигуни циліндричного типу з поступально-обертовим рухом.
65. Самогальмівні асинхронні двигуни.
66. Самогальмівні асинхронні двигуни з конічним ротором.
67. Багатороторні асинхронні двигуни.
68. Асинхронні двигуни з торієдним плоским статором.
69. Електричні машини з просторовою інверсією активних частин.
70. Електричні двигуни обертово-поступального руху.
71. Синхронні машини з просторовою інверсією.
72. Двостаторні асинхронні машини обертого руху.
73. Двостаторні асинхронні машини поступального руху.
74. Двостаторні синхронні машини обертого руху.
75. Двостаторні синхронні машини поступального руху.
76. Багостаторні асинхронні машини обертого руху.
77. Багостаторні асинхронні машини поступального руху.
78. Електричні машини – близнюки (синтезовані на джерелах-ізотопах).
79. Електричні машини з поперечним магнітним потоком.
80. Асинхронні двигуни з електромагнітною редукцією швидкості руху.
81. Електродвигуни з ротором, що котиться.
82. МГД-машини.

**Перелік може бути доповнений (за бажанням студента) іншими функціональними класами спеціальних ЕМ.*

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри електромеханіки ФЕА, д.т.н., проф. Шинкаренком В. Ф.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету І (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.



ОСНОВИ ІННОВАЦІЙНОГО СИНТЕЗУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ОНП ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова, цикл професійної підготовки, Блок № 6 (Електричні машини)
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	I курс, весняни семестр
Обсяг дисципліни	45 години / 1,5 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Диференційований залік/КП
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a0c4718e-21f5-46d5-bdb8-d6ff7eda3a4c
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н. Шинкаренко Василь Федорович, 0662172244</i> Практичні: <i>д.т.н. Шинкаренко Василь Федорович, 0662172244</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем. Курсовий проєкт» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою курсового проєкту є оволодіння сучасними методами постановки і розв'язання складних пошукових задач інноваційного спрямування з використанням технології структурного передбачення та спрямованого генетичного синтезу об'єктів електромеханіки за заданою функцією цілі. Розв'язання основних завдань курсової роботи розраховано на використання системної технології структурного передбачення, методології спрямованого синтезу за умови ефективного використання творчого потенціалу та професійної інтуїції майбутнього спеціаліста

Предмет навчальної дисципліни – постановка пошукових задач інноваційного спрямування та обґрунтовування вибору методів їх розв'язання; методи генетичного аналізу стосовно класів задач з розпізнавання генетичної інформації і визначення генетичних операторів синтезу по заданому прототипу електромеханічного перетворювача енергії (ЕМПЕ); генетичні програми для довільних функціональних класів ЕМПЕ, за заданою функцією цілі, або за описом одиничного ЕМ-об'єкта; структурне передбачення на рівні генетичних програм ЕМ-систем; спрямований синтез конкурентоспроможних структур за заданою

функцією цілі; інноваційна структура гомологічних класів ЕМПЕ лише по одному структурному представнику ряду; спрямований синтез гібридних і суміщених структурних різновидів ЕМПЕ.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК2. Здатність до використання інформаційних та комунікаційних технологій.

ЗК4. Здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності.

ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК8. Здатність працювати автономно та в команді.

ФК1. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК3. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК7. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.

ФК8. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові акти, норми, правила і стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК10. Здатність демонструвати обізнаність з питань інтелектуальної власності та контрактів в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК 12. Здатність до виконання дослідно-конструкторських робіт, що передбачають розробку нових та модернізацію існуючих електричних машин та апаратів різного типу і призначення.

ФК 17. Здатність аналізувати і використовувати отримані результати розробок новітніх типів електричних машин та апаратів для подальшої їх комерціалізації в складі стартап-проектів, у тому числі для продажу ліцензій і трансферу технологій.

ФК 18. Здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних світових науково-технічних досягнень в сфері електричних машин та апаратів та прогноз створення та розвитку нових ефективних технічних рішень.

Програмні результати:

ПРО1. Відтворювати процеси в електроенергетичних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРО3. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРО9. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

ПРО10. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО11. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземними мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРО15. Знати сучасні методи математичного моделювання електричних машин та апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії електромеханічних комплексів.

ПРО 17. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРО 20. Розв'язувати класичні, комплексні і непередбачувані завдання в галузях електроенергетики, електротехніки та електромеханіки із застосуванням сучасних та інноваційних підходів до їх вирішення.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем. Курсовий проєкт», маючи безпосередній зв'язок з дисципліною «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем», «Електричні машини», «Моделювання електромеханічних систем», є базовою для студентів, що навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістрів, які обрали магістерські програми навчання: «Генетична систематика електричних машин», «Генетичне передбачення в структурній електромеханіці і створення генетичних банків інновацій», «Інноваційний синтез гібридних електромеханічних систем». Кредитний модуль також використовується при вивченні окремих розділів спеціальної дисципліни «Основи теорії структур електромеханічних систем».

Зміст навчальної дисципліни

Курсовий проєкт передбачає послідовне виконання таких етапів:

1. Для обраного ЕМ-об'єкта здійснити генетичний аналіз та визначити:
 - 1.1 Функціональні властивості та наявні обмеження (недоліки);
 - 1.2 Складові генетичної інформації;
 - 1.3 Генетичний код ЕМ-об'єкта;
 - 1.4 Таксономічний статус ЕМ-об'єкта (його родову і видову приналежність);
 - 1.5 Інтегральну цільову функцію синтезу.
2. За відповідною цільовою функцією синтезу з використанням технології структурного передбачення:
 - 2.1 Визначити генетичну програму та інноваційний потенціал досліджуваного функціонального класу ЕМ-об'єктів;
 - 2.2 Побудувати генетичну модель синтезу в межах домінуючого Виду ЕМ;
 - 2.3 Здійснити аналіз і визначити структурні формули ЕМ-структур за результатами моделювання;
 - 2.4 Здійснити спрямований синтез та візуалізацію ЕМ-структур досліджуваного класу;
 - 2.5 Здійснити інноваційний аналіз та вибір ЕМ-структур(и) для розробки конкурентоспроможних технічних рішень.
3. Зробити узагальнюючі висновки по роботі.
4. Подати КП на перевірку
5. Підготовка до захисту
6. Захист КП

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Структурне передбачення і спрямований синтез нових різновидів електричних машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник з освітніх компонент «Спеціальні електричні машини. Курсова робота» для здобувачів, які навчаються за ОПП та ОНП другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,41 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 90 с. Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 8 від 02.06.2023 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 11 від 29.05.2023 р.). Реєстр. № 22/23-824.
2. Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка",

спеціалізації "Електричні машини і апарати" / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. - Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 258 с. українською мовою; Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського Протокол № 10; дата 04.11.2019. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38793>

3. Спеціальні електричні машини. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник з освітньої компоненти «Спеціальні електричні машини», для здобувачів, які навчаються за ОПП та ОНП другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова. КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 77,4 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 166 с. Рекомендовано Вченою радою ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 12 від 26.06.2023 р.) як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
4. Термінологічний словник зі структурної та генетичної електромеханіки: видання друге, доповнене й уточнене [Електронний ресурс] : довідкове видання для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 118 с. Рекомендовано Вченою радою ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 11 від 29.05.2023 р.) як довідкове видання для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Електричні машини і апарати»
5. Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем»
6. <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309>

Додаткові:

7. Шинкаренко В.Ф., Августинович А.А. Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля. Навчальний посібник. – К.: НТУУ „КПІ”, 2008. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38620>
8. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем. – К.: Наук. думка, 2002. – 288 с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Графік виконання курсової роботи

Тиждень семестру	Назва етапу роботи
1,2	Отримання теми та завдання Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
3,4	Здійснити вибір ЕМ-об'єкта, описати конструкцію, функціональні властивості та наявні обмеження (недоліки); Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
5,6	Ідентифікувати складові генетичної інформації, генетичний код і визначити приналежність об'єкта до відповідного функціонального класу, Роду, Виду та відповідного гомологічного ряду. Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем»

	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
7,8	Визначити сукупність генетичних операторів синтезу Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
9,10	Визначити генетичну програму та інноваційний потенціал досліджуваного функціонального класу ЕМ-об'єктів Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
11,12	Побудувати генетичну модель структуроутворення домінуючого Виду ЕМ-об'єктів. Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
13,14	Здійснити спрямований синтез та візуалізацію гомологічного ряду ЕМ-структур досліджуваного класу; Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
15,16	Здійснити інноваційний аналіз та вибір ЕМ-структур(и) для розробки конкурентоспроможних технічних рішень Зробити узагальнюючі висновки та рекомендації за результатами виконаної роботи. Дистанційний курс «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2309
17,18	Подання КР на перевірку Підготовка до захисту Захист КР

5. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Виконання етапів КР	25
6	Підготовка до заліку (захисту КР)	20

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Виконання КР з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту індивідуальних завдань: захист курсової роботи з дисципліни здійснюється індивідуально у встановлений викладачем термін;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських

наукових конференціях, підготовку наукових статей. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання КП.

- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання КП з дисципліни передбачає нарахування штрафних балів.
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: контроль виконання етапів КП

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: диференційований залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за виконання КП

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання етапів КП;

Виконання етапів КП	Rc	Rзал	R
40	40	60	100

Виконання етапів КП

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів –

4 бали * 10 = 40 балів.

Критерії оцінювання

- своєчасне, самостійне та якісне виконання етапу КП – 4;
- наявність незначних помилок, неточностей – 2-3;
- наявність грубих помилок – 1;
- несвоєчасне виконання етапу – 0.

Форма семестрового контролю – диференційований залік (захист КП)

Умовами допуску студента до захисту курсової роботи є наступні:

- виконання курсової роботи відповідно до завдання;
- самостійність виконання роботи;
- представлення роботи до захисту у визначений термін;

- наявність оформлених пояснювальної записки і графічної частини роботи відповідно до чинних стандартів.

Під час захисту КП оцінюються наступні положення:

Якість виконання роботи (ваговий бал – 40):

- високий рівень виконаної роботи (новизна теми і об'єкта дослідження; повнота виконання завдань; наявність елементів творчого внеску; аргументованість положень і висновків; висока якість оформлення пояснювальної записки і графічних матеріалів) 35-40 балів;
- робота виконана відповідно до завдання; оформлення відповідає вимогам стандартів; робота захищена в установлений термін; наявність елементів інноваційної новизни – 26-34 балів;
- наявність окремих недоліків при розв'язанні або викладенні основних завдань роботи; незначні порушення вимог щодо оформлення – 26-35 балів;
- часткова відсутність обґрунтувань, наявність окремих помилок при виконанні основних завдань; наявність часткових порушень вимог до оформлення роботи; порушення графіку виконання і терміну захисту роботи – 10-25 балів;
- наявність суттєвих недоліків, допущених при викладенні та оформленні результатів роботи (робота до захисту не допускається) < 10 балів.

Якість захисту курсової роботи (ваговий бал – 20):

- наявність логічних і чітких пояснень щодо отриманих результатів досліджень, уміння аргументовано захищати основні положення, власні оригінальні ідеї і технічні рішення; наявність обґрунтованих висновків і пропозицій, чіткі і правильні відповіді на поставлені запитання – 16-20 балів;
- повне і логічне викладення результатів роботи, наявність неповних обґрунтувань або окремих неточностей – 21-25 балів;
- викладення результатів роботи за наявності недостатнього обґрунтування, окремих незначних помилок, неповних відповідей на запитання – 16-20 балів;
- наявність окремих помилок, неповні відповіді на запитання – 6-55 балів;
- наявність суттєвих помилок, відсутність логічних обґрунтувань і висновків, неправильні відповіді на поставлені запитання < 5 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Додаток А.

Індивідуальне завдання на курсовий проєкт інноваційного спрямування

Індивідуальне завдання
для самостійної роботи інноваційного спрямування
з дисципліни «Основи інноваційного синтезу електромеханічних систем»

студенту 5 курсу гр. ЕМ -
(номер групи) (прізвище, ім'я та по батькові)

Тема роботи: «Інноваційний синтез нових різновидів

.....
(зазначається назва обраного функціонального класу ЕМ-об'єкта)
з використанням технології структурного передбачення»

Мета роботи – набуття практичних навичок спрямованого синтезу нових різновидів ЕМ-об'єктів, за обраним представником функціонального класу, з використанням системної технології структурного передбачення.

Об'єкт дослідження – функціональний клас

Предмет дослідження – технічна і генетична інформація; генетичний код; генетичний статус і класифікаційна приналежність; цільова функція; генетична програма функціонального класу; гомологічні ряди; конкурентоспроможні технічні рішення.

Методи дослідження – генетичний аналіз; методологія структурного передбачення; методи генетичного синтезу з використанням групи топологічних перетворень з залученням когнітивних механізмів просторової уяви, системного і асоціативного мислення та професійної інтуїції дослідника.

Завдання:

1. Для обраного ЕМ-об'єкта здійснити генетичний аналіз та визначити:
 - 1.1. Функціональні властивості та наявні обмеження (недоліки);
 - 1.2. Складові генетичної інформації;
 - 1.3. Генетичний код ЕМ-об'єкта;
 - 1.4. Таксономічний статус ЕМ-об'єкта (його родову і видову приналежність);
 - 1.5. Інтегральну цільову функцію синтезу;
2. За відповідною цільовою функцією синтезу з використанням технології структурного передбачення:
 - 2.1. Визначити генетичну програму та інноваційний потенціал досліджуваного функціонального класу ЕМ-об'єктів;
 - 2.2. Побудувати генетичну модель структуроутворення домінуючого Виду ЕМ-об'єктів;
 - 2.3. Визначити структурні формули ЕМ-структур за результатами моделювання;
 - 2.4. Здійснити спрямований синтез та візуалізацію гомологічного ряду ЕМ-структурдосліджуваного класу;
 - 2.5. Здійснити інноваційний аналіз та вибір ЕМ-структур(и) для розробки конкурентоспроможних технічних рішень.
3. Зробити узагальнюючі висновки по роботі.

Завдання видано:
(дата видачі завдання)

Викладач:
(підпис) (прізвище та ініціали)

Додаток Б

Показчик функціональних класів спеціальних електричних машин для вибору об'єкта дослідження*

1. Сучасні електродвигуни для електромобілів, електроскутерів, електромотоциклів.
2. Електродвигуни для безпілотних літальних апаратів;
3. Сферичні асинхронні двигуни для систем орієнтації орбітальних станцій.
4. Асинхронні генератори для вітроелектростанцій.
5. Суміщені системи типу «Генератор – віротурбіна»;
6. Індукторні системи для магнітотерапевтичних комплексів.
7. Асинхронні генератори для безплотинних гідроелектростанцій.
8. Генератори для електростанцій, що використовують енергію морських хвиль.
9. Електромеханічні системи типу „мотор-колесо” для перспективних електромобілів.
10. Електромеханічні дезінтегратори багатофакторної дії для приготування синтетичних паливних сумішей.
11. Електродинамічні сепаратори для сепарації лому кольорових металів.
12. Електромеханічні системи з інерційним накопичувачем енергії.
13. Електричні машини з магнітоелектричним збудженням
14. Електричні двигуни з максимальним використанням активного об'єму.
15. Електричні машини з адаптивною структурою і геометрією активної зони.
16. Тягові асинхронні двигуни з поперечним магнітним потоком для швидкісних систем електротранспорту.
17. Циліндричні асинхронні двигуни зворотньо-поступального руху.
18. Асинхронні двигуни для транспортування сталевих труб і прокату.
19. Електромеханічні системи плоско-паралельного руху.
20. Електричні машини модульного виконання.
21. Електромеханічні системи приводу «Мотор-шпіндель».
22. Гібридні електричні машини.
23. Спеціальні електричні машини для космічних апаратів.
24. Спеціальні електричні машини герметичного виконання.
25. Мікромініатюрні електричні машини.
26. Циліндричні асинхронні двигуни для трубопровідного контейнерного транспорту.
27. Індуктори для індукційного нагріву сталевих заготовок.
28. Електромеханічні системи з вихровою активною зоною для порошкової металургії.
29. Асинхронні двигуни для потужних механізмів ударної дії.
30. Вентильні електродвигуни для робототехнічних комплексів.
31. Вентильні електродвигуни для приводу металообробних станків і центрів.
32. Електричні двигуни з безпосередньою редукцією швидкості руху.
33. Електричні машини для робототехнічних комплексів.
34. Індукторні системи для розгінних пускових комплексів.
35. Трифазні трансформатори з просторовим магнітопроводом.
36. Суміщені електромеханічні системи типу „двигун-трансформатор”.
37. Суміщені електромеханічні системи типу „двигун-редуктор”.
38. Суміщені електромеханічні системи типу „двигун-насос”.
39. Електромеханічні джерела енергії для автономного живлення морських буїв.
40. Асинхронні машини обертального руху з кільцевими обмотками.
41. Асинхронні машини поступального руху з поверхневими обмотками.
42. Асинхронні машини поступального руху з кільцевими обмотками.
43. Дугові асинхронні машини обертального руху з поверхневими обмотками.
44. Синхронні машини обертального руху з кільцевими обмотками.
45. Синхронні машини поступального руху з поверхневими обмотками.
46. Синхронні машини поступального руху з кільцевими обмотками.
47. Дугові синхронні машини обертального руху з поверхневими обмотками.
48. Синхронні машини обертального руху з магнітоелектричним збудженням.
49. Синхронні машини поступального руху з магнітоелектричним збудженням.
50. Синхронні машини поступального руху з магнітоелектричним збудженням.
51. Дугові синхронні машини обертального руху з магнітоелектричним збудженням.
52. Двоторні асинхронні машини обертального руху з кільцевими обмотками.
53. Багатороторні асинхронні машини обертального руху.
54. Двоторні асинхронні машини обертального руху з інверсією руху.

55. Плоскі асинхронні машини поступального руху з інверсією руху.
56. Плоскі асинхронні машини поступального руху з еластичною вторинною системою.
57. Плоскі асинхронні машини коливального руху.
58. Оберткові асинхронні машини коливального руху.
59. Синхронні двигуни з дуговим статорм і магнітоелектричним збудженням.
60. Триступеневі асинхронні двигуни з сферичним ротором.
61. Двоступеневі асинхронні двигуни з сферичним ротором.
62. Двоступеневі асинхронні двигуни циліндричного типу.
63. Двоступеневі асинхронні двигуни з плоскопаралельним рухом.
64. Гібридні асинхронні двигуни циліндричного типу з поступально-обертальним рухом.
65. Самогальмівні асинхронні двигуни.
66. Самогальмівні асинхронні двигуни з конічним ротором.
67. Багатороторні асинхронні двигуни.
68. Асинхронні двигуни з торойдним плоским статорм.
69. Електричні машини з просторовою інверсією активних частин.
70. Електричні двигуни обертально-поступального руху.
71. Синхронні машини з просторовою інверсією.
72. Двостаторні асинхронні машини обертального руху.
73. Двостаторні асинхронні машини поступального руху.
74. Двостаторні синхронні машини обертального руху.
75. Двостаторні синхронні машини поступального руху.
76. Багатостаторні асинхронні машини обертального руху.
77. Багатостаторні синхронні машини поступального руху.
78. Електричні машини – близнюки (синтезовані на джерелах-ізопах).
79. Електричні машини з поперечним магнітним потоком.
80. Асинхронні двигуни з електромагнітною редукцією швидкості руху.
81. Електродвигуни з ротором, що котиться.
82. МГД-машини.

**Перелік може бути доповнений (за бажанням студента) іншими функціональними класами спеціальних ЕМ.*

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри електромеханіки ФЕА, д.т.н., проф. Шинкаренком В. Ф.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 14 від 25.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету І (протокол № 10 від 16.06.2023 р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.