



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	<i>Г «Інженерія, виробництво та будівництво»</i>
Спеціальність	<i>ГЗ «Електрична інженерія»</i>
Освітня програма	<i>"Електроенергетика та електромеханіка" (Electric power engineering and electromechanics)</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів ECTS (лекції – 30 год., комп'ютерні практикуми – 30 год., лабораторні заняття – 0 год., СРС – 90 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=5704220f-c820-4b25-8a19-b8144821e270</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектори: к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович, Fegasusr@gmail.com Лабораторні роботи: - Практичні заняття: - Комп'ютерні практикуми: к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=7357</i>

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 Г «Інженерія, виробництво та будівництво», зі спеціальності ГЗ "Електрична інженерія".

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. 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.

2. 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.

3. 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.

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

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.

6. Випробування, діагностика, сервісне обслуговування та оптимізація параметрів і характеристик електричних машин: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмами "Електричні машини і апарати" і "Електроенергетика та електромеханіка" спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / О. А. Гераскін, Д. С. Нестеренко, В. В. Чумак ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 280 с.

Додаткові інформаційні ресурси:

7. Надійність електричних машин. Вібрації та шуми електричних машин: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою "Електричні машини і апарати" спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / О. А. Гераскін, В. В. Чумак ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 102 с.

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

9. ДСТУ EN 60034-9:2016 Машини електричні обертові. [Чинний від 2017-11-01] (Частина 9. Норми на допустимі рівні шуму) (EN 60034-9:2005; EN 60034-9:2005/A1:2007, IDT)

10. Васьковський Ю.М. Гераскін О.А., Беленок Н.В. Діагностика кутового ексцентриситету ротора асинхронних двигунів на основі аналізу віброзбуджуючих сил. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії. Харків : НТУ «ХПІ». 2016. № 11 (1183). С. 30-35.

11. Загірняк М. В., Ромашихіна Ж. І., Калінов А. П.. Діагностика пошкоджень стрижнів ротора асинхронних двигунів за аналізом електрорушійної сили в обмотках статора. Електротехніка і Електромеханіка. 2014. № 6. С. 34–42.

12. Nandi S., Toliyat H. A., Li X. Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors – A review. IEEE transactions on energy conversion. 2005. Vol. 20. №. 4. P. 719-729.

13. Васьковський Ю.М. Польовий аналіз електричних машин : (навчальний посібник, Київ : НТУУ «КПІ», ВПІ ВПК «Політехніка», 2007. 191 с.

14. Васьковський Ю.М., Гераскін О.А. Математичне моделювання електромеханічних перетворювачів енергії (методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка"), Електронне навчальне видання з грифом ФЕА НТУУ «КПІ», протокол засідання ради ФЕА №6 від 25.01.2016 р., 86 с.

15. Пакети прикладних програм для конструювання електричних машин «Використання систем автоматизованого проектування AutoCAD та SolidWorks для конструювання електричних машин» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 141

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Ю. М. Васьковський, Ю. А. Гайдено, С. С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 89 с.

16. Шумілов Ю. А. Проблеми ресурсо- та енергозбереження при проектуванні електричних машин та апаратів: Курс лекцій для студентів спеціальності “Електричні машини і апарати”. Київ : 2002. 100 с.

17. Шумілов Ю.А., Ракитський Л.Б. Методичні вказівки до курсової роботи з курсу “Проблеми ресурсо- та енергозбереження при проектуванні електричних машин та апаратів” Київ : Політехніка, 2001. 43 с.

18. Васьковський, Ю. М. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами [Електронний ресурс] / Ю. М. Васьковський, Ю. А. Гайдено, М. А. Коваленко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 200 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32791>

19. Доля П. Г. Основи моделювання в COMSOL Multiphysics [Електронний ресурс]. Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. 2019 р. С. 167. URL: http://geometry.karazin.ua/resources/documents/20191219182458_3cc8431d.pdf

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

21. Бабічева О. Ф., Єсаулов С. М. Автоматизоване проектування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 355 с.

22. Проектування електричних машин: навч. посібник / Ципленков Д.В., Куваєв Ю.В., Іванов О.Б., Бобров О.В. (за ред. проф. Шкрабця Ф.П.) Дніпро : НТУ "ДП", 2018. 390 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)
	ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин"
1	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. НОРМАТИВНІ МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЗГІДНО ДСТУ Тема 1. Загальні питання випробувань електричних машин та апаратів. Тема 2. Випробування електричних машин 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
2	Тема 4. Діагностика силових трансформаторів. Тема 5. Діагностика ексцентриситету ротора і нерівномірності повітряного зазору ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ДІАГНОСТИКА ШИХТОВАНИХ МАГНІТОПРОВОДІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Тема 6. Діагностика магнітопровода вентильного двигуна.

	<i>Тема 7. Контроль та діагностика серцевників великих ЕМ на електростанціях.</i>
3	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ІМОВІРНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК <i>Тема 8.1. Використання математичних моделей для вирішення практичних задач діагностики.</i> <i>Тема 8.2. Класифікація моделей.</i> <i>Тема 8.3. Властивості математичних моделей.</i> <i>Тема 8.4. Ієрархія математичних моделей і форми їх представлення.</i> <i>Тема 8.5. Детерміновані і стохастичні моделі.</i> <i>Тема 9. Основні означення та імовірнісні характеристики стохастичних моделей.</i>
4	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВИЗНАЧЕННЯ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ПРОФІЛАКТИЧНОМУ, СЕРЕДНЬОМУ ЧИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ <i>Тема 10. Визначення вузлів і деталей, що підлягають діагностиці</i> <i>Тема 11. Вибір і розробка засобів для діагностування електричних машин</i> <i>Тема 12. Пошук несправностей електричних машин</i>
5	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. ДІАГНОСТИКА ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН <i>Тема 13. Старіння ізоляції електричних машин. Дефекти та пошкодження ізоляції обмоток електричних машин і апаратів.</i> <i>Тема 14. Визначення терміну служби ізоляції</i> <i>Тема 15. Пошкодження та дефекти обмоток роторів і якорів електричних машин</i>
6	<i>Тема 16. Пошук несправностей електричних машин.</i> <i>Тема 17.1. Знос та пошкодження підшипників електричних машин</i> <i>Тема 17.2. Зношення і пошкодження активної стали електричних машин</i> <i>Тема 17.3. Знос та пошкодження колекторів, контактних кілець та щіткового механізму електричних машин.</i>
7	<i>Тема 18.1. Діагностування обмоток електричних машин</i> <i>Тема 18.2. Діагностування корпусної і міжфазної ізоляції обмоток електричних машин</i> <i>Тема 18.3. Діагностування міжвиткової ізоляції обмоток електричних машин</i> <i>Тема 18.4. Прогнозування технічного стану електричних машин</i>
ч. 2 "Оптимізація параметрів і характеристик електричних машин":	
8	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 7. КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ Тема 1. Основні аспекти створення САПР. <i>Визначення основних аспектів створення САПР.</i> <i>Розробка концепції САПР.</i> Тема 2. Цілі створення і функціонування САПР. <i>Визначення цілей створення і функціонування САПР.</i> <i>Класифікація САПР.</i> Тема 3. Структура і склад САПР. <i>Визначення структури і складу САПР.</i> <i>Основні принципи створення САПР.</i>

	Література: [1-12]
9	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] Тема 4. Параметричне моделювання Таблична параметризація Ієрархічна параметризація Варіаційна (розмірна) параметризація Геометрична параметризація Асоціативне конструювання Об'єктно-орієнтоване конструювання
10	Тема 5. 2D CAD «Електронний кульман» Креслярські інструменти Ієрархія об'єктів Спеціалізовані модулі Клони і аналоги AutoCAD 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-проекткування електронних пристроїв Геоінформаційні системи Тема 8. CAE (засоби інженерного аналізу) інженерні розрахунки Метод кінцевих елементів Моделювання кінематики Аерогідродинамічні розрахунки Електростатика і електродинаміка Література: [1-12] 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
11	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 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] Тема 20. 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
12	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] 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 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.
13	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. 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. 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.
14	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
15	Тема 2. 5.2 Вибір напряму 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 проєкційний 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.

Комп'ютерні практикуми

№ з/п	Назва комп'ютерного практикуму
1	Комп'ютерний практикум №1. Моделювання ушкоджень білячої клітки ротора асинхронного двигуна в програмі National Instruments Multisim з метою розрахунку їх кількісних діагностичних ознак (4 години)
2	Комп'ютерний практикум №2. Оптимізація сегмента зубцево-пазової зони асинхронного двигуна в двовимірній постановці в програмі Comsol Multiphysics (4 години)
3	Комп'ютерний практикум №3. Математичне моделювання процесу обертання короткозамкненого ротора асинхронного двигуна в двовимірній постановці в програмі Comsol Multiphysics з метою отримання сигналу датчика вібрації (4 години)
4	Комп'ютерний практикум №4. Математичне моделювання процесу пуску асинхронного двигуна в двовимірній постановці в програмі Comsol Multiphysics з метою розрахунку кількісних діагностичних ознак наявності ушкоджених стержнів білячої клітки ротора (4 години)
5	Комп'ютерний практикум №5. Математичне моделювання процесу роботи асинхронного генератора з короткозамкненим ротором в двовимірній постановці в програмі Comsol Multiphysics з метою розрахунку кількісних діагностичних ознак наявності ушкоджених стержнів білячої клітки ротора (4 години)
6	Комп'ютерний практикум №6. Математичне моделювання синхронного генератора з постійними магнітами в двовимірній постановці в програмі Comsol Multiphysics з

	метою перевірки правильності їх збірки (4 години)
7	Комп'ютерний практикум №7. Оптимізація геометричної форми лапи асинхронного двигуна в тривимірній постановці в програмі SolidWorks (4 години)
8	Колоквіум із захисту комп'ютерних практикумів (2 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]	2
8	Виявлення основних складових що впливають на ефективність та надійність функціонування ЕМПЕ. Література [2,5].	2
9	Теоретичні та практичні засоби для оптимізації ЕМПЕ. Література [2,5]	2
10	Визначення якості основних вузлів електромеханічних комплексів по фактичному стану. Література [7].	2
11	Прогнозування остаточного ресурсу елементів електромеханічних комплексів. Література [2, 7].	2
12	Визначення необхідності профілактичного, середнього або капітального ремонту. Література [1,6]	4
13	Моделі прогнозування остаточного ресурсу елементів електромеханічних комплексів. Прогнозування остаточного ресурсу ЕМП та комплексів на їх основі. Література [3, 8].	4
для ч. 2 "Оптимізація параметрів і характеристик електричних машин":		
1	Завдання для СРС 1. Тема 6. 3D CAD (засоби власне проектування).	4
2	Завдання для СРС 2. Тема 8. САЕ (засоби інженерного аналізу) інженерні розрахунки.	4
3	Завдання для СРС 3. Тема 3. САПР – якісно новий інструмент проектування.	4
4	Завдання для СРС 4. Тема 1. Пошук глобального оптимуму із застосуванням локальних методів	4
5	Завдання для СРС 5. Тема 2. Пошук глобального оптимуму із застосуванням прямих методів.	4

6	Завдання для СРС 6. Тема 1. Вибір форми представлення математичної моделі	4
7	Завдання для СРС 7. Тема 2. Вибір напрямку і кроку при пошуку локального оптимуму	4
8	Підготовка до модульної контрольної роботи	2
9	Підготовка до екзамену	30
10	Всього	90

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 комп'ютерних практикумів 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;
- 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, виконання комп'ютерних практикумів

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 комп'ютерні практикуми з даної дисципліни, написати МКР.

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.	
Стартовий рейтинг в 60 балів складається з балів, що студент протягом семестру отримує за:	1. Виконання та захист 8-ми комп'ютерних практикумів: 52 бали; 2. Написання модульної контрольної роботи: 8 балів; 3. Відповідь на екзамені – 40 балів.
Критерії нарахування балів:	
1. Виконання та захист 8-ми комп'ютерних практикумів: 52 бали;	За к.п. 2 – максимум 5 балів; за к.п. 5, 6 – максимум по 6 балів за кожний к.п.; за к.п. 1, 3, 4, 8 і 9 – максимум по 7 балів за кожний к.п. Зокрема: - по 5 (6) (7) балів — повне виконання і захист комп'ютерного практикума. - по 0...4 (5) (6) балів — часткове виконання комп'ютерного практикума.
3. Написання модульної контрольної роботи: 8 балів;	Інформація про структуру МКР: В білеті 3 питання: по 3+3+2 бали 1 і 2 питання - складне питання або питання середньої складності – по 3 бали. 3 питання – просте питання - 2 бали. В одному простому питанні може бути декілька простих запитань. За повністю правильно написану МКР 8 балів Для зарахування МКР необхідно її написати на 60% і більше від максимальної кількості балів за МКР. Студент має можливість переписувати МКР достатню кількість разів, допоки не напише МКР на достатню кількість балів.
Умови отримання першої атестації: виконання цього пункту вимог, а також необхідно набрати визначену кількість	набрано 50% (6 б) з того, що можна набрати (12 б): зроблено і захищено к.п. 1, 2: 12 б.

балів	
Умови отримання другої атестації: виконання цих двох пунктів вимог, а також необхідно набрати визначену кількість балів	набрано 50% (17 б) з того, що можна набрати (34 б): - зроблено і захищено к.п. 1, 2, 8, 9: 26 б; - написано МКР на оцінку не менше 5 б: 8 б.
Штрафні та заохочувальні бали: - активна участь у виконанні практичних занять: + 1...5 балів; - За часткове виконання або несвоєчасність написання МКР і виконання комп'ютерних практикумів 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 PCO-2, екзамен) або $0,1R = 10$ балів (для PCO-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 доки 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. Багатостадійний 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 проф., к.т.н. Чумаком В.В., доц., к.т.н. Гераскіним О. А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 14 від 02.06.2026 р.)

Погоджено навчально-методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 26.06.2026 р.)