



Електропривод

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Професійна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/очна (вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити 90 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropvtocha@ukr.net¹</i> <i>Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropvtocha@ukr.net</i> <i>асистент, Торопова Лілія Володимирівна, тел. 050-633-76-20, email: liliaya@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Доступний на платформі «Google_classroom». Код доступу надається викладачем на першому занятті.</i>

¹ Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

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

Ця дисципліна є продовженням знайомства студентів з електричними машинами і теорією автоматичного управління, а також складними системами керування електромеханічними системами. Вивчаються принципи розширеного керування електричними машинами постійного і змінного струму, вказані шляхи підвищення якості стабілізації швидкості, моменту і положення валу двигуна.

Метою вивчення дисципліни можна зазначити формування у студентів теоретичних знань з принципів керування електричними машинами.

Предметом навчальної дисципліни є принципи керування електричними машинами за допомогою напівпровідникових пристроїв.

Компетенції: (ЗК7) Здатність працювати в команді; (ФК5) Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу; (ФК9) Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування; (ФК10) Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці;

Уміння: (ПРН3) Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПРН7) Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах; (ПРН17) Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж; (ПРН20) Застосовувати сучасні методи оптимізації при синтезі електротехнічних та мехатронних систем та комплексів.

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

Навчальна дисципліна «Електропривод» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як "Загальна фізика", «Вища математика», «Гідравліка та гідропневмопривод», «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів і мехатронних систем» та ін.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Електропривод», є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері автоматизації електротехніки та мехатроніки та при вивченні таких дисциплін: «Моделювання електротехнічних та мехатронних комплексів», «Автоматизований електропривод машин і установок», «Транспортні системи електромеханічних комплексів» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Електропривод» складається з 4 розділів:

- Розділ 1. Складні системи електроприводу:

Тема 1.1. Система електроприводу Г-Д.

Тема 1.2. Система електроприводу ТП-Д.

Тема 1.3. Система електроприводу ТРП-Д.

Тема 1.4. Система електроприводу ПЧ-АД.

- **Розділ 2. Системи електроприводу синхронних двигунів малих потужностей:**

Тема 2.1. Кроковий електропривод.

Тема 2.2. Вентильний електропривод.

- **Розділ 3. Системи керування складними системи електроприводу.**

Тема 3.1. Схеми керування складними системами електроприводу.

Тема 3.2. Налаштування регуляторів для схеми підпорядкованого керування.

- **Розділ 4. Робочі режими електроприводів.**

Тема 4.1. Теплові режими роботи електродвигунів.

Тема 4.2. Робота електроприводів при векторному керуванні.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Голодний І.М., Червінський Л.С., Жильцов А.В., Санченко О.В. Романенко О.І. Моделювання регульованого електропривода: Підручник. – К.: Аграр Медіа Груп, 2019. – 266 с.
2. Голодний І. М., Лаврінченко Ю. М., Козирський В. В., Червінський Л. С., Абдураманов Д. А., Торопов А. В., Санченко О. В. Регульований електропривод : підручник. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2015. - 509 с.
3. Електропривод. Механіка електроприводу. Електромеханічне перетворення енергії та електромеханічні властивості двигунів постійного струму [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. М. Пижов, Н. Д. Красношапка, М. Я. Островерхов. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,57 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 198 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41950>
4. Електропривод. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / А. В. Торопов, В. М. Пермяков, А. В. Босак, Л. В. Торопова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,26 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 50 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47741>

Допоміжна література:

5. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод. Теорія і практика/ За ред. М.Г.Поповича, В.В.Костицького. – К.: КНУТД. – 2008. – 408 с.
6. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання. Навчальний посібник./І.М. Голодний, Ю.М. Лаврінченко, М.В. Синявський, В.В. Козирський, Л.С. Червінський, В.М. Решетнюк, В.В. Савченко; За ред.І.М. Голодного. – 2вид.- К.Аграр Медіа-груп. 2012-513с.
7. Елементи автоматизованого електропривода: Навчальний посібник/ А.П. Калінов, В.О. Мельников. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В. 2014-276с.
8. Drive Solutions Mechatronics for production and logistics. Edited by E.Kiel.–Berlin : SpringerVerlag, 2008. – 542 p.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[4]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними

темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Викладання проводиться у формі лекцій та лабораторних занять. При виконанні розрахункової роботи застосовується проблемно-пошуковий метод, самостійна робота, робота з літературою.

№ з/п	Зміст навчальної роботи
1-2	<p>Лекція 1. Тема 1.1. Система електроприводу Г-Д. Основи роботи системи електроприводу Г-Д..</p> <p>Література: [1].</p> <p>Лекція 2. Тема 1.1. Система електроприводу Г-Д. Регулювання швидкості в системі Г-Д.</p> <p>Література: [2].</p>
3-4	<p>Лекція 3. Тема 1.2. Система електроприводу ТП-Д. Основи роботи системи електроприводу ТП-Д.</p> <p>Література: [2].</p> <p>Лекція 4. Тема 1.2. Система електроприводу ТП-Д. Механічні та електромеханічні характеристики ТП-Д.</p> <p>Література: [3].</p>
5-6	<p>Лекція 5. Тема 2.1. Тема 1.3. Система електроприводу ТРП-Д. Основи роботи системи електроприводу ТРП-Д.</p> <p>Література: [1].</p> <p>Лекція 6. Тема 1.4. Система електроприводу ПЧ-АД. Основи роботи системи електроприводу ПЧ-АД.</p> <p>Література: [3].</p>
7-8	<p>Лекція 7. Тема 1.4. Система електроприводу ПЧ-АД. Сучасні системи електроприводу ПЧ-АД.</p> <p>Література: [4].</p> <p>Лекція 8. Тема 2.1. Кроковий електропривод. Основи роботи крокового електроприводу.</p> <p>Література: [4].</p> <p>Модульна контрольна робота 1.</p>
9-10	<p>Лекція 9. Тема 2.1. Кроковий електропривод. Системи керування кроковими двигунами.</p> <p>Література: [3].</p> <p>Лекція 10. Тема 2.2. Вентильний електропривод. Системи керування вентильним електроприводом.</p> <p>Література: [3].</p>
11-12	<p>Лекція 11. Тема 3.1. Схеми керування складними системами електроприводу.</p>

	<p>Основні принципи побудови схем керування складними системами електроприводу. Література: [3]. Лекція 12. Тема 3.1. Схеми керування складними системами електроприводу. Сучасні схеми керування складними системами електроприводу. Література: [4].</p>
13-14	<p>Лекція 13. Тема 3.1. Налагодження регуляторів для схеми підпорядкованого керування. Налагодження регуляторів струму і швидкості для схеми підпорядкованого керування. Література: [4]. Лекція 14. Тема 4.1. Теплові режими роботи електродвигунів. Розрахунок двигуна для різних теплових режимів. Література: [4].</p>
15-16	<p>Лекція 15. Тема 4.2. Робота електроприводів при векторному керуванні. Векторне керування. Рівняння Парка - Горева . Література: [3]. Лекція 16. Тема 4.2. Робота електроприводів при векторному керуванні. Побудова векторного керування моментом із використанням естиматорів. Пряме керування моментом синхронного електродвигуна із постійними магнітами. Література: [1,3].</p>

Лабораторні роботи

№ з/п	Зміст навчальної роботи
Лабораторна робота 1.	Дослідження статичних характеристик системи неререверсивний транзисторний перетворювач напруги – двигун постійного струму.
Лабораторна робота 2.	Експериментальні дослідження системи регульованого електроприводу за системою «Перетворювач частоти – асинхронний двигун».
Лабораторна робота 3.	Дослідження механічних характеристик системи «Сервоперетворювач - вентильний двигун».
Лабораторна робота 4.	Дослідження механічних характеристик системи «Перетворювач частоти – синхронний двигун з постійними магнітами».

6. Самостійна робота студента

підготовку до аудиторних занять – 16 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 4 год;

виконання РГР – 10 год;

підготовку до заліку – 6 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного

навчання), а також відкрито курс «Основи електромехатроніки» на платформі «Google Classroom» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; тести, які потрібно виконати за лекціями; методичні рекомендації до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Google Classroom» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Електропривод» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Електропривод» на платформі «Google Classroom».

Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

Поточний контроль: виконання лабораторної роботи (4 лабораторні по 10 балів), МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 20 балів), РГР (40 балів). МКР виконується у вигляді відповіді на два теоретичні запитання з лекційного матеріалу першої половини семестру. МКР студент виконує безпосередньо на лекційному занятті, за 15-20 хвилин до його закінчення. По закінченню заняття робота над МКР закінчується і не підлягає переписуванню.

Кожне лабораторна робота при оцінюється в 10 балів за такими критеріями:

– «відмінно» – правильно оформлені результати дослідження та сформульований відповідний висновок (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування при захисті – 9 – 10 балів;

– «добре» – правильно оформлені результати дослідження та сформульований відповідний висновок (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності при відповіді при захисті – 7 – 8 балів;

– «задовільно» – містяться неточності в оформленні результатів дослідження або сформульований невідповідний висновок (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки під час нахисту – 5 – 6 балів;

– «незадовільно» – невірно оформлені результати дослідження або незадовільна відповідь при захисті – 0 балів.

Кожне питання МКР оцінюється в 10 балів за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 9 – 10 балів;

– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 7 – 8 балів;

– «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 5 – 6 балів;

– «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

–

Вимоги до написання РГР надаються у вигляді методичних рекомендацій і розміщуються на платформі «Google Classroom» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

РГР оцінюється в 40 балів за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 36 – 40 балів;

- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 31 – 35 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 25– 30 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Вимоги до написання РГР надаються у вигляді методичних рекомендацій і розміщуються на платформі «Google Classroom» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

Семестровий контроль: залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані лабораторні роботи, МКР і РГР.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, але виконані і зараховані лабораторні, МКР і РГР, студент виконує залікову роботу. У цьому разі сума балів за лабораторні, МКР і РГР та за залікову роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на заліковій роботі, та балів за лабораторні, МКР та РГР.

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу.

Залікова робота оцінюється у 40 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу та однієї задачі.

Кожне запитання оцінюється в 15 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд –15 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 14 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 12 – 13 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Задача оцінюється в 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна процедура вирішення (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та отримано вірну відповідь –10 балів;
- «добре» – неповна процедура вирішення (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 8-9 балів;
- «задовільно» – невірна відповідь, неповна процедура вирішення (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 6-7 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Для заочної форми навчання

Поточний контроль: лабораторні роботи (40 балів), МКР (20 балів), РГР (40 балів). Структура МКР та РГР, вимоги до них та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведені вище.

Семестровий контроль: Залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані МКР та РГР.

Студенти, які виконали умови допуску до заліку, виконують залікову роботу. Сума балів за МКР, РГР та за залікову роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Екзаменаційна робота оцінюється у 40 балів, як і для очної форми навчання. Критерії оцінювання наведено вище.

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

Рекомендації щодо виконання індивідуального семестрового завдання

Вивчення кредитного модуля «Електропривод» передбачає виконання студентами розрахунково - графічної роботи.

Мета розрахунково – графічної роботи – навчитися розраховувати і вибирати електропривод змінного струму з реостатним керування в розімкненій системі в період пуску та гальмування.

Розрахунок та вибір автоматизованого електропривода з асинхронним двигуном із фазним ротором.

Перші цифри та літера в шифрі означають варіант завдання, а останні цифри – варіант діаграм швидкості та прискорення. Тип кінематичної схеми і таблицю діаграм швидкості та прискорення визначають за таблицею варіантів завдань (додаток).

У розрахунково – графічній роботі студент розв’язує задачу вибору електродвигуна, побудови діаграм навантажень, розрахунку та вибору пускових і гальмівних реостатів, побудови кривих перехідних процесів, складання та опису схеми автоматизованого електропривода змінного струму.

У методичних вказівках показана послідовність та основні положення виконання розрахунково - графічної роботи. Студенти можуть виконувати розрахунково - графічну роботу за іншими методиками з обов’язковим розв’язанням всіх поставлених завдань.

Розрахунково – графічна робота складається з пояснювальної записки об’ємом 15-20 сторінок формату А4 та графічного матеріалу у вигляді принципової схеми на аркушах формату А4, виконаний відповідно до ДСТУ.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцент кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів, к.т.н., Торопов Антон Валерійович

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Протокол №23 від 14.06.22.

Погоджено: Методичною комісією ННІЕЕ (протокол №12 від 24.06.22.)

Питання для заліку з навчальної дисципліни «Електропривод»

1. Основи роботи системи електроприводу Г-Д..
2. Регулювання швидкості в системі Г-Д.
3. Основи роботи системи електроприводу ТП-Д.
4. Механічні та електромеханічні характеристики ТП-Д.
5. Принцип роботи системи ТрП-Д в режимі широтно – імпульсної модуляції.
6. Принцип роботи системи ПЧ-АД в режимі амплітудно – імпульсної модуляції.
7. Принцип роботи системи ПЧ-АД в режимі широтно – імпульсної модуляції.
8. Механічні характеристики системи ПЧ-АД в рушійному режимі.
9. Способи реалізації гальмування асинхронним двигуном від перетворювача частоти.
10. Механічні характеристики системи ПЧ –АД в режимах гальмування.
11. Принцип роботи крокового електроприводу.
12. Системи керування кроковими двигунами.
13. Принцип роботи системи керування вентильним електроприводом.
14. Схема керування електроприводом із підсумовуючим підсилювачем.
15. Схема керування електроприводом із логічним перемикаючим пристроєм.
16. Схеми підпорядкованого керування електроприводом.
17. Сучасні схеми керування складними системами електроприводу.
18. Налагодження регуляторів струму і швидкості для схеми підпорядкованого керування згідно оптимумів керування. .
19. Теплові режими роботи електродвигунів.
20. Векторне керування.
21. Рівняння Парка - Горева .
22. Побудова векторного керування моментом із використанням естиматорів.
23. Пряме керування моментом синхронного електродвигуна із постійними магнітами.