Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра електромеханіки
ФЕА

ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Другий (магістерський) - магістр наукового спрямування***
Галузь знань	*G «Інженерія, виробництво та будівництво»*
Спеціальність	*G3 «Електрична інженерія»*
Освітня програма	*ОПП Електричні машини і апарати (electric machines and apparatus)*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*Очна (денна)*
Рік підготовки, семестр	*І курс, 2 семестр*
Обсяг дисципліни	*150 годин / 5 кредити ECTS (лекції -30 годин, практичні – 30 годин, самостійна робота – 90 годин)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен/МКР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *д.т.н., проф. Васьковський Юрій Миколайович, тел. 0501022010* Практичні: *проф. Васьковський Юрій Миколайович*
Розміщення курсу	*Посилання на дистанційний ресурс Moodle* *https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=3942*

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Технічна електродинаміка» складено відповідно до Освітньо-професійної програми другого (магістерського) рівня вищої освіти підготовки магістрів професійного спрямування за спеціальністю G3 «Електрична інженерія» та освітньою програмою «Електричні машини і апарати».

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

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК06. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК07. Здатність працювати в команді.

ЗК08. Здатність працювати автономно.

Фахові компетентності:

ФК4. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електричній інженерії.

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

ФК І5. Здатність моделювати та досліджувати за допомогою сучасних програмних та апаратних засобів характеристики фізичних (електромагнітних, теплових, вібраційних тощо) полів в електричних машинах і апаратах.
ФК 18. Здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних світових науково-технічних досягнень в сфері електричних машин та апаратів та прогноз створення та розвитку нових ефективних технічних рішень.

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

Програмні результати навчання:

ПР07. Здійснювати математичний аналіз взаємопов'язаних фізичних процесів різної природи в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, комплексах і системах.
ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електромеханічних систем за результатами математичного моделювання.
ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.
ПР23. Застосовувати сучасні методи дослідження електричних машин і апаратів, потужних електромеханічних перетворювачів енергії різного типу, електромеханічних комплексів.
ПР 24. Планувати і виконувати типові науково-дослідні задачі щодо дослідження та розробки сучасних електричних машин, критично аналізувати результати власної інженерно-технічної діяльності у контексті усього комплексу сучасних знань щодо мультифізичних методів аналізу електричних машин.
ПР25. Розуміти особливості фізичних процесів та відповідних математичних моделей в електричних машинах і апаратах при наявності ушкоджень конструкції з метою виявлення та діагностики ушкоджень.

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

Пререквізити: *успішне засвоєння дисципліни базується на знаннях, отриманих студентом під час вивчення таких дисциплін, як «Фізика», «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Математичне моделювання електричних машин».*
Постреквізити*: В структурно-логічній схемі навчального плану підготовки магістрів дисципліна «Технічна електродинаміка» забезпечує подальше вивчення дисциплін на третьому рівні вищої освіти – доктор філософії (PhD).*

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно складається з 5-ти змістовних модулів, а саме:

Змістовий модуль 1. *Основні рівняння електродинаміки.*
Тема 1.1. Вступ. Система рівнянь електромагнітного поля.
Тема 1.2. Граничні та початкові умови. Формування припущень. Постановка задачі розрахунку поля в електричних машинах та пристроях.
Тема 1.3. Чисельні методи розв'язання рівнянь електромагнітного поля.
Тема 1.4. Визначення інтегральних параметрів та характеристик електричних машин за результатами розрахунку поля.
Змістовий модуль 2*. Теорія поверхневого ефекту в електропровідних середовищах.*
Тема 2.1 Поняття та математичне обґрунтування виразу для еквівалентної глибини проникнення електромагнітного поля в електропровідне середовище.

Тема 2.2. Використання теорії поверхневого ефекту в електротехнічних пристроях. Асинхронні машини з масивним ротором. Торцеві зони турбогенераторів.
Тема 2.3. Електромагнітні екрани і екранування магнітних полів.
***Змістовий модуль 3**. Моделювання електричних машин з постійними магнітами.*
Тема 3.1. Рівняння електромагнітного поля з урахуванням наявності намагнічених середовищ. Математична модель постійного магніту.
Тема 3.2. Приклади моделювання електричних машин з постійними магнітами. Синхронний двигун з колекторною конструкцією ротора.
***Змістовий модуль 4**. Аналіз взаємопов'язаних фізичних полів в електричних машинах.*
Тема 4.1. Поняття про взаємозв'язок електромагнітних, теплових і механічних полів.
Тема 4.2. Система рівнянь для аналізу взаємопов'язаних фізичних полів та методи їх розв'язання.
***Змістовий модуль 5.** Моделювання дефектів в струмонесучих елементах конструкції електричних машин.*
Тема 5.1. Моделювання і діагностика ушкоджень короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна.
Тема 5.2. Математичне моделювання електрофізичних процесів в ушкодженій з'єднувальній шині обмотки ротора турбогенератора.
Тема 5.3. Моделювання та дослідження імпульсних електромеханічних перетворювачів енергії.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. *Васьковський Ю.М. Польовий аналіз електричних машин. Навчальний посібник для вузів з грифом МОН України, Київ, НТУУ "КПІ", ВПІ ВПК "Політехніка"2007, 191с.*
2. *Віктор П. А. Том 3. Основи електродинаміки. – Book Chef, 2021. – 496 с.*
3. *Васьковський Ю.М., Гайденко Ю.А., Коваленко М.А. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами. Навчальний посібник з грифом Вченої Ради КПІ, Київ, наш формат, 2017, 192 с*
4. *Васьковський Ю.М., Коваленко М.А. Математичне моделювання електричних машин методами теорії поля (монографія) . Київ, 2025, 257 с.*
5. *Васьковський Ю.М. Математичне моделювання електромеханічних перетворювачів енергії. Навчальний посібник для вузів з грифом МОН України, Київ, НТУУ "КПГ, ФЕА, 2013, 164с.*
6. *Подольцев А.Д., Кучерява И.Н. Мультифизічне моделювання в електротехніці. – Київ, Наш формат, 2015. – 306 с.*
7. *Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. Моделювання електромеханічних систем. Підручник.– Кременчук, 2011. – 410 с.*
8. *Курс: Технічна електродинаміка (kpi.ua) https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=3942*
9. *COMSOL – MULTIPHYSICS – http://www.comsol.com*

Додаткові інформаційні ресурси:

10. *Васьковський, Ю. і Мельник, А. 2019. Електромагнітні віброзбуджуючі сили у потужних дво- та чотириполюсних турбогенераторах АЕС України. Технічна Електродинаміка. 2019, 3 (Квіт 2019), 060. DOI:https://doi.org/10.15407/techned2019.03.060.*
11. *Васьковський, Ю. і Райчев, П. 2021. Еволюція електромагнітних рейкових прискорювачів. Технічна Електродинаміка. 1 (Січ 2021), 023. DOI:https://doi.org/10.15407/techned 2021.01.023.*
12. *Васьковський, Ю. і Татарінов, К. 2022. Зовнішня демпферна система ротора явнополюсної синхронної машини. Технічна Електродинаміка. 6 (Жов 2022), 019. DOI:https://doi.org/10.15407/techned2022.06.019.*
13. *Васьковський, Ю. і Павлюк, В. 2023. Порівняльний аналіз енергетичних характеристик різних типів синхронних тягових електродвигунів. Технічна Електродинаміка. 4 (Чер*

2023), 043. DOI:https://doi.org/10.15407/techned2023.04.043.
14. *Васьковський, Ю. і Цивінський С. 2016. Тривимірна польова математична модель електромагнітних процесів у торцевій зоні ротора турбогенератора. Технічна Електродинаміка. 1 (Лют 2016) с.34-39.*
15. *Туровский Я. Техническая электродинамика. М., Энергия, - 1974, 488 с.*
16. *Фальковский О.И. Техническая электродинамика. М.,"Связь", - 1978, 430 с.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття:

№ з/п	*Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу та завдання на СРС)*
1	***Лекція 1. Вступ.*** *Місце дисципліни «Технічна електродинаміка» в системі сучасних електротехнічних дисциплін і її задачі для поглибленого аналізу параметрів і процесів електричних машин і апаратів. Система рівнянь Максвелла – теоретична основа для аналізу електромагнітних полів.* *Література: [1 - 5, Вступ].* *Завдання на СРС: Історія експериментального та математичного обґрунтування системи рівнянь Максвелла.*
2	***Лекція 2. Система рівнянь електромагнітного поля.*** *Види польових функцій та отримання диференційних рівнянь у часткових похідних. Граничні та початкові умови - завдання граничних умов 1-го, 2-го роду і умов періодичності та початкових умов. Формування припущень при визначенні розрахункової області об'єкта досліджень.* *Література: [1], с. 13 - 19.* *Завдання на СРС:. Визначення та класифікація електромагнітних полів: нелінійні, нестаціонарні, квазістаціонарні поля.*
3	***Лекція 3. Постановка задачі розрахунку електромагнітного поля в електричних машинах та пристроях.*** *Опис геометрії розрахункової області. Опис джерел електромагнітного поля. Фізичні характеристики матеріальних середовищ. Література: [1,с.36 -40], [2, с.41 - 46].* *Завдання на СРС: Визначення просторового розміру поля: дво - і тривимірні поля.*
4	***Лекція 4. Чисельні методи розв'язання рівнянь електромагнітного поля.*** *Метод скінченних різниць і метод скінченних елементів (МСЕ). Поняття скінченого елементу (СЕ) і побудова сітки скінчених елементів (ССЕ), система алгебраїчних рівнянь відносно функції поля у вузлах ССЕ.* *Література: [1, с.41 - 46].* *Завдання на СРС: Скінченні елементи 1-го і 2-го роду. Метод Ньютона–Рафсона для розв'язання нестаціонарних задач поля.*
5	***Лекція 5. Визначення інтегральних параметрів та характеристик електричних машин (частина 1).*** *Визначення магнітних потокозчеплень та ЕРС обмоток та їх індуктивних параметрів.* *Література: [1] с.51 - 99.* *Завдання на СРС: Визначення пазового розсіювання обмотки електричної машини.*
6	***Лекція 6. Визначення інтегральних параметрів та характеристик***

	електричних машин (частина 2). *Визначення електромагнітних сил та моментів в електричних машинах. Метод тензора магнітного натягу.* *Література: [1] с. 51 - 99.* *Завдання на СРС: Визначення пускового моменту АД з масивним ротором.*
7	***Лекція 7. Теорія поверхневого ефекту в електропровідних середовищах.*** *Поняття та математичне обґрунтування виразу для еквівалентної глибини проникнення електромагнітного поля в електропровідне середовище. Поверхневий ефект в масивному роторі асинхронного двигуна (АД). Оптимізація характеристик АД з масивним ротором**.*** *Література: [1], с. 43 - 47, [4] с. 43 - 45.* *Завдання на СРС: Розрахунок глибини проникнення поля в середовища з різними параметрами*
8	***Лекція 8. Електромагнітні процеси в торцевій зоні ротора турбогенератора.*** *Мультифізичні процеси в кінцевих клинах ротора в несиметричних режимах роботи турбогенератора. Математичні моделі для дослідження струмів і нагріву елементів конструкції торцевих зон.* *Література: [1], с.87-89, [15].* *Завдання на СРС: Особливості конструкції кінцевих клинів ротора турбогенератора та їх удосконалення*.
9	***Лекція 9. Екранування магнітних полів в електричних машинах.*** *Методи екранування низькочастотних і високочастотних електромагнітних полів. Екранування магнітних полів за допомогою магнітних шунтів та електромагнітних екранів. Екранування магнітних полів в трансформаторах і торцевих зонах турбогенераторів.* *Література: [1], с .50-56, [7] с. 155 - 255.* *Завдання на СРС: Конструкція та виконання магнітних шунтів і екранів.*
10	***Лекція 10. Моделювання електричних машин з постійними магнітами.*** *Рівняння електромагнітного поля з урахуванням наявності намагнічених середовищ. Математична модель постійного магніту. Синхронний двигун з колекторною конструкцією ротора. для електромобіля.* *Література: [3] с.24-43, [13].* *Завдання на СРС: Основні характеристики постійних магнітів.*
11	***Лекція 11. Фізичні поля іншої природи в електричних машинах.*** *Визначення взаємозв'язку електромагнітних, теплових і механічних полів в електричних машинах. Математична аналогія розрахунку електромагнітних і теплових полів.* *Література: [1] с.27 - 49.* *Завдання на СРС: Фізичний зміст граничних умов 1 - го, 2 - го і 3 - го роду для теплових полів.*
12	***Лекція 12. Аналіз взаємопов'язаних фізичних полів.*** *Система диференційних рівнянь взаємопов'язаних фізичних полів та методи її розв'язання.* *Література: [1] с.27 – 49, [6].* *Завдання на СРС: Приклади розрахунків теплових полів (теплове поле ротора потужного турбогенератора).*
13	***Лекція 13. Моделювання дефектів в струмонесучих елементах конструкції електричних машин (частина 1).*** *Математична модель деструктивних процесів у струмонесучих частинах витків обмоток потужних електричних машин і пристроїв. Виток обмотки з тріщиною. Моделювання ушкоджень короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна.* *Література: [4], с. 43 - 47.* *Завдання на СРС: Статистика ушкоджень ротора асинхронного двигуна*
14	***Лекція 14. Моделювання дефектів в струмонесучих елементах конструкції електричних машин (частина 2).*** *Математичне моделювання електрофізичних*

	процесів в ушкодженій з'єднувальній шині обмотки ротора турбогенератора. *Література: [4], с. 43 - 47.* *Завдання на СРС: Конструкція струмовідводу обмотки ротора турбогенератора.*
15	***Лекція 15. Моделювання та дослідження імпульсних електромеханічних перетворювачів енергії (частина 2).*** *Імпульсні прискорювачі електропровідних тіл - рейкотрон та індуктивний прискорювач. Електричні генератори імпульсних струмів.* *Література: [1], с. 43 - 47.* *Завдання на СРС: Технологічні використання генераторів імпульсів струмів.*
Усього годин	**30**

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

Теми практичних занять:

№ з/п	Назва теми і зміст практичного заняття	Кількість аудитор. годин
1	***Заняття 1-2. Постановка задачі та завдання вихідних даних для розрахунку електромагнітного поля в електричних машинах різного типу.*** *Вибір розрахункової області, завдання джерел електромагнітного поля та властивостей активних матеріалів на прикладах: а) асинхронного двигуна; б) синхронного генератора.* *Література: [1] с.20-46, [7] с.19 – 25.*	4
2	***Заняття 3. Розрахунок еквівалентної глибини проникнення поля.*** *Розрахунок та дослідження впливу фізичних параметрів середовища та частоти струму на глибину проникнення поля.* *Література: [1] с.47-55.*	2
3	***Заняття 4. Постановка задачі та видача вхідних даних варіантів для виконання РГР.***	2
4	***Заняття 5. Дослідження характеристик АД з масивним ротором.*** *Чисельне визначення параметрів ротора АД при різних ковзаннях (при пуску і в номінальному режимі).* *Література: [1] с.43-47.*	2
5	***Заняття 6. Електромагнітні екрани і екранування магнітних полів.*** *Чисельне дослідження коефіцієнтів екранування поля за допомогою електромагнітних екранів.* *Література: [1] с.50-56.*	2
6	***Заняття 7-8. Метод скінченних елементів.*** *Приклади реалізації МСЕ в програмно-обчислювальних комплексах FEMM і Comsol Multiphysics.* *Література: [9].*	4
7	***Заняття 9-10. Моделювання електричних машин з постійними магнітами.*** *Приклади моделювання машин з постійними магнітами.*	4

	Література: *[3] с.24-43, [13].*	
7	***Заняття 11-12. Аналіз взаємопов'язаних фізичних полів.*** *Чисельне визначення впливу нагріву провідника на його електропровідність і розподіл поля в електричній машині.* *Література: [6].*	4
8	***Заняття 13-14 Моделювання асинхронного двигуна при наявності ушкоджень обмотки ротора.*** Вібраційна діагностика і спектральний аналіз сигналу вібрації. *Література: [1] с.108-112.*	4
9	***Заняття 15.*** *Модульна контрольна робота.*	2
Усього годин		**30**

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

№ з/п	*Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання*	*Кількість годин СРС*
1	***Завдання для СРС 2****. Диференційні рівняння у часткових похідних для магнітної індукції та векторного магнітного потенціалу.*	*2*
2	***Завдання для СРС 3.*** *Визначення та класифікація електромагнітних полів: нелінійні, нестаціонарні, квазістаціонарні поля.*	*2*
3	***Завдання для СРС 3.*** *Завдання на СРС: Визначення просторового розміру поля: дво - і тривимірні поля.*	*4*
4	***Завдання для СРС 4.*** *Скінченні елементи 1-го і 2-го роду. Метод Ньютона–Рафсона для розв'язання нестаціонарних задач поля.*	*4*
5	***Завдання для СРС 5. Визначення пазового розсіювання обмотки електричної машини.***	*4*
6	***Завдання для СРС 6.*** *Визначення пускового моменту АД з масивним ротором.*	*4*
7	***Завдання для СРС 7.*** *Розрахунок глибини проникнення поля в середовища з різними параметрами*	*3*
8	***Завдання для СРС 8.*** Особливості конструкції кінцевих клинів ротора турбогенератора та їх удосконалення.	*2*
9	***Завдання для СРС 9.*** *Конструкція та виконання магнітних шунтів і екранів.*	*2*
10	***Завдання для СРС 10.*** Основні характеристики постійних магнітів.	*2*
11	***Завдання для СРС 11.*** *Фізичний зміст граничних умов 1 - го, 2 - го і 3 - го роду для теплових полів.*	*2*
12	*Підготовка до модульної контрольної роботи*	*2*
13	***Завдання для СРС 13.*** *Статистика ушкоджень ротора асинхронного двигуна*	*2*
14	***Завдання для СРС 14.*** *Конструкція струмовідводу обмотки ротора турбогенератора.*	*2*
15	***Завдання для СРС 15.*** *Технологічні використання генераторів імпульсів струмів.*	*2*
16	***Виконання РГР.***	*15*

17	***Підготовка до екзамену***	*36*
	Усього годин	***90***

Розрахунково-графічна робота. *Для закріплення та узагальнення отриманих знань з питань технічної електродинаміки студенти виконують індивідуальне семестрове завдання – розрахунково-графічну роботу (РГР). Тема РГР: «Розрахунок глибини проникнення електромагнітного поля в електропровідне середовище при варіації електрофізичних параметрів середовища». Варіант вхідних даних узгоджується та надається викладачем.*

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

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- *правила захисту індивідуальних завдань: захист реферату з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки реферату;*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;*
- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» https://kpi.ua/files/honorcode.pdf встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з даної дисципліни;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

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

Поточний контроль*: експрес-опитування, МКР*

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

Семестровий контроль: *екзамен.*

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

***Умови допуску до семестрового контролю**: поточний семестровий рейтинг повинен складати не менше 30 балів.*

Поточний семестровий рейтинг студента складається з балів, отриманих за:

- *відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях – 3 опитування;*
- *виконання модульної контрольної роботи (МКР);*

Система стартових рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Відповіді при експрес-опитуваннях на практичних заняттях

Ваговий бал - 4. Максимальна кількість балів за всі відповіді дорівнює 7 х 3 = 21 бал.

Повна та докладна відповідь з невеликими помилками 16…21
Неточна відповідь, або відповідь з суттєвими помилками 5.. .15
Неправильна відповідь 0

2. Модульний контроль

Ваговий бал - 18. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює 1 х 39 = 39 балів.

Повне виконання (більше 90% матеріалу) 39
Відповіді неповні (від 50 до 90% матеріалу) 14... 38
Відповіді з суттєвими похибками 4...13
Відповіді неправильні 0

Оцінювання проводиться за стобальною рейтинговою шкалою R_D =100.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру (стартовий рейтинг) складає: R_C = 21+39 = 60 балів.

Форма семестрового контролю – екзамен

Остаточне оцінювання результатів навчання проводиться за стобальною рейтинговою шкалою. Екзаменаційна складова шкали дорівнює 40% від загальної рейтингової шкали, тобто R_e = 40 балів. Необхідною умовою допуску до екзамену є повний конспект лекцій, виконана МКР. Для здачі екзамену без проведення семестрового контролю («автоматом») потрібно мати стартовий рейтинг не менше 60 балів, а також виконані інші умови допуску до екзамену.

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань і однієї задачі

Критерії оцінювання екзамену

– повна відповідь (повне, безпомилкове розв'язування завдання) $R_З$ = 39 – 40 балів;

– відповідь з певними несуттєвими помилками $R_З$ = 30 - 38 бали;

– відповідь без суттєвих помилок, але не з повним обсягом потрібної інформації $R_З$ = 20 -29 бали;

– неповна відповідь з певними помилками $R_З$ = 12-19 балів;

– неповна відповідь зі значною кількістю помилок, але які не є принциповими $R_З$ = 8-11 балів;

– повністю неправильна відповідь або відсутність відповіді – 0 балів.

Сумарна кількість рейтингових балів визначається як $R_P = R_C + R_e$

Таблиця відповідності сумарних рейтингових балів оцінкам за наступною шкалою:

Сумарна кількість балів R_P	*Оцінка*	*Результат*
95-100	*Відмінно*	*Екзамен здано*
85-94	*Дуже добре*	
75-84	*Добре*	
65-74	*Задовільно*	
60-64	*Достатньо*	
Менше 60	*Незадовільно*	*Екзамен не здано*
Менше 30	*Не допущений*	*До екзамену не допущений*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):
Складено професором кафедри електромеханіки ФЕА, д.т.н. Васьковським Ю.М.
Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА *(протокол № 10 від 25.06.2026 р.)*

Погоджено Методичною комісією факультету *(протокол № 6 від 27.06.2026 р.)*