



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Автоматизації
електротехнічними і
мехатронними
комплексами

Основи електромехатроніки

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>Нормативна</i> |
| Форма навчання | <i>Очна (денна)/очна (вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>2 курс, весняний семестр</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>4 кредитів 120 годин</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>Іспит, МКР, РГР</i> |
| Розклад занять | <i>http://rozklad.kpi.ua/</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: асистент, Торопова Лілія Володимирівна, тел. 050-633-76-20, email: liliaya@ukr.net</i> <i>Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropovtosha@ukr.net</i> <i>асистент, Торопова Лілія Володимирівна, тел. 050-633-76-20, email: liliaya@ukr.net</i> |
| Розміщення курсу | <i>Доступний на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.</i> |

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

Ця дисципліна є продовженням знайомства студентів з електричними машинами і теорією автоматичного управління. Надаються основи механіки, а саме вплив пружності, інерції, крутних моментів та в'язкостей на поведінку вихідного валу робочого механізму, надаються основні залежності при приведенні вищевказаних величин для порівняльного аналізу. Крім того, вивчаються основні принципи керування електричними машинами постійного і змінного струму, вказані шляхи підвищення якості стабілізації швидкості, моменту і положення валу двигуна. Також в процесі вивчення двигунів надаються динамічні характеристики машин постійного та змінного струму для можливості аналізу динамічної стійкості та застосування регуляторів, що були раніше вивчені в теорії автоматичного керування.

Мета вивчення дисципліни - формування у студентів теоретичних знань з принципів керування електричними машинами.

Предметом навчальної дисципліни є принципи керування електричними машинами.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (K12) Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки; (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; (K21) Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

Уміння: (ПР6). Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР7) Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

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

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

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

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Основи електромехатроніки» складається з 4 розділів:

- **Розділ 1. Основи механіки електроприводу:**

Тема 1.1. Основи електроприводу.

Тема 1.2. Механічна частина електроприводу..

- Розділ 2. Режими експлуатації електроприводу:

Тема 2.1. Режими роботи електродвигунів.

Тема 2.2. Характеристики електроприводу.

- Розділ 3. Двигун постійного струму.

Тема 3.1. Характеристики роботи двигунів постійного струму НЗ.

Тема 3.2. Гальмівні режими роботи ДПС НЗ.

Тема 3.3. Характеристики роботи двигунів постійного струму ПЗ.

- Розділ 4. Двигуни змінного струму.

Тема 4.1. Характеристики асинхронних двигунів.

Тема 4.2. Гальмівні режими АД.

Тема 4.3. Динамічні властивості АД.

Тема 4.4. Характеристики синхронних двигунів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Основи електромехатроніки. Методичні вказівки до практичних робіт [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / А. В. Торопов, А. В. Босак, Л. В. Торопова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 401 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 42 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47798>

2. Основи електромехатроніки. Методичні вказівки до розрахунково–графічної роботи [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: 691 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 32 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47795>

3. 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.

4. 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.

5. 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. Красношарпа, 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>

Допоміжна література:

6. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод. Теорія і практика/ За ред. М.Г.Поповича, В.В.Кострицького. – К.: КНУТД. – 2008. – 408 с.

7. 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.

8. Елементи автоматизованого електропривода: Навчальний посібник/ А.П. Калінов, В.О. Мельников. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В. 2014-276с.

9. 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]-[5]. 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, практичних та лабораторних занять. При виконанні розрахункової роботи застосовується проблемно-пошуковий метод.

| № з/п | Зміст навчальної роботи |
|-------|---|
| 1-2 | Лекція 1. Тема 1.1. Основи електроприводу. Основні поняття та визначення вузлів електромехатроніки. Література: [1]. Лекція 2. Тема 1.1. Основи електроприводу. Основне рівняння руху електроприводу. Література: [5]. |
| 3-4 | Лекція 3. Тема 1.2. Механічна частина електроприводу. Структура механічної частини електроприводу. Література: [2]. Лекція 4. Тема 1.2. Механічна частина електроприводу. Режими експлуатації електроприводу. Література: [3]. |
| 5-6 | Лекція 5. Тема 2.1. Режими роботи електродвигунів. Сталій режим роботи електропривода. Література: [4]. Лекція 6. Тема 2.2. Характеристики електроприводу. Механічні та електромеханічні характеристики ЕП. Література: [3]. |
| 7-8 | Лекція 7. Тема 2.2. Характеристики електроприводу. Статична стійкість електроприводу. Література: [5]. Лекція 8. Тема 3.1. Характеристики роботи двигунів постійного струму НЗ. Основні залежності параметрів роботи в двигунах постійного струму НЗ. Література: [5]. Модульна контрольна робота 1. |
| 9-10 | Лекція 9. Тема 3.1. Характеристики роботи двигунів постійного струму НЗ. Статичні характеристики двигуна постійного струму. Штучні механічні характеристики при регулюванні швидкості. Література: [5]. |

| | |
|-------|--|
| | <p>Лекція 10. Тема 3.2. Гальмівні режими роботи ДПС НЗ. Штучні механічні характеристики двигунів при гальмуванні. Література: [5].</p> |
| 11-12 | <p>Лекція 11. Тема 4.1. Характеристики асинхронних двигунів. Електромеханічні властивості АД. Основні параметри та схеми вмикання асинхронних двигунів. Література: [3].</p> <p>Лекція 12. Тема 4.1. Характеристики асинхронних двигунів. Штучні характеристики асинхронних двигунів при регулюванні швидкості. Література: [4].</p> |
| 13-14 | <p>Лекція 13. Тема 4.2. Гальмівні режими АД. Види та практична реалізація електричного гальмування асинхронних двигунів. Література: [4].</p> <p>Лекція 14. Тема 4.2. Гальмівні режими АД. Механічні характеристики асинхронного двигуна при електричному гальмуванні. Література: [4].</p> |
| 15-16 | <p>Лекція 15. Динамічні властивості АД. Побудова математичної моделі АД на основі лінеаризованої механічної характеристики. Побудова математичної моделі асинхронного двигуна з урахуванням інерційності електромагнітного та електромеханічного перетворення. Література: [3].</p> <p>Лекція 16. Характеристики синхронних двигунів. Основні визначення синхронних двигунів. Механічні характеристики синхронних двигунів. Література: [3,5].</p> |

Практичні заняття

| № з/п | Зміст навчальної роботи |
|-----------------------------|--|
| Практичне заняття 1. | Визначення приведенного моменту інерції конвеєру з двома приводними двигунами. |
| Практичне заняття 2. | Визначення електричних параметрів двигуна постійного струму з незалежним збудженням. |
| Практичне заняття 3. | Розрахунок пускової діаграми двигуна постійного струму при реостатному пуску як функції часу. |
| Практичне заняття 4. | Розрахунок пускової діаграми двигуна постійного струму при реостатному пуску як функції струму. |
| Практичне заняття 5. | Розрахунок пускової діаграми двигуна постійного струму при реостатному пуску як функції швидкості. |
| Практичне заняття 6. | Розрахунок електричних параметрів асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. |
| Практичне заняття 7. | Розрахунок електричних параметрів асинхронного двигуна з фазним ротором. |

| | |
|-----------------------------|--|
| Практичне заняття 8. | Розрахунок пускової діаграми двигуна змінного струму при реостатному пуску як функції часу. |
| Практичне заняття 9. | Розрахунок пускової діаграми двигуна змінного струму при реостатному пуску як функції струму.. |

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 24 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 4 год;

виконання РГР – 10 год;

підготовку до іспиту – 30 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 «Основи електромехатроніки» 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 «Основи електромехатроніки» 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: 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 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: іспит. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані МКР і РГР.

$$RC(\max) = 20 + 40 = 60 \text{ балів}$$

$$RC(\min) = 5 + 25 = 30 \text{ балів}$$

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу.

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

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

РГР оцінюється в 42 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 35 – 42 балів;

- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 26 – 34 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 12– 25 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».

Студенти, які виконали умови допуску до іспиту, виконують екзаменаційну роботу. Сума балів за МКР, РГР та за екзаменаційну 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)

Рекомендації щодо виконання індивідуального семестрового завдання

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, наприклад курс Motors and Motor Control Circuits на платформі Coursera. 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.

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

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

Розрахунок та вибір автоматизованого електропривода з двигуном постійного струму незалежного збудження

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.

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.)

**Додаток до силябусу освітнього компонента
курсу «Основи електромехатроніки»**

Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль

1. Структура електроприводу та визначення електроприводу
2. Режим рекуперації ДПС с НЗ. Схеми реалізації гальмування.
3. Режими роботи електродвигунів.
4. Загальна класифікація електроприводу
5. Гальмівні режими двигуна постійного струму з незалежним збудженням. Режим протипротиввімкнення.
6. Аналіз основного рівняння руху ЕП
7. Штучні характеристики АД
8. Статична стійкість електроприводу
9. Види статичних моментів
10. Гальмівні режими роботи ДПС з НЗ. Режим електродинамічного гальмування.
11. Способи пуску двигуна постійного струму із незалежним збудженням.
12. Структурна схема механічної частини простого електроприводу
13. Гальмівні режими ДПС із збудженням від постійних магнітів.
14. Приведення моментів інерції і поступально-рухомих мас.
15. Приведення моментів і сил опору інерційних мас
16. Показники регулювання електроприводів
17. Структурна схема двигуна постійного струму із регулюванням збудження.
18. Приведення моментів інерції і поступальних мас, що рухаються
19. Рівняння сталого режиму електроприводу
20. Статичні характеристики крокового двигуна.
21. Керування кроковими двигунами.