



ОСНОВИ ЕЛЕКТРОМЕХАНОТРОНІКИ
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	<i>Електричні машини і апарати</i> (<i>Electrical machines and apparatus</i>)
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	Заочна
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	165/5.5
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a85999b3-d50c-41f1-be38-6616d9c511ca
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент Галіновський Олександр Михайлович , 0683579026 Практичні: доцент Галіновський Олександр Михайлович
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4431

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 (ОПП) та освітньо-наукової програми підготовки (ОНП) магістра в галузі знань «14 - Електрична інженерія» за спеціальністю «141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціалізацією «Електричні машини і апарати».

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 та ОНП за спеціалізації – "Електричні машини і апарати". Зокрема метою вивчення навчальної дисципліни є формування у студентів основ теоретичних та практичних знань по електромашинно-вентильним перетворювачам безщіточних 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 безщіточних синхронних та асинхронізованих машин – їх конструкція, принцип дії, параметри, схеми перетворення, способи управління обертовими вентилями, параметри, характеристики та режими роботи.

Програмні компетентності:

ЗКЗ. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК2. *Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.*

ФК11. *Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.*

Програмні результати навчання:

ПР 13. *Виявляти основні чинники та проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.*

ПР 15. *Знати сучасні методи математичного моделювання електричних машин і апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії електромеханічних комплексів.*

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 безщіточних 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; безщіточні 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 безщіточних 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 ідеа-

льних 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 ОЕМ БАСМ; пуск АСМ та БАСМ; безщиточний 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. Основи електромеханотроніки, ч.1, Збудники безщіткових синхронних машин [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.М. Галіновський, Є.М. Дубчак, О. Ленська. – Електронні текстові дані . – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 110 с.

2. Основи електромеханотроніки, ч.2, Електромашинно-вентильні безпосередні перетворювачі частоти асинхронізованих машин [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.М. Галіновський, Є.М. Дубчак, О. Ленська. – Електронні текстові дані . – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 111 с.

3. Галіновський О.М. Дослідження електромашинно-вентильних перетворювачів безконтактних синхронних та асинхронізованих машин в системі схемотехнічного моделювання // Електротехніка і електромеханіка. – 2013. – № 5. – С. 23–29.

4. Денисюк С.П., Бойко І.Ю. Підвищення енергоефективності Microgrid з дизель-генераторами / Енергетика: економіка, технології, екологія. 2021. № 2, ст. 19 - 32 .

5. Галіновський О.М., Реуцький М.О., Ленська О.О. Діодні збудники безщіткового синхронного генератора середньої потужності // Енергетика: економіка, технологія, економіка – 2022. – № 4. – С. 117–125.

Додаткові:

6. Галіновський О.М., Ленська О.О. Метод розрахунку електромашинно-вентильних перетворювачів з природною комутацією в перехідних режимах. Технічна електродинаміка, №5, 2003, стр. 29-33.

7. Галіновський О.М., Ленська О.О., Ерхард Айхофер. Методика розрахунку захисних ланок вентилів випрямляча. Технічна електродинаміка, №4, 2005, с. 43-50.

8. Ткачук В. Електромеханотроніка. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2006.– 400 с

9. Галіновський О.М. Параметри і характеристики напівпровідникових випрямлячів вентильних генераторів // Гірнична електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 88. – С. 47–55.

10. 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.

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. Електромеханотроніка. Електромеханотронні перетворювачі та системи. Синхронні та асинхронізовані синхронні машини (СМ та АСМ). Безщіточні синхронні та асинхронізовані синхронні машини (БСМ та БАСМ). Загальна характеристика. Мета та завдання дисципліни. Моделювання збудників в програмі Micro-Cap <i>Література:</i> [1] С. 3-6; [2] С. 114-115; <i>Контрольне питання (КП) 4.1.</i> С. 97. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
2	<p>Збудники БСМ. Загальна характеристика. Діодні та тиристорні збудники БСМ. Основні вимоги до збудників. Основні співвідношення ідеальних багатофазних випрямлячів. Якірні обмотки трифазних та багатофазних допоміжних електричних машин (ДЕМ) БСМ. . Порівняння параметрів трифазних та багатофазних ідеальних випрямлячів ДЕМ. <i>Література:</i> [1] С. 7-12, 21; КП 4.2-4-5, С. 98-102. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 2. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
3, 4	<p>Трифазний мостовий випрямляч. Фізична картина роботи, основні співвідношення та зовнішня характеристика. <i>Література:</i> [1]. С. 13-20; КП 4.3, С. 99. Дослідження режимів роботи трифазного мостового діодного випрямляча БСМ в системі Micro-Cap. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 3. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №1. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
5, 6	<p>Захист обертових вентилів БСМ від внутрішніх комутаційних перенапруг. 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 по результатам розрахунків в системі Micro-Cap. <i>Література:</i> [1]. С. 22-26; КП 4.3, С. 99. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 5.. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №2. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
7	<p>Еквівалентні схеми заміщення трифазних та багатофазних мостових випрямлячів. Загальні положення. Еквівалентні схеми заміщення по ланкам навантаження та джерела живлення випрямляча. <i>Література:</i> [1]. С. 27-30; КП7, С. 104. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 7 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
8, 9	<p>Визначення параметрів та основних співвідношень випрямлячів БСМ по результат розрахунків в усталених та перехідних режимах роботи. Алгоритм розрахунку параметрів та основних співвідношень випрямлячів. Дослідження моделей випрямлячів в усталених та перехідних режимах.</p>

	<p>Співставлення характеристик багатофазних та трифазних випрямлячів. Розрахунок БСМ при розділенні збудника на взаємозв'язані підсистеми <i>Література: [1]. С. 31-44; КП 4.4, 4.6, С. 100, 103.</i> Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекції 8, 9. https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
10	<p>Визначення параметрів та основних співвідношень випрямлячів БСМ по результатам розрахунків усталених та перехідних режимів роботи в системі Micro-Cap. <i>Література: [1], С. 88-96; [3, 5, 9],</i> Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторні роботи №3 та №4</p>
11	<p>Нереверсивні тиристорні перетворювачі БСМ. Режими роботи нереверсивного тиристорного випрямляча. Дослідження моделі мостового тиристорного перетворювача в програмі Micro-Cap. <i>Література: [1]. С. 45-50; КП 4.9, С. 107.</i> Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 11. https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
12	<p>Мостові, мосто-нульові та каскадні мостові випрямлячі в БСМ. Основи методики розрахунку збудників БСМ різної потужності. Порівняння параметрів діодних та тиристорних збудників БСМ. <i>Література: [1]. С. 51-58.</i> Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 12.. https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
13	<p>Асинхронізована машина (АСМ), загальний аналіз. 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>Література: [2]. С. 114-120; КПІ, С. 199-200.</i> Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 13 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
14	<p>Контрольна робота</p>
15	<p>Електромашино-вентильні перетворювачі (ЕМВП) БАСМ на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією (БПЧП). Статичні перетворювачі частоти в асинхронізованих машинах. Структурні схеми одномашинних та каскадних збудників БАСМ. Частоти джерел живлення та управління одномашинних ЕМВП.. Формування кривих вихідної напруги в ідеальних перетворювачах частоти (ПЧ) з однофазним навантаженням. Дослідження моделей ідеальних ПЧ. <i>Література: [2]. С. 121-127, 129-130.</i> Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 15 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
16, 17	<p>ЕМВП на базі безпосередніх перетворювачів частоти зі штучною комутацією (БПЧШ). Дослідження моделі трифазно-трифазного діодно-транзисторного БПЧШ в системі Micro-Cap. Моделі БПЧШ при однофазному навантаженні. Ідеальний трифазно-трифазний БПЧШ з обмеженим числом повністю керованих вентилів. ЕМВП на базі трифазно-трифазного діодно-транзисторного БПЧШ. Дослідження БПЧШ в системі Micro-Cap. <i>Література: [2]. С. 131-142, 180-184; КП 3-5, С. 201-208.</i> Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 17 Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лабораторна робота №5. https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
18,	<p>БПЧП з модульованою вхідною напругою (БПЧПМ) при однофазному навантаженні. Дослідження трифазно-однофазного БПЧПМ в системі Micro-Cap.</p>

19	<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><i>Література:</i> [2]. С. 142-155, 185-188; КП 6, С. 209-210.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 18</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лабораторна робота №6</p> <p>https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
20, 21	<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. 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><i>Література:</i> [2], с. 156-165; КП 7, 8, о. 211- 214.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекції 20, 21</p> <p>https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
22	<p>Дослідження електромашино-вентильного перетворювача (ЕМВП) БАСМ в системі Micro-Cap.</p> <p>ЕМВП БАСМ на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією (БПЧП)..</p> <p><i>Література:</i> [2], С. 189-193..</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.2. Лабораторна робота №7.</p>
23	<p>Безпосередні перетворювачі частоти при модульованій вхвдній напрузі (БПЧПМ) з нульовими вентильними групами.</p> <p><i>Література:</i> [2]. С. 161-164.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 23</p> <p>https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
24	<p>Трифазно-трифазні та багатофазно-трифазні безпосередні перетворювачі частоти з мостовими вентильними групами.</p> <p><i>Література:</i> [2]. С. 166-171.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 24.</p> <p>https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
25	<p>Дослідження каскадного електромашино-вентильного перетворювача БАСМ в системі Micro-Cap.</p> <p><i>Література:</i> [2], С. 194-19; [3].</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.2. Лабораторна робота №8.</p>
26	<p>Співставлення перетворювачів частоти БАСМ</p> <p>Співставлення безпосередніх перетворювачів частоти БАСМ. Вибір типу ПЧ в залежності від діапазону зміни ковзання OEM БАСМ.</p> <p><i>Література:</i> [2]. С. 172-178; [4, 9,10].</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 26.</p> <p>https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
27	<p>Перспектива впровадження БАСМ.</p> <p>Перспектива впровадження БАСМ в потужних та автономних енергосистемах, керованих електроприводах, двигунах-генераторах гідроакумуляуючих станцій. .</p> <p><i>Література:</i> [2]. С. 118-120, 169-178; [4, 9,10].</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 27.</p> <p>https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>

№ з/п	Короткий зміст практичних занять
1	<p align="center">ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАШИННО-ВЕНТИЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ В СИСТЕМІ СХЕМОТЕХНІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ MICRO-CAP</p>
2	<p 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 квазісталих режимів. .</p> <p>2.3. Моделювання випрямляча в квазісталих (першому, другому та третьому) режимах роботи.</p> <p>Література: [1], С. 75-80.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.1. Практична робота №1.</p>
3	<p 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», ч.1. Практична робота №2.</p>
4	<p 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.</p> <p>Література: [1], С. 88-92.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.2. Практична робота №3.</p>
	<p align="center">ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ВИПРЯМЛЯЧІВ В ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ ПО ЕЛЕКТРИЧНИМ І ЕКВІВАЛЕНТНИМ СХЕМАМ</p>

5	<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.</p> <p>Література: [1], С. 93-96.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.1. Практична робота №4.</p>
6	<p style="text-align: center;">ДІОДНО-ТРАНЗИСТОРНИЙ БЕЗПОСЕРЕДНІЙ 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.</p> <p>Література: [2], С. 180-184..</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.2. Практична робота №5.</p>
7	<p style="text-align: center;">ТРИФАЗНО-ОДНОФАЗНИЙ БЕЗПОСЕРЕДНІЙ 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> <p>1.2 Отримання практичних навичок 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>

	Література: [2], С. 185-188.. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.2. Практична робота №6.
8	<p 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 Мікро-Сар.</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 Мікро-Сар.</p> <p>2.2. Дослідження моделі БПЧП з комбінованим управлінням зустрічно включеними тиристорами при: з'єднанні фаз джерела живлення в одну точку; комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення.</p> <p>2.3. Оформлення висновків по роботі.</p> <p>Література: [2], С. 189-193.. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.2. Практична робота №7.</p>
9	<p 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 Мікро-Сар.</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 Мікро-Сар.</p> <p>2.2 Дослідити роботу моделі БПЧПМ з комбінованим управлінням зустрічно включеними тиристорами при: з'єднанні фаз джерела живлення в одну точку; комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення.</p> <p>2.3 Зробити висновки по роботі.</p> <p>Література: [2], С. 194-198.. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», ч.2. Практична робота №8.</p>

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	19
3	Аналіз додаткової літератури та виконання додаткових завдань	5
4	Вивчення програмних продуктів для роботи на практичних заняттях	4
5	Підготовка до МКР	12
6	Підготовка до заліку	24

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 нара-

ховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт 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 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.
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Штрафні бали нараховують за несвоєчасний захист лабораторних робіт.
- політика перескладань: несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «*Безконтактні та котуаційні системи в електромеханіці*»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта 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: 2 опитування на лекціях, МКР

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за відповіді на лекціях, контрольну роботу, зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 30 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 опитувань на лекціях;
- виконання та захист вісь ми лабораторних робіт;
- виконання контрольної роботи у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Виконання практичних завдань	МКР	Rc	Rзал	R

10	32	18	60	40	100
----	----	----	----	----	-----

Відповіді під час проведення опитувань на лекціях

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 5 балів * 2 = 10 балів.

Критерії оцінювання:

- 5 балів – повна обґрунтована відповідь,*
- 3...4 бали – недостатньо обґрунтована відповідь,*
- 1-2 бали – відповідь, що лише частково висвітлює поставлене запитання*
- 0 – немає або невірна відповідь*

Виконання та захист практичних робіт

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за всі практичні роботи дорівнює $4 \times 8 = 32$ бали.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 4 бали;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 2 ... 3 бали;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 1 ... 2 бали;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 1 бал.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота (МКР) складається з двох питань. .

Ваговий бал кожного питання – 9.

Максимальний бал за МКР – $2 * 9 = 18$.

Критерії оцінювання

- правильна відповідь на питання – 9 балів;
- частково правильна відповідь, наявність помилок – 6-8 балів,
- неповна відповідь та питання – 3-5 бали,
- відсутня або практично відсутня відповідь питання – 0-2 бали.

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 з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання заліку

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

Рейтинг R_c в межах $(0,31 - 0,59) * R$, тобто 31 – 59 балів – студенти відповідають на питання заліку..

Максимальний рейтинг заліку $R_{зал} = 40$ балів.

Рейтинг заліку $R_{зал} = 33 - 40$ 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 $R_{зал} = 25 - 32$ бали – 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 питань, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_{зал} = 16 - 24$ бали – студент частково відповідає на питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електричних процесів перетворювача. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_{зал} \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті питання, 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. «Електромеханотроніка». Термінологія. Функціональні підсистеми та блоки електромеханотронного перетворювача
2. Збудники безщіткових синхронних машин. Загальна характеристика.
3. Основні співвідношення ідеальних некерованих випрямлячів.
4. Порівняння параметрів трифазних та багатофазних випрямлячів.
5. Алгоритм розрахунку моделей випрямлячів в програмі Мікро-Сар.
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 вентиля».
17. Визначення часу відновлення запираючих властивостей вентиля.
18. Визначте частоту ЕРС обмотки якоря синхронного збудника БСМ з числом пар полюсів $p_b = 2 \div 16$ 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 $p = 3$, $p_w = 12$; напрямку 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 Мікро-Сар.
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 НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ / ІНФОРМАЦІЙНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА .

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № від 2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № від 2023 р.)