



# МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G «Інженерія, виробництво та будівництво»</i>
Спеціальність	<i>G3 «Електрична інженерія»</i>
Освітня програма	<i>Електричні машини і апарати (Electrical machines and apparatus)</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Денна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор філософії Ткачук Ігор Валерійович, 0979885124 Лабораторні роботи: доктор філософії Ткачук Ігор Валерійович, 0979885124
Розміщення курсу	<i><a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/">https://do.ipk.kpi.ua/course/</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Програма навчальної дисципліни «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» за спеціальністю G3 «Електрична інженерія».*

*Метою навчальної дисципліни є формування у студентів теоретичних та практичних знань про електромеханічні перетворювачі енергії із постійними магнітами, що доповнюються електромагнітним збудженням.*

*Предмет навчальної дисципліни – параметри та характеристики магнітоелектричних перетворювачів енергії.*

#### *Програмні компетентності:*

*ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*

*ЗК10. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня.*

*ФК4. 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.*

*ФК19. Здатність застосовувати сучасні програмні та апаратні засоби керування електричних машин, що працюють в складі електромеханотронних систем з метою отримання заданих робочих характеристик.*

**ФК20.** Здатність аналізувати і використовувати отримані результати розробок новітніх типів електричних машин та апаратів для подальшої їх комерціалізації в складі стартап-проектів, у тому числі для продажу ліцензій і трансферу технологій

**Програмні результати навчання:**

**ПРН05.** Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

**ПРН06.** Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

**ПРН19.** Виявити проблеми і ідентифікувати обмеження, що пов'язані з проблемами охорони навколишнього середовища, сталого розвитку, здоров'я і безпеки людини та оцінками ризиків в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

**ПРН24.** Проводити моніторинг та діагностування електроенергетичного та електромеханічного обладнання і устаткування, встановлювати основні причини виходу з ладу в процесі їх експлуатації

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: вища математика, фізика, теоретичні основи електротехніки, електричні машини. Дисципліна „Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі”, використовуючи відомі закони електротехніки, створює методичку розрахунків та вибору комутаційних апаратів для захисту електричних двигунів та іншого електричного обладнання в мережах електропостачання. При вивченні конструкції та режимів роботи електричних комутаційних апаратів потрібні також знання з електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основ метрології та електричних вимірювань. Загальноосвітні питання розглядаються при аналізі аварійних перехідних процесів в електричних мережах.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на 6 розділів, а саме:

**1. Загальна структура, класифікація та історія виникнення магнітоелектричних машин,** до якого ввійшли питання про історію виникнення та сфери застосування магнітоелектричних машин, Сфери застосування магнітоелектричних машин, Конструкції магнітоелектричних машин та можливості регулювання робочого магнітного потоку, Загальна класифікація магнітоелектричних машин, Огляд найбільш поширених варіантів конструктивного виконання магнітоелектричних машин, Машини з радіальним потоком постійних магнітів.

**2. Матеріали, що використовуються в конструкціях магнітоелектричних машин,** до якого ввійшли питання про Матеріали постійних магнітів, Намагнічування та коерцитивна сила, Властивості постійних магнітів неодим залізо бор, Магнітом'які матеріали, Магнітом'які матеріали, що використовуються в електричних машинах.

**3. Методи та засоби регулювання напруги генераторів із постійними магнітами,** до якого ввійшли питання про Аналіз ефективності існуючих підходів регулювання напруги генераторів із постійними магнітами, Системи електромагнітного підмагнічування, Системи навантаження якорів синхронних генераторів реактивним навантаженням, Стабілізація напруги керованими реакторами, Генератори з магнітним шунтуванням основного магнітного потоку, Новий підхід регулювання напруги генератора на основі магнітного шунтування робочого магнітного потоку.

**4. Магнітоелектричні машини із шунтуванням основного магнітного потоку,** до якого ввійшли питання про Конструкцію магнітоелектричного генератора із шунтуванням магнітного потоку, Перевірний розрахунок моделі магнітоелектричного генератора з магнітним шунтуванням, Математичне моделювання синхронного генератора зі збудженням

від постійних магнітів та магнітним шунтом, Етапи розроблення тривимірної польової математичної моделі, Побудова геометрії в системі автоматизованого проектування SolidWork, Основні рівняння та параметри математичної моделі, Розрахункова область системи та рівняння електромагнітного поля, Розроблення тривимірної польової математичної моделі в середовищі COMSOL Multiphysics, Особливості числової реалізації моделі, Результати моделювання синхронного генератора з постійними магнітами та магнітним шунтом, Експериментальні дослідження генератора зі збудженням від постійних магнітів та магнітним шунтом, Система автоматичного керування напругою магнітоелектричного генератора із шунтуванням магнітного потоку.

**5. Синхронний генератор з аксіальним магнітним потоком і гібридним збудженням**, до якого ввійшли питання про Особливості розрахунку синхронних генераторів з аксіальним магнітним потоком і гібридним збудженням, Математичне моделювання синхронного генератора з гібридним збудженням, дослідження впливу геометрії синхронного генератора з гібридним збудженням на діапазон регулювання магнітного потоку, Результати математичного моделювання синхронного генератора з аксіальним магнітним потоком і гібридним збудженням, Особливості технології виготовлення машин з аксіальним магнітним потоком, Дослідження роботи синхронного генератора з гібридним збудженням в автономному режимі роботи, Система керування максимальною потужністю синхронного генератора автономної вітроустановки.

**6. Лінійні електромеханічні перетворювачі енергії з постійними магнітами**, до якого ввійшли питання про Опис конструкції лінійного генератора, Розрахунок магнітного поля, параметрів і магнітних сил у лінійному генераторі, Моделювання електромеханічних динамічних процесів лінійного генератора в пакеті Matlab/Simulink.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### Основні:

1. *Безконтактні регульовані електричні машини: Практикум [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / В.В. Чумак, М.А. Коваленко, В.В. Котлярова. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. - 55 с. українською мовою; Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 20.06.2022 р.).*
2. *J.R. Hendershot & T.J.E. Miller Design of Brushless Permanent-Magnet Machines. - Motor Design Books LLC; Second Edition (March 30, 2010). – 882 p.*
3. *Jacek F. Gieras, Rong-Jie Wang, Maarten J. Kamper Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines. Springer; 2nd ed. 2008 edition (November 21, 2014), -373 p.*
4. *Ahmed F. Zobaa, Shady H.E. Abdel Aleem Brushless Electric Machines with Axial Magnetic Flux: Analysis and Synthesis. 2021. - 118 p.*
5. *Takashi Kenjo, S. Permanent-Magnet and Brushless DC Motors. Oxford University Press (February 20, 1986), - 200 p.*
6. *Chang-liang Xia Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives and Controls. - Wiley; 1st edition (April 24, 2012), - 485 p.*
7. *Ramu Krishnan Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives. - CRC Press, 2009, - 612 p.*
8. *P.C. Sen Principles of Electric Machines and Power Electronics, 3rd Edition. – Wiley, 2013, 640 p.*
9. *Lon Boldea, Lucian Tutelea Reluctance Electric Machines Design and Control. CRC Press, 2020, 432 p.*
10. *Дистанційний курс «Безконтактні регульовані електричні машини»  
<https://do.ipi.ua/course/view.php?id=4431>*

### Додаткові:

1. *Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Безконтактні регульовані електричні машини". К.: Київ: НТУУ „КПІ”, 2017. – 55 с.*
2. *Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні машини систем автоматики» . Розділ: «Безконтактні електричні мікромашини». К.: Київ: Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 55 с.*
3. *Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами: навчальний посібник. Навчально-методичний посібник /Васьковські Ю.М., Гайденко Ю.А., Коваленко М.А. // Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2017. – 193 с.*
4. *Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", спеціалізації "Електричні машини і апарати" / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. - Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 258 с. українською мовою; Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського Протокол № 10; дата 04.11.2019*

## 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	<i>Загальна структура, класифікація та історія виникнення магнітоелектричних машин. Сфери застосування магнітоелектричних машин, Конструкції магнітоелектричних машин та можливості регулювання робочого магнітного потоку. літературні джерела: [2, с. 9 - 12] , [1, с.157 - 159]. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 1 <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></i>
2	<i>Загальна класифікація магнітоелектричних машин, Огляд найбільш поширених варіантів конструктивного виконання магнітоелектричних машин, Машини з радіальним потоком постійних магнітів. літературні джерела [1, с. 158 - 166], [5]; дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 2 <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></i>
3	<i>Матеріали, що використовуються в конструкціях магнітоелектричних машин. Намагнічування та коерцитивна сила, Властивості постійних магнітів NdFeBr. літературні джерела [1, с. 9 – 26, с. 70 - 75] , [2]. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 3 <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></i>
4	<i>Магнітом'які матеріали. Магнітом'які матеріали, що використовуються в магнітоелектричних перетворювачах енергії та електричних машинах. літературні джерела [1, с. 31 – 46, с. 76 - 78] , [2]. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 4 <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></i>
5	<i>Методи та засоби регулювання напруги генераторів із постійними магнітами. Аналіз ефективності існуючих підходів регулювання напруги генераторів із постійними магнітами, Системи електромагнітного підмагнічування. літературні джерела [1, с. 47 – 52, с. 78 - 82] , [2]; дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 5 <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></i>
6	<i>Системи навантаження якорів синхронних генераторів реактивним навантаженням,</i>

	<p>Стабілізація напруги керованими реакторами, Генератори з магнітним шунтуванням основного магнітного потоку. літературні джерела [1, с. 52 – 58, с. 83 - 87] , [2]; дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 6 <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></p>
7	<p>Новий підхід регулювання напруги генератора на основі магнітного шунтування робочого магнітного потоку. літературні джерела [1, с. 118 – 126, 175 -179], [2, 4, 6, 7, 8, 9]. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 7 <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></p>
8	<p>Магнітоелектричні машини із шунтуванням основного магнітного потоку. Конструкція магнітоелектричного генератора із шунтуванням магнітного потоку. Наближений розрахунок моделі магнітоелектричного генератора з магнітним шунтуванням літературні джерела [1, с. 106 – 110, 113 – 118, 170 - 174] , [7, 8, 9]. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 8 <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></p> <p><b>Модульна контрольна робота</b></p>
9	<p>Математичне моделювання синхронного генератора зі збудженням від постійних магнітів та магнітним шунтом, Етапи розроблення тривимірної польової математичної моделі, Побудова геометрії в системі автоматизованого проектування SolidWork. літературні джерела [1, с. 106 - 113 ]. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 9 <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a></p>
10	<p>Основні рівняння та параметри математичної моделі, Розрахункова область системи та рівняння електромагнітного поля, Розроблення тривимірної польової математичної моделі в середовищі COMSOL Multiphysics, Особливості числової реалізації моделі, Результати моделювання синхронного генератора з постійними магнітами та магнітним шунтом. Література: [1]. С. 22-26. Дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі», лекція 10.</p>
11	<p>Експериментальні дослідження генератора зі збудженням від постійних магнітів та магнітним шунтом, Система автоматичного керування напругою магнітоелектричного генератора із шунтуванням магнітного потоку. Література: [1]. С. 27-44; КП 4.6 - 4.8. Дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі», лекція 11</p>
12	<p>Синхронний генератор з аксіальним магнітним потоком і гібридним збудженням. Особливості розрахунку синхронних генераторів з аксіальним магнітним потоком і гібридним збудженням, Математичне моделювання синхронного генератора з гібридним збудженням, дослідження впливу геометрії синхронного генератора з гібридним збудженням на діапазон регулювання магнітного потоку. Література: [1] . С. 45-52; КП 4.9. Дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі», лекція 12.</p>
13	<p>Результати математичного моделювання синхронного генератора з аксіальним магнітним потоком і гібридним збудженням, Особливості технології виготовлення машин з аксіальним магнітним потоком. Література: [2]. С. 114-120; КП, С. 7.1. Дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі», лекція 13</p>
14	<p>Дослідження роботи синхронного генератора з гібридним збудженням в автономному</p>

	<p><i>режимі роботи, Система керування максимальною потужністю синхронного генератора автономної вітроустановки.</i></p> <p><i>Література: [2]. С. 121-124, 126-128, 131-137. КП 7.2-7.4.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 14.</i></p> <p><b><i>Модульна контрольна робота</i></b></p>
15	<p>Лінійний електромеханічний перетворювач енергії з постійними магнітами, до якого ввійшли питання про Опис конструкції досліджуваного лінійного генератора, Розрахунок магнітного поля, параметрів і магнітних сил у лінійному генераторі, Моделювання електромеханічних динамічних процесів лінійного генератора в пакеті Matlab/Simulink.</p> <p><i>Література: [2], С. 129-130, 144-152. КП 6.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» лекція 15.</i></p>

## Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Вступне заняття. Інструктаж з правил безпеки та поведінки при виконанні лабораторних робіт. Особливості схем досліджень. Знайомство з лабораторними та демонстраційними стендами лабораторії дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a>
2	Лабораторний практикум №1. <b>Дослідження властивостей електротехнічної сталі магнітного осердя.</b> Отримання експериментальної залежності між магніторушійною силою (МРС) та магнітним потоком для магнітного осердя різної конструкції та конфігурації. Вимірювання струму збудження та напруги на обмотці; побудова В-Н характеристики; виявлення ступеня насичення магнітного осердя. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a>
3	Лабораторна робота №2. <b>Визначення електромагнітного моменту та реакції якоря в магнітоелектричному перетворювачі.</b> Аналіз впливу струму якоря на розподіл електромагнітного поля; оцінка електромагнітного моменту за допомогою експериментальних та розрахункових методів. Вимірювання механічного моменту при різних режимах живлення. Використання вагової платформи або гальмівного стенда; побудова залежності "струм – момент" в залежності від величини струму збудження. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a>
4	Лабораторна робота №3. <b>Дослідження способу регулювання вихідної напруги магнітоелектричного генератора.</b> Аналіз ефективності використання батареї конденсаторів для стабілізації вихідної напруги магнітоелектричного генератора з аксіальним магнітним потоком при різних типах навантаження. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a>
5	Лабораторний практикум №4. <b>Чисельне імітаційне моделювання магнітного кола магнітоелектричного перетворювача.</b> Розробка чисельної імітаційної математичної моделі, що реалізується методом скінченних елементів для розрахунку магнітних потоків, індукованих ЕРС, провідності та розподілу електромагнітного поля і зусиль у системах з одним і декількома повітряними проміжками. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a>
6	Лабораторна робота №5. <b>Дослідження гармонічного складу ЕРС у магнітоелектричному генераторі.</b> Аналіз несинусоїдності вихідної напруги при різних режимах роботи та різних типах збудження. Експериментальне вимірювання ЕРС за допомогою осцилографа та цифрових вимірювальних приладів; визначення коефіцієнта спотворення; побудова спектрограм. дистанційний курс «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі» <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</a>
7	Лабораторна робота №6. <b>Визначення параметрів магнітоелектричного генератора.</b> Експериментальне визначення індукованої ЕРС в залежності від впливу додаткової системи збудження, внутрішнього опору та параметрів схеми заміщення в залежності від напруги та частоти обертання.

### 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС

1	Підготовка до аудиторних занять	8
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на практичних заняттях	36
3	Аналіз додаткової літератури та виконання додаткових завдань	5
4	Вивчення програмних продуктів для роботи на практичних заняттях	4
5	Підготовка до МКР	9
6	Підготовка до заліку	14

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

*Система вимог, які викладач ставить перед студентом:*

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних роботах.*
- *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 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 «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання лабораторних робіт.*
- *політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання практичних завдань передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів;*
- *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 «Магнітоелектричні електромеханічні перетворювачі»;*
- *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:** експрес-опитування, МКР, розв'язання практичних задач

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

**Семестровий контроль:** залік

**Умови допуску до семестрового контролю:** мінімально позитивна оцінка за роботу на лабораторних та лекційних заняттях, модульний контроль, 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

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання та захист практичних робіт;
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Лабораторні роботи	МКР	Rc	Rзал	R
14	56	30	100	40	100

#### **Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях**

Ваговий бал — 3. Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях дорівнює: 7 балів\*2 = 14 балів.

Критерії оцінювання:

- 7 балів — повна обґрунтована відповідь,
- 3...6 балів — недостатньо обґрунтована відповідь,
- 0...2 бали — немає або невірна відповідь

#### **Лабораторні роботи**

Ваговий бал — 8. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює: 8 балів\*7 = 56 балів.

Критерії оцінювання:

- 2 бали — підготовка до роботи,
- 2 бали — виконання практичної роботи,
- 4 бали — захист практичної 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 – залік**

Залікова робота складається із теоретичних запитань, виконаних в формі тестувань.

Критерії оцінювання заліку

Рейтинг  $R_c \geq 0,6 \cdot R$ , тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг  $R_c$  в межах  $(0,4 - 0,59) \cdot R$ , тобто 40 – 59 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг заліку  $R_z = 40$  балів.

Рейтинг заліку  $R_z = 33 - 40$  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 заліку  $R_z = 25 - 32$  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 заліку  $R_z = 16 - 24$  балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку  $R_z \leq 15$  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.

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Що таке електромеханічне перетворення енергії?
2. Які бувають типи магнітоелектричних перетворювачів?
3. Поясніть принцип дії магнітоелектричного двигуна.
4. Що таке електромагнітна індукція і як вона використовується в перетворювачах?
5. Основні конструктивні елементи магнітоелектричної машини.
6. Як формується магнітне поле у феромагнітному осерді?
7. Що таке крива намагнічування і як вона впливає на роботу перетворювача?
8. Визначення магнітного потоку і магнітної напруги.
9. Яке значення має повітряний проміжок у магнітному колі?
10. Що таке магнітна проникність і як вона впливає на параметри машини?
11. Методи зменшення втрат у магнітному колі.
12. Що таке гістерезис та вихрові струми?
13. Призначення шихтування магнітного осердя та вплив його геометрії.
14. Як розрахувати магніторушійну силу?
15. Які основні методи математичного моделювання електромагнітного поля?
16. Поясніть дію сили Лоренца в магнітному полі.
17. Що таке електромагнітний момент та як він визначається?
18. Режим роботи магнітоелектричних машин (синхронний, асинхронний, імпульсний).
19. Як впливають частота струму і напруга на параметри перетворювача?
20. Принцип роботи магнітоелектричного генератора.
21. Особливості роботи безконтактних магнітних муфт.
22. Що таке реакція якоря і як вона враховується при розрахунках?
23. Визначення ККД магнітоелектричного перетворювача.
24. Як формується ЕРС у магнітоелектричній машині?
25. Поясніть процес перетворення електричної енергії в механічну.
26. Як вимірюють електромагнітний момент у лабораторних умовах?
27. Що таке перехідні процеси в електромеханічній системі?
28. Методи експериментального дослідження електромагнітного поля.
29. Особливості діагностики магнітоелектричних перетворювачів.
30. Чим відрізняється зовнішнє та внутрішнє збудження?
31. Принцип побудови розрахункової моделі магнітного кола.
32. Вплив матеріалів магнітопроводу на ефективність перетворення.

33. Як враховуються повздовжні кінцеві ефекти у розрахунках?
34. Що таке намагнічувальні втрати і як вони компенсуються?
35. Поясніть поняття гармонічного аналізу ЕРС.
36. Що таке магнітна інерційність?
37. Основні причини перегріву магнітоелектричних перетворювачів.
38. Методи охолодження та зниження температури в машині.
39. Вплив навантаження на характеристики магнітного поля.
40. Які сучасні програмні засоби використовуються для моделювання магнітних полів?

***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** старшим викладачем кафедри електромеханіки ФЕА Ткачуком І.В.

**Ухвалено** кафедрою електромеханіки факультету електроенерготехніки та автоматики

(протокол № від р.)

**Погоджено** навчально-методичною комісією факультету електроенерготехніки та

автоматики (протокол № від р.)