



ОСНОВИ ЕЛЕКТРОМЕХАНОТРОНІКИ

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 APPARATUS)
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна) / дистанційна / змішана
Рік підготовки, семестр	I курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS (44 годин ауд.: лекції – 30 годин, практичні (комп. прк.: ЛР) – 14 годин, 76 годин СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / МКР
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Котлярова Вікторія Володимирівна, 0509952028 Практичні (комп. прк: лаб. роботи): Котлярова Вікторія Володимирівна, 0509952028
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4082

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Основи електромеханотроніки» 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 системи компетенції щодо виконання обов'язків, виробничих функцій та типових задач діяльності фахівця освітньо-кваліфікаційного рівня (ОКР) «магістр», які передбачені для первинних посад у певному виді економічної діяльності. Система здатностей та умінь, якими повинен оволодіти фахівець, відповідають стандарту вищої освіти підготовки магістрів за ОПП "Електричні машини і апарати". Зокрема метою вивчення навчальної дисципліни є формування у студентів основ теоретичних та практичних знань по електромашинно-вентильним перетворювачам безщільних електричних машин подвійного живлення, системи компетенції щодо методів проведення технічних розрахунків, дослідження, виробництва та ефективного застосування електричних машин подвійного живлення в сучасних енергозберігаючих системах генерації електроенергії та електроприводу.

Предметом навчальної дисципліни є система властивостей електромашинно-вентильних перетворювачів безщільних синхронних та асинхронізованих машин – їх констру-

кція, принцип дії, параметри, схеми перетворення, способи управління обертовими вентилями, параметри, характеристики та режими роботи.

Програмні результати навчання:

ПРО3. Знати принципи роботи синхронних, та асинхронізованих електричних машин в режимах генераторів, компенсаторів та автоматизованих електроприводів, безпосередніх перетворювачів частоти зі штучною та природною комутацією та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРО4. Знати принципи роботи потужних та автономних енергетичних установок.

ПРО5. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРО7. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПРО9. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР13. Розуміти значення впровадження енергозберігаючих та ресурсозберігаючих електричних машин для успішного економічного розвитку країни.

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

ПР20. Знати особливості функціонування обладнання електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії.

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», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини, «Електропривод, «Електроніка та мікросхемотехніка», «Нетрадиційні та відновлювані джерела», «Безконтактні регульовані електричні машини». При вивченні конструкції та режимів роботи безщіткових машин змінного струму потрібні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, основ метрології та електричним вимірюванням. Дисципліна «Основи електромеханотроніки» забезпечує у подальшому вивчення наступних спеціальних дисциплін: «Математичне моделювання систем і процесів», «Основи теорії електромеханічних структур».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **6 розділів**, а саме:

1. Вступ до дисципліни „Основи електромеханотроніки, до якого ввійшли питання: Електромеханотроніка; Електромеханотронні перетворювачі та системи; машини подвійного живлення, синхронні та асинхронізовані синхронні машини (МПЖ, СМ та АСМ); впровадження асинхронізованих машин; безщіткові синхронні та асинхронізовані синхронні машини (БСМ та БАСМ); мета та завдання дисципліни.

2. Збудники БСМ, до якого ввійшли питання: системи збудження БСМ; діодні та тиристорні збудники; основні вимоги до збудників; якірні обмотки трифазних та багатофазних допоміжних електричних машин (електромашинних збудників); управляючі машини тиристорних збудників; Основні співвідношення ідеальних багатофазних випрямлячів; фізична картина роботи трифазного мостового випрямляча, основні співвідношення та зовнішня характеристика; захист обертових вентилів БСМ від внутрішніх комутаційних перенапруг.

3. Дослідження моделей збудників БСМ в програмі Micro-Cap, до якого ввійшли питання: комутаційні перенапруги трифазного діодного мостового випрямляча БСМ в залежності від параметрів захисних ланок; розрахунок параметрів та основних співвідношень випрямлячів по середньоінтегральним значенням величин в квазіусталених та перехідних режимах роботи; режими роботи неререверсивного тиристорного випрямляча; алгоритми розрахунків параметрів та основних співвідношень діодних та тиристорних випрямлячів; еквівалентні схеми випрямлячів по ланкам навантаження та джерела живлення; дослідження моделей випрямлячів в перехідних режимах по електричним та еквівалентним схемам; співставлення характеристик багатофазних та трифазних випрямлячів; методологія розрахунку безщільних синхронних машин з розділенням збудника на взаємозв'язані підсистеми.

4. Основна та допоміжні електричні машини БАСМ (загальний аналіз), до якого ввійшли питання: основна електрична машина (ОЕМ); спрощена схема заміщення, рівняння напруг та намагнічуючих сил, векторні діаграми OEM; уточнена схема заміщення OEM; розрахунок характеристик OEM в залежності від ковзання; одномашинні та каскадні збудники БАСМ; Співвідношення між числами пар полюсів OEM, допоміжних електричних машин (ДЕМ) та управляючих машин (УМ).

5. Електромашинно-вентильні перетворювачі (ЕМВП) БАСМ на базі безпосередніх перетворювачів частоти (БПЧ), до якого ввійшли питання: формування кривих вихідної напруги в ідеальних перетворювачах частоти (ПЧ) з однофазним навантаженням; дослідження моделей ідеальних ПЧ в програмі Micro-Cap; ЕМВП на базі трифазно-трифазного БПЧ зі штучною комутацією (БПЧШ) при обмеженому числі повністю керованих вентилів; формування кривих вихідних напруг в статичних багатофазно-однофазних БПЧ з природною комутацією (БПЧП); електрична та еквівалентна схема трифазно-однофазного БПЧП з модульованою вхідною напругою (БПЧПМ); дослідження моделей трифазно-однофазного БПЧПМ при різних способах управління, визначення режимів роботи БПЧПМ; трифазно-трифазні БПЧП та БПЧПМ з різними схемами перетворення, різних способах з'єднання обмоток джерела живлення та навантаження, різних законах управління; дослідження моделей ЕМВП на базі БПЧП та БПЧПМ в програмі Micro-Cap; співставлення характеристик ЕМВП з різними типами БПЧ; особливості схем ЕМВП з мостовими схемами перетворення; ЕМВП на базі діодно-тиристорних БПЧПМ.

6. Перспектива впровадження безконтактних машин подвійного живлення, до якого ввійшли питання: вибір типу ПЧ в залежності від діапазону зміни ковзання OEM БАСМ; пуск АСМ та БАСМ; безщільний пуск асинхронних машин по методу противключення обмоток ротора; перспектива впровадження БАСМ в потужних та автономних енергосистемах, керованих електроприводах.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Галіновський О.М., Дубчак Є.М., Ленська Є.О. Основи електромеханотроніки.
2. Ткачук В. Електромеханотроніка. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2001.–404 с.
3. Галиновский А.М. Исследование электромашинно-вентильных преобразователей бесконтактных синхронных и асинхронизированных машин в системе схемотехнического моделирования. // *Електротехніка і електромеханіка*. – 2013. – № 5. – С. 23–29.
4. Амелин С.А., Амелина М.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. – Смоленск, Смоленский филиал НИУ МЭИ, 2013. – 618 с., ил.
5. Жемеров Г.Г. Тиристорные преобразователи частоты с непосредственной связью. – М.: – Энергия, 1977. – 280 с.
6. Шакарян Ю.Г. Асинхронизированные синхронные машины. – М.: – Энергоатомиздат, 1984. – 192 с.

Додаткові:

1. Глебов И.А. Научные основы проектирования систем возбуждения мощных синхронных машин. Л., Наука, 1988, 322с
2. Галиновский А.М., Ленская Е.А. Метод расчета электромашинно-вентильных преобразователей с естественной коммутацией в переходных режимах. *Технічна електродинаміка*, №5, 2003, стр. 29-33.
3. Пронин М.В., Воронцов А.Г., Калачиков П.Н., Емельянов А.П. Электроприводы и системы с электрическими машинами и полупроводниковыми преобразователями (моделирование, расчет, применение) / «Силовые машины», «Электросила». – Санкт-Петербургу – 2004. – 251 с.
4. Галиновский А.М., Ленская Е.А., Эрхард Айхофер. Методика расчета защитных цепей вентилей выпрямителя. *Технічна електродинаміка*, №4, 2005, с. 43-50.
5. Галиновский А.М. Параметры и характеристики полупроводниковых выпрямителей вентильных генераторов // *Гірнична електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб.* – 2012. – Вип. 88. – С. 47–55.
6. Джюджи Л., Пелли Б. Силовые полупроводниковые преобразователи частоты: Теория, характеристики, применение. Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 400 с.
7. Галиновский А.М., Дубчак Е.М., Працюк В.В. Способ управления тиристорным преобразователем частоты. А.с. СССР №1104639. Оpubл. в БИ, №27, 1984.
8. Галиновский А.М., Дубчак Е.М. Преобразователь частоты. А.с. СССР №1206922. Оpubл. в БИ, №3, 1986.
9. О. Галіновський, Є. Дубчак, О. Ленська. Безпосередні перетворювачі частоти на обертових частинах безщіточних асинхронізованих машин / *Винахідник і раціоналізатор, журнал УАН*, – 2021. – №1. – С. 18-23.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компоненту)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<p>Вступ до електромеханотроніки.</p> <p><i>Електромеханотроніка. Електромеханотронні перетворювачі та системи. Машина подвійного живлення, синхронні та асинхронізовані синхронні машини (МПЖ, СМ та АСМ). Структура та основні властивості АСМ. Безщіточні синхронні та асинхронізовані синхронні машини (БСМ та БАСМ). Загальна характеристика. Моделювання збудників в програмі Micro-Cap Мета та завдання дисципліни.</i></p> <p><i>Література: [1] С. 3-6, 97, 114-11; Контрольне питання (КП) 4.1. С. 97.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 1</i></p> <p><i>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</i></p>
2	<p>Збудники БСМ. Загальні положення.</p> <p><i>Діодні та тиристорні збудники БСМ. Основні вимоги до збудників. Якірні обмотки трифазних та багатофазних допоміжних електричних машин (електромашинних збудників). Управляючі машини тиристорних збудників БСМ. Основні співвідношення ідеальних багатофазних випрямлячів.</i></p> <p><i>Література: [1] С. 7-12, 98-102; КП 4.2, С. 98.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 2</i></p> <p><i>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</i></p>
3	<p>Трифазний мостовий випрямляч.</p> <p><i>Фізична картина роботи, основні співвідношення та зовнішня характеристика.</i></p>

	<p><i>Література: [1]. С. 13-26; КП 4.3, С. 99.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 3.</i></p> <p><i>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</i></p>
4	<p>Захист обертових вентилів БСМ від внутрішніх комутаційних перенапруг.</p> <p><i>Загальні положення. Дослідження моделей збудників БСМ в програмі Micro-Cap. Комутаційні перенапруги трифазного діодного мостового випрямляча БСМ в залежності від параметрів захисних ланок. Визначення параметрів захисних ланок вентилів випрямлячів БСМ</i></p> <p><i>Література: [1]. С. 13-26; КП 4.3, С. 99.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 4.</i></p> <p><i>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</i></p>
5	<p>Дослідження моделей випрямлячів в усталених та перехідних режимах роботи.</p> <p><i>Еквівалентні схеми заміщення мостових випрямлячів. Загальні положення. Еквівалентні схеми заміщення випрямляча по ланкам навантаження та джерела живлення. Алгоритм розрахунку параметрів та основних співвідношень випрямлячів. Дослідження моделей випрямлячів в усталених та перехідних режимах. Співставлення характеристик багатофазних та трифазних випрямлячів. Розрахунок безконтактних синхронних машин при розділенні збудника на взаємозв'язані підсистеми</i></p> <p><i>Література: [1]. С. 27-44; КП 4.4, С. 100, КП 4.6, С. 103, КП 4.7, С. 104.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекції 5, 6</i></p> <p><i>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</i></p>
6	<p>Нереверсивні тиристорні перетворювачі безщіточних синхронних машин.</p> <p><i>Режими роботи нереверсивного тиристорного випрямляча. Модель мостового тиристорного перетворювача в програмі Micro-Cap.</i></p> <p><i>Параметри діодного та тиристорного випрямлячів.</i></p> <p><i>Література: [1] ..С. 45-58; КП 4.9, С. 107.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекції 7, 8</i></p> <p><i>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</i></p>
7	<p>Асинхронізована машина (АСМ), загальний аналіз.</p> <p><i>Структурна схема, основні властивості АСМ. Блок-схема та конструкція безконтактної АСМ (БАСМ). Спрощена схема заміщення та векторна діаграма основної електричної машини (ОЕМ) БАСМ. Уточнена схема заміщення ОЕМ. Розрахунок характеристик ОЕМ в режимі генератора..</i></p> <p><i>Література: [1]. С. 114-120; КП1, С. 199-200.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 9</i></p> <p><i>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</i></p>
8	<p>Електромашинно-вентильні перетворювачі (ЕМВП) БАСМ на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією (БПЧП)</p> <p><i>Структурні схеми одномашинних та каскадних збудників БАСМ. Частоти джерел живлення та управління одномашинних ЕМВП..</i></p> <p><i>Формування кривих вихідної напруги в ідеальних перетворювачах частоти (ПЧ) з однофазним навантаженням. Дослідження моделей ідеальних ПЧ.</i></p> <p><i>Література: [1]. С. 121-127, 129-130.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 10</i></p> <p><i>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</i></p>
9	<p>ЕМВП на базі безпосередніх перетворювачів частоти зі штучною комутацією (БПЧШ).</p> <p><i>Моделі БПЧШ при однофазному навантаженні. Ідеальний трифазно-трифазний випрямляч з обмеженим числом повністю керованих вентилів. Діодно-транзисторні БПЧШ.</i></p>

	<p>Література: [1]. С. 131-142; КП 3-5, С. 201-208.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 11</p> <p>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</p>
10	<p>Безпосередні перетворювачі частоти з природною комутацією при однофазному навантаженні.</p> <p>Формування вихідних напруг у ідеальних безпосередніх перетворювачах частоти зі штучною та природною комутаціями. Дослідження БПЧП в програмі схемотехнічного моделювання.</p> <p>Література: [1]. С. 131-142; КП 3-5, С. 201-208.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 12</p> <p>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</p>
11	<p>БПЧП з модульованою вхідною напругою (БПЧПМ) при однофазному навантаженні.</p> <p>Електрична та еквівалентна схеми трифазно-однофазного БПЧПМ. Дослідження моделі БПЧПМ при управлінні тиристорами по частоті навантаження та по частоті джерела живлення. Дослідження моделі БПЧПМ при комбінованому способі управління. Визначення режимів роботи ПЧ. Загальний аналіз результатів досліджень БПЧПМ з однофазним навантаженням.</p> <p>Література: [1]. С. 142-155; КП 6, С. 209-210.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 13</p> <p>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</p>
12	<p>Трифазно-трифазні БПЧП та БПЧПМ.</p> <p>Потенційне розділення фаз в статичних перетворювачах. Комбінований спосіб з'єднання якірних обмоток збудників БСМ на базі БПЧП. Дослідження моделей ЕМВП на базі БПЧП при різних з'єднаннях обмоток джерела живлення та способах управління тиристорами.</p> <p>Література: [1], с. 156-165; КП 7, 8, С. 211- 214.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 14.</p> <p>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</p>
13	<p>Трифазно-трифазні БПЧП та БПЧПМ.</p> <p>Збудники БАСМ на базі трифазно-трифазних БПЧПМ. Дослідження моделей збудника при різних з'єднаннях обмоток джерела живлення та способах управління тиристорами. Співставлення характеристик збудників БАСМ на базі БПЧП та БПЧПМ.</p> <p>Діодно-тиристорні БПЧПМ.</p> <p>Література: [1], с. 156-165; КП 7, 8, С. 211- 214.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 15.</p> <p>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</p>
14	<p>Збудники БАСМ на базі мостових БПЧП та БПЧПМ.</p> <p>Каскадні, випрямлячі з нульовими вентильними групами. Трифазно-трифазні та багатофазно-трифазні перетворювачі частоти з мостовими вентильними групами.</p> <p>Література: [1]. С. 166-169.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 16</p> <p>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</p>
15	<p>Перспектива впровадження БАСМ.</p> <p>Співставлення безпосередніх перетворювачів частоти БАСМ. Вибір типу ПЧ в залежності від діапазону зміни ковзання ОЕМ БАСМ.</p> <p>Перспектива впровадження БАСМ в потужних та автономних енергосистемах, керування електродвигунами, двигунах-генераторах гідроакумуляуючих станцій. Генератори постійної частоти авіаційних енергосистем на базі БПЧПМ та БПЧП.</p> <p>Література: [1]. С. 118-120, 169-178;</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 17.</p> <p>Дидактичне забезпечення: матеріали презентації змісту лекції.</p>

Кожне лекційне заняття розраховане на 2 аудиторні години (всього – 30 годин)

Практичні заняття (комп. прк: Лабораторні роботи)

№ з/п	Короткий зміст лабораторної роботи
1	<p style="text-align: center;">РЕЖИМИ РОБОТИ ТРИФАЗНОГО МОСТОВОГО ДІОДНОГО ВИПРЯМЛЯЧА БЕЗЩІТОЧНОЇ СИНХРОННОЇ МАШИНИ (БСМ).</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>1.1. Закріплення теоретичних відомостей по роботі випрямляча в збуднику безщіточної синхронної машини (БСМ).</p> <p>1.2. Придбання практичних навиків по дослідженню моделей збудників БСМ в програмі Micro-Cap.</p> <p>2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень.</p> <p>2.1. Ознайомлення з моделлю випрямляча в програмі Micro-Cap.</p> <p>2.2. Моделювання випрямляча в перехідних режимах від холостого ходу до квазісталіх режимів. .</p> <p>2.3. Моделювання випрямляча в квазісталіх (першому, другому та третьому) режимах роботи.</p> <p>Література: [1], С. 75-80.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №1.</p>
2	<p style="text-align: center;">ВНУТРІШНІ КОМУТАЦІЙНІ ПЕРЕНАПРУГИ ТРИФАЗНОГО МОСТОВОГО ДІОДНОГО ВИПРЯМЛЯЧА БСМ</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>1.1 Закріплення теоретичних знань по збудникам БСМ.</p> <p>1.2. Освоєння методики розрахунку параметрів захисних ланок вентилів трифазних мостових випрямлячів БСМ в програмі Micro Cap.</p> <p>1.3. Порівняння комутаційних перенапруг трифазних мостових випрямлячів в залежності від параметрів захисних ланок вентилів.</p> <p>2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень.</p> <p>2.1. Дослідити залежність напруг трифазного мостового випрямляча в перехідному режимі від холостого ходу до короткого замикання від параметрів захисних ланок діодів.</p> <p>2.2. Дослідити залежність величини амплітуди зворотного струму вентиля від величини струму навантаження.</p> <p>2.3. Визначити час відновлення запираючих властивостей вентиля.</p> <p>2.4. Зробити висновки по роботі.</p> <p>Література: [1], С. 81-87.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №2.</p>
3	<p style="text-align: center;">ПАРАМЕТРИ ТА ОСНОВНІ СПІВВІДНОШЕННЯ ВИПРЯМЛЯЧІВ БЕЗЩІТОЧНИХ СИНХРОННИХ МАШИН</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>Отримання практичних навиків по розрахункам напруг, струмів, потужностей і основних розрахункових співвідношень обертових випрямлячів безщіточних синхронних машин (БСМ) в програмі Micro-Cap.</p> <p>2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень</p> <p>2.1. Ознайомитись зі схемою і текстовою частиною програми розрахунку напруг, струмів, потужностей і основних розрахункових співвідношень випрямляча в системі Micro Cap.</p> <p>2.2. Визначити розрахункові величини випрямляча в квазісталому режимі роботи при заданих параметрах схеми.</p>

	<p>2.3. Зробити висновки по результатам розрахунків випрямляча. Література: [1], С. 88-92. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №3.</p>
4	<p>ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ВИПРЯМЛЯЧІВ В ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ ПО ЕЛЕКТРИЧНИМ І ЕКВІВАЛЕНТНИМ СХЕМАМ</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>1.1. Освоєння методики розрахунку параметрів еквівалентних схем діодних мостових випрямлячів по ланці навантаження.</p> <p>1.2. Співставлення результатів розрахунків перехідних режимів випрямлячів по електричній та еквівалентним схемам.</p> <p>2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень</p> <p>2.1. Визначити параметри еквівалентної схеми трифазного мостового випрямляча по ланці навантаження..</p> <p>2.2. Дослідити роботу електричної та еквівалентних схем трифазного мостового випрямляча при КЗ з режиму холостого ходу.</p> <p>2.3. Зробити висновки по роботі. Література: [1], С. 93-96. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №4. Контрольна робота (МКР-1)</p>
5	<p>ДІОДНО-ТРАНЗИСТОРНИЙ БЕЗПОСЕРЕДНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ ЗІ ШТУЧНОЮ КОМУТАЦІЄЮ</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>1.1. Закріпити теоретичні положення з питань: формування кривих вихідної напруги в ідеальних безпосередніх перетворювачах частоти зі штучною комутацією (БПЧШ) з однофазним та трифазним навантаженнями; формування кривих вихідної напруги в трифазно-трифазному діодно-транзисторному БПЧШ;</p> <p>1.2. Отримати практичні навички дослідження моделі електромашинно-вентильного перетворювача (ЕМВП) безщіточної асинхронізованої машини (БАСМ) на базі діодно-транзисторного БПЧШ в програмі Micro-Cap.</p> <p>2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень.</p> <p>2.1. Дослідження ідеального шестифазно-однофазного БПЧШ з різним співвідношенням частот джерела живлення та управління.</p> <p>2.2. Дослідження ідеального шестифазно-однофазного каскадного БПЧШ.</p> <p>2.3. Дослідження ідеального трифазно-трифазного БПЧШ.</p> <p>2.4. Ознайомлення зі схемою ЕМВП БАСМ на базі діодно-транзисторного БПЧШ в програмі Micro-Cap, а також з текстовою частиною програми.</p> <p>2.5. Дослідження ЕМВП з різними параметрами захисних ланок.</p> <p>2.6. Оформлення висновків по роботі. Література: [1], С. 180-184. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №5.</p>
	<p>ТРИФАЗНО-ОДНОФАЗНИЙ БЕЗПОСЕРЕДНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ З ПРИРОДНОЮ КОМУТАЦІЄЮ ТА МОДУЛЬОВАНОЮ ВХІДНОЮ НАПРУГОЮ</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>1.1 Закріплення теоретичних положень по режимах роботи: нереверсивних тиристорних перетворювачів; трифазно-однофазних безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією та модульованою вхідною напругою (БПЧПМ) при управлінні по частоті биття напруг, по частоті заповнення та при комбінованому способі управління (по частоті заповнення та струму навантаження).</p>

6	<p>1.2 Отримання практичних навиків по дослідженню моделей багатофазно-однофазних БПЧП та БПЧПМ при різних параметрах схеми та різних способах управління в програмі Micro-Cap.</p> <p>2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень</p> <p>2.2 Дослідження БПЧПМ при управлінні тиристорами:</p> <p>а) по частоті биття напруг;</p> <p>б) по частоті заповнення;</p> <p>в) при комбінованому управлінні.</p> <p>2.3 Аналіз режимів роботи трифазно-однофазного БПЧПМ при комбінованому управлінні.</p> <p>2.4 Оформлення висновків по роботі.</p> <p>Література: [1], С. 185-188..</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №6.</p> <p style="text-align: center;">ЕЛЕКТРОМАШИННО-ВЕНТИЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ БЕЗЩІТОЧНОЇ АСИНХРОНІЗОВАНОЇ МАШИНИ</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>1.1. Закріплення теоретичних знань по роботі електромашинно-вентильних перетворювачів (ЕМВП) безщіточних асинхронізованих машин (БАСМ) на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією.</p> <p>1.2. Отримання практичних навиків по дослідженню моделі трифазно-трифазного БПЧП БАСМ в програмі Micro-Cap.</p> <p>2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень</p> <p>2.1. Ознайомлення з моделлю ЕМВП БАСМ на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією (БПЧП) в програмі Micro-Cap.</p> <p>2.2. Дослідження моделі БПЧП з комбінованим управлінням зустрічно включеними тиристорами при:</p> <p>а) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u < f_v$, $\varphi_n = 30^\circ \div 80^\circ$;</p> <p>б) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u < f_v$, $\varphi_n = 0^\circ \div 10^\circ$;</p> <p>в) з'єднанні фаз джерела живлення в одну точку, $f_u < f_v$, $\varphi_n = 30^\circ \div 80^\circ$;</p> <p>г) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u > f_v$, $\varphi_n = 30^\circ \div 80^\circ$;</p> <p>2.3. Оформлення висновків по роботі.</p> <p>Література: [1], С. 189-193.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №7.</p>
7	<p style="text-align: center;">КАСКАДНИЙ ЕЛЕКТРОМАШИННО-ВЕНТИЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ БЕЗЩІТОЧНОЇ АСИНХРОНІЗОВАНОЇ МАШИНИ</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>1.1 Закріплення теоретичних положень по роботі електромашинно-вентильних перетворювачів (ЕМВП) безщіточних асинхронізованих машин (БАСМ) на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією при модульованій вхідній напрузі (БПЧПМ).</p> <p>1.2 Отримання практичних навиків по дослідженню моделі трифазно-трифазного БПЧПМ БАСМ в програмі Micro-Cap.</p> <p>2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень</p> <p>2.1 Ознайомитися з моделлю електромашинно-вентильного перетворювача БАСМ на базі БПЧПМ в програмі Micro-Cap.</p> <p>2.2 Дослідити роботу моделі БПЧПМ з комбінованим управлінням зустрічно включеними тиристорами при:</p> <p>а) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $\alpha_u = -30^\circ \div 0^\circ$;</p> <p>б) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $\alpha_u = 60^\circ \div 75^\circ$;</p> <p>в) з'єднанні фаз джерела живлення в одну точку, $\alpha_u = 0^\circ$;</p> <p>в) з'єднанні фаз джерела живлення в одну точку, $\alpha_u = 0^\circ \div 15^\circ$;</p>

	<p>2.4 Зробити висновки по роботі. Література: [1], С. 194-198.. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №8. Контрольна робота (МКР-2)</p>
--	---

Кожне практичне заняття (комп. прк: Лабораторні роботи) розраховане на 2 аудиторні години (всього – 14 годин)

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	30
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях	16
3	Підготовка до МКР	10
4	Підготовка до заліку	20
5	Всього годин:	76

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до НОД/761/25 від 19.09.2025 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 заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт та виконання МКР та 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;*
- *правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР можливе у випадку відсутності студента при першому виконанні МКР, але не більше одного разу;*
- *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 «Основи керованої еволюції інноваціями технічних систем»;*
- *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.*

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

Поточний контроль: експрес-опитування на лекціях, ЛР на практичних, МКР.

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: виконання МКР, зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Відповідно до норм Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського оцінювання результатів навчання здобувачів здійснюється на основі рейтингової системи. В основу PCO здобувачів покладено поопераційний контроль за визначеними критеріями і накопичення рейтингових балів за різнобічну навчально-пізнавальну та практичну діяльність здобувачів у процесі опанування дисципліни «Основи електромеханотроніки».

Семестровий контроль з навчальної дисципліни «Основи електромеханотроніки» передбачено у формі заліку, тому PCO розроблено за типом PCO-1, що в свою чергу передбачає оцінювання результатів навчання за підсумками заходів поточного контролю впродовж семестру або за результатами семестрового контролю.

Інформування здобувачів про всі отримані рейтингові бали за результатами заходів поточного контролю, а також про кількість рейтингових балів наприкінці вивчення дисципліни «Основи електромеханотроніки» здійснюється шляхом регулярного заповнення модуля «Поточний контроль» в автоматизованій інформаційній системі «Електронний кампус».

За виконання творчих робіт з навчальної дисципліни «Основи електромеханотроніки» (наприклад, участь у олімпіадах, у факультетських та інститутських наукових конференціях, конкурсах наукових робіт, підготовка оглядів наукових праць чи наукових публікацій тощо) можуть нараховуватися заохочувальні бали, які не входять до загальної шкали оцінювання. Сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів, при цьому загальний рейтинговий бал здобувача не може перевищувати 100 балів.

Оцінювання результатів навчання (компетентностей) здобувачів здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою (Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою). Результати оцінювання вносяться до відомості семестрового контролю або, за потреби, відмітки: «не з'явився», «не допущено», «усунено» (Таблиця відміток у відомості семестрового контролю).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Рейтингова оцінка здобувача (бали)	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей (результатів навчання)
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65..74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Таблиця відміток у відомості семестрового контролю

Не допущено	Невиконання умов допуску до семестрового контролю
Усунено	Порушення принципів академічної доброчесності або морально-етичних норм поведінки
Не з'явився	Здобувач, був допущений, але не з'явився на залік

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

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

Експрес-опитування	Лаб. роботи	МКР	R
30	14	56	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 2 бали * 15 = 30 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця –1,7... 2;
- частково правильні відповіді на запитання, наявність незначних помилок – 1,2...1,6.
- незадовільна відповідь на запитання. У відповіді розкривається менше 60% потрібної, правильної інформації та зроблені значні помилки. Кількість балів за таку відповідь дорівнює – 0.

Виконання та захист лабораторних робіт на практичних заняттях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи на всіх практичних заняттях – 2 бали * 7 = 14 балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 1,7...2;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу даних, але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 1,2...1,6;
- суттєві помилки в експериментальних даних, неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу або плагіат, порушення правил академічної доброчесності. Кількість балів за розв'язання такої дорівнює – 0.

Модульна контрольна робота

Мета модульної контрольної роботи полягає у визначенні рівня засвоєння теоретичного і практичного матеріалу даної ОК. У рамках МКР передбачено виконання двох контрольних робіт, кожна з яких складається з двох запитань.

Перша частина контрольної роботи проводиться з розділів навчальної програми: **«Вступ до дисципліни „Основи електромеханотроніки», «Збудники БСМ», «Дослідження моделей збудників БСМ в програмі Micro-Cap».**

Друга частина контрольної роботи проводиться з розділів навчальної програми: **«Основа та допоміжні електричні машини БАСМ (загальний аналіз)», «Електромашинно-вентильні перетворювачі (ЕМВП) БАСМ на базі безпосередніх перетворювачів частоти (БПЧ)», «Перспектива впровадження безконтактних машин подвійного живлення».**

У випадку необхідності забезпечення дистанційного навчання модульна контрольна робота може бути проведена у вигляді тесту з дистанційного курсу «Основи електромеханотроніки», розміщеного на навчальній платформі дистанційної освіти Sikorsky Distance.

Максимальний бал за 2 МКР – 2*28 = 56 балів.

Ваговий бал за 1 МКР – 28 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на 2 запитання – 27...28 балів;
- частково правильні відповіді на 2 запитання, наявність незначних помилок – 23...26 балів;
- правильна відповідь на 1 запитання – 21...22 бали;
- частково правильна відповідь на 1 запитання, наявність незначних помилок – 17...20 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Заходи поточного контролю відбуваються:

– у синхронному режимі – для заходів, що проводяться під час аудиторного заняття (модульна контрольна робота, експрес-опитування на лекціях, робота на практичних заняттях, тестування);

– в асинхронному режимі – для заходів, що проводяться під час самостійної роботи здобувача (студентам надається можливість розв'язати і надіслати на перевірку задачі, якщо вони не встигли виконати або були відсутні на практичному занятті).

Непроходження заходу поточного контролю в синхронному режимі без поважних причин оцінюється у 0 балів.

Форма семестрового контролю – залік

Рейтингова оцінка з навчальної дисципліни «Основи електромеханотроніки» доводиться до здобувачів на заліку під час заліково-екзаменаційної сесії.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та набрали 60 і більше балів, отримують відповідну рейтингову оцінку без потреби проходження заходу семестрового контролю.

Здобувачі, які виконали умови допуску до заліку, але набрали менше 60 балів, а також ті, хто бажають підвищити свою рейтингову оцінку, проходять захід семестрового контролю у формі виконання залікової роботи, при цьому семестровий контроль оцінюється у 100 балів. Перелік запитань, що наданий у додатку до силабусу, надається викладачем і викладено на інформаційних ресурсах (Кампус, Moodle).

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань і одного практичного завдання.

Критерії оцінювання заліку

Сума балів заліку складається із суми балів, отриманих за відповідь на два теоретичні питання та одне практичне завдання.

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

Рейтинг в межах $(0,31 - 0,59) \cdot R$, тобто 31 – 59 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 100$ балів.

Ваговий бал за два теоретичні питання становить – 65 балів.

Критерії оцінювання теоретичних питань

- студент дав вичерпні відповіді на всі теоретичні питання (при необхідності – і на додаткові), дав чіткі визначення всіх понять, відповіді логічні і послідовні – 63...65 балів;
- студент дав відповіді на всі питання і визначення всіх понять з незначними помилками – 49...62 бали;
- відповідаючи на питання, студент припустився окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача, знає і розуміє визначення основних понять і термінів, в цілому розуміє суть основних тем, які вивчав – 44...48 балів;

- студент частково відповів на питання, показав знання основних понять і термінів, але недостатньо розуміє суть основних тем дисципліни. Відповіді непослідовні і нечіткі – 39...43 бали;
- у відповідях студент припустився суттєвих помилок, проявив нерозуміння основних понять і термінів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання – 0...38 балів.

Ваговий бал за практичне завдання становить – 35 балів.

Критерії оцінювання практичного завдання

- студент правильно розв'язав практичне завдання, завдання виконано в повному обсязі без помилок – 33...35 балів;
- студент розв'язав практичне завдання з незначними помилками – 29...32 бали;
- студент припустився окремих помилок при розв'язанні практичного завдання, але може їх виправити за допомогою викладача – 25...28 балів;
- студент частково розв'язав практичне завдання, показав навички використання основних понять і термінів, але недостатньо розуміє їх суть – 21...24 бали;
- у розв'язку студент припустився суттєвих помилок, проявив нерозуміння основних понять і термінів, не може виправити помилки за допомогою викладача – 0...20 балів.

Якщо здобувач, який складав залік для підвищення своєї рейтингової оцінки і за його результатами отримав меншу кількість балів за кількість балів, отриманих за результатами заходів поточного контролю, то у цьому випадку застосовується «м'який» підхід – здобувач отримує рейтингову оцінку за результатами заходів поточного контролю.

До відомості семестрового контролю викладачем вноситься рейтингова оцінка та за потреби робиться відмітка «не допущено» або «усунено».

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. «Електромеханотроніка». Термінологія. Функціональні підсистеми та блоки електромеханотронного перетворювача
2. Збудники безщіточних синхронних машин. Загальна характеристика.
3. Основні співвідношення ідеальних некерованих випрямлячів.
4. Порівняння параметрів трифазних та багатофазних випрямлячів.
5. Алгоритм розрахунку моделей випрямлячів в програмі Micro-Cap.
6. Еквівалентна схема мостового випрямляча по ланці навантаження.
7. Схема заміщення джерела живлення трифазного мостового випрямляча. Параметри схеми заміщення
8. Тиристорний збудник БСМ, режими роботи тиристорного перетворювача.
9. Схема заміщення, рівняння напруг і намагнічуючих сил основної електричної машини (ОЕМ) АСМ.
10. Векторна діаграма ОЕМ АСМ в режимі генератора. Визначення параметри вторинного контуру ОЕМ.
12. Безпосередній перетворювач частоти з обмеженим числом повністю керованих ключів
13. Безпосередній перетворювач частоти з природною комутацією (БПЧП) та БПЧП з модульованою вхідною напругою (БПЧПМ) при різних способах управління.
14. Базові величини напруги, струму та опору навантаження трифазного мостового випрямляча.
15. Як визначаються параметри захисних ланок вентилів трифазного мостового випрямляча?
16. Дайте визначення термінів: «допустима повторювана напруга вентиля»; «граничний струм вентиля», «час відновлення запираючих властивостей вентиля», «амплітуда зворотного струму через вентиль».

17. Визначення часу відновлення запираючих властивостей вентиля.
18. Визначте частоту ЕРС обмотки якоря синхронного збудника БСМ з числом пар полюсів $p_p = 2 \div 16$ при синхронній швидкості обертання БСМ $n_c = 1500$ об/хв (750 об/хв, 1000 об/хв, 3000 об/хв).
19. Визначте частоту ЕРС вторинної обмотки асинхронного збудника БСМ при відомих величинах: частота мережі $f = 50$ Гц; число пар полюсів ОЕМ $p = 3$, $p_W = 12$; напрямок обертання поля статора асинхронного збудника протилежний напрямку обертання валу машини.
20. Для чого застосовується комбіноване потенціальне розділення фаз джерела живлення в багатофазно-трифазних безпосередніх перетворювачах частоти (БПЧП)?
21. Поясніть запис параметрів сигналів управління БПЧП в програмі Micro-Cap.
22. Частоти вторинних обмоток допоміжної та управляючої машин електромашинно-вентильних перетворювачів (ЕМВП) БАСМ.
23. Комбіноване з'єднання фаз джерела живлення трифазно-трифазного БПЧП.
24. Комбінований спосіб управління зустрічно-включеними тиристорами БПЧП.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у додатку до наказу № НОН/157/2023 від 09.05.2023 р. «Про нову редакцію Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті»

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) складено:

ст. викладачем кафедри електромеханіки ФЕА Котляровою В. В.

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.)