



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



Автоматизації
електротехнічними і
мехатронними
комплексами

Основи мехатроніки і робототехніки

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>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Денна/заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доцент, к.т.н., Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropovtosha@ukr.net Практичні: асистент, Торопова Лілія Володимирівна, тел. 050-633-76-20, email: liliaya@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Njg0ODU1NTM0M0M4?cjc=nz5tf5d</i>

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

Ця дисципліна є продовженням знайомства студентів з електричним приводом, електромехатронними системи і теорією автоматичного управління. Надаються побудови робототехнічних систем, склад, параметри та класифікація робототехнічних комплексів. Також пояснюються принципи налаштування робототехнічних комплексів, алгоритмізація їх роботи. Основи систем автоматичного керування переміщенням ланок робота. Загальна класифікація систем числового програмного управління.

Мета вивчення дисципліни - знайомство з основними поняттями мехатроніки та робототехніки, освоєння принципів конструювання та управління робототехнічними системами, формування сучасних уявлень та навичок у галузі керування роботом з використанням кодів та машинних команд числового програмного управління.

Предметом навчання є основними поняттями мехатроніки та робототехніки, налаштування механічних та електронних вузлів робототехнічних комплексів, складання алгоритму роботи роботизованого комплексів, складання простих програм керування роботами..

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.

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 мехатроніки і робототехніки» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як «Вища математика», «Загальна фізика», «Основи електромехатроніки», «Електропривод» та ін.

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

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Основи мехатроніки і робототехніки» складається з 4 розділів:

- **Розділ 1. Сервоприводні системи робототехнічних комплексів:**

Тема 1.1. Принципи побудови сервоприводних систем.

Тема 1.2. Налаштування електричних сервоприводних систем.

Розділ 2. Пряма та зворотна задачі кінематики маніпулятора промислових роботів.

Тема 2.1. Пряма задача кінематики.

Тема 2.2. Зворотна задача кінематики.

- **Розділ 3. Мови програмування пристроїв із ЧПК:**

Тема 3.1. G-кодування. Обробка даних.

Тема 3.2. Сучасне кодування систем ЧПК.

- Розділ 4.

Тема 4.1. Режими роботи систем керування роботів.

Тема 4.2. Системи керування переміщенням роботів.

Тема 4.3. Механізми маніпуляторів і захоплювальних пристроїв.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Основи мехатроніки і робототехніки. 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, А. В. Босак, Л. В. Торопова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 691 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 32 с.

2. 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.

3. Голодний І. М., Лавріненко 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.

4. Навчальний посібник з дисципліни Маніпулятори та промислові роботи. Для студентів бакалаврів, спеціальності: 131 - Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування, /Укладачі.: Михайлов Є. П., Лінгур В.М. – Одеса: ОНПУ, 2019. - 233 с.

Допоміжна література:

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

6. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання. Навчальний посібник./І.М. Голодний, Ю.М. Лавриненко, 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. YRC1000 options instructions for INFORM language. Access at: <http://assets.efc.gwu.edu/yaskawa-motoman/178649-1CD.pdf>

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]-[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	<i>Зміст навчальної роботи</i>
1-2	<p>Лекція 1. Тема 1.1. Відмінності сервоприводів від звичайних частотно-керованих електроприводів. Література: [1].</p> <p>Лекція 2. Тема 1.1. Типові контури систем керування рухом (сервосистем). Література: [5].</p>
3-4	<p>Лекція 3. Тема 1.1. Режими роботи сервоприводу в режимі керування положенням. Література: [2].</p> <p>Лекція 4. Тема 1.2. Багатоосьові слідкуючі системи та підвищення точності сервоприводів. Діаграма Вишнеградського. Література: [3].</p>
5-6	<p>Лекція 5. Тема 1.2. Виконавчі пристрої робототехнічних систем. Література: [4].</p> <p>Лекція 6. Тема 2.1. Планування траєкторії руху. Література: [3].</p>
7-8	<p>Лекція 7. Тема 2.1 Пряма задача кінематики. Література: [5].</p> <p>Лекція 8. Тема 2.2. Метод Денавіта-Хартенберга та його застосування. Література: [4].</p> <p>Модульна контрольна робота 1.</p>
9-10	<p>Лекція 9. Тема 3.1. Обернена задача кінематики Література: [54].</p> <p>Лекція 10. Тема 2.2. Обернена швидкісна задача Література: [5].</p>
11-12	<p>Лекція 11. Тема 3.1. Мови програмування пристроїв із ЧПК. G-кодування. Обробка даних. Література: [3].</p> <p>Лекція 12. Тема 3.2. Сучасні мови програмування пристроїв із ЧПК. Література: [2,4].</p>
13-14	<p>Лекція 13. Тема 4.1. Режими роботи систем керування роботів. Література: [4].</p> <p>Лекція 14. Тема 4.2. Циклові системи керування переміщенням роботів. Література: [4].</p>
15-16	<p>Лекція 15. Тема 4.2. Позиційні системи керування переміщенням роботів. Література: [3].</p> <p>Лекція 16. Тема 4.2. Контурні системи керування переміщенням роботів. Література: [3,5].</p>
17-18	<p>Лекція 17. Тема 4.3. Пневматичні захвати. Класифікація. Література: [1,4].</p> <p>Лекція 18. Тема 4.4. Електричні захвати. Класифікація. Література: [1,4].</p>

Практичні заняття

№ з/п	Зміст навчальної роботи
Практичне заняття 1.	Розрахунок регулятора положення для одноконтурної системи керування переміщенням
Практичне заняття 2.	Розрахунок регулятора положення для триконтурної системи керування кутом повороту і П- або ПІ – регуляторами швидкості
Практичне заняття 3.	Розрахунок упереджуючого керування при керуванні положенням
Практичне заняття 4.	Вирішення задачі синтезу регулятора швидкості методом діаграми Вишнеградського при зворотному зв'язку за прискоренням другої маси
Практичне заняття 5.	Вирішення задачі синтезу регулятора швидкості методом діаграми Вишнеградського при зворотному зв'язку за пружним моментом
Практичне заняття 6.	Вирішення задачі синтезу регулятора швидкості методом діаграми Вишнеградського при зворотному зв'язку за різницею швидкостей
Практичне заняття 7.	Планування траєкторії руху для 2-D переміщення при обертовому русі
Практичне заняття 8.	Планування траєкторії руху для 2-D переміщення при лінійному русі
Практичне заняття 9.	Планування траєкторії руху для 2-D переміщення при складеному русі

Лабораторні заняття

№ з/п	Зміст навчальної роботи
Лабораторна робота 1.	Дослідження динаміки одноконтурної системи керування швидкістю ДПС з НЗ
Лабораторна робота 2.	Дослідження динаміки системи керування швидкістю ДПС з НЗ зі зворотним від'ємним зв'язком зі швидкості і струмовим відсіканням
Лабораторна робота 3.	Дослідження динаміки двозонної системи підпорядкованого керування швидкістю ДПС з НЗ
Лабораторна робота 4.	Дослідження динаміки електроприводу за системою джерело струму – ДПС з НЗ
Лабораторна робота 5.	Дослідження динаміки одноконтурної системи керування положенням

Лабораторна робота 6.	Дослідження динаміки триконтурної система керування кутом повороту
Лабораторна робота 7.	Дослідження динаміки системи керування кутом повороту із упереджувачим керуванням
Лабораторна робота 8.	Дослідження динаміки синхронного двигуна із постійними магнітами із контролем кута повороту в режимі керування швидкістю
Лабораторна робота 9.	Дослідження динаміки синхронного двигуна із постійними магнітами в режимі циклічної роботи при керуванні положенням

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 28 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 мехатроніки і робототехніки» на платформі «Google Classroom». 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 мехатроніки і робототехніки» 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 мехатроніки і робототехніки» на платформі «Google Classroom».

Присутність здобувачів вищої освіти на лабораторних 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 (розділена на дві частини, кожна частина проводиться безпосередньо на лекційному занятті, у присутності викладача, 20 балів), РГР (35 балів), лабораторні роботи (9 лабораторних робіт x 5 балів). Частини МКР виконуються у вигляді відповідей на короткі теоретичні запитання з лекційного матеріалу першої та другої половини семестру, відповідно. МКР виконується студентом безпосередньо на лекційному занятті, за 15-20 хвилин до його закінчення. По закінченню заняття робота над МКР закінчується і не підлягає переписуванню.

Кожна частина 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 КПП».

РГР оцінюється в 35 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 33 – 35 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 29 – 32 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 23 – 28 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 КПП».

Завдання в рамках лабораторного заняття оцінюються в 5 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 5 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 4 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 3 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Методичні рекомендації до практичних та лабораторних робіт розміщуються на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПП»

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: виконана 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.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, також може взяти участь у заліковій роботі.

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу, що оцінюється в 100 балів.

Контрольне завдання цієї роботи складається з трьох теоретичних запитань з тематики, що надана у формі питань у додатку до силабусу.

Кожне теоретичне запитання оцінюються в 33 бали за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 30-33 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 26-29 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 20 – 25 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

За умови набрання студентом максимальної кількості балів за кожне питання залікової роботи, йому додається преміальний бал.

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 вибрати 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.

Вивчення кредитного модуля «Основи мехатроніки і робототехніки» передбачає виконання студентами розрахунково - графічної роботи.

Мета розрахунково – графічної роботи – навчитися розраховувати налаштовувати електромеханічну систему із пружним зв'язком методами послідовної корекції, а також досліджувати систему керування методами цифрового моделювання.

Номер варіанту для розрахунково- графічної роботи визначається згідно списку групи.

У розрахунково – графічній роботі студент розв'язує задачу отримання математичної моделі сервопривода із колекторним двигуном постійного струму, здійснювати синтез регуляторів із використанням діаграми Вишнеградського та досліджувати перехідні процеси в системі із використанням прикладного програмного забезпечення.

Розрахунково – графічна робота складається з пояснювальної записки об'ємом 10-15 сторінок формату А4.

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 №18 від 24.06.24.

Погоджено: Методичною комісією НН ІЕЕ (протокол №21 від 25.06.24)

**Додаток до силябусу освітнього компонента
курсу «Основи мехатроніки і робототехніки»**

Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль

1. Структура сервоприводної системи.
2. Принципи побудови сервоприводних систем.
3. Класифікація мехатронних та робототехнічних систем за кількістю осей переміщення.
4. Підвищення точності позиціонування сервоприводних систем при відпрацюванні складного переміщення.
5. Пряма задача кінематики при використанні робототехнічних систем.
6. Метод Денавіта-Хартенберга та його застосування для робототехнічних систем.
7. Зворотна задача кінематики при використанні робототехнічних систем для систем позиціонування.
8. Зворотна швидкісна задача кінематики при використанні робототехнічних систем.
9. Дайте визначення і умови використання G-кодів.
10. Які бувають і чим відрізняються системи керування роботами.
11. Які бувають контури регулювання електроприводів переміщення роботів.
12. Які системи керування роботами будуються з використанням ПЛК, а які з ЧПК?
13. Для яких систем використовується налаштування методом діаграми Вишнеградського?
14. Способи керування струмом і моментом в роботизованих системах.