СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ»

Ступінь освіти	бакалавр
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Тривалість викладання	осінній, весняний семестри (13-15 чверті)
Кількість кредитів	11.5 кредитів ЄКТС (345 годин)
Заняття:	
лекції:	3 години
лабораторні:	2 години
Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»: https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=4007
Кафедра, що викладає Електропривода (ЕП)

Викладачі:
Садовой Олександр Валентинович
Професор, доктор технічних наук,
професор кафедри ЕП

Персональна сторінка
https://elprivod.nmu.org.ua/ua/department/sadovoi.php

E-mail:
sadovoi.o.v@nmu.one

Балахонцев Олександр Васильович
Доцент, кандидат технічних наук,
доцент кафедри ЕП

Персональна сторінка
https://elprivod.nmu.org.ua/ua/department/balahoncev.php

E-mail:
balakhontsev.o.v@nmu.one

1. Анотація до курсу

Курс ілюструє як використовувати знання із навички з теорії автоматичного керування на практиці, для задач, пов’язаних із електроприводами.

Електроприводи, або електромеханічні системи, або мехатронні системи присутні майже в будь-якому пристрої, який здійснює керований механічний рух – роботи,

автомобілі, 3Д-принтери, усілякі промислові механізми. Для того, щоб механізм правильно рухався, необхідно коректно налагодити зворотні зв'язки і регулятори.

Засвоєння концепцій відбувається на конкретних прикладах – розглядаються релейно-контакторні схеми для електроприводів постійного і змінного струму, схеми із перетворювачами частоти і їх типові налагодження. Динаміка систем, вплив параметрів регуляторів демонструється за допомогою моделювання.

Галузі використання набутих навичок – проєктування, налагодження, експлуатація електромеханічних систем.

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – формування у здобувачів вищої освіти компетентностей щодо проектування, налагодження та експлуатації систем керування електроприводами.

Завдання курсу:

Навчити здобувачів вищої освіти:

- базовим концепціям побудови систем керування електроприводами, орієнтуватись у поняттях систем автоматичного керування;
- проєктувати релейно-контакторні схеми керування електроприводами;
- методам представлення елементів електромеханічних систем у вигляді динамічних ланок і структурних схем;
- проєктувати системи електроприводів із перетворювачами частоти – обирати компоненти, складати схеми підключення;
- параметризувати і налагоджувати перетворювачі частоти;
- передбачати поведінку систем електропривода постійного і змінного струмів при зміні параметрів регуляторів;
- розуміти призначення і структуру сучасних систем електропривода змінного струму – систем із векторним керуванням, прямим керуванням моменту;
- розраховувати параметри спостерігачів потокозчеплення і швидкості в системах асинхронного електропривода.

3. Результати навчання

Дисциплінарні результати навчання:

- формулювати цілі та критерії якості в задачах проєктування систем керування електроприводами;
- укладати технічні рішення для організації систем керування асинхронним електроприводом
- розуміти особливості проєктування і експлуатації частотно-керованого електропривода. Вміти обирати перетворювачі та додаткові компоненти згідно заданих умов, проєктувати схеми підключення та здійснювати їх налагодження;
- застосовувати поняття з теорії автоматичного керування для аналізу і синтезу систем керування електроприводами. Розуміти поведінку систем в залежності від параметрів регуляторів і зворотних зв'язків;
- синтезувати структуру системи векторного керування, реалізувати спостерігачі;
- розуміти принципи та вміти проєктувати системи керування електроприводами постійного струму, здійснювати налагодження таких систем;
- укладати релейно-контакторні схеми керування електроприводами змінного і постійного струму;

- досліджувати динамічні властивості систем змінного та постійного струму на основі математичних моделей.

4. Структура курсу

ЛЕКЦІЇ

1 Базові поняття в галузі систем керування електроприводами

Задачі спеціаліста – електромеханіка і потрібні компетентності

Класифікація електроприводів в промисловості та основні вимоги до них

Критерії якості і задачі керування електроприводом

Базові поняття і компоненти СКЕП

2. Системи електропривода із асинхронним двигуном у статичних режимах

Асинхронний електропривод як об'єкт керування у статичних режимах: параметри, характеристики, режими

Способи і системи регулювання швидкості асинхронних електроприводів

Асинхронний електропривод із частотним регулюванням швидкості. Поняття скалярного керування

Вольт-частотні характеристики для різних систем

IR-компенсація, керування електроприводом за мінімумом струму

Навантажувальна здатність асинхронного електропривода в системі частотного керування

3. Системи електропривода із перетворювачами частоти

Конструкція і принцип дії сучасних перетворювачів частоти (ПЧ)

Вибір перетворювача частоти в задачах проєктування

Навантажувальна здатність ПЧ

Електромагнітна сумісність систем із ПЧ

Методи гальмування в електроприводі із перетворювачем частоти. Розрахунок гальмівних резисторів

Програмне забезпечення і параметризація ПЧ. Спеціальні функції

Системи частотно-регульованого електропривода для турбомеханізмів. ПІД-регулювання

Системи частотно-регульованого електропривода для підйомних механізмів

Спеціальні рішення в системах із ПЧ (регулювання моменту, системи із декількома двигунами, спільна шина постійного струму, рекуперативні ПЧ)

Застарілі і перспективні системи частотного регулювання

4. Елементи теорії автоматичного регулювання в задачах СКЕП

Контури регулювання

Зміщення механічних характеристик АД і результуючі характеристики замкненої системи керування електроприводом

Динамічні і статичні задачі систем керування

Системи підпорядкованого регулювання

Пропорційний і пропорційно-інтегральний регулятор. Вплив параметрів регуляторів на вид перехідних процесів

5. Системи із векторним регулюванням

Диференційні рівняння АД. Системи координат

Просторово-часова модуляція (SVM)

Класична система векторного керування

Спостерігачі потокозчеплення

Пряме керування моментом

6. Системи електропривода із двигуном постійного струму

Способи регулювання швидкості електропривода постійного струму
Силові напівпровідникові перетворювачі постійного струму. Принцип дії, функціональність
Система генератор-двигун (Ward Leonardo setup) і її характеристики
Система «Тиристорний перетворювач – двигун» і її характеристики
Елементи системи електропривода постійного струму як динамічні ланки
Частотні критерії оптимізації для системи електропривода постійного струму. Модульний і симетричний критерій
Синтез регуляторів струму якоря і швидкості на основі частотних критеріїв оптимізації
Однозонний електропривод постійного струму. Перехідні процеси під час пуску за ступінчастим завданням. Вплив ЕРС двигуна на динаміку
Двозонний електропривод постійного струму
Позиційний електропривод

ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

Дослідження і створення релейно-контакторних схем керування електроприводом

Робота із перетворючачами частоти Altivar від Schneider Electric

Дослідження динамічних властивостей однозонного електропривода постійного струму

Дослідження електропривода постійного струму з опосередкованим зв'язком за швидкістю

Дослідження двозонного електропривода постійного струму

Дослідження динамічних властивостей векторного асинхронного електропривода

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Технічні засоби навчання.

Дистанційна платформа MOODLE, MS Teams.

Під час виконання лабораторних робіт використовується обладнання кафедри електропривода:

• стенди побудови релейно-контакторних систем керування в ауд.1/47;

• стенди типових релейно-контакторних систем керування в ауд.1/179;

• перетворювачі частоти Altivar Process в авторизованому навчальному центрі «Шнайдер Електрик» (ауд.5/34).

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74 – 89	добре
60 – 73	задовільно
0 – 59	незадовільно

Загальні критерії досягнення результатів навчання відповідають описам 6-го кваліфікаційного рівня НРК.

6.2. Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни **на підставі поточного оцінювання знань** за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та виконання і захисту лабораторних робіт складатиме не менше 60 балів.

Отримані бали за лекційну частину (проходження тестів) та лабораторні роботи (захист) додаються і є підсумковою оцінкою за семестр. Максимально за поточною успішністю здобувач вищої освіти може набрати **100 балів**.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Лабораторна частина		Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні	
40	60	40	100

В рамках курсу передбачено виконання 3 лабораторних роботи в осінньому семестрі і 3 у весняному. Під час захисту роботи здобувач відповідає на запитання стосовно ходу роботи, пояснює послідовність дій, демонструє отримані результати.

За результатами виконання робіт здобувачі складають звіт встановленого зразка, який завантажується до MS Teams у відповідну категорію.

Теоретична частина оцінюється за результатами здачі наприкінці кожної чверті контрольного тестового завдання, кожне з яких містить 20 запитань. За правильну відповідь на одне запитання здобувач отримує 1 бал (тобто максимальна оцінка за теоретичну частину – **40 балів**).

Лабораторні роботи оцінюються за результатами захисту. З кожної лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань по темі роботи. Відповідь на питання оцінюється максимально у 4 бали, причому:

- 4 бали – відповідь правильна;
- 3 бали – відповідь правильна з незначними неточностями;
- 2 бали – часткова відповідь, що містить неточності та/або помилки
- 1 бал – відповідь мінімально задовільна;
- 0 балів – відповідь не наведена або не відноситься до теми запитання.

Максимальна оцінка за одну лабораторну роботу при своєчасному захисті складає 10 балів. У сумі за лабораторну частину курсу при поточному оцінюванні у кожному семестрі отримується **максимум 60 балів**.

6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи. У випадку якщо здобувач вищої освіти за поточною успішністю отримав менше 60 балів та/або прагне поліпшити оцінку проводиться підсумкове оцінювання (залік) під час контрольних заходів. Якщо здобувач не здав у письмовій формі виконаних індивідуальних завдань (дві лабораторні роботи), він отримує незадовільну підсумкову оцінку з дисципліни.

Залік проводиться у вигляді комплексної контрольної роботи, яка включає запитання з теоретичної та лабораторної частини курсу. Білет складається з **60 тестових завдань** з чотирма варіантами відповідей, одна правильна відповідь оцінюється в 1 бал (**разом 60 балів**), **10 тестових завдань з лабораторної частини**, кожне з запитань оцінюється максимум у 4 бали (**разом 40 балів**), причому:

- 4 бали – відповідність еталону;
- 3 бали – відповідність еталону з незначними помилками;
- 2 бали – часткова відповідність еталону, питання повністю не розкрите;

- 1 бал – невідповідність еталону, але відповідність темі запитання;
- 0 балів – відповідь не наведена або не відноситься до теми запитання.

Отримані бали за відкриті та закриті тести додаються і є підсумковою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни. Максимально за підсумковою роботою здобувач вищої освіти може набрати 100 балів.

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності. Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2.Комунікаційна політика. Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту. Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4 Політика щодо оскарження оцінювання. Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять. Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов’язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об’єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

8. Рекомендовані джерела інформації

Базові:

1. Панкратов А.І. Системи керування електроприводами. Видання 2. Краматорськ: ДДМА, 2018. – 225 с.
2. Автоматизований електропривод: підручник. / Безвесільна О.М., Коробійчук І.В., Тимчик Г.С. – Житомір: ЖДТУ, 2015. – 452 с.
3. Спеціальні питання теорії електропривода: навч. посібник (3 частини) /І.С. Шевченко, Д.І. Морозов. – К.: Кафедра, 2014.
4. Перельмутер В.В. Пряме керування моментом і струмом двигунів змінного струму. Наукове видання. Харків: Основа, 2004 -210с.

Додаткові:

1. Колб А. А. Теорія електроприводу : навчальний посібник / А. А. Колб, А. А. Колб. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. – 511 с
2. Шавьолкін О.О., Наливайко О.М. Перетворювальна техніка: Навч. посібник. – Краматорськ: Донбаська ДМА, 2008. – 328 с.
3. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепіков В.Б. та інш. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посіб. за напрямом «Електромеханіка» / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепіков та інш. – К.: Либідь, 2005. – (у двох частинах)
4. Довгань С. М. Дослідження систем електропривода методами математичного моделювання / Довгань С.М. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2001. -137 с.
5. Werner Leonard. Control of Electric Drives. Springer Science & Business Media, 2001.
6. Bose Bimal K. Power Electronics and Motor Drives: Advances and Trends. –Elsevier, 2006. – 917 p.
7. Vas, Peter. Sensorless Vector and Direct Torque Control / Peter Vas – New York: Oxford University Press Inc, 1998. – 367 p.

Інформаційні ресурси:

1. Бібліотека матеріалів по електроприводам на порталі MathWorks https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ug/about-the-electric-drives-library.html
2. Electric Drives - Motor Controllers and Control Systems на порталі Electropaedia https://www.mpoweruk.com/motorcontrols.htm
3. Electric Drives Systems на порталі Science https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/electric-drive-system
4. Література на сайті кафедри електропривода: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/books/automaticED.php#controlsystemED