

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Системи керування електроприводами



Ступінь освіти	бакалавр
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Тривалість викладання	7,8 семестр
Заняття:	Осінній, весняний семестр
Лекції (год/тижд.):	3 год. (13 чв.) та 2 год. (14, 15 чв.)
лабораторні заняття (год/тижд.):	3 години
Підсумковий контроль	залік
Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»:
Кафедра, що викладає

<https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=4007>
Електропривода

Викладач:



Балахонцев Олександр Васильович, кандидат технічних наук, доцент кафедри електропривода

Персональна сторінка:

<https://elprivod.nmu.org.ua/ua/departament/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-прінтери, 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 асинхронних двигунів і двигунів постійного струму, схеми із перетворювачами частоти і їх типові налагодження. Динаміка

систем, вплив параметрів регуляторів демонструється за допомогою моделювання.

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

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – формування компетентностей щодо проектування, налагодження та експлуатації систем керування електроприводами.

Завдання курсу:

- набути знання щодо базових концепцій побудови систем керування електроприводами, звикнути і орієнтуватись у поняттях систем автоматичного керування;
- навчитись проектувати релейно-контакторні схеми керування електроприводами;
- оволодіти методами представлення елементів електромеханічних систем у вигляді динамічних ланок і структурних схем;
- навчитись проектувати системи електроприводів із перетворювачами частоти – обирати компоненти, складати схеми підключення;
- навчитись параметризувати і налагоджувати перетворювачі частоти;
- вміти 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;
- і вміти розраховувати параметри спостерігачів потокозчеплення і швидкості в системах асинхронного електропривода.

3. Результати навчання:

Використовувати сучасні методи розрахунку, проектування та аналізу роботи систем автоматичного керування. Розрізняти за призначенням та складати структурні схеми СКЕП постійного та змінного струму, оптимізувати регулятори, розуміти і аналізувати перехідні процеси.

4. Структура курсу

ЛЕКЦІЇ

1. Базові поняття в галузі систем керування електроприводами

- 1.1. Задачі спеціаліста – електромеханіка і потрібні компетентності
- 1.2. Класифікація приводів в промисловості та основні вимоги до них
- 1.3. Критерії якості і задачі керування електроприводом
- 1.4. Базові поняття і компоненти СКЕП

- 2. Системи електропривода із асинхронним двигуном у статичних режимах**
 - 2.1. Асинхронний двигун як об'єкт керування у статичних режимах: параметри, характеристики, режими
 - 2.2. Способи і системи регулювання швидкості асинхронних двигунів
 - 2.3. Асинхронний електропривод із частотним регулюванням швидкості. Поняття скалярного керування
 - 2.4. Вольт-частотні характеристики для різних систем
 - 2.5. ІР-компенсація, керування електроприводом за мінімумом струму
 - 2.6. Навантажувальна здатність асинхронного двигуна в системі частотного керування
- 3. Системи електропривода із перетворювачами частоти**
 - 3.1. Конструкція і принцип дії сучасних перетворювачів частоти (ПЧ)
 - 3.2. Вибір перетворювача частоти в задачах проектування
 - 3.3. Навантажувальна здатність ПЧ
 - 3.4. Електромагнітна сумісність систем із ПЧ
 - 3.5. Методи гальмування в електроприводі із перетворювачем частоти. Розрахунок гальмівних резисторів
 - 3.6. Програмне забезпечення і параметризація ПЧ. Спеціальні функції
 - 3.7. Системи частотно-регульованого електропривода для турбомеханізмів. ПД-регулювання
 - 3.8. Системи частотно-регульованого електропривода для підйомних механізмів
 - 3.9. Спеціальні рішення в системах із ПЧ (регулювання моменту, системи із декількома двигунами, спільна шина постійного струму, рекуперативні ПЧ)
 - 3.10. Застарілі і перспективні системи частотного регулювання
- 4. Елементи теорії автоматичного регулювання в задачах СКЕП**
 - 4.1. Регулятор. Зворотній зв'язок. Керування за похибкою і збуренням. Контур регулювання
 - 4.2. Зміщення механічних характеристик АД і результуючі характеристики замкненої системи керування електроприводом
 - 4.3. Динамічні і статичні задачі систем керування
 - 4.4. Системи підпорядкованого регулювання
 - 4.5. Пропорційний і пропорційно-інтегральний регулятор. Статичні і астатичні системи. Вплив параметрів регуляторів на вид перехідних процесів
- 5. Системи із векторним регулюванням**
 - 5.1. Диференційні рівняння АД. Системи координат
 - 5.2. Просторово-часова модуляція (SVM)
 - 5.3. Класична система векторного керування
 - 5.4. Спостерігачі потокозчеплення
 - 5.5. Пряме керування моментом
- 6. Системи електропривода із двигуном постійного струму**
 - 6.1. Способи регулювання швидкості двигуна постійного струму (ДПС)

- 6.2.Силові напівпровідникові перетворювачі постійного струму. Принцип дії, функціональність
- 6.3.Система генератор-двигун (Ward Leonardo setup) і її характеристики
- 6.4.Система тиристорний перетворювач – двигун і її характеристики
- 6.5.Елементи системи електропривода постійного струму як динамічні ланки
- 6.6.Частотні критерії оптимізації для системи електропривода постійного струму. Модульний і симетричний критерій
- 6.7.Синтез регуляторів струму якоря і швидкості на основі частотних критеріїв оптимізації
- 6.8.Однозонний електропривод постійного струму. Перехідні процеси під час пуску за ступінчастим завданням. Вплив ЕРС двигуна на динаміку
- 6.9.Двוזонний електропривод постійного струму
- 6.10. Позиційний електропривод

ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

1. Дослідження і створення релейно-контакторних схем керування електроприводом
2. Робота із перетворювачами частоти Altivar від Schneider Electric
3. Дослідження динамічних властивостей однозонного електропривода постійного струму
4. Дослідження електропривода постійного струму з опосередкованим зв'язком за швидкістю
5. Дослідження двозонного електропривода постійного струму
6. Моделювання асинхронного двигуна в різних системах координат
7. Дослідження динамічних властивостей векторного асинхронного електропривода

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Для виконання лабораторних робіт використовуються:

- 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);
- Моделі електроприводів постійного і змінного струму в пакеті MatLAB;

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/ Excellent
75-89	Добре/ Good
60-74	Задовільно/ Satisfactory
0-59	Незадовільно/ Fail

6.2. Лабораторні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної з роботи. Кожна із 6 робіт оцінюється по 10-бальній шкалі (тобто максимальна сума балів за лабораторні роботи складає 60 балів).

6.3. Теоретична частина оцінюється за результатами здачі наприкінці кожної чверті двох контрольних тестових завдань, кожне з яких містить 25 запитань. За правильну відповідь на одне запитання студент отримує 2 бали (тобто максимальна оцінка за теоретичну частину – 100 балів).

6.4. Підсумкова оцінка за курс (за 100-бальною шкалою):

$$ПО = \frac{\frac{100}{60} СБ_{\text{лр}} \cdot 4 + СБ_{\text{т}} \cdot 5}{4 + 5},$$

де $СБ_{\text{лр}}$ – сума балів за здачу лабораторних робіт; $СБ_{\text{т}}$ – сума балів за теоретичну частину; 60 – максимальна сума балів за лабораторні роботи; 100 – максимальна кількість балів за теоретичну частину; 4 – кількість годин на тиждень лабораторних робіт; 5 – кількість годин на тиждень лекцій.

6.5. Здобувачі вищої освіти можуть отримати підсумкову оцінку з дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування з теоретичної частини та лабораторних робіт складатиме не менше 60 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

Основні

1. Перельмутер В.В. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока. Научное издание, Харьков: Основа, 2004 -210с.
2. Спеціальні питання теорії електропривода: навч. посібник (3 частини) /І.С. Шевченко, Д.І. Морозов. – К.: Кафедра, 2014.
3. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. та інші. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посіб. за напрямом «Електромеханіка» / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та інші. – К.: Либідь, 2005. Ч1.– 397 с.; Ч2. – 680 с.

Додаткові

1. Шавьолкін О.О., Наливайко О.М. Перетворювальна техніка: Навч. посібник. – Краматорськ: Донбаська ДМА, 2008. – 328 с.
2. Werner Leonard. Control of Electric Drives. Springer Science & Business Media, 2001.
3. Bose Bimal K. Power Electronics and Motor Drives: Advances and Trends. – Elsevier, 2006. – 917 p.
4. 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>