



БЕЗКОНТАКТНІ ТА КОМУТАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ

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 доцент Коваленко Михайло Анатолієвич Лабораторні: доцент Галіновський Олександр Михайлович , доцент Коваленко Михайло Анатолієвич
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 «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» 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 спеціалізацією – "Електричні машини і апарати". Зокрема метою вивчення навчальної дисципліни є формування у студентів основ теоретичних та практичних знань по електромашинно-вентильним перетворювачам безщіткових 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 безконтактних синхронних та асинхронізованих машин – їх конструкція, принцип дії, параметри, схеми перетворення, способи управління обертовими вентилями, параметри, характеристики та режими роботи. А також параметри та характеристики електричних комутаційних апаратів низької напруги

Програмні компетентності:

ЗК3. 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 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 **2 частини**:

а) Безконтактні синхронні та асинхронізовані машини;

б) Електричні комутаційні апарати низької напруги

Перша частина дисципліни структурно розподілена на **4 розділів**, а саме:

1. Вступ до розділу „Безконтактні синхронні та асинхронізовані машини», до якого ввійшли питання: Електромеханотроніка; Електромеханотронні перетворювачі та системи; синхронні та асинхронізовані синхронні машини (СМ та АСМ); безконтактні синхронні та асинхронізовані синхронні машини (БСМ та БАСМ); мета та завдання 1-ї частини 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 середньо-інтегральним 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 безконтактних синхронних машин з розділенням збудника на взаємозв'язані підсистеми.

4. Основна та допоміжні електричні машини БАСМ, електромашинно-вентильні перетворювачі (ЕМВП) БАСМ, до якого ввійшли питання: основна електрична машина (ОЕМ); спрощена схема заміщення, рівняння напруг та намагнічуючих сил, векторні діаграми ОЕМ; уточнена схема заміщення ОЕМ; розрахунок характеристик ОЕМ в залежності від ковзання; одномашинні та каскадні збудники БАСМ; співвідношення між числами пар полюсів ОЕМ, допоміжних електричних машин (ДЕМ) та управляючих машин (УМ); формування кривих вихідної напруги в ідеальних перетворювачах частоти (ПЧ) з однофазним навантаженням; дослідження моделей ідеальних ПЧ в програмі Мікро-Сар; 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; 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 Мікро-Сар; перспектива впровадження безконтактних машин подвійного живлення.

Друга частина дисципліни структурно розподілена на **6 розділів**, а саме:

1. **Вступ, основні положення та поняття електричних комутаційних апаратів низької напруги**, до якого ввійшли питання електричні комутаційні апарати в колах захисту електричних двигунів змінного струму. Класифікація електричних комутаційних апаратів. Радіально-магістральна схема живлення промислового підприємства (примірок). Можливі аварійні режими в процесі експлуатації двигунів.
2. **Режими роботи електричних апаратів в мережах 0,4 кВ**, до якого ввійшли питання про Особливості мереж 0,4 кВ. Коротке замикання в електричній мережі. Режими роботи електричних апаратів. Узгодження захисних характеристик пристроїв захисту з граничнодопустимими навантаженнями за струмом і часом різних споживачів.
3. **Елементи теорії комутаційних апаратів**, до якого ввійшли питання про втрати в електричних апаратах. Основні види електричних контактів. Перехідний опір контакту, його залежність від сили жиму, матеріалу провідника. Сили Двайта. Комутація електричного ланцюга з активно-індуктивним навантаженням. Електрична дуга та способи її гашення.
4. **Автоматичні вимикачі**, до якого ввійшли питання про нормативну базу, технічні вимоги, призначення, принцип дії, класифікація, технічні характеристики сучасних модульних вимикачів. Часо-струмові характеристики. Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір модульних автоматичних вимикачів. Додаткові пристрої (додаткові контакти, незалежний розщеплювач, розщеплювач максимальної та мінімальної напруги та інші.) на DIN-рейку. Особливості вимикачів на великі струми. Вимикачі навантаження (рубильники) та інші види вимикачів. Пристрої захисного відключення (ПЗВ) та диференційні автоматичні вимикачі. Призначення, поняття диференційного струму, принцип дії, класифікація, технічні характеристики, галузі застосування.
5. **Магнітні пускачі, контактори**, до якого ввійшли питання про конструкцію та принцип дії магнітного пускача, режими експлуатації, основні технічні характеристики. Теплові реле, додаткові контакти, приставки витримки часу та інші додаткові пристрої до контакторів.
6. **Інші електричні комутаційні апарати захисту двигунів**, до якого ввійшли питання про реле контролю величини та симетрії фазних напруг. Пристрої температурного контролю обмоток електричних машин. Запобіжники.

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.

6. Михайло Хай, Богдан Харчишин, Мірон Бурштинський Електричні апарати. Львівська політехніка. – 2021. – 480 с.

7. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навч. посібник / Б. В. Клименко. – Харків : Точка, 2012. – 340 с.

Додаткові

1. Електричні комутаційні апарати низької напруги. Електричні апарати пуску та захисту електричних двигунів: лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чумак, М. А. Коваленко, С. С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 6.57 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 31 с.

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

3. 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

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компоненту)

Лекційні заняття першої частини дисципліни

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
--------------	--

1, 2	<p>Вступ до першої частини дисципліни. Електромеханотроніка. Електромеханотронні перетворювачі та системи. Синхронні та асинхронізовані синхронні машини (СМ та АСМ). Структура та основні властивості АСМ. Безконтактні синхронні та асинхронізовані синхронні машини (БСМ та БАСМ). Загальна характеристика. Мета та завдання дисципліни.</p> <p>Збудники БСМ. Загальний аналіз. Діодні та тиристорні збудники БСМ. Основні вимоги до збудників. Порівняння параметрів якірних обмоток трифазних та багатофазних допоміжних електричних машин. Ідеальний випрямляч, основні співвідношення ідеальних випрямлячів. Фізична картина роботи трифазного мостового випрямляча. Зовнішні характеристики випрямлячів. <i>Література:</i> [1] С.3-21; 98-102; [2] С. 114-115. <i>Контрольне питання (КП) 4.1 - 4.5. СРС: питання №1, №2.</i> Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 1-2..</p>
3	<p>Захист обертових перетворювачів БСМ від внутрішніх комутаційних перенапруг. Загальні положення. Параметри захисних ланок випрямлячів. Комутаційні перенапруги трифазного діодного мостового випрямляча БСМ в залежності від параметрів захисних ланок. Дослідження моделей збудників БСМ в програмі Micro-Cap. <i>Література:</i> [1]. С. 22-26. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 3.</p>
4, 5	<p>Дослідження моделей випрямлячів в усталених та перехідних режимах роботи. 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. Моделі подібних вентильних перетворювачів, розрахунок безконтактних синхронних машин при розділенні збудника на взаємозв'язані підсистеми (загальні положення). <i>Література:</i> [1]. С. 27-44; КП 4.6 - 4.8. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекції 4, 5</p>
6	<p>Нереверсивні тиристорні перетворювачі безконтактних синхронних машин. Режими роботи нереверсивного тиристорного випрямляча. Модель мостового тиристорного перетворювача в програмі Micro-Cap. Мостові, мосто-нульові та каскадні мостові випрямлячі. <i>Література:</i> [1]. С. 45-52; КП 4.9. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекції 6.</p>
7, 8	<p>Асинхронізована машина (АСМ), загальний аналіз. Структурна схема, основні властивості АСМ. Блок-схема та конструкція безконтактної АСМ (БАСМ) - повторення. Спрощена схема заміщення та векторна діаграми основної електричної машини (ОЕМ) БАСМ. Уточнена схема заміщення ОЕМ. Розрахунок характеристик ОЕМ в режимі генератора.. <i>Література:</i> [2]. С. 114-120; КП, С. 7.1. Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки», лекція 7, 8</p> <p>Контрольна робота</p>

9	<p>Електромашино-вентильні перетворювачі (ЕМВП) БАСМ на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією.</p> <p>Структурні схеми одномашинних та каскадних збудників БАСМ. Частоти джерел живлення та управління одномашинних ЕМВП. . .</p> <p>Безпосередні перетворювачі частоти (БПЧ) зі штучною комутацією (БПЧШ).</p> <p>Формування кривих вихідної напруги в ідеальних перетворювачах частоти (ПЧ) з однофазним навантаженням. БПЧШ при однофазному навантаженні. Трифазно-трифазні БПЧШ з обмеженим числом повністю керованих вентилів.</p> <p><i>Література:</i> [2]. С. 121-124, 126-128, 131-137. КП 7.2-7.4.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 9.</p>
10	<p>Безпосередні перетворювачі частоти з природною комутацією (БПЧП).</p> <p>Формування кривих вихідної напруги в статичних БПЧП.</p> <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; по частоті джерела живлення; при комбінованому способі управління. Визначення режимів роботи ПЧ. Загальний аналіз результатів досліджень БПЧПМ з однофазним навантаженням.</p> <p><i>Література:</i> [2], С. 129-130, 144-152. КП 6.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекції 10.</p>
11, 12	<p>ЕМВП на базі трифазно-трифазних БПЧП та БПЧПМ.</p> <p>Комбінований спосіб з'єднання якірних обмоток збудників БСМ. Дослідження моделей ЕМВП на базі БПЧП та БПЧПМ при різних з'єднаннях обмоток джерела живлення та способах управління тиристорами. .</p> <p>ЕМВП на базі БПЧП та БПЧПМ з різними схемами перетворення.</p> <p>Співставлення безпосередніх перетворювачів частоти БАСМ з різними схемами перетворення. Вибір типу ПЧ в залежності від діапазону зміни ковзання ОЕМ БАСМ.</p> <p><i>Література:</i> [2]. С. 156-165, 171-178. КП 7, 8.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки» лекція 11, 12.</p>
13, 14	<p>Перспектива впровадження БАСМ.</p> <p>Перспектива впровадження БАСМ в потужних та автономних енергосистемах, керованих електроприводах, двигунах-генераторах гідроакумлюючих станцій.</p> <p><i>СРС: питання №1, № 4.</i></p> <p>Залік по курсу.</p>
15	<p>Електричні комутаційні апарати низької напруги в колах захисту електричних двигунів змінного струму. Класифікація електричних комутаційних апаратів. Радіально-магістральна схема живлення промислового підприємства (примірок). Можливі аварійні режими в процесі експлуатації двигунів.</p> <p>літературні джерела: [2, с. 9 - 12] , [1, с.157 - 159].</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
16,17	<p>Режими роботи електричних апаратів в мережах 0,4 кВ.</p> <p>Особливості мереж 0,4 кВ. Коротке замикання в електричній мережі. Режими роботи електричних апаратів. Узгодження захисних характеристик пристроїв захисту з граничнодопустимими навантаженнями за струмом і часом різних споживачів.</p> <p>літературні джерела [1, с. 158 - 166], [5];</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 16, 17 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>

18,19	<p>Елементи теорії комутаційних апаратів. Втрати в електричних апаратах. Основні види електричних контактів. Перехідний опір контакту, його залежність від сили жиму, матеріалу провідника. Сили Двайта. Комутація електричного ланцюга з активно-індуктивним навантаженням. Електрична дуга та способи її гашення.</p> <p>літературні джерела [1, с. 9 – 26, с. 70 - 75] , [2].</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 18, 19 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
20	<p>Автоматичні вимкачі (загальні питання). Загальні питання (нормативна база, технічні вимоги, призначення, принцип дії, класифікація, технічні характеристики) сучасних модульних вимикачів. Часо-струмові характеристики.</p> <p>літературні джерела [1, с. 31 – 46, с. 76 - 78] , [2].</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 20 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
21,22	<p>Вибір автоматичних вимикачів та додаткових пристроїв. Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір модульних автоматичних вимикачів. . Додаткові пристрої (додаткові контакти, незалежний розщеплювач, розщеплювач максимальної та мінімальної напруги та інші.) на DIN-рейку.</p> <p>літературні джерела [1, с. 47 – 52, с. 78 - 82] , [2];</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 21, 22 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
23,24	<p>Автоматичні вимкачі на великі струми. Особливості вимикачів на великі струми. Вимкачі навантаження (рубильники) та інші види вимикачів.</p> <p>літературні джерела [1, с. 52 – 58, с. 83 - 87] , [2];</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 23, 24 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
25	<p>Пристрої захисного відключення (ПЗВ) та диференційні автоматичні вимкачі. Призначення, поняття диференційного струму, принцип дії, класифікація, технічні характеристики, галузі застосування.</p> <p>літературні джерела [1, с. 118 – 126, 175 -179], [2, 4, 6, 7 , 8, 9].</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 25 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
26	<p>Магнітні пускачі, контактори. Конструкція та принцип дії магнітного пускача, режими експлуатації, основні технічні характеристики. Теплові реле, додаткові контакти, приставки витримки часу та інші додаткові пристрої до контакторів.</p> <p>літературні джерела [1, с. 106 – 110, 113 – 118, 170 - 174] , [7, 8, 9].</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 26 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
27,28	<p>Інші Електричні комутаційні апарати низької напруги захисту двигунів. Реле контролю величини та симетрії фазних напруг. Пристрої температурного контролю обмоток електричних машин. Запобіжники.</p> <p>літературні джерела [1, с. 106 - 113] .</p> <p>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці» лекція 27, 28 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>

Практичні заняття

№ з/п	Короткий зміст лабораторних робіт першої частини дисципліни
	<p align="center">ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЗБУДНИКІВ БЕЗКОНТАКТНИХ СИНХРОННИХ МАШИН (БСМ) В ПРОГРАМІ MICRO-CAP (1 година)</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>1.1. Закріплення теоретичних відомостей по роботі випрямляча в збуднику БСМ.</p>

В	<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>Література: [1], С. 59-73, 75-80.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки».</p>
1	<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. Висновки по роботі.</p> <p>Література: [1], С. 81-87.</p> <p>Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №2.</p>
2	<p style="text-align: center;">ПАРАМЕТРИ ТА ОСНОВНІ СПІВВІДНОШЕННЯ ВИПРЯМЛЯЧІВ БСМ</p> <p>1. Мета роботи.</p> <p>Отримання практичних навиків по розрахункам напруг, струмів, потужностей і основних розрахункових співвідношень обертових випрямлячів 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». Лабораторна робота №3.</p>

**ДІОДНО-ТРАНЗИСТОРНИЙ БЕЗПОСЕРЕДНИЙ
ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ ЗІ ШТУЧНОЮ КОМУТАЦІЄЮ**

1. Мета роботи

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-транзистроному БПЧШ;

1.2 Придбати практичні навички дослідження моделі електромашинно-вентильного перетворювача (ЕМВП) асинхронізованої машини (АСМ) на базі діодно-транзисторного БПЧШ в програмі Micro-Cap.

2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень

2.1 Дослідження ідеального шестифазно-однофазного БПЧШ з різним співвідношенням частот джерела живлення та управління.

2.2 Дослідження ідеального шестифазно-однофазного каскадного БПЧШ.

2.3 Дослідження ідеального трифазно-трифазного БПЧШ.

2.4 Ознайомлення зі схемою ЕМВП АСМ на базі діодно-транзистор-ног БПЧШ в програмі Micro-Cap, а також з текстовою частиною програми.

2.5 Дослідження ЕМВП з різними параметрами захисних ланок.

2.6 Оформлення висновків по роботі.

Література: [2], С. 180-184.

Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №5.

**ЕЛЕКТРОМАШИННО-ВЕНТИЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ БЕЗКОНТАКТНОГО
АСИНХРОНІЗОВАНОГО ГЕНЕРАТОРА НА БАЗІ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО
ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ З ПРИРОДНОЮ КОМУТАЦІЄЮ**

1. Мета роботи

1.1 Закріплення теоретичних знань по роботі електромашинно-вентильних перетворювачів (ЕМВП) безконтактних асинхронізованих машин (БАСМ) на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією (БПЧП).

1.2 Отримання практичних навичок по дослідженню моделі трифазно-трифазного БПЧП БАСМ в програмі Micro-Cap.

2. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень

2.1 Ознайомлення з моделлю ЕМВП БАСМ на базі БПЧП в програмі Micro-Cap.

2.2 Дослідження моделі БПЧП з комбінованим управлінням зустрічновключеними тиристорами при:

а) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u < f_i$, $\varphi_n = 30^\circ \div 80^\circ$;

б) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u < f_i$, $\varphi_n = 0^\circ \div 10^\circ$;

в) з'єднанні фаз джерела живлення в одну точку, $f_u < f_i$, $\varphi_n = 30^\circ \div 80^\circ$;

г) комбінованому з'єднанні фаз джерела живлення, $f_u > f_i$, $\varphi_n = 30^\circ \div 80^\circ$;

2.4 Оформлення висновків по роботі.

Література: [2], С. 189-198

Дистанційний курс «Основи електромеханотроніки». Лабораторна робота №7..

5	<p><i>Вступне заняття. Інструктаж з правил безпеки та поведінки при виконанні лабораторних робіт. Особливості схем досліджень. Знайомство з лабораторними та демонстраційними стендами лабораторії</i></p> <p><i>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці»</i></p> <p>літературні джерела [1, с. 47 – 52, с. 78 - 82] , [2]</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
6	<p><i>Дослідження автоматичного вимикача. Знайомство з конструкцією автоматичного вимикача та додатковими пристроями. Експериментальне визначення основних параметрів та характеристик модульного автоматичного вимикача, визначення втрат на контактах вимикача.</i></p> <p><i>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці»</i></p> <p>[2, с. 9 - 12] , [1, с.157 - 159]</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
7	<p><i>Дослідження диференційного автоматичного вимикача (ДАВ). Знайомство з конструкцією ДАВ. Перевірка працездатності, експериментальне визначення часу спрацьовування ДАВ від величини напруги живлення. Експериментальне визначення часу спрацьовування ДАВ від величини диференційного струму при номінальній нарузі. Вимір часу спрацьовування ДАВ при перевантаженні струму в робочому колі.</i></p> <p><i>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці»</i></p> <p>[1, с. 158 - 166], [5]</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
8	<p><i>Дослідження магнітного пускача(контактора) та теплового реле. Знайомство з конструкціями магнітного пускача(МП), додаткових контактів (ДК), теплового реле(РТ), реле напруги(РН), експериментальне дослідження часо-струмових характеристик РТ, визначення потужності втрат в обмотці МП. Експериментальне дослідження реле напруги при зміні напруги та асиметрії напруги живлення АД.</i></p> <p><i>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці»</i></p> <p>[1, с. 9 – 26, с. 70 - 75] , [2]</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>

9	<p><i>Дослідження автоматичного вимикача захисту двигуна змінного струму. Знайомство з конструкціями автоматичного вимикача захисту двигуна змінного струму, додаткових пристроїв, експериментальне дослідження часо-струмових характеристик в залежності від струму уставки вимикача.</i></p> <p><i>дистанційний курс «Безконтактні та комутаційні системи в електромеханіці»</i></p> <p>[1, с. 118 – 126, 175 -179], [2, 4, 6, 7, 8, 9].</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=740</p>
---	---

5. 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	16
6	Підготовка до заліку	24

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних 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 комутаційні 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.

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

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 практичних 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 вісьми лабораторних робіт;
- виконання контрольної роботи у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Виконання практичних завдань	МКР	Rc	Rзал	R
10	60	30	100	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 завдань

Ваговий бал – 6.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $6 \times 10 = 60$ балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення завдання і повна відповідь при захисті роботи – 10 балів;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення завдання – 7 ... 9 балів;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу практичної роботи – 3 ... 6 балів;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення роботи – 0 ... 2 бали.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох частин. Завдання контрольної роботи складається з двох задач та запитань.

Ваговий бал кожної задачі МКР – 15.

Максимальний бал за МКР – $2 * 15 = 30$.

Критерії оцінювання

- правильна відповідь – 15 балів;
- частково правильна відповідь, наявність помилок – 8-14 балів;
- неповна відповідь та неповністю розв'язані задачі – 4-7 бали
- відсутня або практично відсутня відповідь та не розв'язані задачі – 0-3 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.

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 $(0,4 - 0,59) * R$, тобто 40 – 59 балів – студенти мають право написати залікову роботу і покращити результат.

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 питань, які вивчав.

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

Рейтинг заліку $R_z \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті питання, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, 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.
11. Безпосередній перетворювач частоти з обмеженим числом повністю керованих ключів
12. Безпосередній перетворювач частоти з природною комутацією (БПЧП) та БПЧП з модульованою вхідною напругою (БПЧПМ) при різних способах управління.
13. Базові величини напруги, струму та опору навантаження трифазного мостового випрямляча.
14. Як визначаються параметри захисних ланок вентилів трифазного мостового випрямляча?

15. Дайте визначення термінів: «допустима повторювана напруга вентиля»; «граничний струм вентиля», «час відновлення запираючих властивостей вентиля», «амплітуда зворотного струму через вентиль».
16. Визначення часу відновлення запираючих властивостей вентиля.
17. 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).
18. 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.
19. Для чого застосовується комбіноване потенціальне розділення фаз джерела живлення в багатофазно-трифазних безпосередніх перетворювачах частоти (БПЧП)?
20. Поясніть запис параметрів сигналів управління БПЧП в програмі Micro-Cap.
21. Частоти вторинних обмоток допоміжної та управляючої машин електромашинно-вентильних перетворювачів (ЕМВП) БАСМ.
22. Комбіноване з'єднання фаз джерела живлення трифазно-трифазного БПЧП.
23. Комбінований спосіб управління зустрічно-включеними тиристорами БПЧП.
24. Призначення та принцип дії модульних АВ.
25. Основні конструктивні елементи модульного АВ типу ВА 47-29. Що таке DIN- рейка?
26. Основні технічні характеристики АВ.
27. Що таке номінальний та найбільший комутаційний струм АВ.
28. Часо-струмова характеристика АВ, та її типи.
29. Для яких видів споживачів застосовуються АВ з характеристиками В, С і D?
30. Які розчеплювачі здійснюють захист у зоні струмових переважань та коротких замикань? Механізм вільного розчеплення.
31. Яке додаткове обладнання існує для розширення функцій АВ?
32. Призначення модульних ДАВ.
33. Принцип дії модульних ДАВ.
34. Основні конструктивні елементи модульного ДАВ типу АД-12.
35. Основні технічні характеристики ДАВ.
36. Що таке номінальний та номінальний диференціальний струм ДАВ?
37. Часо-струмова характеристика ДАВ.
38. Що таке апарати захисного відключення категорій А та АС?
39. Як здійснюється перевірка працездатності ДАВ.
40. Чим відрізняються ДАВ для захисту людини та захисту від пожеж?
41. Чим відрізняються апарати захисного відключення та ДАВ?
42. Призначення та принцип дії контакторів.
43. Призначення та принцип дії РН.
44. Призначення та принцип дії РТ.
45. Основні технічні характеристики контакторів.
46. Основні технічні характеристики РН.
47. Основні технічні характеристики РТ.
48. Часо-струмова характеристика РТ, та її типи.
49. Призначення та принцип дії модульних АВЗД
50. Основні конструктивні елементи модульного АВЗД типу ВА 2005. Що таке DIN- рейка?
51. Основні технічні характеристики АВЗД.
52. Що таке номінальний та найбільший комутаційний струм АВЗД.
53. Часо-струмова характеристика АВЗД.

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 доцентами кафедри електромеханіки ФЕА .

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 22.06.2022 р.)
