



Технології керування електротехнічними комплексами та мехатронними системами

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G3 Електрична інженерія</i>
Освітня програма	<i>Технології керування електротехнічними комплексами та мехатронними системами</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити / 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор та практичні заняття: <i>к.т.н., доц. Кулаковський Леонід Ярославович</i> ; <i>e-mail: kulakovskiy@ukr.net; тел. +38-097-453-65-46 (08:00 – 16:00)</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компонента «Технології керування електротехнічними комплексами та мехатронними системами» складено відповідно до освітньої програми підготовки магістрів «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» спеціальності G3 Електрична інженерія.

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей:

Компетенції: (K11) Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (K19) Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (K22) Здатність до розробки засобів, способів і методів науки і техніки, спрямованих на автоматизацію діючих і створення нових автоматизованих та автоматичних технологій і виробництв.

Предмет вивчення цієї дисципліни дає студентові знання та навички, необхідні для вирішення задач розроблення нових режимів, алгоритмів роботи електротехнічних та мехатронних комплексів та практичні навички побудови цифрових систем керування технологічними процесами і електромеханічним обладнанням за допомогою програмованих логічних контролерів.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: (ПР14) Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; (ПР16) Вибирати елементну базу електромеханічних та мехатронних систем, комплектних електро- та гідروприводів, засобів керування, захисту, автоматизації систем електропостачання машин і установок, виробничих дільниць та підприємств; (ПР17) Створювати інтелектуально-адаптивні системи автоматизованого керування і контролю технічного стану електромеханічним обладнанням на основі застосування програмовано-логічних контролерів.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти освітніми компонентами "Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням", "Моделювання електротехнічних та мехатронних систем", "Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем", "Інжиніринг електротехнічних та мехатронних систем".

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Програмовані логічні контролери низького рівня. Компановка, конфігурація, підключення

Тема 1.1. Основні відомості про програмовані логічні контролери. Особливо використання контролерів фірми Siemens в порівнянні з іншими контролерами.

Тема 1.2. Конфігурація входів та виходів програмованих логічних контролерів.

Тема 1.3. Схеми підключення типових пристроїв систем автоматизації до програмованих логічних контролерів.

Розділ 2. Типи даних в контролерах серій SIMATIC S7, адресація даних, операнди, мітки та параметри.

Тема 2.1. Типи даних. Призначення бітових типів даних. Операнди та мітки

Тема 2.2. Типова архітектура процесора S7. Слово стану (реєстр прапорів). Непряма адресація.

Тема 2.3. Типи параметрів.

Розділ 3. Технологія керування процесами мовою програмування контролерів LD (ladder diagram)

Тема 3.1. Програмні елементи релейної логіки

Тема 3.2. Програмне керування з LAD.

Розділ 4. Технологія керування процесами мовою програмування контролерів FBD (functional block diagram)

Тема 4.1. Програмування двійкових логічних операцій з FBD.

Тема 4.2. Програмування стандартних блоків з FBD.

Розділ 5. Технологія керування процесами мовою програмування контролерів SCL (Structured Control Language)

Тема 5.1. Програмування бінарних логічних операцій за допомогою SCL. Програмування функцій пам'яті за допомогою SCL.

Розділ 6. Технологія керування процесами мовою програмування контролерів STL (Statement list) та S7-GRAPH sequential control

Тема 6.1. Структура оператора STL.

Тема 6.2. Обробка двійкової логічної операції, крок операції.

Тема 6.3. Елементи послідовного керування.

Розділ 7. Додаткові функції блоків керування контролерів серій SIMATIC S7.

Тема 7.1. Цифрові функції.

Тема 7.2. Логічні функції.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.: Вид-во “ЛіраК”, 2011. – 552 с
- 2 Berger, Hans. Automating with SIMATIC S7-1500: configuring, programming and testing with STEP 7 Professional. Publicis Publishing, John Wiley & Sons, 2014, 832 p.
3. Прокопович, О. В. Основи програмування логічних контролерів: навчальний посібник / О. В. Прокопович, Ю. І. Шестопапов. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. – 256 с.
4. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual / Siemens AG. – Німеччина: Siemens Industrial Automation, 2021. – 780 p.

Допоміжна

5. Rabbie, Max (2018). Programmable Logic Controllers: hardware and programming. ISBN: 9781631269325 (доступ за посиланням <https://cutt.ly/ICInHV>).
6. Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. Автоматизація виробничих процесів. – Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016 – 352 с
7. SIMATIC S7 Troubleshooting and Diagnostics. Guide.Germany: Siemens Industrial Automation, 2022. – 600 с.
8. SIMATIC S7-1500 Programmable Controller System Manual. Germany: Siemens Industrial Automation, 2022. – 860 с.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПП ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковою для прочитання є базова література [1]-[4]. 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 інформаційнокомунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Викладання проводиться у формі лекцій та практичних занять.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)
1	Лекція 1. Тема 1.1. Основні відомості про програмовані логічні контролери. Особливості використання контролерів фірми Siemens в порівнянні з іншими контролерами. Типова будова панелей контролерів. Література: [1,3]
2	Лекція 2. Тема 1.3. Схеми підключення типових пристроїв систем автоматизації до програмованих логічних контролерів. Типові компоненти до програмованих логічних контролерів. Сигнальні модулі. Модулі цифрового введення. Модулі цифрового виведення. Модулі аналогового введення. Модулі аналогового виведення. Технологічні модулі. Комунікаційні модулі. Інші модулі. Модулі живлення системи. Розподілений ввід-вивід. PROFINET IO. Компоненти PROFINET IO. Адреси з PROFINET IO. Налаштування

	PROFINET IO. PROFIBUS DP. Компоненти PROFIBUS DP. Адреси з PROFIBUS DP. Налаштування PROFIBUS DP. Модулі сполучення для PROFIBUS DP. Література: [1,2]
3	Лекція 3. Тема 4.2. Технологія керування процесами мовою програмування контролерів FBD (functional block diagram). Програмування стандартних блоків з FBD. Присвоєння та заперечення присвоєння. Коробки встановлення та скидання. Оцінка фронту з імпульсним виходом на функціональній блок-схемі. Література: [2,3]
4	Лекція 4. Залікове оцінювання

Практичні заняття:

Практичні заняття з дисципліни проводяться викладачем згідно навчального плану. **Основною ціллю** практичних занять є закріплення теоретичних положень і набуття умінь їх практичного застосування шляхом виконання певних відповідно сформульованих завдань.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на практичне заняття
Практичне заняття №1	Програмування управління роботи пресу за допомогою контролерів фірми Siemens
Практичне заняття №2	Використання функціонального блоку (FC) для управління роботи конвеєру
Практичне заняття №6	Реалізація контролю рівня в резервуарі в середовищі TIA Portal. Програмування ПЛК компанії Siemens в середовищі Simatic Manager на мові ST
Практичне заняття №7	Використання блочних елементів математичних функцій для виконання математичних операцій в STEP 7

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних та практичних занять – 79 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 10 год;

підготовку до залікового оцінювання – 15 год.

На самостійне опрацювання виносяться такі теми:

№ з/п	Теми, що виносяться на самостійне опрацювання
1	<i>Тема 1.2.</i> Конфігурація входів та виходів програмованих логічних контролерів. Конфігурація пристрою. Налаштування станції. Додавання станції PLC. Додавання модуля. Параметризація модулів. Параметризація властивостей процесора. Модулі адресації. Параметрування сигнальних модулів. Література: [1,2]
2	<i>Тема 1.2.</i> Конфігурація входів та виходів програмованих логічних контролерів. Налаштування мережі. Підключення станції в мережу. Адреси вузлів у підмережі. Послуги зв'язку та види зв'язку. Налаштування підключення. Налаштування підмережі PROFINET. Налаштування підмережі PROFIBUS. Література: [1,4]
3	<i>Тема 2.1.</i> Типи даних. Призначення бітових типів даних. Призначення байта тактової пам'яті. Регістри CPU. Операнди та мітки. Області операндів: входи та виходи. Область операндів: розрядна пам'ять. Область операнда: дані. Область операнда: тимчасові

	локальні дані. Адресація операндів і тегів. Шлях сигналу. Абсолютна адресація. Символічна адресація. Адресація області тегів. Звернення до константи. Література: [1,3]
4	<i>Тема 2.2.</i> Типова архітектура процесора S7. Слово стану (реєстр прапорів). Непряма адресація. Непряма адресація компонентів ARRAY. Непряма адресація тега в БД ARRAY. Непряма адресація блоку даних. Непряма адресація з покажчиком ANY. Непряма адресація за допомогою PEEK і POKE (SCL). Література: [2,4]
5	<i>Тема 2.3.</i> Типи параметрів. Типи параметрів ТАЙМЕР і ЛІЧИЛЬНИК. Типи параметрів для функцій таймера ІЕС. Типи параметрів для функцій лічильника ІЕС. Типи параметрів BLOCK_FC і BLOCK_FB (STL). Тип параметра DB_ANY. Тип параметра VOID. Типи параметрів POINTER, ANY та VARIANT. Література: [1,2,8]
6	<i>Тема 3.1.</i> Технологія керування процесами мовою програмування контролерів LD (ladder diagram). Програмні елементи релейної логіки. <i>Тема 3.2.</i> Програмне керування з LAD. Функції стрибка в логіці сходів. Блокові функції виклику в схемній логіці. Функція завершення блоку в логіці сходів. Механізм EN/ENO в сходовій логіці. Література: [2,3]
7	<i>Тема 4.1.</i> Технологія керування процесами мовою програмування контролерів FBD (functional block diagram). Програмування бінарних логічних операцій за допомогою FBD. Сканування стану сигналу «1» і «0». Функція І на функціональній блок-схемі. Функція АБО на функціональній блок-схемі. Функція виняткового АБО на функціональній блок-схемі. Комбіновані двійкові логічні операції, що заперечують результат логічної операції. Література: [2,3]
8	<i>Тема 5.1.</i> Технологія керування процесами мовою програмування контролерів SCL (Structured Control Language). Сканування стану сигналу «1» і «0». Комбіновані двійкові логічні операції в SCL. Програмування функцій пам'яті за допомогою SCL. Присвоєння значення бінарного тегу. Налаштування та скидання в SCL. Оцінка краю в SCL. Література: [2,5,8]
9	<i>Тема 6.1.</i> Технологія керування процесами мовою програмування контролерів STL (Statement list) та S7-GRAPH sequential control. Структура оператора STL. Введення оператора STL. Адресація 64-розрядних тегів. Мережі STL в блоках LAD і FBD. <i>Тема 6.2.</i> Програмування функцій пам'яті за допомогою STL. Присвоєння у відомому списку. Налаштування та скидання в списку виписок. Обробка двійкової логічної операції, крок операції. Література: [2, 8]
10	<i>Тема 6.3.</i> Технологія керування процесами мовою програмування контролерів STL (Statement list) та S7-GRAPH sequential control. Елементи послідовного керування. Кроки і переходи. Стрибки в послідовному контролі. Розгалуження секвенсора. Література: [2,5,8]
11	<i>Тема 7.1.</i> Додаткові функції блоків керування контролерів серій SIMATIC S7. Цифрові функції. Передатні функції. Блок MOVE для LAD і FBD. Функції порівняння. Порівняння діапазону. Математичні функції. Тригонометричні функції SIN, COS, TAN. Дугові функції ASIN, ACOS, ATAN. Функції перетворення. Перетворення типів даних за допомогою ROUND, CEIL, FLOOR і TRUNC. Перетворення типів даних шістнадцяткових чисел. Масштабування та нормалізація. <i>Тема 7.2.</i> Логічні функції. Функції кодування DECO і ENCO. Функції вибору SEL, MUX і DEMUX. Мінімальний вибір MIN, максимальний вибір MAX.

Контрольна робота

Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компонента, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач прийняття рішень.

Модульна контрольна робота (МКР) виконується після вивчення Розділів 1-3 та виконання практичних занять 1-5. Контрольна робота проводиться у середовищі Google Classroom.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Інтелектуальні системи прийняття рішень» заснована на корпоративній політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і доброчесність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни «Інтелектуальні системи прийняття рішень» потребує: підготовки до практичних занять опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Підготовка та участь у практичних заняттях передбачає: ознайомлення з програмою навчальної дисципліни та планами практичних занять; вивчення теоретичного матеріалу; виконання завдань, запропонованих для самостійного опрацювання.

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Системи автоматизації»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

- здобувач вищої освіти повинен дотримувати навчально-академічної етики та графіка навчального процесу; бути зваженим, уважним.

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

Поточний контроль: МКР (модульна контрольна робота) проводиться перед другим календарним контролем на лекційному занятті у присутності викладача (52 балів), 4 практичних занять (10 балів за практичне заняття = $4 \times 10 = 40$) та балів за присутність та роботу на 4 лекційних заняттях (2 бали за одне заняття = $2 \times 4 = 8$). МКР виконується у вигляді відповіді на теоретичне запитання з лекційного матеріалу та одну практичну роботу. По закінченню заняття робота над МКР закінчується і не підлягає переписуванню. МКР оцінюється в 52 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь на теоретичне питання (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд та вирішено правильно задачу – 52-46 балів;

- «добре» – достатньо повна відповідь на теоретичне питання (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності, хід вирішення задачі правильний, але містить незначні неточності, здебільшого у розрахунку – 45-31 балів;

- «задовільно» – неповна відповідь на теоретичне питання (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки, у вирішенні задач простежуються значні помилки – 30-11 балів;

- «незадовільно» – незадовільна відповідь та неправильно вирішена задача – 0 балів.

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повністю виконана робота (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 10 балів;

- «добре» – в роботі містяться певні неточності (не менше 75 % потрібної інформації), надані обґрунтування недостатньо повні – 9-7 бали;

- «задовільно» – в роботі містяться суттєві неточності (не менше 60 % потрібної інформації), робота виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить значні помилки – 6-4 бали;

- «незадовільно» – задача вирішена не правильно – 0 балів.

У разі відсутності студента на занятті, на якому проводиться модульна контрольна робота, йому зараховується 0 бал.

З метою надання студентам можливості виправити отримані за модульну контрольну роботу бали (за власним бажанням студента), наприкінці семеструзначається один день, у який проводиться перездача робіт.

Семестровий контроль: залік. Необхідною умовою допуску до залікового оцінювання є написання модульної контрольної роботи і стартовий рейтинг не менше 30 балів.

$RC(max) = 52 + 40 + 8 = 100$ балів

$RC(min) = 30$ балів.

Заохочувальні бали встановлюються за:

Виконання індивідуального семестрового завдання	в залежності від складності, але не більше 10 балів
Доповідь на відповідних студентських конференціях з тематики дисципліни та участь у конкурсах робіт	до 5 балів
Підготовка реферативної роботи за темою пропущеного студентом заняття, або за темою, запропонованою викладачем (обсяг до 10 аркушів)	в залежності від розкриття студентом обраної теми, обґрунтованості висновків, але не більше 3 балів

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою
-----------------------	-----------------------------------

$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В якості семестрового контролю, згідно навчального плану, студенти складають іспит. 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., Кулаковський Леонід Ярославович

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Протокол №27 від 23.06.26 р.

Погоджено Навчально-методичною комісією НН ІЕЕ (протокол №43 від 29.06.26 р.)

Додаток до силабусу освітнього компонента курсу
«Технології керування електротехнічними комплексами та мехатронними
системами»

Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль

1. Описати основні принципи роботи програмованих логічних контролерів (ПЛК).
2. Порівняти контролери фірми Siemens з іншими виробниками (Mitsubishi, Allen-Bradley, Omron тощо).
3. Описати типову будову панелей контролерів та їх складові компоненти.
4. Навести основні функції ПЛК в системах автоматизації.
5. Описати процес налаштування станції PLC, додавання модулів та параметризації модулів.
6. Навести основні аспекти конфігурації мережі для ПЛК: PROFINET, PROFIBUS.
7. Навести типові компоненти систем автоматизації, що підключаються до ПЛК.
8. Сформулювати принцип роботи розподіленого вводу-виводу у PROFINET IO та PROFIBUS DP.
9. Навести особливості адресації та конфігурації мереж PROFINET IO і PROFIBUS DP.
10. Сформулювати класифікацію типів даних у ПЛК SIMATIC S7 та їх призначення.
11. Описати бітові типи даних, регістри CPU
12. Охарактеризувати області операндів: входи, виходи, дані, тимчасові локальні змінні.
13. Описати принципи прямої та непрямої адресації даних у ПЛК.
14. Пояснити принципи роботи непрямої адресації в контексті роботи з блоками даних.
15. Перелічити основні програмні елементи релейної логіки у мові LAD.
16. Охарактеризувати особливості програмування логічних операцій у FBD.
17. Описати механізми заперечення присвоєння та використання стандартних функціональних блоків FBD.
18. Описати можливості програмування логічних операцій за допомогою SCL.
19. Навести структуру оператора STL та принципи адресації 64-розрядних тегів.
20. Описати основи послідовного керування в S7-GRAPH та його ключові елементи.
21. Охарактеризувати основні цифрові та логічні функції у SIMATIC S7.
22. Описати математичні та тригонометричні функції, що використовуються у ПЛК.
23. Пояснити процес завантаження проекту та роботу в онлайн-режимі ПЛК.