



Керування електроприводами

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність
Статус дисципліни	Обов'язкова (нормативна)
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр (3 курс прискорена форма)
Обсяг дисципліни	6 кредити ECTS / 180 годин (54 годин лекцій, 18 годин практичних занять; 18 годин лабораторних робіт)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/тестування, МКР, захист лабораторних робіт
Розклад занять	3 лекції (6 годин) 1 раз на 2 тижні; 1 практичне заняття (2 години) 1 раз на 2 тижні; 1 лабораторна робота (4 години) 1 раз на 4 тижні.
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н. Пересада Сергій Михайлович, 0662150169, Практичні: Ніконенко Євген Олексійович, 0660214977, Лабораторні: к.т.н. Желінський Микола Миколайович, 0986461034
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4962

Програма навчальної дисципліни

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

Програму освітнього компонента «Керування електроприводами» складено відповідно до освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» підготовки бакалаврів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей: (K01) Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; (K03) Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; (K05) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (K06) Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (K07) Здатність працювати в команді; (K08) Здатність працювати автономно; (K11) Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР); (K12) Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки; (K15) Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу; (K19) Усвідомлення необхідності підвищення ефективності

електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування; (K20) Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (K22) Здатність використовувати математичні методи та методи теорії автоматичного керування при дослідженні лінійних та нелінійних систем, проводити аналіз показників якості, синтезувати регулятори, складати та аналізувати структурні схеми систем автоматичного керування; (K23) Здатність застосовувати пакети моделюючих програм для аналізу, синтезу та дослідження електромеханічних систем автоматизації та електроприводів; (K26) Здатність вирішувати комплексні проблеми, пов'язані із керуванням автоматизованими електроприводами різноманітних технологічних застосувань з електроприводами постійного та змінного струму.

Предмет навчальної дисципліни - методи синтезу, аналізу і дослідження систем векторного керування електромеханічним перетворенням енергії в електроприводах змінного струму, які використовуються при побудові сучасних електроприводів з асинхронними і синхронними двигунами у вигляді алгоритмів керування координатами електромеханічних систем.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: (ПР03) Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР06) Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР07) Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах; (ПР08) Обирати і застосовувати додатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками; (ПР09) Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (ПР10) Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність; (ПР11) Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань; (ПР18) Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням; (ПР20) Знати і розуміти принципи керування лінійними, нелійними та дискретними системами автоматичного керування; (ПР22) Знати і розуміти основи перетворення координат та принципів частотного та векторного керування електромеханічними системами; (ПР25) Знати способи підвищення ефективності алгоритмів керування електроприводами, електромеханічними системами, основи теорії електромобільності; (ПР26) Знати і розуміти закони перетворення структурних схем, типові закони керування, методи дослідження стійкості лінійних систем автоматичного керування; типові бібліотеки блоків Simulink, основи програмування у М-файлах; (ПР27) Знати рівняння руху електроприводу для різних варіантів мас; методика розрахунку механічної частини електропривода; способів керування двигунами постійного та змінного струму; методів вибору електродвигунів за потужністю.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти освітніми компонентами «Електричні машини», «Електропривод», «Теорія автоматичного керування», «Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування», «Автоматизований електропривод», Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення освітнього компонента є необхідними для подальшого вивчення освітніх компонентів «Керування електроприводами. Курсовий проєкт», «Керування перетворенням енергії в відновлюваних джерелах та електромобілях» та «Електромеханічні системи типових технологічних застосувань».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на **12 розділів**, а саме:

Розділ 1. Огляд регульованих електроприводів змінного струму.

Тема 1.1. Огляд систем автоматичного керування на основі ЕП.

Тема 1.2. Силкові перетворювачі для ЕП змінного струму.

Тема 1.3. Типологізація електроприводів змінного струму.

Розділ 2. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах змінного струму.

Тема 2.1. Математичний опис у двофазних змінних. Схема заміщення. Рівняння потокозчеплень, матриця індуктивностей, рівняння електричної рівноваги, рівняння моменту.

Тема 2.2. Неявнополюсні та явнополюсні синхронні двигуни зі збудженням від постійних магнітів. Насичення магнітної системи в синхронних двигунах.

Тема 2.3. Перетворення координат узагальненої електричної машини. Фазні перетворення. Перетворення координат узагальненої електричної машини.

Тема 2.4. Найбільш часто використовувані моделі типових неявнополюсних та явнополюсних електричних машин.

Розділ 3. Основи керування ЕМС змінного струму на базі синхронних двигунів (СД).

Тема 3.1. Дослідження динамічних характеристик СД при прямому пуску від мережі.

Тема 3.2. Дослідження динамічних характеристик при частотному керуванні швидкістю СД.

Тема 3.3. Динамічні характеристики системи векторного керування швидкістю СД по типу ДПС.

Розділ 4. Основи векторного керування ЕМС змінного струму на базі асинхронних двигунів (АД).

Тема 4.1. Дослідження перехідних процесів прямого пуску АД від мережі.

Тема 4.2. Дослідження динамічних характеристик при частотному керуванні АД.

Тема 4.3. Векторне керування кутовою швидкістю АД по типу ДПС.

Розділ 5. Векторне керування моментом електричних машин змінного струму: синхронний двигун.

Тема 5.1. Векторне керування моментом СД при струмовому керуванні.

Тема 5.2. Векторне керування моментом СД при живленні від джерела напруги.

Розділ 6. Векторне керування моментом електричних машин змінного струму: асинхронний двигун при ідеальному полеорієнтуванні.

Тема 6.1. Векторне керування моментом АД при струмовому керуванні в умовах ідеального полеорієнтування.

Тема 6.2. Векторне керування моментом АД при живленні від джерела напруги в умовах ідеального полеорієнтування..

Розділ 7. Векторне керування моментом електричних машин змінного струму: асинхронний двигун при прямому полеорієнтуванні.

Тема 7.1. Пряме векторне керування моментом АД на основі принципу розділення.

Тема 7.2. Пряме векторне керування моментом АД за умови живлення від джерела струму.

Тема 7.3. Пряме векторне керування моментом АД за умови живлення від джерела напруги.

Розділ 8. Векторне керування моментом електричних машин змінного струму: асинхронний двигун при непрямому полеорієнтуванні.

Тема 8.1. Керування моментом за умов живлення від джерела струму.

Тема 8.2. Керування моментом за умов живлення від джерела напруги.

Розділ 9. Векторне керування кутовою швидкістю та кутовим положенням: загальна теорія

Тема 9.1. Уніфікований алгоритм відпрацювання кутової швидкості.

Тема 9.2. Уніфікований алгоритм керування кутовим положенням.

Розділ 10. Векторне керування кутовою швидкістю двигунів змінного струму.

Тема 10.1. Векторне керування кутовою швидкістю СД за умов струмового живлення.

Тема 10.2. Векторне керування кутовою швидкістю СД за умови живлення від джерела напруги.

Тема 10.3. Непряме векторне керування кутовою швидкістю АД за умови живлення від джерела струму.

Тема 10.4. Пряме векторне керування кутовою швидкістю АД за умови струмового керування.

Тема 10.5. Пряме векторне керування кутовою швидкістю для живлення від джерела напруги.

Тема 10.6. Непряме векторне керування швидкістю АД за умов живлення від джерела напруги.

Розділ 11. Керування швидкістю та положенням різних типів СД.

Тема 11.1. Керування кутовою швидкістю неявнополюсних синхронних двигунів з постійними магнітами.

Тема 11.2. Керування кутовою швидкістю явнополюсних синхронних двигунів з постійними магнітами.

Тема 11.3. Керування кутовою швидкістю синхронних реактивних двигунів.

Тема 11.4. Керування кутовим положенням синхронних двигунів з постійними магнітами.

Розділ 12. Спеціальні питання.

Тема 12.1. Ослаблення поля в асинхронному електроприводі.

Тема 12.2. Енергоефективне керування АД на прикладі прямого векторного керування моментом АД і синхронного реактивного двигуна з максимізацією співвідношення момент-струм. Дослідження динамічних режимів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Основи мехатроніки [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.М. Пересада, М.В. Пушкар. – Електронні текстові дані (1 файл:

1,87 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 137 с. – Назва з екрана (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32203>).

2. Цифрове керування електромеханічними системами [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» / С.В. Божко, С.М. Пересада, М.В. Печеник, О.І. Толочко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4.32 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 149 с. – Назва з екрана (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/51247>).

3. Керування електроприводами. Курсовий проект [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. С. М. Пересада, Є. О. Ніконенко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,15 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 57 с. – Назва з екрана (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48886>).

4. Системи програмного та слідуючого керування рухом [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» / В.І. Теряєв, С.В. Король; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.84 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 150 с. - Назва з екрана (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48880>).

5. Автоматизований електропривод. Ч. 2 [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. В.І. Теряєв. – Електронні текстові дані (1 файл: 7.04 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 204 с. - Назва з екрана (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48821>).

6. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б., Мацко Б.М., Пересада С.М., Теряєв В.І., Бутний В.В., Місюренко В.О., Панченко Б.Я. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / За ред. Поповича М.Г., Лозинського О.Ю. – Київ: Либідь, 2005. – 680 с. ISBN 966-06-0362-2.

7. Пересада С.М., Ковбаса С.М., Красношарпа Н.Д. Непряме векторне керування асинхронними двигунами з властивостями робастності та адаптації до змін активного опору ротора: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 174 с. ISBN 978-617-7894-21-5 (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/44255>).

8. Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення: монографія. Київ: НАН України, 2018. – 310 с. ISBN 978-966-02-8403-6 (доступ за посиланням http://library.kpi.kharkov.ua/files/new_postupleniya/enelci.pdf).

9. Теорія автоматичного керування. Курсова робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О.І. Толочко, С.М. Пересада, Б.І. Приймак. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,68 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 163 с. – Назва з екрана (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48912>).

Додаткова література

10. B. K. Bose. *Power electronics and motor drives: advances and trends*, 3rd edition, 2020. ISBN: 978-0-12-821360-5.
11. P. Krause, O. Wasynczuk and S. D. Sudhof. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. IEEE Press, 3rd edition, 2013. ISBN-13: 9781118024294.
12. Vaez-Zadeh, Sadegh. *Control of permanent magnet synchronous motors*. Oxford University Press, 2018, ISBN-13: 9780198742968.
13. S-K. Sul. *Control of electric machine drive systems*. John Wiley & Sons, 2011, ISBN-13: 9780470590799.
14. Теорія електроприводу: Підручник / За ред. М.Г. Поповича. Київ, Вища школа, 1993.
15. J. Pyrhönen, V. Hrabovcová, R. S. Semken. *Electrical machine drives control. An introduction*. John Wiley & Sons, 2016, ISBN-13: 9781119260455.
16. Методи робастного адаптивного керування електромеханічними системами з підвищеними динамічними та енергетичними показниками: звіт про НДР. НТУУ "КПІ". № ДР 0115U000381. Київ, 2017. 506 с.
17. Розробка енергоефективної електромеханічної системи електробусу на основі адаптивного векторно-керованого асинхронного електроприводу з акумуляторно-суперконденсаторним живленням: звіт про НДР / НТУУ "КПІ". № ДР 0117U004284. Київ, 2018. Том 1. 472 с.
18. Адаптивне векторне керування з оптимізацією втрат потужності для електромеханічних систем електричних транспортних засобів з підвищеними динамічними та енергетичними характеристиками: звіт про НДР / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – № 2203, № ДР 0119U100170. Київ, 2021. 499 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<p>Вступ</p> <p>Мета вивчення дисципліни, зв'язок з іншими дисциплінами та її зміст. Розвиток теорії керування: класична, сучасна, надсучасна. Методичні рекомендації щодо вивчення дисципліни</p> <p>Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення. Шляхи підвищення енергоефективності.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
2	<p>Огляд регульованих електроприводів змінного струму</p> <p>Огляд систем автоматичного керування на основі ЕП. Силкові перетворювачі для ЕП змінного струму. Типологізація електроприводів змінного струму. Асинхронні двигуни. Синхронні двигуни. Переваги та недоліки електричних машин.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
3-4	<p>Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах змінного струму.</p> <p>Математичний опис у двофазних змінних. Схема заміщення. Рівняння поточозчеплень, матриця індуктивностей, рівняння електричної рівноваги, рівняння моменту.</p> <p>Неявнополюсні синхронні двигуни зі збудженням від постійних магнітів.</p>

	<p>Перетворення координат узагальненої електричної машини. Фазні перетворення. Перетворення координат узагальненої електричної машини.</p> <p>Найбільш часто використовувані моделі типових неявнополюсних електричних машин. Моделі асинхронних та синхронних двигунів.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
5-6	<p>Основи керування ЕМС змінного струму на базі синхронних двигунів (СД).</p> <p>Дослідження динамічних характеристик СД при прямому пуску від мережі. Дослідження динамічних характеристик при частотному керуванні швидкістю СД. Динамічні характеристики системи векторного керування швидкістю СД по типу ДПС.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
7-8	<p>Основи векторного керування ЕМС змінного струму на базі асинхронних двигунів (АД).</p> <p>Дослідження перехідних процесів прямого пуску АД від мережі. Дослідження динамічних характеристик при частотному керуванні АД. Векторне керування кутовою швидкістю АД по типу ДПС.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
9-10	<p>Векторне керування моментом електричних машин змінного струму: синхронний двигун.</p> <p>Векторне керування моментом СД при струмовому керуванні. Векторне керування моментом СД при живленні від джерела напруги.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
11-12	<p>Векторне керування моментом електричних машин змінного струму: асинхронний двигун при ідеальному полеорієнтуванні</p> <p>Векторне керування моментом АД при струмовому керуванні та ідеальному полеорієнтуванні. Векторне керування моментом АД при живленні від джерела напруги та ідеальному полеорієнтуванні.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
13-14	<p>Векторне керування моментом електричних машин змінного струму: асинхронний двигун при прямому полеорієнтуванні</p> <p>Пряме векторне керування моментом АД на основі принципу розділення. Пряме векторне керування моментом АД за умови живлення від джерела струму. Пряме векторне керування моментом АД за умови живлення від джерела напруги.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
15-16	<p>Векторне керування моментом електричних машин змінного струму: асинхронний двигун при непрямому полеорієнтуванні.</p> <p>Керування моментом за умов живлення від джерела струму. Керування моментом за умов живлення від джерела напруги.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
17-18	<p>Векторне керування кутовою швидкістю та кутовим положенням: загальна теорія</p> <p>Уніфікований алгоритм відпрацювання кутової швидкості. Уніфікований алгоритм керування кутовим положенням.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
19-21	<p>Векторне керування кутовою швидкістю двигунів змінного струму.</p> <p>Векторне керування кутовою швидкістю СД за умов струмового живлення.</p>

	<p>Векторне керування кутовою швидкістю СД за умови живлення від джерела напруги. Непряме векторне керування кутовою швидкістю АД за умови живлення від джерела струму. Пряме векторне керування кутовою швидкістю АД за умови струмового керування. Пряме векторне керування кутовою швидкістю для живлення від джерела напруги. Непряме векторне керування швидкістю АД за умов живлення від джерела напруги.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
22-23	<p>Керування швидкістю та положенням різних типів СД.</p> <p>Керування кутовою швидкістю неявнополюсних синхронних двигунів з постійними магнітами. Керування кутовою швидкістю явнополюсних синхронних двигунів з постійними магнітами. Керування швидкістю синхронних реактивних двигунів. Керування кутовим положенням неявнополюсних синхронних двигунів з постійними магнітами.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
24-25	<p>Спеціальні питання</p> <p>Спостерігачі вектора потокозчеплення ротора зниженого та повного порядку. Спостерігач вектора потокозчеплення ротора зниженого порядку. Дослідження динамічних режимів спостерігача.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>
26-27	<p>Спеціальні питання</p> <p>Енергоефективне керування АД на прикладі прямого векторного керування моментом АД з максимізацією співвідношення момент-струм. Дослідження динамічних режимів. Ослаблення поля в електроприводі.</p> <p>Література: конспект лекцій.</p>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Складання моделі в програмному середовищі Simpon і дослідження перехідних процесів в RL-колі і ДПС з незалежним збудженням.
2-3	Розрахунок параметрів моделей трифазних двигунів змінного струму та розрахунок заданих траєкторій 1-го, 2-го та 3-го порядку.
4-5	Дослідження відмінностей в системах керування моментом явно- та неявнополюсних СДПМ.
6-7	Дослідження систем відпрацювання моменту та потокозчеплення для асинхронного електроприводу з прямим та непрямым векторним керуванням.
8-9	Дослідження системи відпрацювання положення на основі неявнополюсних СДПМ. Модульна контрольна робота

Лабораторні роботи

№ з/ п	Короткий зміст лабораторної роботи
1	<p align="center">Дослідження статичних та динамічних режимів системи керування швидкістю та положенням синхронного двигуна на базі керуючо-перетворювального пристрою Indradrive C (Лабораторна робота №1)</p> <p>Мета роботи – вивчення можливостей перетворювача IndraDrive C, дослідження статичних та динамічних характеристик системи керування швидкістю та положенням синхронного двигуна.</p> <p>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</p> <p>1. Ознайомитися зі структурою лабораторної установки, призначенням її елементів. 2. Розрахувати параметри номінального режиму роботи навантажувальної машини. 3. Налаштувати перетворювач IndraDrive за допомогою програмного компоненту IndraWorks. 4. Зняти сімейство статичних механічних та електромеханічних характеристик електроприводу для заданих швидкостей згідно з варіантом. 5. Зняти графіки перехідних процесів електроприводу для режиму пуску та накидання навантаження в режимі керування швидкістю з налаштуваннями регуляторів швидкості та положення згідно з варіантом. 6. Зняти графіки перехідних процесів електроприводу для режиму пуску та накидання навантаження в режимі керування положенням з налаштуваннями регуляторів швидкості та положення згідно з варіантом. 7. Виконати математичне моделювання перехідних процесів з п.4 та п.5 в програмному середовищі Simnon за допомогою моделюючих програм SMPMW та SMPMET. 8. Порівняти результати отримані експериментально та при моделюванні і зробити висновки з отриманих результатів 9. Зробити висновки по роботі та оформити звіт.</p>
2	<p align="center">Дослідження статичних та динамічних характеристик системи векторного керування кутовою швидкістю асинхронного двигуна на основі перетворювача NORD AC 530E (Лабораторна робота №2)</p> <p>Мета роботи – порівняльне дослідження динамічних та статичних характеристик системи керування кутовою швидкістю АД в електромеханічній системі з перетворювачем NORD.</p> <p>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</p> <p>1. Ознайомитись з лабораторною установкою, органами сигналізації, контролю та керування, параметрами налаштування досліджуваних алгоритмів керування, програмним забезпеченням візуалізації процесів. Усвідомити призначення основних функціональних блоків системи. 2. У відповідності до варіанту завдання, зняти механічні характеристики системи керування: - при використанні алгоритму бездавачевого векторного керування; - при використанні алгоритму векторного керування з давачем швидкості. 3. У відповідності до варіанту завдання, зняти перехідні процеси регульованих координат системи: - при використанні алгоритму бездавачевого векторного керування; - при використанні алгоритму векторного керування з давачем швидкості. 4. Зняти статичні характеристики при роботі з алгоритмом векторного керування з давачем швидкості та без давача швидкості. 5. Виконати дослідження динамічних характеристик алгоритму векторного</p>

	керування для рушійного та генераторного моментів навантаження, а також для П- та ПІ-регулятора кутової швидкості. 6. Зробити висновки та оформити звіт.
3	<p>Дослідження статичних та динамічних характеристик системи векторного керування асинхронним двигуном побудованій на основі перетворювача ACS-550 з вимірюванням кутової швидкості та в бездавачевому режимі (Лабораторна робота №3)</p> <p>Мета роботи - порівняльне дослідження динамічних та статичних характеристик електромеханічних систем на основі перетворювачів ACS-550, які працюють в режимах векторного керування з давачем кутової швидкості та без давача кутової швидкості, а також в режимі частотного керування.</p> <p>Програма проведення досліджень:</p> <p>1. Отримати допуск до виконання роботи. Ознайомитися з лабораторною установкою та її схемами, виконати під'єднання перетворювачів (навантажувальної на досліджуваній машин) до комп'ютера та встановити початкові налаштування. 2. Встановити в досліджуваному перетворювачі алгоритм частотного керування. Виконати дослідження динамічної поведінки системи частотного керування асинхронним двигуном при наступній послідовності операцій керування: збудження двигуна, розгін до заданої швидкості, прикладання номінального моменту навантаження. Виконати дослідження для заданої швидкості з прикладанням навантажувального та генераторного моменту навантаження. На основі проведених тестів оцінити якість перехідних процесів, статичну похибку регулювання кутової швидкості та досягнутий діапазон регулювання. 3. Виконати завдання з п. 2 для алгоритму частотного керування швидкістю з компенсацією ковзання. 4. Виконати завдання з п. 2 для алгоритму частотного керування швидкістю з компенсацією падіння напруги на активному опорі статора (IR-compensation). 5. Виконати ідентифікаційний тест для визначення електричних та механічних параметрів АД, а також налаштування параметрів регуляторів. Повторно ідентифікаційний тест необхідно проводити при зміні алгоритмів. 6. Встановити в перетворювачі алгоритм векторного керування з вимірюванням кутової швидкості. Повторити тести з п. 2 та доповнити їх тестом при нульовій заданій кутовій швидкості. Проаналізувати показники якості регулювання кутової швидкості та порівняти їх з отриманими для частотного керування. 7. Встановити в перетворювачі алгоритм векторного керування без вимірювання кутової швидкості. Повторити тести п. 2 для навантажувального моменту навантаження. Визначити мінімальну кутову швидкість при якій забезпечується стійка роботи системи. Зробити висновки про показники якості регулювання кутової швидкості та діапазон регулювання. 8. Оформити результати досліджень та зробити висновки по роботі, в яких відобразити виявлені відмінності між системами частотного та векторного керування (з вимірюванням кутової швидкості та без вимірювання). Навести приклади механізмів, в яких доцільно застосовувати кожен з досліджених алгоритмів керування асинхронним двигуном.</p>
4	<p>Дослідження статичних та динамічних характеристик асинхронного електроприводу на базі перетворювача ACS-800 з використанням алгоритму DTC з вимірюванням кутової швидкості та в бездавачевому режимі (Лабораторна робота №4)</p> <p>Мета роботи - порівняльне дослідження динамічних та статичних характеристик електромеханічних систем на основі перетворювачів ACS-800, які</p>

<p>працюють в режимах векторного керування з давачем швидкості, без вимірювання кутової швидкості, а також в режимі частотного керування.</p> <p>Програма проведення досліджень:</p> <p>1. Отримати допуск до виконання роботи. Ознайомитися з лабораторною установкою та її схемами, виконати під'єднання перетворювача (досліджуваної машин) до комп'ютера та встановити початкові налаштування. 2. Встановити в досліджуваному перетворювачі алгоритм частотного керування. Виконати дослідження динамічної поведінки системи частотного керування асинхронним двигуном при наступній послідовності операцій керування: збудження двигуна, розгін до заданої швидкості, прикладання номінального моменту навантаження. Виконати дослідження для заданої швидкості з прикладанням навантажувального та генераторного моменту навантаження. На основі проведених тестів оцінити якість перехідних процесів, статичну похибку регулювання кутової швидкості та досягнутий діапазон регулювання. 3. Виконати завдання з п. 2 для алгоритму частотного керування швидкістю з компенсацією падіння напруги на активному опорі статора. 4. Виконати ідентифікаційний тест для визначення електричних та механічних параметрів асинхронного двигуна, а також налаштування параметрів регуляторів. 5. Встановити в перетворювачі алгоритм векторного керування без вимірювання кутової швидкості. Повторити тести п. 2 для навантажувального моменту навантаження. Визначити мінімальну кутову швидкість, при якій забезпечується стійка роботи системи. Зробити висновки про показники якості регулювання кутової швидкості та діапазон регулювання. 6. Встановити в перетворювачі алгоритм векторного керування з давачем швидкості. Повторити тести, які виконувалися для частотного керування в п. 2, та доповнити їх тестом при заданій швидкості, яка дорівнює 10% від номінальної. Проаналізувати показники якості регулювання кутової швидкості та порівняти їх з отриманими для частотного керування. 7. Оформити результати досліджень та зробити висновки по роботі, в яких відобразити виявлені відмінності між системами частотного та векторного керування (з вимірюванням кутової швидкості та без вимірювання).</p>
--

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	12
3	Підготовка до практичних занять та виконання домашніх завдань	8
4	Підготовка до МКР	10
5	Підготовка до екзамену	30

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або

штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання 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 «Системи автоматизації»;

- 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: вправи на лекційних і практичних заняттях, тестування, МКР, виконання завдань до практичних занять, виконання та захист лабораторних робіт.

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

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: виконані та захищені лабораторні роботи, виконані завдання до практичних занять, семестровий рейтинг більше 25 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 30	Не допущено

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

- тестування по кожному лекційному занятті;
- виконання та захист завдань до практичних занять;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- відповіді на екзамені.

Тестування по	Практичні	Лабораторні	МКР	Екзаме
---------------	-----------	-------------	-----	--------

лекціям	заняття	роботи		н
27	9	8	6	50

Тестування по матеріалам лекційних занять

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів за тестування – 1 бал * 27 лекцій = 27 балів.

Тестування проводиться у системі дистанційного навчання Moodle та доступне протягом 5 робочих днів після завершення поточної лекції. У деяких випадках термін проходження тестування може бути продовжений лектором.

Кожне тестування містить 8-10 запитань різного формату (коротка відповідь, завдання для моделювання).

Критерії оцінювання

- завдання вирішено вірно – 1 бал;
- завдання вирішено частково вірно – 0,5 бала;
- завдання вирішено невірно або не вирішено – 0 балів.

Практичні заняття

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів за тестування – 1 бал * 9 занять = 9 балів.

На практичних заняттях студенти разом із викладачем розв'язують завдання за тематикою практичного заняття. Після кожного практичного заняття студенти отримують домашнє завдання, яке необхідно вирішити та надати на перевірку викладачу до початку наступного заняття (зазвичай це 2 тижні, однак іноді цей час може бути змінений викладачем у деяких конкретних випадках).

Критерії оцінювання

- домашнє завдання вирішено вірно та здано протягом 2-х тижнів після практичного заняття – 1 бал;
- домашнє завдання вирішено вірно, але здано протягом більш ніж 2-х тижнів після практичного заняття – 0,5 бал;
- домашнє завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом 2-х тижнів після практичного заняття – 0,75 бали;
- домашнє завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом більш ніж 2-х тижнів після практичного заняття – 0,25 балів;
- домашнє завдання вирішено із значними помилками – повертається на доопрацювання.

УВАГА! Вирішення та здача всіх домашніх завдань є умовою допуску до складання екзамену. Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не здали домашні завдання, не допускаються до основної здачі та готуються до перескладання.

УВАГА! Для допуску до перескладання екзамену треба у визначений викладачем термін здати всі заборгованості по домашнім завданням до практичних занять.

Лабораторні роботи

Ваговий бал. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи складає 2 бали * 4 роботи = 8 балів.

Критерії оцінювання лабораторної роботи:

- завдання на захисті вирішено вірно – 2 бали;
- завдання на захисті вирішено частково вірно – 1-1,5 бали;
- завдання вирішено невірно або не вирішено – 0,5 балів.
- лабораторна робота не виконана або протокол не представлений – повертається на

відпрацювання або доопрацювання.

УВАГА! Захист всіх лабораторних робіт є умовою допуску до складання екзамену. Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не захистили лабораторні роботи, не допускаються до основної здачі та готуються до перескладання.

УВАГА! Для допуску до перескладання екзамену треба у визначений викладачем термін здати всі заборгованості по лабораторним роботам.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 6.

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи:

На модульній контрольній роботі студент виконує 2 завдання. Кожне завдання оцінюється від 0 до 3 балів:

- вірно виконаний синтез алгоритма керування, проведено моделювання, виконано індивідуальне завдання – 6 балів;
- вірно виконаний синтез алгоритма керування, проведено моделювання, індивідуальне завдання не виконано – 4 балів;
- вірно виконаний синтез алгоритма керування, моделювання не проведено, індивідуальне завдання не виконано – 2 балів;
- синтез виконано з помилками, програма не складена – 0-0,9 балів.

У завданні 1 необхідно синтезувати алгоритм векторного керування, а також провести моделювання системи керування з цим алгоритмом. У другому завданні (індивідуальному) треба провести додаткове дослідження.

Календарний контроль

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації. Бал, необхідний для отримання позитивного календарного контролю доводиться до відома студентів викладачем не пізніше ніж за 2 тижні до початку календарного контролю.

Додаткові (бонусні) бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені додаткові бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 10 бонусних балів у семестрі. Бонусні бали можуть бути отримані за активну участь на лекційних і практичних заняттях.

Форма семестрового контролю – екзамен

Максимальна сума балів за роботу у семестрі складає 50. Необхідною умовою допуску до екзамену виконані та захищені лабораторні роботи, виконані завдання до практичних занять, семестровий рейтинг не менше 25 балів.

Екзамен містить дві складові: теоретичну та практичну. **Теоретична складова** направлена на перевірку набутих в результаті вивчення освітнього компонента знань студентів у вигляді синтезу алгоритму векторного керування. Максимальна кількість балів за це завдання складає 20 балів. **Практична складова** передбачає перевірку набутих умінь з моделювання. Кожному студенту надається окрема задача, відповідно до умов якої необхідно провести дослідження динамічних і статичних характеристик системи векторного керування. Максимальна кількість балів за задачу складає 20 балів.

Система оцінювання теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 15-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 10-14 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 9 балів) – 0 балів.

Система оцінювання практичного завдання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 18-20 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 14-17 балів;
- «задовільно», завдання виконано з певними недоліками – 10-13 балів;
- «незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення дисципліни здійснюється шляхом вирішення конкретних задач. Бажано, щоб під час лекцій студенти використовували комп'ютери для демонстрації теоретичних положень та їх практичного застосування.

Передбачається, що усі розглянуті приклади з використання алгоритмів векторного керування електромеханічними об'єктами будуть досліджені методом математичного моделювання з використанням моделюючих програм, що надаються студентам.

На екзамен виносяться усі теми та приклади, розглянуті протягом семестру.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, д.т.н. Пересадою С.М. та асистентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, асп. Ніконенком Є.О.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 11 від 15.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2022 р.)