



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Числове програмне керування мехатронними системами

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Інститут

ННІ Навчально-науковий інститут енергетики, електроніки та електромеханіки.

Освітня програма

Електропривод, мехатроніка та робототехніка

Кафедра

Автоматизовані електромеханічні системи (129)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Професійна профільна підготовка

Семестр

1, 2

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Аніщенко Микола Васильович

mykola.anishchenko@kpi.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри автоматизованих електромеханічних систем НТУ «ХПІ»

Досвід роботи – 40 років. Автор понад 60 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Основи схемотехніки», «Промислові роботи», «Числове програмне керування мехатронними системами».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Курс спрямований на оволодіння теоретичними основами та практичними навичками у галузі проектування та експлуатації сучасних пристроїв числового програмного керування та електроприводів металорізальних верстатів і промислових роботів. Розглядається принцип організації та види промислових мереж для автоматичного керування технологічним обладнанням.

Мета та цілі дисципліни

Сформувати у студентів поняття й надати знання про методи побудови систем числового програмного керування, основи підготовки керуючих програм, структуру систем числового програмного керування, принципи побудови електроприводів металорізальних верстатів і промислових роботів та організацію промислових мереж для обміну інформацією між пристроями автоматизованих систем керування.

Формат занять

Лекції, практичні роботи, розрахункові завдання, консультації. Підсумковий контроль: 1 семестр – екзамен, 2 семестр – залік.

Компетентності

- K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- K02. Здатність використовувати іноземну мову для здійснення професійної, науково-технічної діяльності та спілкування.
- K03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- K04. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- K05. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, працювати самостійно та в команді.
- K13. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
- K14. Знання і розуміння сучасних технологічних процесів та систем технологічної підготовки виробництва, технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації електроенергетичного, електротехнічного і електромеханічного устаткування та обладнання.
- K15. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи та відповідне програмне забезпечення для вирішення науково-технічних проблем та проводити наукові дослідження в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
- K16. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань, в т.ч. при проектуванні та експлуатації об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
- K17. Здатність застосовувати аналітичні методи аналізу, математичне моделювання та виконувати фізичні, математичні і обчислювальні експерименти для розв'язання інженерних завдань та при проведенні наукових досліджень.
- K18. Здатність застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових завдань інженерної та наукової діяльності в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
- K 22. Здатність аналізувати сучасний стан та визначати тенденції розвитку систем електропривода та теорії автоматичного керування, систем числового керування мехатронними системами, металорізальними верстатами, промисловими і мобільними роботами.
- K 23. Здатність використовувати сучасні методи математичного апарату при проектуванні електромеханічних і мехатронних систем та мікропроцесорних систем керування електроприводами.
- K 25. Здатність розробляти та розраховувати схеми електротехнічних установок різного призначення, визначати склад їх обладнання та розраховувати режими їх роботи.
- K 26. Здатність застосовувати сучасні засоби обчислювальної техніки, комунікації та зв'язку при проведенні технічних розрахунків засобів автоматизації підприємств та конструюванні мехатронних систем та модулів.
- K 27. Здатність використовувати сучасні методи конструювання та розрахунку окремих мехатронних систем та модулів та методи математичного і комп'ютерного моделювання для дослідження динамічних характеристик мехатронних та робототехнічних систем.

Результати навчання

- ПР02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.
- ПР03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.
- ПР05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.
- ПР06. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.
- ПР08. Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.
- ПР10. Дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності в освітній та науковій діяльності.
- ПР12. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР14. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПР15. Вирішувати професійні задачі з проектування, монтажу та експлуатації електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних комплексів та систем.

ПР16. Опановувати нові методи синтезу електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних установок та систем із заданими показниками.

ПР18. Аналізувати сучасний стан та визначати тенденції розвитку систем електропривода та теорії автоматичного керування, систем числового керування мехатронними системами, металорізальними верстатами, мобільними та промисловими роботами.

ПР19. Вміти використовувати сучасні методи математичного апарату при проектуванні електромеханічних систем, мікропроцесорних систем керування електроприводами мехатронних систем.

ПР21. Вміти застосовувати сучасні засоби обчислювальної техніки, комунікації та зв'язку при проведенні технічних розрахунків автоматизації підприємств та конструюванні мехатронних систем та модулів.

ПР22. Вміти використовувати сучасні методи конструювання та розрахунку окремих мехатронних систем та модулів та методи математичного і комп'ютерного моделювання для дослідження динамічних характеристик мехатронних та робототехнічних систем.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 180 год. (6 кредитів ECTS): лекції – 64 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 100 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати кваліфікацію 1 (бакалаврського) рівня підготовки освітньої програми "Електропривод, мехатроніка та робототехніка" або інших освітніх програм спеціальності "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Під час проведення занять використовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. При проведенні лекцій використовуються підготовлені та заздалегідь роздані студентам тексти лекцій. При цьому з'являється можливість більш детального розгляду деяких розділів лекційного матеріалу та проведення поточного і тестового контролю.

Практичні заняття пов'язані з підготовкою керуючих програм ручним способом та з використанням системи автоматизованого програмування. Розроблені програми обробляються на персональних комп'ютерах з емуляторами реального пристрою числового програмного керування. Це дозволяє ознайомитися з програмуванням та принципом роботи пристроїв ЧПК.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

1 семестр, частина 1

Тема 1. Сучасні методи керування мехатронними модулями і системами

Постановка задачі керування мехатронними системами. Ієрархія керування в мехатронних системах. Системи керування виконавчого, тактичного та стратегічного рівнів.

Тема 2. Загальні відомості про системи ЧПК

Основні визначення систем ЧПК. Структура технологічного процесу і технологічна документація.

Тема 3. Системи координат. Розрахунок елементів траєкторії інструмента

Системи координат верстата, деталі та інструмента. Зв'язок систем координат. Розрахунок елементів контуру деталі і траєкторії інструмента. Інтерполяція і особливості розрахунку траєкторії інструмента.

Тема 4. Керуюча програма. Код ISO-7 bit

Код ISO-7 bit. Структура керуючої програми. Формат кадру керуючої програми. Види програмоносіїв.

Тема 5. Системи автоматизації програмування

Класифікація та огляд САП. Структура САП. Мови програмування САП. Методи и мови програмування робіт.

Тема 6. Структура і класифікація систем ЧПК. Мікропроцесорні пристрої ЧПК 1-го покоління

Структура та класифікація систем ЧПК верстатами. Системи ЧПК класів NC, SNC. Системи ЧПК класів CNC, DNC, HNC. Архітектура мікропроцесорних ПЧПК. Пристрій ЧПК моделі 2C42. Пристрій ЧПК моделі «Електроніка НЦ-31». Пристрій ЧПК моделі «Електроніка НЦ 80-31» (МС-2101). Пристрій ЧПК моделі «Сфера-36».

Тема 7. Класифікація і структурні схеми сучасних систем ЧПК

Класифікація сучасних пристроїв ЧПК. Пристрої ЧПК типу CNC і PCNC-1. Пристрій ЧПК типу PCNC-1 моделі WL4. Пристрій ЧПК типу PCNC-1 моделі NC-230. Пристрій ЧПК типу PCNC-2. Пристрій ЧПК типу PCNC-3. Пристрої ЧПК типу PCNC-4. Пристрій ЧПК типу PCNC-4 моделі WinPCNC.

Тема 8. Операційні системи керуючих мікропроцесорних систем

Операційні системи. Системи реального часу. Огляд операційних систем реального часу. Проблема реального часу в системах ЧПК типу PCNC.

Тема 9. Принцип побудови систем ЧПК типу PCNC

Модульна відкрита архітектура систем ЧПК. Принцип відкритого керування. Побудова міжмодульного комунікаційного середовища.

Тема 10. Програмне забезпечення та інтерфейси керуючих мікропроцесорних систем

Програмне забезпечення МП ПЧПК. Особливості програмного забезпечення систем ЧПК типу PCNC. Види інтерфейсів МП систем.

Тема 11. Термінальна задача керування

Інтерпретатор діалогу в Windows- інтерфейсі. Побудова редактора КП в кодї ISO-7bit та мовою високого рівня. Принципи побудови віддалених терміналів.

Тема 12. Діагностична задача керування

Системи діагностики технічного стану. Діагностика пристроїв ЧПК. Структура підсистеми діагностики ПЧПК типу PCNC. Реалізація логічного аналізатора. Реалізація осцилографа.

Тема 13. Логічна задача керування

Суть логічної задачі керування. Контролер електроавтоматики МП ПЧПК 1-го покоління. Керування електроавтоматикою контролерами типу PLC. Графічний редактор логіки роботи контролера електроавтоматики пристроїв ЧПК серії WL. Керування електроавтоматикою за допомогою віртуального контролера SOFTPLC.

Тема 14. Технологічна задача ЧПК

Керування якістю обробки деталі. Адаптивне керування ефективністю обробки. Системи адаптивного керування.

Тема 15. Реалізація геометричної задачі

Інтерпретатор керуючих програм. Суть інтерполяції. Інтерполятор в системах ЧПК типу PCNC.

Тема 16. Методи інтерполяції

Інтерполяція методом функції оцінювання. Інтерполяція методом цифрових диференціальних перетворювачів. Поліноміальна інтерполяція.

2 семестр, частина 2

Тема 1. Класифікація електроприводів верстатів і робіт. Електропривод головного руху

Класифікація електроприводів верстатів і робіт. Електропривод головного руху. Функціональна схема. Комплектний привод головного руху «Кемтор». Комплектний асинхронний електропривод Fanuc. Комплектні електрошпинделі

Тема 2. Комплектні електроприводи подачі

Структура слідкувального електропривода. Комплектний електропривод подачі постійного струму. Комплектний асинхронний електропривод подачі. Вентильний електропривод подачі.

Тема 3. Кроковий електропривод систем з ЧПК

Крокові електродвигуни. Системи керування кроковими двигунами. Комплектні блоки керування кроковими двигунами.

Тема 4. Датчики зворотного зв'язку за положенням

Індукційні датчики зворотного зв'язку за положенням. Магнітостриктивні датчики. Фотоелектричні перетворювачі кута (ФПК). Інкрементальні оптичні енкодери. Абсолютні оптичні енкодери. Абсолютні датчики з інтерфейсом SSI. Оптичні лінійні датчики положення.

Тема 5. Організація контуру положення в МП ПЧПК

Організація контуру положення в ПЧПК «Електроніка НЦ-31». Контур положення в ПЧПК типу CNC «Електроніка НЦ80-31». Організація контуру положення в ПЧПК типу CNC 2C42. Модуль положення осі ПЧПК типу PCNC JNC. Контур положення ПЧПК типу PCNC FMS-3200.

Тема 6. Слідкувальний електропривод систем з ЧПК

Призначення і характеристики слідкувального електропривода. Корекція систем керування СЕП. Слідкувальний ЕП при стандартній настройці регуляторів. Особливості вибору електродвигуна механізму подачі.

Тема 7. Нестандартні настройки регуляторів слідкувального електропривода

Постановка задачі. Апроксимація поліномом Баттерворта. Апроксимація поліномом Чебишева. Настройка СЕП за методом Поздеева.

Тема 8. Системи комбінованого керування СЕП

Принцип комбінованого керування. Система з компенсацією помилки за керуючим впливом. Система з компенсацією помилки за збурюючим впливом. Структура системи комбінованого керування.

Тема 9. Вплив похибок слідкувального електропривода на якість обробки

Показники якості обробки деталей. Швидкісна складова контурної похибки. Статична складова контурної похибки. Зв'язок електропривода з системою ЧПК.

Тема 10. Характеристики і особливості побудови цифрових слідкувальних електроприводів

Характеристики цифрових систем керування. Цифрова система регулювання положення. Структура слідкувального електропривода з сервоконтролером. Побудова цифрових приводів з SERCOS-інтерфейсом.

Тема 11. Промислові мережі та інтерфейси

Загальні відомості про промислові мережі. Принцип взаємодії відкритих систем. Технічне та програмне забезпечення промислових мереж. Класифікація промислових мереж.

Тема 12. Фізичні канали передачі даних

Фізичне середовище передачі даних. Безпроводні канали передачі даних. Провідні канали передачі даних.

Тема 13. Топологія промислових мереж

Технологія передачі даних. Топологія промислових мереж. Методи керування обміном.

Тема 14. Стандарти та інтерфейси 1 та 2 рівня моделі OSI

Інтерфейс RS-485. Інтерфейси RS-422 и RS-232. Інтерфейс «струмова петля». Стандарти безпроводних мереж.

Тема 15. Промислові мережі типу Sensorbus

SERCOS – інтерфейс. AS-інтерфейс. Стандарт HART. Промислові мережі CAN.

Тема 16. Промислові мережі типу Fieldbus

Промислові мережі Modbus. Промислові мережі Profibus. Мережна технологія Ethernet. Промислові мережі на основі Ethernet.

Теми практичних занять

Тема 1. Розрахунок елементів траєкторії інструмента

Вступ в програмування обробки виробів на прикладі фрезерної обробки. Програмування контуру деталі та еквідистантного контуру.

Тема 2. Підготовка керуючих програм пристрою ЧПК WL4

Загальні питання підготовки керуючих програм пристрою ЧПК WL4. Програмування переміщень. Приклади підготовки КП пристрою ЧПК WL4 в коді ISO-bit для різних деталей.

Тема 3. Системи автоматизації програмування пристроїв ЧПК

Підготовка керуючих програм з використанням системи автоматизації програмування «ІНТЕРСАП-4». Приклади програмування на вхідній мові САП «ІНТЕРСАП-4».

Тема 4. Практична робота на пристрої ЧПК WL4

Ознайомлення з ПЧПК WL4. Режимми роботи. Програмування переміщень, подачі і технологічних команд. Робота з ПЧПК WL4. Введення і редагування КП. Вивчення візуалізатора. Виконання індивідуальних завдань.

Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені

Самостійна робота

Курс передбачає виконання двох (по одному у кожному семестрі) індивідуальних розрахункових завдань.

1 семестр: Розробка керуючої програми для фрезерної обробки складної деталі за допомогою системи автоматизації програмування «ІНТЕРСАП-4».

2 семестр: Розрахунок системи двозонного регулювання швидкості електропривода головного руху металорізального верстату.

За результатами розрахунків та моделювання оформлюється письмовий звіт. Після перевірки звіту студент повинен захистити розрахункове завдання.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1 Аніщенко М.В. Системи числового програмного керування : навчальний посібник/ Харків : «Підручник НТУ «ХПІ», 2012. – 312 с.

2 Онофрейчук Н.В. Основи обробки та програмування на верстатах з числовим програмним керуванням /Київ: «Світ», 2019. – 352 с.

3 Доля В.М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК: Навчальний посібник. □ Харків: НТУ „ХПІ”, 2003. □ 169 с.

4 Інноваційне обладнання автоматизованого виробництва. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,8 Мбайт) – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с

https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36433/1/IOAV_verstaty_ChPK.pdf

5 Міранцов С. Л. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК : навчальний посібник / С. Л. Міранцов, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко, Є. В. Мішура, О. С. Ковалевська – Краматорськ : ДДМА, 2011. – 152 с. <http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/kmsit/metod.pdf>

6 Шульга А.А. Автоматизований електропривод металорізальних верстатів: навчальний посібник: для студентів спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» / А. А. Шульга, І. І. Полупан, А.А. Ткаченко. – Краматорськ: ДДМА 2010. – 124 с.

<http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/kmsit/metod.pdf>

7 Підготовка керуючих програм на прикладі фрезерної обробки на верстаті 6P13Ф з пристроєм ЧПК 2С42: Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Програмне керування механізмами» для студентів спеціальності 7.092203 – Електромеханічні системи автоматизації та електропривод/ Уклад. М. В. Аніщенко – Х. : НТУ „ХПІ”, 2011. – 60 с.

8 Синтез системы двухзонного регулирования частоты вращения электропривода главного движения металлорежущих станков [Электронный ресурс] : метод. указания к выполнению расчетного задания по курсу "Числовое программное управление мехатронными системами" : для студ. специализаций 141.09 – Электромеханические системы автоматизации и электропривод 141.10 – Мехатроника и робототехника / сост. Н. В. Анищенко ; Нац. техн. ун-т "Харьков. политехн. ин-т". – Электрон. текст. данные. – Харьков, 2019. – 29 с. – URI:

<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/39464>.

9 Розрахунок електроприводів верстатів з числовим програмним керуванням: Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування для студентів спеціальності 7.05070204

Електромеханічні системи автоматизації та електропривід /Уклад. М.М. Казачковський – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. – 50 с.

https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/pdpdp/%D0%95%D0%9F_%D0%A7%D0%9F%D0%A3.pdf.

10 Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах:

Навчальний посібник / О.М.Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк – К. : Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

Додаткова література

1 Методичні вказівки до самостійної роботи “Числове програмне управління технологічним обладнанням» з дисципліни «Системи управління металорізальними верстатами» та “Автоматизація виробничих процесів” Для студентів напряму підготовки 6.050502 “Інженерна механіка», та 6.050503 “Машинобудування”. Укл.: Коротков В.С. Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2016 р., 12 стор. <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/1/1-1-mzs10.pdf>

2 Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с. http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Mulyar_2004_91.pdf

3 Технічна документація пристрою ЧПК WL4M

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

1 семестр: 100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (40%) та поточного оцінювання (60%). Екзамен: 2 запитання з теорії + виконання завдання, усна доповідь. Поточне оцінювання: онлайн тести, виконання індивідуальних завдань на практичних заняттях та розрахункове завдання (по 20%).
2 семестр: 100% підсумкової оцінки складається з результатів поточного оцінювання. Поточне оцінювання: онлайн тести, та розрахункове завдання (по 50%).

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис
21.09.2023

Завідувач кафедри
Богдан ВОРОБІЙОВ

Дата погодження, підпис
21.09.2023

Гарант ОП
Віра ШАМАРДІНА