



# Автоматизоване проектування електромеханічних перетворювачів енергії

## 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	"Електричні машини і апарати" (Electric machines and apparatus)
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	I курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	180 годин / 6 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/МКР
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=5704220f-c820-4b25-8a19-b8144821e270">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=5704220f-c820-4b25-8a19-b8144821e270</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: к.т.н., доц. Чумак Вадим Володимирович, <a href="mailto:chumak.kpi@ukr.net">chumak.kpi@ukr.net</a> , к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович, <a href="mailto:Fegasusr@gmail.com">Fegasusr@gmail.com</a> Комп'ютерні практикуми: к.т.н., доц. Чумак Вадим Володимирович, к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович Практичні: - Лабораторні: -
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6768">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6768</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни "Автоматизоване проектування електромеханічних перетворювачів енергії", яка складається з 2-х частин:

ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин" і ч. 2 "Методи та засоби автоматизованого проектування електричних машин" складена відповідно до програми магістерської підготовки «освітньо-наукова», «освітньо-професійна» 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 «Автоматизоване проектування електромеханічних перетворювачів енергії» 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:**

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

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

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

#### **Фахові компетентності:**

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

ФК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методика, 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.

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

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

ФК 18. Здатність моделювати та досліджувати за допомогою сучасних програмних та апаратних засобів характеристики фізичних (електромагнітних, теплових, вібраційних тощо) полів в електричних машинах і апаратах.

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

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

ПРН21. Знати сучасні методи математичного моделювання електричних машин і апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії, електромеханічних комплексів.

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

Міждисциплінарні зв'язки. Дисциплінами, що передують вивченню дисципліни «Автоматизоване проектування електромеханічних перетворювачів енергії» та складають її теоретичну базу є: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Основи автоматизованого проектування електричних машин», «Надійність електричних машин». Дисципліна «Автоматизоване проектування електромеханічних перетворювачів енергії» 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 сталі 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 "Методи та засоби автоматизованого проектування 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**

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

###### Основні інформаційні ресурси:

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

2. 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.

3. 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.

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

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

6. 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.

Додаткові:

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

8. 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.

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

**До ч. 2 "Методи та засоби автоматизованого проектування електричних машин":**

Основні інформаційні ресурси:

1. 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=qbs\\_qe\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ua/books?id=NdNIRao369kC&printsec=frontcover&hl=ru&source=qbs_qe_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
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. 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.
5. 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.

Додаткові:

6. Проектування трифазних асинхронних двигунів з короткозамкнутою обмоткою ротора: навч. посібник для студ. електротехн. спеціальностей / В. І. Міліх. – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – 99 с.
7. Наумчук О.М. Основи систем автоматизованого проектування: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. - Рівне: НУВГП, 2008. - 136 с.
8. Лябук М.Н. Розрахунок і конструювання силових трансформаторів. Навчальний посібник / М.Н. Лябук. – Луцьк. РВВ ЛДТУ, 2004. – 198 с.
9. 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.
10. 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.
11. Методи та засоби автоматизованого проектування електричних машин: комп’ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.А. Гераскін, Є.М. Дубчак. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 35 с.
12. 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.

**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)
	<b>ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин"</b>
1	<b><u>Лекція 1</u> ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. НОРМАТИВНІ МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЗГІДНО ДСТУ</b>

	<i>Тема 1. Загальні питання випробувань електричних машин та апаратів.</i>
2	<b><u>Лекція 2</u></b> <i>Тема 2. Випробування електричних машин.</i>
3	<b><u>Лекція 3</u></b> <b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ДІАГНОСТИКА ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ</b> <i>Тема 3.1. Діагностика щітково-колекторного вузла тягових двигунів постійного струму</i> <i>Тема 3.2. Питання надійності тягових електричних двигунів</i>
4	<b><u>Лекція 4</u></b> <i>Тема 4. Діагностика силових трансформаторів.</i>
5	<b><u>Лекція 5</u></b> <i>Тема 5. Діагностика ексцентриситету ротора і нерівномірності повітряного зазору</i>
6	<b><u>Лекція 6</u></b> <b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ДІАГНОСТИКА ШИХТОВАНИХ МАГНІТОПРОВОДІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН</b> <i>Тема 6. Діагностика магнітопровода вентильного двигуна.</i>
7	<b><u>Лекція 7</u></b> <i>Тема 7. Контроль та діагностика сердечників великих ЕМ на електростанціях.</i>
8	<b><u>Лекція 8</u></b> <b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ІМОВІРНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК</b> <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>
9	<b><u>Лекція 9</u></b> <i>Тема 9. Основні означення та імовірнісні характеристики стохастичних моделей.</i>
10	<b><u>Лекція 10</u></b> <b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВИЗНАЧЕННЯ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ПРОФІЛАКТИЧНОМУ, СЕРЕДНЬОМУ ЧИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ</b> <i>Тема 10. Визначення вузлів і деталей, що підлягають діагностиці</i>
11	<b><u>Лекція 11</u></b>

	<i>Тема 11. Вибір і розробка засобів для діагностування електричних машин</i>
12	<b><u>Лекція 12</u></b> <i>Тема 12. Пошук несправностей електричних машин</i>
13	<b><u>Лекція 13</u></b> <b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. ДІАГНОСТИКА ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН</b> <i>Тема 13. Старіння ізоляції електричних машин. Дефекти та пошкодження ізоляції обмоток електричних машин і апаратів.</i>
14	<b><u>Лекція 14</u></b> <i>Тема 14. Визначення терміну служби ізоляції</i>
15	<b><u>Лекція 15</u></b> <i>Тема 15. Пошкодження та дефекти обмоток роторів і якорів електричних машин</i>
16	<b><u>Лекція 16</u></b> <i>Тема 16. Пошук несправностей електричних машин.</i>
17	<b><u>Лекція 17</u></b> <i>Тема 17.1. Знос та пошкодження підшипників електричних машин</i> <i>Тема 17.2. Зношення і пошкодження активної сталі електричних машин</i> <i>Тема 17.3. Знос та пошкодження колекторів, контактних кілець та щіткового механізму електричних машин.</i>
18	<b><u>Лекція 18</u></b> <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>
<b>ч. 2 "Методи та засоби автоматизованого проектування електричних машин":</b>	
19	<b><u>Лекція 19</u></b>  <b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 7. КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ</b> <b>Тема 1. Основні аспекти створення САПР.</b> <i>Визначення основних аспектів створення САПР.</i> <i>Розробка концепції САПР.</i>  <b>Тема 2. Цілі створення і функціонування САПР.</b> <i>Визначення цілей створення і функціонування САПР.</i> <i>Класифікація САПР.</i>  <b>Тема 3. Структура і склад САПР.</b> <i>Визначення структури і складу САПР.</i> <i>Основні принципи створення САПР.</i>



	Література: [1-12]
20	<p><b><u>Лекція 20</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 8. ВСТУП В СУЧАСНІ САПР</b></p> <p><b>Тема 1. Основи проектування.</b> Технічне завдання на НДР і проведення НДР Порядок виконання та ефективність ОКР</p> <p><b>Тема 2. Завдання і види САПР</b></p> <p>Класифікація САПР Види забезпечення САПР</p> <p><b>Тема 3. Геометричне моделювання</b> Каркасне моделювання Поверхневе моделювання Твердотільне моделювання</p> <p>Література: [1-12]</p>
21	<p><b><u>Лекція 21</u></b></p> <p><b>Тема 4. Параметричне моделювання</b> Таблична параметризація Ієрархічна параметризація Варіаційна (розмірна) параметризація Геометрична параметризація Асоціативне конструювання Об'єктно-орієнтоване конструювання</p> <p><b>Тема 5. 2D CAD «Електронний кульман»</b> Креслярські інструменти Ієрархія об'єктів Спеціалізовані модулі Клони і аналоги AutoCAD</p>
22	<p><b><u>Лекція 22</u></b></p> <p><b>Тема 6. 3D CAD (засоби власне проектування)</b> Редактор деталей Редактор збірок Генератор креслень Системи для промислового дизайну</p> <p><b>Тема 7. Спеціалізовані САПР</b> AEC CAD - архітектурно-будівельні САПР EDA-проектуювання електронних пристроїв Геоінформаційні системи</p>

23	<p><b><u>Лекція 23</u></b></p> <p><b>Тема 8. CAE (засоби інженерного аналізу) інженерні розрахунки</b>  Метод кінцевих елементів  Моделювання кінематики  Аерогідродинамічні розрахунки  Електростатика і електродинаміка</p> <p>Література: [1-12]</p>
24	<p><b><u>Лекція 24</u></b></p> <p><b>Тема 9. САМ (засоби підготовки автоматизованого виробництва)</b>  G-код  САМ-системи  Верифікація і оптимізація NC-програм  Види обробки</p> <p><b>Тема 10. САРР (засоби планування технологічних процесів) – технологічна підготовка</b>  Цифрове виробництво</p>
25	<p><b><u>Лекція 25</u></b></p> <p><b>Тема 11. PDM (засоби керування документооборотом)</b>  Функції PDM  Електронне сховище документів  Структуризація проекту і класифікатори, класифікація документів  Атрибути і система пошуку  Розмежування доступу  Інтеграції різних САD-систем</p>
26	<p><b><u>Лекція 26</u></b></p> <p>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</p> <p>Література: [1-12]</p>
27	<p><b><u>Лекція 27</u></b></p>

	<p><b>Тема 12. Електронна документація</b>  Публікація креслень  Публікація тривимірних проектів  Технічні ілюстрації  Електронні посібники</p> <p><b>Тема 13. PLM (керування життєвим циклом виробу)</b>  Компоненти і складові PLM  Головні процеси PLM</p>
28	<p><b><u>Лекція 28</u></b></p> <p><b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 9. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ З ПОЗИЦІЙ ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ</b></p> <p><b>Тема 1. Етапи, з яких складається процес проектування.</b></p> <p><b>Тема 2. Основні особливості ЕМП як об'єкта автоматизації проектування.</b></p> <p><b>Тема 3. САПР – якісно новий інструмент проектування.</b>  Комплекс засобів автоматизації проектування.</p> <p>Література: [9]</p>
29	<p><b><u>Лекція 29</u></b></p> <p><b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 10. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У СТРУКТУРІ САПР</b></p> <p><b>Тема 1. Загальні вимоги до математичних моделей ЕМП. Формалізація задачі оптимального проектування.</b>  Література: [9], с.16-19.</p> <p>Оптимальне рішення. Критерій оптимальності.</p>
30	<p><b><u>Лекція 30</u></b></p> <p><b>Тема 2. Геометрична інтерпретація задачі оптимізації.</b>  Критерій оптимальності.  Границя допустимої області.  Метод згортки критеріїв оптимальності.  Література: [9], с.19-22</p>
31	<p><b><u>Лекція 31</u></b></p> <p><b>Тема 3. Математична модель АД.</b>  Критерії оптимальності асинхронних двигунів.  Порядок визначення складу змінних, що варіюються відносно АД.  Обмеження, що накладаються в процесі оптимізації АД.</p>

	Література: [9], с.23-27.
32	<p><b><u>Лекція 32</u></b></p> <p><b>Тема 4. Основа проектування – пошук оптимального рішення.</b>  <b>Мета задачі оптимального проектування.</b>  <b>Глобальний мінімум.</b>  <b>Локальний мінімум функції.</b>  <b>Впорядкування критеріїв із введенням допустимих відхилень.</b></p> <p>Література: [9], с.27-31.</p>
33	<p><b><u>Лекція 33</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 11. ПОШУК ГЛОБАЛЬНОГО ОПТИМУМУ</b></p> <p>Загальна характеристика.  <b>Тема 1. 4.1 Пошук глобального оптимуму із застосуванням локальних методів.</b>  <b>Поняття “градієнт і гесіан критерію оптимальності”.</b>  <b>4.1.1</b> Визначення області притягання знайдених локальних оптимумів.  <b>4.1.2</b> Формування початкових точок пошуку локальних оптимумів, розташованих поза областю притягання вже знайдених локальних оптимумів.  Література: [9], с.33-41.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Загальна схема пошуку глобального оптимуму  Література: [9], с.35.</p>
34	<p><b><u>Лекція 34</u></b></p> <p><b>Тема 2. 4.2 Пошук глобального оптимуму із застосуванням прямих методів.</b>  <b>Загальна характеристика прямих методів.</b>  <b>4.2.1</b> Незалежний випадковий пошук (метод Монте-Карло).  <b>4.2.2</b> Багатоетапний пошук методом випадкових проб.  Література: [9], с.41-47</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> 4.2.3 Генетичний алгоритм оптимізації  Література: [9], с.47-48</p>
35	<p><b><u>Лекція 35</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 12. ПОШУК ЛОКАЛЬНОГО ОПТИМУМУ</b></p> <p>Загальна характеристика локальних методів.  <b>Тема 1. 5.1 Вибір форми представлення математичної моделі.</b>  <b>метод 1.</b> Проекційний градієнтний метод.  <b>метод 2.</b> Метод штрафних функцій.  <b>метод 3.</b> Метод бар’єрних функцій.  Література: [9], с.48-53.  <b>Завдання на СРС:</b> Більш детальне вивчення методів пошуку оптимуму.</p>

36	<p><b><u>Лекція 36</u></b></p> <p><b>Тема 2. 5.2 Вибір напрямку і кроку при пошуку локального оптимуму.</b></p> <p>1) Прямі методи (на початку пошуку) метод 1. Метод найкращої проби. метод 2. Метод конфігурацій.</p> <p>метод 3. Локальний випадковий метод. метод 4. Регулярний проєкційний градієнтний метод. метод 5. Метод змінної метрики. Література: [9], с.53-60.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Більш детальне вивчення методів пошуку оптимуму.</p> <p><b>Інші методи пошуку оптимуму.</b> Метод золотого перерізу. Література: [9], с. 60.</p>
----	--

#### Комп'ютерні практикуми

№ з/п	Назва комп'ютерного практикуму
<b>для ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин": (комп'ютерні практикуми)</b>	
1	Діагностування асинхронного двигуна із короткозамкненим ротором в процесі сервісного обслуговування (2 години)
2	Випробування асинхронного двигуна із короткозамкненим ротором при спотворенні напруги живлення та несиметричних режимах роботи (4 години)
3	Діагностування короткозамкненого ротора асинхронного двигуна (2 години)
4	Колоквіум із захисту лабораторних робіт (1 година)
<b>для ч. 2 "Методи та засоби автоматизованого проектування електричних машин": (комп'ютерні практикуми)</b>	
5	Математичне моделювання ушкоджень обмотки ротора асинхронного двигуна в програмі National Instruments Multisim (2 години)
6	Оптимізація сегмента зубцево-пазової зони асинхронного двигуна в програмі Comsol Multiphysics (2 години)
7	Оптимізація геометричної форми лапи корпусу асинхронного двигуна в програмі SolidWorks (2 години)
8	Оптимізація розмірів крильчатки асинхронного двигуна в програмі Comsol Multiphysics (2 години)
9	Колоквіум із захисту лабораторних робіт (1 година)

#### 6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількіс
------	------------------------	---------

		ть годин СРС
<b>для ч. 1 "Випробування, діагностика та сервісне обслуговування електричних машин":</b>		
1	<b>Оцінка енергетичних параметрів ЕМПЕ. Електромагнітна діагностика електродвигунів насосів і компресорів технологічних агрегатів. Література [1,2]</b>	2
2	<b>Аналіз показників якості мережі живлення ЕМПЕ. Література [2].</b>	2
3	<b>Вимір опорів обмоток статора та ротора. Діагностика головної ізоляції електричних машин. Література [2].</b>	2
4	<b>Діагностика міжвиткової ізоляції електричних машин. Література [2]</b>	2
5	<b>Діагностика міжлистової ізоляції магнітопроводів електричних машин. Література [2]</b>	2
6	<b>Енергетичні показники ЕМПЕ та їх характеристики. Література [8].</b>	2
7	<b>Аналіз структури сучасного ЕМ-комплексу на основі існуючих прикладів. Література [2]</b>	1
8	<b>Виявлення основних складових що впливають на ефективність та надійність функціонування ЕМПЕ. Література [2,5].</b>	1
9	<b>Теоретичні та практичні засоби для оптимізації ЕМПЕ. Література [2,5]</b>	1
10	<b>Визначення якості основних вузлів електромеханічних комплексів по фактичному стану. Література [7].</b>	1
11	<b>Прогнозування остаточного ресурсу елементів електромеханічних комплексів. Література [2, 7].</b>	1
12	<b>Визначення необхідності профілактичного, середнього або капітального ремонту. Література [1,6]</b>	1
13	<b>Моделі прогнозування остаточного ресурсу елементів електромеханічних комплексів. Прогнозування остаточного ресурсу ЕМП та комплексів на їх основі. Література [3, 8].</b>	2
<b>для ч. 2 "Методи та засоби автоматизованого проектування електричних машин":</b>		
1	<b>Завдання для СРС 1. Тема 6. 3D CAD (засоби власне проектування).</b>	2
2	<b>Завдання для СРС 2. Тема 8. CAE (засоби інженерного аналізу) інженерні розрахунки.</b>	2
3	<b>Підготовка до домашньої контрольної роботи</b>	6
4	<b>Завдання для СРС 3. Тема 3. САПР – якісно новий інструмент проектування.</b>	2
5	<b>Завдання для СРС 4. Тема 1. Пошук глобального оптимуму із застосуванням локальних методів</b>	2
6	<b>Завдання для СРС 5. Тема 2. Пошук глобального оптимуму із застосуванням прямих методів.</b>	2
7	<b>Завдання для СРС 6. Тема 1. Вибір форми представлення математичної моделі</b>	4
8	<b>Завдання для СРС 7. Тема 2. Вибір напрямку і кроку при пошуку локального оптимуму</b>	4
9	<b>Підготовка до модульної контрольної роботи</b>	6
10	<b>Підготовка до екзамену</b>	36

## 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 «**Автоматизоване проектування електромеханічних перетворювачів енергії**»;
- 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:** написання МКР, ДКР, реферата, 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, 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

<p><i>Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів. Екзаменаційна складова шкали R<sub>e</sub> всього курсу дорівнює 40% від загальної рейтингової шкали - 40 балів:</i></p>	
<p><i>Стартовий рейтинг в 60 балів складається з балів, що студент протягом семестру отримує за:</i></p>	<p><i>1. Написання модульної контрольної роботи: 5 балів</i></p> <p><i>2. Написання домашньої контрольної роботи: 5 балів</i></p> <p><i>3. Виконання та захист 3 комп'ютерних практикумів з ч.1: 20 балів;</i></p> <p><i>4. Виконання та захист 4 комп'ютерних практикумів з ч.2: 25 балів;</i></p> <p><i>5. Написання та доповідь за рефератом: 5 балів;</i></p> <p><i>6. Відповідь на екзамені – 40 балів.</i></p>
<p><b><i>Критерії нарахування балів:</i></b></p>	
<p><i>1. Результати написання модульної контрольної роботи: 5 балів.</i></p>	<p><i>Інформація про структуру МКР:</i></p> <p><i>За повністю правильно написану МКР 5 балів</i></p> <p><i>В білеті 3 питання: по 2+2+1 бали</i></p> <p><i>1 і 2 питання - складне питання або питання середньої складності – по 2 бали.</i></p> <p><i>3 питання – просте питання - 1 бал.</i></p> <p><i>В одному простому питанні може бути декілька простих запитань.</i></p> <p><i>Для зарахування МКР необхідно її написати на 60% і більше від максимальної кількості балів за МКР.</i></p> <p><i>Студент має можливість переписувати МКР достатню кількість разів, допоки не напише МКР на достатню кількість балів.</i></p>
<p><i>2. Результати написання домашньої контрольної роботи: 5 балів.</i></p>	<p><i>Інформація про структуру ДКР:</i></p> <p><i>За повністю правильно написану ДКР 5 балів</i></p> <p><i>В білеті 3 питання: по 2+2+1 бали</i></p> <p><i>1 і 2 питання - складне питання або питання середньої складності – по 2 бали.</i></p> <p><i>3 питання – просте питання - 1 бал.</i></p> <p><i>В одному простому питанні може бути декілька простих запитань.</i></p> <p><i>Для зарахування МКР необхідно її написати на 60% і більше від максимальної кількості балів за МКР.</i></p> <p><i>Студент має можливість переписувати МКР достатню кількість разів, допоки не напише МКР на достатню кількість балів.</i></p>



3. Виконання та захист 3 комп'ютерних практикумів з ч.1: 5 балів;	<p>За к.п. 1 і 2 по 8+8 бали За к.п. 3 - 4 бали</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>по 8 балів — повне виконання і вчасний захист кожного комп'ютерних практикумів 1, 2.</li> <li>по 0...7 балів — часткове виконання або невчасний захист кожного комп'ютерних практикумів 1, 2.</li> </ul>
4. Виконання та захист 4 комп'ютерних практикумів з ч.2: 25 балів;	<p>За к.п. 4, 6, 7 по 5+5+5 балів За к.п. 5 - 10 балів</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>по 5 балів — повне виконання і вчасний захист кожного комп'ютерних практикумів 1, 2.</li> <li>по 0...4 балів — часткове виконання або невчасний захист кожного комп'ютерних практикумів 1, 2.</li> </ul>
5. Написання та доповідь за рефератом: 5 балів;	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 балів — повне виконання і вчасний захист реферата із презентацією.</li> <li>0...4 бали — невчасне виконання або захист реферата без презентації.</li> </ul>
Умови отримання першої атестації:	<p>набрано 50% (13 б) з того, що можна набрати (26 б):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>написано МКР на оцінку не менше 3 б: 5 б</li> <li>зроблено і захищено к.п. 1, 2, 4: 21 б</li> </ul>
Умови отримання другої атестації:	<p>набрано 50% (27 б) з того, що можна набрати (55 б):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>написано МКР на оцінку не менше 3 б: 5 б</li> <li>написано ДКР на оцінку не менше 3 б: 5 б</li> <li>Зроблено доповідь за рефератом: 5б</li> <li>зроблено і захищено к.п. 1, 2, 3, 4, 5, 6: 40 б</li> </ul>
<p><b>Штрафні та заохочувальні бали:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>участь у модернізації комп'ютерних практикумів: + 1...6 балів;</li> </ul> <p>Сумарна кількість як штрафних, так і заохочувальних балів не повинна перевищувати <math>0,1R_C = 6</math> балів (для PCO-2, екзамен) або <math>0,1R = 10</math> балів (для PCO-1, залік).</p>	
<b>Критерії допуску студентів до екзамену:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>набрати стартовий рейтинг <math>R_C</math> не менше 40 балів з 60 балів;</li> <li>виконати і захистити всі комп'ютерні практикуми з даної дисципліни;</li> <li>написати МКР, ДКР, і доповіді за рефератом.</li> </ul>
<b>Проведення екзамену з дисципліни:</b>	

Рейтингова шкала з дисципліни складає:

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

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу, в білеті 4 питання по 10 балів кожне.

**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 на початку п.8

## 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 "Методи та засоби автоматизованого проектування електричних машин":

1. Що включає концептуальна структура САПР. (6 п.)
2. Перелічіть принципи створення САПР (11 п.)
3. Засоби, якими досягається виконання цілей створення САПР (11 п.)
4. Цілі створення САПР в областях народного господарства. (7 п.)
5. З яких етапів складається процес проектування? (7 п.)
6. З чого складається попереднє проектування? (4 п.)
7. Що включає опис об'єкта, що формується на стадії попереднього проектування? (4 п.)
8. Що входить в технологічний аспект САПР. (5 п.)

9. Класифікація САПР по класу обчислювальних засобів, що використовуються (по Глушкову).
10. З чого складається комплекс засобів автоматизації проектування (5 п.)
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? (2 п.)
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? (4 п.)
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? (5 п)
  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.)