



“РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ГЕНЕРУЮЧИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ”

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	«G – інженерія, виробництво та будівництво»
Спеціальність	G3 «Електрична інженерія»
Освітня програма	ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ (ELECTRIC MACHINES AND APARATS)
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, 2 семестр
Обсяг дисципліни	150 годин / 5 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР, РГР
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. доц..Реуцький Микола Олександрович 0501724189 Практичні: к.т.н. доц..Реуцький Микола Олександрович 0501724189
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки **магістрів** професійного спрямування з галузі знань «G – інженерія, виробництво та будівництво», за спеціальністю G3 «Електрична інженерія».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей використовувати основні закони електротехніки та електромеханіки при поясненні принципів функціонування електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ); одержання теоретичних і практичних знань процесів електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах та трансформаторах, які є основними джерелами та споживачами електричної енергії в сучасному енергетичному процесі; вміння визначати місце, роль та особливості функціонування окремих класів електромеханічних перетворювачів енергії в структурі загальної енергетичної системи; системи компетенцій щодо отримання теоретичних і практичних знань для виробничо-технічної, проектно-конструкторської та дослідницької діяльності, які далі розвиваються при виконанні магістерської роботи; система компетенцій, якими повинен оволодіти фахівець, відповідають стандартам вищої освіти магістра зі спеціальності G3 «Електрична інженерія», за освітньою програмою “ Електричні машини і апарати ”. Вивчення дисципліни дає можливість студенту виявити свої нахили та здібності до практичної роботи, закладає фундамент як для подальшого освоєння проектно-конструкторської так і для майбутньої наукової діяльності.

Предмет навчальної дисципліни – є взаємозв’язок якості та ефективності електричних машин, специфічних математичних методів енергоефективних методів управління електричними машинами та трансформаторами, аналіз, визначення методів, критеріїв та

сучасних рекомендацій з використання ресурсних можливостей електричних машин та трансформаторів для зменшення втрат електричної енергії при їх експлуатації.

Програмні компетентності:

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК2. 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.

Програмні результати навчання:

ПР02. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

ПР03. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПР16. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

Знання: про основні закони електротехніки та електромеханіки; про фізичні явища та процеси в електричних машинах, їх принципи роботи та конструктивні особливості; про розробку фізичних та математичних моделей електричних машин, математичні методи розрахунку параметрів, характеристик та режимів роботи електричних машин та трансформаторів; про методи і основні правила експлуатації електричних машин та трансформаторів; сучасних підходів до енергозбереження при використанні електромеханічного обладнання на виробництвах; способів та методів зниження енергоспоживання існуючих виробництв.

Уміння: використовувати основні закони електротехніки та електромеханіки при поясненні принципів функціонування електромеханічних перетворювачів енергії; використовувати математичні методи при розрахунку параметрів, характеристик та режимів роботи електричних машин та трансформаторів; вибору електричних машин та трансформаторів для конкретних умов їх експлуатації; виконувати типові розрахунки параметрів, характеристик та режимів роботи електричних машин і трансформаторів, аналізу та опису сталих та перехідних процесів в системах та мережах, в яких застосовуються електричні машини та трансформатори; об'єктивно оцінити переваги та недоліки сучасних методів керування електромеханічними комплексами; віднаходити, розраховувати та запроваджувати енергозберігаючі заходи з врахуванням сучасних ринкових відносин, цін на енергоносії та електромеханічне обладнання.

Досвід: аудиторної та самостійної роботи при засвоєнні нового матеріалу; використання набутих знань при розв'язанні задач типового характеру; самостійного виконання індивідуальної розрахунково-графічної роботи; системно-цільового підходу до практичних інженерних та наукових проблем енергозбереження; вирішення проблем енергозбереження при розробці та експлуатації нових більш ефективних систем; аудиторної та самостійної роботи при засвоєнні нового матеріалу.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка» та «Теоретичні основи електротехніки»; «Обчислювальна техніка та програмування»; „Електротехнічні матеріали”; „Основи метрології та електричні виміри”; „Основи автоматизованого проєктування електричних машин”; „Обладнання для виробництва електричних машин”; «Надійність електричних машин».

Дисципліна “Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах”, використовуючи відомі закони електротехніки, подає теорію електричних машин і трансформаторів під кутом зору енергозбереження. При вивченні конструкції та режимів роботи електричних машин та трансформаторів потрібні також знання з електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основам метрології та електричним вимірюванням. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування електричних машин та їх впливу на розвиток різноманітних галузей промисловості; Дисципліна закладає основу для виробничо-технічної, проєктно-конструкторської та дослідницької діяльності майбутніх спеціалістів і є вирішальним фактором в підготовці спеціалістів з фаху “Інженер-електрик” і “Інженер-дослідник”.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **4 розділи**, а саме:

- 1. Вибір виробничих енергозберігаючих електромеханічних об'єктів**, до якого ввійшли питання енергетичні системи електромеханічних комплексів; шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу в нерегульованому електромеханічному комплексі; регульовані системи електромеханічних комплексів; шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу в регульованому електромеханічному комплексі; вибір апаратури регулювання і захисту; вибір основних енергозберігаючих об'єктів; умови створення енергозберігаючих моделей.
- 2. Аналіз енергозберіжних властивостей трансформаторів**, до якого ввійшли питання регулювання навантаження трансформаторів; втрати активної потужності та ККД трансформаторів; вплив реактивних струмів на властивості трансформатора; ефективність компенсації реактивної потужності в трансформаторах; регулювання первинної напруги трансформаторів; оцінка ефективності регулювання виробничих трансформаторів.

3. *Аналіз енергозберігаючих властивостей асинхронних двигунів, до якого ввійшли питання особливості експлуатації асинхронних двигунів високої потужності та вибір електродвигунів; умови створення аналітичних моделей асинхронних двигунів; мінімізація втрат активної потужності в асинхронних двигунах; врахування впливу реактивних струмів на енергозберігаючі властивості асинхронних двигунів; зміна споживання реактивної потужності при регулюванні напруги живлення ; ефективність енергозберігаючого регулювання напруги в асинхронному двигуні.*
4. *Узагальнення методів і рекомендацій по ресурсоенергозбереженню при експлуатації виробничих електромеханічних комплексів, до якого ввійшли питання методи енергозбереження місцевим підвищенням якості електроенергії; експлуатаційно-організаційні методи енергозбереження у виробничих електромеханічних пристроях; узагальнені рекомендації по ресурсоенергозбереженню при експлуатації виробничих електромеханічних комплексів.*

Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Виробничі електромеханічні комплекси: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл./ В.М.Красніков, М.Г.Анпілогов, М.О.Реуцький; За заг. ред. В.М.Красніков, - К.: Норіта-плюс, 2007, - 184 с.: іл..-Бібліогр.: С. 180.
2. Красніков В.М., Шинкаренко В.Ф. Виробничі електромеханічні комплекси, К., Електронна версія, 2003р.
3. Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах. Дослідження режиму короткого замикання асинхронного двигуна: практикум. (Електронний ресурс): Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю G3 Електрична інженерія, уклад.: Реуцький М.О., Чумак В.В., Коваленко М.А., Ткачук І.В., Вишневський О.В. – Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №5 від 05.03.2026) за поданням вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол №8 від 23.02.2026). Реєстраційний № 25/26 – 228.
4. Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах. Дослідження режиму неробочого ходу асинхронного двигуна: практикум. (Електронний ресурс): Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю G3 Електрична інженерія, уклад.: Реуцький М.О., Чумак В.В., Коваленко М.А., Ткачук І.В., Вишневський О.В. – Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №5 від 05.03.2026) за поданням вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол №8 від 23.02.2026). Реєстраційний № 25/26 – 229.
5. Енергозбереження потужних електромеханічних комплексів: практикум. (Електронний ресурс): Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю G3 Електрична інженерія, уклад.: Реуцький М.О., Коваленко М.А., Ткачук І.В., Вишневський О.В. – Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №6 від 03.04.2026) за поданням вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол №9 від 30.03.2026). Реєстраційний № 25/26 – 290.

6. Дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах»

<https://do.ipro.kpi.ua/course/view?id=741>

Додаткові:

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. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах – 2. Виробничі комплекси» / Чумак В.В., Коваленко М.А. // Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 53 с.
3. Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах: 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.
4. Красніков В.М., Новіков А.В. Електромеханіка.- К., Вища школа, 1994р. Красніков В.М. Електромеханіка промислових комплексів - К., НКМВО, 1991р. Інформаційно-методичні видання.

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)
1	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
2	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
3	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 5 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
4	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 7 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах»

	лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
5	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 9 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 10 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
6	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 11 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 12 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
7	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 13 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 14 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
8	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Методи енергозбереження місцевим підвищенням якості електроенергії. Показники якості електроенергії. Відхилення показників якості електроенергії та їх вплив на енергетичні показники електрообладнання. Приклад розрахунку втрат в АД при відхиленнях показників якості електроенергії в межах вимог стандартів. Літературні джерела: [2] с.184-187; [7] с. 170-175; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Причини відхилення показників якості електроенергії від вимог стандартів. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 16 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
9	Експлуатаційно-організаційні методи енергозбереження у виробничих електромеханічних пристроях. Варіанти вибору електрообладнання для виробничих електромеханічних комплексів. Співвідношення втрат для асинхронних двигунів різних типів. Застосування нових технологій – суттєвий засіб економії. Літературні джерела: [2] с. 187-206; [7] с. 173-176; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Варіанти вибору електрообладнання ЕМК індивідуального завдання. Пошук нових технологій при використанні ЕМК з індивідуального завдання. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 17 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Узагальнені рекомендації по енергозбереженню при експлуатації виробничих електромеханічних комплексів. Перехід енергоємних технологій на нічні години; широке застосування компенсаторів реактивної потужності; місцеве покращення якості електроенергії; широке застосування регулюючих методів споживання струму; застосування захисту електрообладнання; збільшення енергетичних показників самого електрообладнання та постійний контроль та аналіз ефективності енергозберігаючих методів експлуатації електрообладнання. Літературні джерела: [2] с. 219-224; [7] с. 176-184; Завдання на СРС: опрацювання матеріалу за конспектом та літературою. Рекомендації по енергозбереженню при експлуатації ЕМК індивідуального завдання. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 18 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741

10	Вимоги до роботи ВЕМК. Узагальнені вимоги до роботи виробничих електромеханічних комплексів. літературні джерела [1, с. 32-40]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 19, 20 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
	Первинні джерела електроенергії. Особливості використання виробничих первинних джерел електричної енергії. літературні джерела [1, с. 41-50]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 21 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
11	Джерела механічної енергії. Виробничі електромеханічні автономні спеціалізовані джерела механічної енергії. літературні джерела [1, с. 51-57]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 22 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Електричні двигуни. Електричні двигуни для механізмів періодичної та безперервної дії. літературні джерела [1, с.58-68]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 23 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Мікромашинні ВЕМК. Виробничі мікромашинні комплекси. літературні джерела [1, с.69-83]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 24 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
12	Спеціальні електричні двигуни. Електричні двигуни спеціального технологічного призначення. літературні джерела [1, с.84, 93]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 25 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Сучасні електричні двигуни. Використання електричних двигунів сучасних конструкцій. літературні джерела [1, с.94-99]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 26 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 27 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
13	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 28 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Узагальнений аналіз методів регулювання виробничих електромеханічних комплексів. Методи регулювання ВЕМК.

	літературні джерела [1, с. 129...141]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 29 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
14	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 30 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 31 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Узагальнений аналіз систем та методів керування роботою виробничих електромеханічних комплексів. Методи керування ВЕМК. літературні джерела [1, с.183 – 199]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 32 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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 33 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Узагальнений аналіз властивостей виконавчих двигунів змінного та постійного струмів. Основні властивості виконавчих двигунів. літературні джерела [1, с. 209 – 222]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 34, 35 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Електричні апарати дистанційної передачі інформації про рух контрольованого об'єкту. Інформаційні електричні апарати. літературні джерела [1, с. 223 – 230]. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» лекція 36 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Енергозберігаючі моделі керування та навантажувальні діаграми електромеханічних комплексів. Літературні джерела [1, 2]; Завдання на СРС: Вибір стандартних режимів навантаження ЕМК індивідуального завдання та створення навантажувальної діаграми. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» підбірка задач за темою 1,2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
2	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» підбірка задач за темою 1,2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
3	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 прийнятно- здавальних випробувань АД. ГОСТ 11828-81. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» підбірка задач за темою 3,4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
4	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 прийнятно- здавальних випробувань АД. ГОСТ 11828-81. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» підбірка задач за темою 3,4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
5	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» підбірка задач за темою 5,6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
6	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» підбірка задач за темою 5,6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
7	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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах»

	підбірка задач за темою 7,8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Узагальнені моделі виробничих електромеханічних комплексів. літературні джерела [1], с.144-153; дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
8	Закріплення основних положень моделювання. літературні джерела [1], с.11-22; [2], с.11-15; дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741 Основне електромеханічне устаткування для механічних технологій. Модульна контрольна робота (частина 1). літературні джерела [1], с. 181-182; дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
9	ЕМО для механічних технологій. Електротермічні технології. літературні джерела [4], с. 191-192; дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
10, 11	Електричні двигуни. Електрозварювальні технології. Електричні апарати систем регулювання виробничих електромеханічних комплексів. літературні джерела [3], с. 211-212. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
12	Основне електромеханічне енергетичне устаткування для електрофізикохімічних технологій. Електротермічні технології. літературні джерела [3], с. 223-234; дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
13	Електричні регулювальні апарати. Розв'язання задач. літературні джерела [3], с.242-245. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741
14, 15	Електричні апарати систем керування. Модульна контрольна робота (частина 2). літературні джерела: [3], с.246-250. дистанційний курс «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах» індивідуальні завдання на МКР ч.II https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=741

5. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Завдання для СРС 1. Вдосконалення вибору двигуна, перехід на енергозберігаюче електрообладнання, оцінка характеристик двигунів та їх теплового стану. Вибір стандартних режимів навантаження ЕМК індивідуального завдання та створення навантажувальної діаграми.	5
2	Завдання для СРС 2. Пошук електромеханічного комплексу для виконання індивідуального завдання. Умови максимуму ККД. Залежність ККД від виду навантаження. Способи регулювання	5

	<i>напруги ЕМК індивідуального завдання під навантаженням.</i>	
3	Завдання для СРС 3. Вибір апаратури регулювання та захисту для ЕМК індивідуального завдання.	4
4	Завдання для СРС 4. Навантажувальні діаграми. Пошук шляхів зниження енергоємності ЕМК індивідуального завдання.	5
5	Завдання для СРС 5. Вибір джерела живлення ЕМК для індивідуального завдання.	4
6	Завдання для СРС 6. Пошук шляхів компенсації реактивних струмів.	4
7	Завдання для СРС 7. Способи регулювання напруги енергетичних об'єктів під навантаженням.	4
8	Завдання для СРС 8. Оптимізація режимів навантаження та включення на паралельну роботу трансформаторів.	4
9	Завдання для СРС 9 Перевірка двигуна за умовами пуску та за умовами перегріву. Врахування виду та режиму навантаження. Розрахунок необхідної потужності електродвигуна ЕМК з індивідуального завдання. Програма приймально-здавальних випробувань АД. ГОСТ 11828-81	5
10	Завдання для СРС 10. Умови мінімуму втрат. Потенціальна економія енергії. Розрахунок мінімуму втрат в електродвигуні ЕМК за умови регулювання напруги живлення.	5
11	Завдання для СРС 11. Розрахунки впливу реактивних струмів на енергозберігаючі властивості електрообладнання з індивідуального завдання	5
12	Завдання для СРС 12.. Оптимізація регулювання електродвигуна ЕМК з врахуванням всіх експлуатаційних факторів.	4
13	Завдання для СРС 13. Причини відхилення показників якості електроенергії від вимог стандартів.	4
14	Виконання індивідуального завдання	12
15	Підготовка до екзамену	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 захисту індивідуальних завдань* з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки СРС (за умови дотримання календарного плану виконання СРС);
- *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 «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання СРС.

- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання СРС передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на захист СРС, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів СРС 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 дисципліни «Ресурсозбереження в генеруючих електромеханічних системах»;
- 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. Індивідуальні завдання

Для підвищення ефективності одержуваних студентами знань та вміння їх використовувати в практичній діяльності, важлива роль при вивченні дисципліни відводиться самостійній та індивідуальній роботі. Важливо викликати зацікавленість у студента не тільки до дисципліни, але і до навчання взагалі, щоб прагнення до навчання стало у нього природною потребою.

З метою розширення знань студентів про можливі напрямки застосування та особливості практичних задач енергозбереження в окремих виробничих електромеханічних комплексах кожен студент виконує індивідуальне домашнє завдання за однією з наступних тем:

- вдосконалення вибору електромеханічного обладнання для обраного технологічного устаткування в нерегульованому електроприводі;
- перехід на енергозберігаюче обладнання політищеної конструкції, яке має підвищені значення ККД та $\cos \phi$;
- виключення проміжних передач в регульованому електроприводі та застосування групового, одиночного та багатодвигунного приводу;
- підвищення ефективності виконання технологічних процесів;
- вибір раціональних режимів експлуатації електропривода;
- покращення якості електроенергії.

При цьому об'єктом дослідження є виробничий електромеханічний комплекс, особливості функціонування якого вивчались кожним студентом в межах виконання індивідуального семестрового завдання, а перелік питань, що підлягають розробці, залежить від виду обраного електромеханічного комплексу (з регульованим або нерегульованим електроприводом, для реалізації електрофізикохімічних технологій, тощо). Структура завдання наведена в додатку А.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, 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 самостійну роботу студента, зарахування усіх практичних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- роботу на практичних заняттях;
- виконання індивідуальної роботи (СРС);

<i>Експрес-опитування</i>	<i>Практичні роботи</i>	<i>МКР</i>	<i>Rc</i>	<i>Rек</i>	<i>R</i>
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

Екзаменаційна робота складається з трьох теоретичних запитань

Критерії оцінювання екзамену

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 $R_3 = 16 - 24$ 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 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)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Вибір виробничих енергозберігаючих електромеханічних об'єктів.
2. Енергетичні системи електромеханічних комплексів.
3. Регулюючі системи електромеханічних комплексів.
4. Умови створення енергозберігаючих моделей.
5. Аналіз енергозберігаючих властивостей трансформаторів.
6. Регулювання навантаження трансформаторів в автономних режимах роботи.
7. Втрати активної потужності та ККД трансформаторів в автономних режимах роботи.
8. Вплив реактивних струмів на експлуатаційні властивості трансформаторів в автономних режимах роботи.
9. Ефективність компенсації реактивної потужності в трансформаторах.
10. Енергозбереження при регулюванні напруги трансформаторів в автономних режимах роботи.
11. Енергозбереження при регулюванні потужності групи паралельно працюючих трансформаторів.
12. Енергозберігаюче використання трансформаторів при багатозмінній роботі.
13. Оцінка ефективності регулювання силових трансформаторів.
14. Аналіз енергозберігаючих властивостей асинхронних двигунів. Особливості експлуатації асинхронних двигунів.
15. Умови створення енергозберіжних аналітичних моделей асинхронних двигунів.
16. Мінімізація втрат активної потужності в асинхронних двигунах регулюванням напруги живлення.
17. Врахування впливу реактивних струмів на енергозбереженні властивості асинхронних двигунів.
18. Методи енергозбереження місцевим підвищенням якості електричної енергії.
19. Аналіз енергозберіжних характеристик асинхронних двигунів при періодичному навантаженні.
20. Стійкість асинхронних двигунів при періодичному зміні моменту навантаження.
21. Пускові характеристики асинхронних двигунів при періодичній зміні моменту навантаження.
22. Енергозберігаючі режими прямого та плавного пуску асинхронних двигунів.
23. Енергозберігаючі режими ступеневого пуску асинхронних двигунів.
24. Енергетичні характеристики трансформаторів при відхиленні показників якості напруги живлення.
25. Методи енергозбереження місцевим підвищенням якості електроенергії.
26. Енергетичні характеристики асинхронних двигунів при відхиленні показників якості напруги живлення.
27. Енергозберігаючі режими асинхронних двигунів при векторному керуванні.
28. Оптимізація вибору потужності електроприводів в залежності від режиму та умов експлуатації.

- 29. Техніко-економічне обґрунтування заміни регульованих електроприводів постійного струму на регульовані приводи змінного струму, або навпаки.*
- 30. Експлуатаційно - організаційні методи енергозбереження у виробничих електромеханічних комплексах.*
- 31. Узагальнені рекомендації по ресурсозбереженню, енергозбереженню при експлуатації виробничих електромеханічних комплексів*

Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н., доц.. Реуцьким М.О.

доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н., доц.. Коваленко М.А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 14 від 02.06.2026 р.)

Погоджено Навчально-методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 26.06.2026 р.)