



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



Автоматизації
електротехнічними і
мехатронними
комплексами

Кінематика промислових роботів та механізмів

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>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів 120 годин (36 лекцій, 18 практичних, 66 СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доцент, к.т.н., Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropovtosha@ukr.net</i> Практичні: <i>асистент, Торопова Лілія Володимирівна, тел. 050-633-76-20, email: liliaya@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Nzc0OTI0OTMwMzQy?cjc=5ywppv44</i>

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

Ця дисципліна є продовженням знайомства студентів з електричним приводом, мехатронними і робототехнічними системи і теорією автоматичного управління. Надаються принципи побудови кінематики 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 «Кінематика промислових роботів та механізмів» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як «Кінематика промислових роботів та механізмів», «Основи електромехатроніки», «Електропривод» тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Кінематика промислових роботів та механізмів», 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 «Кінематика промислових роботів та механізмів» складається з 4 розділів:

- Розділ 1. Кінематичні схеми промислових роботів:

Тема 1.1. Основні поняття і визначення кінематики промислових роботів.

Тема 1.2. Робочі зони та показники якості кінематичних схем промислових роботів.

Розділ 2. Розрахунок кінематики промислових роботів.

Тема 2.1. Методи розрахунку кінематики промислових роботів.

Тема 2.2. Пряма і обернена задача кінематики.

- Розділ 3. Привід промислових роботів:

Тема 3.1. Загальні відомості про привід промислових роботів.

Тема 3.2. Особливості конструкції пневматичних приводів.

Тема 3.3. Гідравлічний привід промислових роботів.

Тема 3.4. Датчики зворотного зв'язку в приводних системах.

- Розділ 4. Програмний емулятор РТК.

Тема 4.1. Структура і інтерфейс програмного емулятора.

Тема 4.2. Особливості роботи програмного емулятора.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Кінематика промислових роботів та механізмів. 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. – 20 с.
2. 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.
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. 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:

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. YRC1000 options instructions for INFORM language. Access at: <http://assets.efc.gwu.edu/yaskawa-motoman/178649-1CD.pdf>
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

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	Лекція 1. Тема 1.1. Основні поняття і визначення кінематики ПР. Література: [1]. Лекція 2. Тема 1.2. Робочі зони та показники якості кінематичних схем ПР. Література: [5].
3-4	Лекція 3. Тема 1.2. Захоплювачі ПР. Технічні вимоги до ПР. Література: [2]. Лекція 4. Тема 1.2. Методи розрахунку кінематики промислових роботів. Література: [3].
5-6	Лекція 5. Тема 2.1. Числові методи розрахунку кінематики промислових роботів. Література: [4]. Лекція 6. Тема 2.2. Пряма задача кінематики. Література: [3].
7-8	Лекція 7. Тема 2.2. Обернена задача кінематики. Література: [5]. Лекція 8. Тема 2.2. Приклад розрахунку кінематики промислового робота Література: [4]. Модульна контрольна робота 1.
9-10	Лекція 9. Тема 3.1. Загальні відомості про привід ПР Література: [4]. Лекція 10. Тема 3.2. Типові елементи пневматичного приводу ПР. Загальні відомості про гальмування поршнями. Література: [5].
11-12	Лекція 11. Тема 3.2. Гальмування поршня спеціальним дроселюванням Література: [3]. Лекція 12. Тема 3.2. Гальмування поршня за допомогою протитиску. Гальмування поршня зовнішніми амортизаторами. Література: [2,4].
13-14	Лекція 13. Тема 3.2. Принцип роботи ПР з пневматичним приводом Література: [4]. Лекція 14. Тема 3.3. Гідравлічний привід промислових роботів. Література: [4].
15-16	Лекція 15.. Тема 3.4. Інкрементальні датчики положення приводів. Література: [3]. Лекція 16. Тема 3.3. Абсолютні датчики положення приводів. Література: [3,5].
17-18	Лекція 17. Тема 4.1. Структура та інтерфейс програмного емулятора. Література: [1,4]. Лекція 18. Тема 4.4. Особливості роботи програмного емулятора.

Література: [1,4].

Практичні заняття

№ з/п	Зміст навчальної роботи
Практичне заняття 1.	Реалізація циклічної роботи промислового робота для різних команди умовного переходу IF, FOR, CASE
Практичне заняття 2.	Програмування робота з використанням М-файлу в середовищі MATLAB із обмеженим масивом даних завдання
Практичне заняття 3.	Емуляція переміщення робота із конвертацією системи координат без обмежень за об'ємом пам'яті
Практичне заняття 4.	Емуляція переміщення робота із конвертацією системи координат із обмеженням за об'ємом пам'яті
Практичне заняття 5.	Емуляція покрокового переміщення робота в середовищі Sim Studio
Практичне заняття 6.	Емуляція найшвидшого переміщення в просторі робота в середовищі Sim Studio
Практичне заняття 7.	Емуляція складного переміщення в просторі робота в середовищі Sim Studio
Практичне заняття 8.	Взаємопов'язана робота роботів - асистентів
Практичне заняття 9.	Програмування системи 3-D друку для простих переміщень

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 56 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 4 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 «Кінематика промислових роботів та механізмів» 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 «Кінематика промислових роботів та механізмів» 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 «Кінематика промислових роботів та механізмів» 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 (розділена на дві частини, кожна частина проводиться безпосередньо на лекційному занятті, у присутності викладача, 28 балів), завдання в рамках практичного заняття (9 практичних занять $\times$ 8 балів = 72 бали). 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 14 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 11–14 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 6–10 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 3–5 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».

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 8 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – алгоритм працює без збоїв (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд щодо побудови алгоритму – 8 балів;
- «добре» – алгоритм працює без збоїв (не менше 75 % потрібної інформації), і виконаний згідно з вимогами до рівня «умінь» проте містить незначні неточності – 7 балів;
- «задовільно» – алгоритм працює без збоїв (не менше 60 % потрібної інформації), і виконаний згідно з вимогами до «стереотипного» рівня і містить деякі помилки – 6 бали;
- «незадовільно» – алгоритм не працює – 0 балів.

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 завантажені в класрум практичні заняття.

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 практичні та МКР, 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 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.

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 №15 від .06.25.

Погоджено: Методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № від .06.25)

Додаток до силабусу освітнього компонента
курсу «Кінематика промислових роботів та механізмів»
Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль

1. Структура промислового робота.
2. Перелічіть види кінематичних схем промислових роботів.
3. Наведіть переваги пневматичних роботів, у порівнянні з іншими.
4. Наведіть переваги гідравлічних роботів, у порівнянні з іншими.
5. Які бувають системи координат промислових роботів.
6. Назвіть переваги полярної системи координат та де вона використовується.
7. Назвіть переваги ангулярної системи координат.
8. Назвіть основні вимоги до ПР при проєктуванні.
9. Назвіть переваги інкрементальних датчиків швидкості.
10. Назвіть переваги цифрових абсолютних датчиків положення.
11. Назвіть переваги аналогових абсолютних датчиків положення.
12. Для чого вирішуються пряма і обернена задача кінематики?
13. Для чого на практиці використовуються емулятори РТК?
14. Основні функції емуляторів РТК?
15. Які емулятори РТК використовуються для роботів «великої четвірки»?