



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	"Електричні машини і апарати" (<i>Electric machines and apparatus</i>)
Статус дисципліни	Обов'язкова (нормативна)
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	IV курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	150 годин / 5 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / виконання комп'ютерних практикумів / МКР
Розклад занять	http://roz.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович, Fegasusr@gmail.com Лабораторні роботи: - Комп'ютерні практикуми: к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович Практичні: -
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2601

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання електромеханічних перетворювачів енергії» складена відповідно до освітньої програми підготовки «бакалавр» за галуззю знань 14 «Електрична інженерія», зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей щодо використання методів та методик математичного моделювання параметрів, характеристик і режимів роботи електричних машин (ЕМ) різного типу при їх розрахунках, проектуванні та проведенні наукових дослідженнях. розуміння загального технологічного процесу виготовлення та випробування електричних машин.

Предметом навчальної дисципліни «Математичне моделювання електромеханічних перетворювачів енергії» є система методів, математичних моделей, методик та алгоритмів,

призначених для визначення параметрів і характеристик фізичних процесів в електромеханічних перетворювачах енергії різного типу методами математичного моделювання.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

Загальні компетентності (ЗК 1-4, 9,10)

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

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

ЗК 3 Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій

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

ЗК 9 Здатність працювати автономно та в команді.

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

Фахові компетентності спеціальності (ФК 1-3, 5, 8-10, 12,13, 16-19)

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

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

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

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

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

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

ФК 10 Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати

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

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

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

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

ФК 18 Здатність ефективно використовувати нові технології в процесі модернізації та реконструкції електричного обладнання, електричних машин та апаратів,

електричного транспорту, електричних пристроїв, систем та комплексів
ФК 19 Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми під час професійної діяльності в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Студенти після засвоєння кредитного модуля отримують:

Знання:

- Знати загальні принципи і основні закони електромеханіки в електромеханічних перетворювачах енергії.
- Знати методологію побудови математичних моделей електромеханічних перетворювачів енергії на основі теорії електричних кіл і теорії електромагнітного поля.
- Знати основні аналітичні методи розв'язання математичних моделей електромеханічних перетворювачів енергії.
- Знати основні чисельні методи (метод скінченних різниць, метод скінченних елементів тощо) розв'язання математичних моделей електромагнітного поля в електромеханічних перетворювачах енергії.

Уміння:

- Ефективно використовувати сучасні програмно-обчислювальні комплекси і системи в сфері математичного моделювання.
- Виконувати математичне моделювання сталих і динамічних процесів в ЕМ методами теорії електричних кіл за допомогою комп'ютерних програм моделювання MATLAB – SIMULINK тощо.
- Виконувати математичне моделювання електромагнітних полів в ЕМ за допомогою сучасних комп'ютерних програм моделювання (FEMM, COMSOL – MULTIPHYSICS тощо).
- Визначати основні параметри і характеристики електромеханічних перетворювачів енергії різного типу за допомогою універсальних методів математичного моделювання.

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

Міждисциплінарні зв'язки. Дисциплінами, що передують вивченню дисципліни «Математичне моделювання електромеханічних перетворювачів енергії» та складають її теоретичну базу є: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Силові трансформатори», «Електричні машини». Дисципліна забезпечує у подальшому вивчення наступних спеціальних дисциплін: «Випробування, діагностика, сервісне обслуговування та оптимізація електричних машин», «Спеціальні електричні машини», «Електричні машини систем автоматички».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **4 змістових модулі**, а саме:

1. Принципи електромеханічного перетворення енергії. Умови електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах. Отримання обертового магнітного поля. Принципи оборотності та взаємної нерухомості магнітних полів якоря та індуктора ЕМ. Принцип формування властивостей ЕМ за рахунок її регулювання.

2. Елементи лінійної теорії електромеханічних перетворювачів енергії. Математичне моделювання електричних машин на основі теорії електричних кіл. Математична модель узагальненої електричної машини. Перетворення координат та аналітичний розв'язок

математичної моделі. Моделювання та дослідження процесів пуску короткозамкненого асинхронного двигуна і раптового КЗ синхронного генератора.

3. Аналіз електромагнітних полів в електричних машинах. Система рівнянь електромагнітного поля в електричних машинах у тому числі при наявності намагнічених середовищ (постійних магнітів). Методи чисельного розв'язання задач теорії поля. Визначення інтегральних параметрів ЕМ, у тому числі ЕМ з постійними магнітами, за результатами розрахунку електромагнітного поля. Методи визначення електромагнітних сил та моментів в ЕМ за результатами розрахунку електромагнітного поля. Тензор магнітного натягу.

4. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами. Математичні моделі ЕМ з постійними магнітами. Коло - польові математичні моделі. Вибір параметрів постійних магнітів для забезпечення заданих характеристик ЕМ.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Васьковський Ю.М. Математичне моделювання електромеханічних перетворювачів енергії (навчальний посібник для вузів з грифом МОН України), К., НТУУ "КПІ", ФЕА, 2003, 164с.
2. Васьковський Ю.М. Польовий аналіз електричних машин (навчальний посібник для вузів з грифом МОН України), К., НТУУ "КПІ", ВПІ ВПК "Політехніка" 2007, 191с.
3. Васьковський Ю.М., Гераскін О.А. Математичне моделювання електромеханічних перетворювачів енергії (методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка"), Електронне навчальне видання з грифом ФЕА НТУУ «КПІ», протокол засідання ради ФЕА №6 від 25.01.2016 р., 86 с.

Додаткові:

4. Bjorn Sjodin, David Kan Introduction to COMSOL Multiphysics / 1998–2015 COMSOL. – 2014. – р. 168.
5. Математичне моделювання електромагнітного поля силового трансформатора в програмі Comsol <https://www.youtube.com/watch?v=mLXKiePomsA>
6. Modeling Rotating Electrical Machines in COMSOL Multiphysics https://www.youtube.com/watch?v=gDZ3B_2LbIQ
7. Моделювання генератора з постійними магнітами 2D COMSOL Multiphysics https://www.youtube.com/watch?v=wC5jy2Wg_f8

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<u>Лекція 1.</u> Основні фізичні закони електромеханічного перетворення енергії. Вступ до дисципліни. Сила Лоренца, що діє на електрони в провіднику. Електромагнітна сила (B). Закони електромагнітної індукції і сила Ампера. Первинний прототип електрогенератора і електродвигуна.

2	<p><u>Лекція 2.</u> <i>Ємнісні і індуктивні ЕМПЕ (приклад – ТГ типу Gigator). Закони електромеханіки. Принципи електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах. Отримання обертового магнітного поля. Надпровідні ЕМ (К). Точка кюрі. Принцип оборотності та принцип взаємної нерухомоті магнітних полів якоря та індуктора ЕМ.</i></p>
3	<p><u>Лекція 3.</u> Принципи електромеханічного перетворення енергії Фізичні закони електромеханічного перетворення енергії Уніполярний електромеханічний перетворювач (В) Регулювання параметрів і характеристик ЕМПЕ. КЕМЗ. АСТГ</p>
4	<p><u>Лекція 4.</u> Математичне моделювання в електромеханіці Поєднання колової і польової задач (коло-польова задача). Узагальнена ЕМ (К). Ідеальна ЕМ.</p>
5	<p><u>Лекція 5.</u> <i>Математична модель узагальненої електричної машини. Визначення узагальненої електричної машини (УЕМ). Математична модель УЕМ в α, β системі координат.</i> Завдання на СРС: Вирази для потокозчеплень обмоток УЕМ.</p>
6	<p><u>Лекція 6.</u> Перетворення координат. Перетворення координат. Отримання аналітичного розв'язку математичної моделі УЕМ та його аналіз. Урахування змінної швидкості руху ротора УЕМ. Рівняння руху ротора УЕМ. Визначення електромагнітного моменту УЕМ.</p>
7	<p><u>Лекція 7.</u> <i>Методи чисельного розв'язку систем диференціальних рівнянь, що формують математичну модель ЕМ. Математична модель пуску асинхронного двигуна та її чисельний розв'язок.</i> Завдання на СРС: Моделювання процесу пуску асинхронного двигуна в системі MATLAB-SIMULINK. <i>Математична модель синхронного генератора (СГ) та методи її аналітичного розв'язку. Фізична картина явищ при раптовому 3-фазному короткому замиканні СГ.</i> Завдання на СРС: Визначення аперіодичної складової струму КЗ.</p>
8	<p><u>Лекція 8.</u> <i>Схеми заміщення СГ при перехідних процесах. Перехідні та над перехідні опори СГ. Повний струм якоря при раптовому короткому замиканні. Ударний струм КЗ.</i> Завдання на СРС: Моделювання перехідних процесів СГ в системі MATLAB-SIMULINK. Модульна контрольна робота. Диференціальні рівняння електромагнітного поля. Отримання рівнянь у часткових похідних для основних визначальних функцій поля. Урахування намагнічених середовищ (постійних магнітів). Векторний магнітний потенціал. Завдання на СРС: Поняття про дво- і тривимірні електромагнітні поля.</p>
9	<p><u>Лекція 9.</u> Постановка задачі розрахунку поля. Основні припущення та постановка задачі розрахунку електромагнітного поля в ЕМ, у тому числі при наявності постійних магнітів. Граничні та початкові умови. Класифікація задач поля. Завдання на СРС: Побудова розрахункової області ЕМ. Завдання параметрів</p>

	<i>постійних магнітів (залишкової індукції, проникості).</i>
10	<u>Лекція 10.</u> <i>Методи чисельного розв'язання задач теорії поля. Диференціальні та інтегральні методи. Метод скінченних різниць. Завдання на СРС: Побудова сітки скінченних елементів з урахуванням наявності постійних магнітів.</i>
11	<u>Лекція 11.</u> <i>Метод скінченних елементів. Завдання на СРС: Завдання джерел електромагнітного поля (струми в обмотках, постійні магніти). Визначення інтегральних характеристик ЕМ. Розрахунок магнітних потоків, потокозчеплень та індуктивностей. Польовий розрахунок характеристик холостого ходу в ЕМ, що містить постійні магніти. Завдання на СРС: Визначення індуктивностей пазового розсіювання при наявності постійних магнітів.</i>
12	<u>Лекція 12.</u> <i>Польові методи визначення електромагнітних сил та моментів в ЕМ. Метод об'ємної густини сили, енергетичний метод. Завдання на СРС: Визначення електромагнітного моменту ЕМ.</i>
13	<u>Лекція 13.</u> <i>Математичні моделі ЕМ з постійними магнітами. Задання характеристик постійних магнітів при розрахунках полів. Завдання на СРС: основні характеристики постійних магнітів. Вибір параметрів постійних магнітів для забезпечення заданих характеристик ЕМ. Завдання залишкової індукції, коерцитивної сили та магнітної проникності постійних магнітів. Завдання на СРС: постійні магніти з радіальним і тангенціальним напрямком вектора намагнічування.</i>
14	<u>Лекція 14.</u> <i>Математична модель синхронного двигуна з постійними магнітами. Визначення доцільних параметрів постійних магнітів на основі заданого режиму роботи ЕМ. Завдання на СРС: Розмагнічування постійних магнітів.</i>
15	<u>Лекція 15.</u> <i>Коло-польові математичні моделі ЕМ з постійним магнітами та методи їх розв'язання. Завдання на СРС: Динамічні електромагнітні параметри.</i>

Комп'ютерні практикуми

<i>№ з/п</i>	<i>Назва комп'ютерного практикуму</i>
1	Заняття 1. Комп'ютерний практикум №1. Дослідження впливу моменту включення режиму короткого замикання трансформатора на амплітуду ударного струму. (2 години)
2	Заняття 2. Комп'ютерний практикум №2. Математичне моделювання та дослідження пуску асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором при несиметричній напрузі живлення в програмі Matlab – Simulink. (2 години)
3	Заняття 3. Комп'ютерний практикум №3. Математичне моделювання та дослідження

	перехідних процесів в синхронному генераторі при короткому замиканні в електромережі. (2 години)
4	Заняття 4. Комп'ютерний практикум №4. Математичне моделювання та дослідження перехідних процесів в синхронному генераторі при його протифазному вмиканні в електромережу. (2 години)
5,6	Заняття 5,6. Комп'ютерний практикум №5. Математичне моделювання електромагнітного поля силового трансформатора в двовимірній постановці в програмі COMSOL Multiphysics. (4 години)
7,8	Заняття 7,8. Комп'ютерний практикум №6. Математичне моделювання електромагнітного поля асинхронного двигуна в двовимірній постановці в програмі COMSOL Multiphysics. (4 години)
9	Заняття 9. Колоквіум із захисту лабораторних робіт (2 години)

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Завдання для СРС 1. Вирази для поточозчеплень обмоток ЕМ.	4
2	Завдання для СРС 2. Моделювання пуску асинхронного двигуна в системі MATLAB-SIMULINK .	4
3	Завдання для СРС 3. Визначення аперіодичної складової струму КЗ синхронного генератора.	4
4	Завдання для СРС 4. Моделювання перехідних процесів СГ в системі MATLAB-SIMULINK .	4
5	Завдання для СРС 5. Поняття про дво- і тривимірні електромагнітні поля.	4
6	Завдання на СРС 6. Постійні магніти з радіальним і тангенціальним напрямком вектора намагнічування.	4
7	Завдання для СРС 7. Побудова розрахункової області ЕМ.	4
8	Завдання для СРС 8. Побудова сітки скінченних елементів з урахуванням наявності постійних магнітів.	3
9	Завдання для СРС 9. Завдання джерел електромагнітного поля (струми в обмотках, постійні магніти).	3
10	Завдання для СРС 10. Визначення індуктивностей пазового розсіювання при наявності магнітів.	3
11	Завдання для СРС 11. Визначення електромагнітного моменту ЕМ.	3
12	Завдання для СРС 12. Основні характеристики постійних магнітів.	3
13	Завдання на СРС 13. Постійні магніти з радіальним і тангенціальним напрямком вектора намагнічування.	3
14	Завдання на СРС 14. Розмагнічування постійних магнітів	3
15	Завдання на СРС 15. Динамічні електромагнітні параметри.	3
16	Виконання розрахунково-графічної роботи	8
17	Підготовка до екзамену	30
18	Всього	90

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 **"Математичне моделювання 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 (РСО)

Поточний контроль: 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: виконання і захист усіх комп'ютерних практикумів, написання МКР, семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

Стартовий рейтинг в 60 балів складається з балів, що студент протягом семестру отримує за:	<p>1. Виконання та захист 6 комп'ютерних практикумів: 40 балів;</p> <p>2. Результати модульної контрольної роботи: 10 балів</p> <p>3. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР): 10 балів;</p> <p>4. Відповідь на екзамені – 40 балів.</p>
Критерії нарахування балів:	
1. Виконання та захист 6 комп'ютерних практикумів: 40 балів;	<ul style="list-style-type: none"> • по 5 балів — повне виконання і вчасний захист комп'ютерних практикумів 1-4 • по 10 балів — повне виконання і вчасний захист комп'ютерних практикумів 5,6 • 0...4 (9) балів — неповне або часткове виконання комп'ютерного практикуму.
2. Результати модульної контрольної роботи: 10 балів	<p>МКР складається з 3 запитань по 6+2+2 бали. 10 балів - повна обґрунтована відповідь, 8 ...9 балів –недостатньо обґрунтована відповідь 6 (60%) ...7 балів - у відповіді наявність 1- 2 помилок 0...5 балів – відсутність відповіді, необґрунтована відповідь або відповідь з помилками. МКР не зараховується, однак бали за неї ставляться. Студент має можливість переписувати МКР достатню кількість разів, допоки не напише МКР на достатню кількість балів.</p>
3. Виконання розрахунково-графічної роботи: 10 балів;	<p>Максимальна кількість балів за виконання РГР 10 балів.</p> <ul style="list-style-type: none"> • повне, правильне і вчасне виконання – 10 балів; • розрахунок неточний, є окремі несуттєві помилки – 6...9 балів; • розрахунок неправильний – 0 балів; • на виконання РГР відводиться 3 тижні з моменту видачі завдання.
Умови отримання першої атестації:	<p>набрано 50% (10 балів) з того, що можна набрати (20 балів)</p> <ul style="list-style-type: none"> • зроблено і захищено к.п. 1 і 2: 10 балів • написано МКР на оцінку не менше 6 б: 10 балів
Умови отримання другої атестації:	<p>набрано 50% (20 балів) з того, що можна набрати (40 балів)</p> <ul style="list-style-type: none"> • зроблено і захищено к.п. 1, 2, 3 і 4: 20 балів • написано МКР на оцінку не менше 6 б: 10 балів • зроблено і захищено РГР 1: 10 б
Штрафні та заохочувальні бали:	
<ul style="list-style-type: none"> • участь у модернізації комп'ютерних практикумів: + 1...5 балів; <p>Сумарна кількість як штрафних, так і заохочувальних балів не повинна перевищувати $0,1R_C = 6$</p>	

балів (для PCO-2, екзамен) або $0,1R = 10$ балів (для PCO-1, залік).

Критерії допуску студентів до екзамену з дисципліни:

- набрати стартовий рейтинг R_c не менше 40 балів з 60 балів.
- виконати і захистити всі комп'ютерні практикуми з даної дисципліни;
- написати МКР на оцінку, не менше ніж 12 балів (60%) з 20 балів;
- виконати РГР.

Проведення екзамену з дисципліни:

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 теоретичних питання по 10 балів кожне.

Критерії оцінювання екзаменаційної контрольної роботи:

Кожне запитання (завдання) оцінюється в 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 7-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 6-7 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Оцінка "автоматом" не виставляється бо з дисципліни екзамен (PCO-2).

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

- 1) Основні фізичні закони електромеханічного перетворення енергії.
- 2) Принципи електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах.
- 3) Математична модель узагальненої електричної машини.
- 4) Перетворення координат.
- 5) Урахування змінної швидкості руху ротора УЕМ.
- 6) Методи чисельного розв'язку систем диференціальних рівнянь, що формують математичну модель ЕМ.
- 7) Математична модель синхронного генератора (СГ) та методи її аналітичного розв'язку.
- 8) Диференціальні рівняння електромагнітного поля.
- 9) Схеми заміщення СГ при перехідних процесах.
- 10) Постановка задачі розрахунку поля.
- 11) Методи чисельного розв'язання задач теорії поля.
- 12) Метод скінченних елементів.
- 13) Визначення інтегральних характеристик ЕМ.
- 14) Польові методи визначення електромагнітних сил та моментів в ЕМ.

15) Математичні моделі ЕМ з постійними магнітами.

16) Математична модель синхронного двигуна з постійними магнітами.

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н. Гераскіним О. А.

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

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