

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інформаційних технологій

Олег САВЕНКО

2022 р.

СИЛАБУС

Навчальна дисципліна Технології кіберфізичних систем та цифрових двійників

Освітньо-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Моркун Наталя Володимирівна, Федула Микола Васильович
Профайл викладача	https://akit.khmn.u.edu.ua/fedula-mykola-vasylovych/ https://akit.khmn.u.edu.ua/morkun-nataliya-volodymyrivna-2/
E-mail викладача(ів)	nmorkun@gmail.com mailfm2000@gmail.com
Контактний телефон	
Сторінка дисципліни в ІСУ	https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=8251
Консультації	Очні: понеділок, 4-а пара, 4-316; середа, 4-а пара, 4-316; он-лайн: за необхідністю та попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

Статус дисципліни	Форма навчання	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин						Курсовий проект	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
				Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС			залік	іспит
						Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні Заняття						
О	Д	1 маг	2	4	120	54	18	36			66			+	

Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна «Технології кіберфізичних систем та цифрових двійників» є однією із фахових дисциплін і займає провідне місце у підготовці фахівців освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» за освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Основний зміст навчальної дисципліни: основи систем автоматизації проектувальних робіт; принципи роботи із об'єктами систем автоматизації проектувальних робіт; автоматизоване проектування електричних принципових схем; імітаційне моделювання у системах автоматизації проектувальних робіт; автоматизоване проектування друкованих плат; автоматичне розведення друкованих доріжок; автоматизоване проектування механічних конструкцій; формування складальних креслень; експорт та імпорт проектів.

Пререквізити – робототехнічні та інтелектуальні мехатронні пристрої і системи
Кореквізити – професійна практика

Мета і завдання дисципліни

Мета дисципліни. Формування особистості фахівця, здатного виконувати розробку автоматизованих систем та комп'ютерно-інтегрованих технологій з використанням систем автоматизації проектувальних робіт.

Завдання дисципліни. Формування практичних навичок з автоматизованого проектування вузлів систем автоматизації на основі комп'ютерно-інтегрованих технологій, з використанням відповідних пакетів прикладних програм.

Очікувані результати навчання.

Після вивчення дисципліни "Технології кіберфізичних систем та цифрових двійників" студент має досягти таких результатів навчання (сукупність знань, умінь, навичок, компетентностей):

Компетентності, на формування яких спрямовано ОК:

Інтегральна – Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

ЗК2 – Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ФК1 – здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.

ФК2 – Здатність проектувати та впроваджувати високонадійні системи автоматизації та їх прикладне програмне забезпечення, для реалізації функцій управління та опрацювання інформації, здійснювати захист прав інтелектуальної власності на нові проєктні та інженерні рішення.

ФК4 – здатність аналізувати виробничо-технологічні системи і комплекси як об'єкти автоматизації, визначати способи та стратегії їх автоматизації та цифрової трансформації; здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

ФК7 – здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

ФК8 – Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління організаційно-технологічними комплексами із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, програмно-технічних керуючих комплексів, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв та засобів людино-машинного інтерфейсу.

ФК10 – Здатність розробляти цифрові двійники компонентів та кіберфізичних систем керування розумних мереж, технологій цифрової трансформації розподілених систем генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж.

Програмні результати навчання, на забезпечення яких спрямовано ОК:

ПРН1 – Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.

ПРН2 – Створювати високонадійні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів.

ПРН3 – Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.

ПРН5 – Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації.

ПРН7 – Аналізувати виробничо-технічні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації.

ПРН8 – Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

ПРН9 – Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв, засобів людино-машинного інтерфейсу та з урахуванням технологічних умов та вимог до управління виробництвом.

ПРН10 – Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами.

ПРН12 – Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

ПРН14 – Розробляти і використовувати цифрові двійники компонентів та кіберфізичних систем керування розумних мереж, технологій цифрової трансформації розподілених систем генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж.

Тематичний план дисципліни і календар його виконання.

Таблиця 3 – Тематичний план дисципліни

№ тижня	Тема лекції	Тема лабораторної роботи	Самостійна робота студентів		
			Зміст	Год.	Література
1	2	3	4	5	6
1	Структура кіберфізичних систем. Характеристики кіберфізичних систем.	-	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №1.	4	[1] с.7-8, [3] с.8-18
2	Класифікація кіберфізичних систем.	Лабораторна робота (далі ЛР) 1. Вивчення структури та характеристик кіберфізичних систем на базі пакету програм mySCADA.	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №1.	2	[1] с.8-9, [2]
		-	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №2.	4	[1] с.9-12
3	Теорія кіберфізичних систем.	ЛР 2. Створення кіберфізичних систем для керування лабораторними функціональними пристроями на базі пакету mySCADA..	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №2.	4	[1] с.14-18, [3] с.16-19
		-	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №3.	4	[1] с.20-24, [3] с.22-43, [6] с.60-68
4	Методи реалізації кіберфізичних систем.	ЛР 3. Дослідження характеристик динаміки процесів у кіберфізичних системах засобами пакету mySCADA	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №3.	4	[1] с.24-29, [3] с.40-45
		-	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №4.	4	[1] с.29-34, [3] с.45-62
5	Технології кіберфізичних систем.	ЛР 4. Дослідження кіберфізичних систем з хаотичною динамікою засобами пакетів програм mySCADA та MATLAB Online (basic).	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до тестового контролю.	4	[1] с.35-45, [2]
		-	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №4.	4	[1] с.45-62
6	Структура цифрових двійників. Характеристики цифрових двійників.	ЛР 5. Вивчення структури та характеристик цифрових двійників з використанням пакетів програм mySCADA та MATLAB Online (basic).	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №5.	4	[1] с.62-64,76-84,122-123, [2], [3] с.111-131, [5] с.107-133,197-230, [8] с.171-185

		-	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №5.	4	[1] с.122-131, [11] с.4-12
7	Теорія цифрових двійників. Методи реалізації та технології цифрових двійників.	ЛР 6. Розробка цифрових двійників лабораторних функціональних пристроїв	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №6.	4	[4] с.69-139,183-257, [5] с.141-230, [12] розділ 5
		-	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №6. Підготовка до контрольної роботи.	4	[4] с.139-183,257-415, [9] розділ 2
8	Властивості кіберфізичних систем з цифровими двійниками.	ЛР 7. Розробка кіберфізичних систем керування лабораторним обладнанням з використанням цифрових двійників.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №7.	4	[2], [6] с.16-21
		-	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №7.	4	[6] с.16-24
9	Методи інтеграції кіберфізичних систем та цифрових двійників у сучасних веб-середовищах та промислових мережах.	ЛР 8. Мережева інтеграція кіберфізичних систем та цифрових двійників. Розробка спеціалізованих веб-додатків.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №8.	4	[1] с.87-96, [2], [7] с.33-40
		-	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №8. Підготовка до підсумкового контрольного заходу.	4	[1] с.96-117, [7] с.47-68, [10] с.4-63

Політика дисципліни.

Організація освітнього процесу в Університеті відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції і лабораторні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, виконувати усі види робіт з дисципліни за графіком. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний опрацювати у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До лабораторних занять студент має підготуватися за відповідною темою і проявляти активність в процесі виконання роботи.

Критерії оцінювання результатів навчання.

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих позитивно з урахуванням коефіцієнта вагомості.

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування студентів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення звіту; вільне володіння студентом спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті рішення; своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі. Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється під час поточних контрольних заходів.

Оцінювання знань студентів здійснюється за такими критеріями:

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання

Аудиторна робота								Самостійна, індивідуальна робота		Підсумковий контроль
Лабораторні роботи №:								Контрольні заходи:		Підсумковий контрольний захід
1	2	3	4	5	6	7	8	КР	ТК	
ВК: 0,3								0,15	0,15	0,4

Умовні позначення: КР – контрольна робота; ВК – ваговий коефіцієнт; ТК – тестовий контроль, ПКЗ – підсумковий контрольний захід

Оцінювання тестових завдань

Тематичний тест для кожного студента складається з двадцяти п'яти тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 25.

Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою.

Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту:

Сума балів за тестові завдання	1–13	14–16	17–22	23–25
Оцінка за 4-бальною шкалою	2	3	4	5

Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. Студент може також пройти тестування і в онлайн режимі у модульному середовищі для навчання MOODLE.

При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну наступного контролю.

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені у таблиці.

Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Інституційна інтервальна шкала балів	Вітчизняна оцінка, критерії		
A	4,75–5,00	5	Зараховано	Відмінно – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків
B	4,25–4,74	4		Добре – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками
C	3,75–4,24	4		Добре – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками
D	3,25–3,74	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією
E	3,00–3,24	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
FX	2,00–2,99	2	Незараховано	Незадовільно – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
F	0,00–1,99	2		Незадовільно – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни

Контрольні питання з дисципліни

1. Дайте визначення цифрового двійника.
2. Дайте визначення апроксимації.
3. Що називається математичною моделлю фізичної системи?
4. Назвіть основні типи похибок числових методів.
5. Дайте визначення відносної похибки.
6. Дайте визначення абсолютної похибки.
7. Яке значення фізичної величини називають умовно істинним?
8. Приведіть математичний вираз середньоквадратичної похибки.
9. Дайте визначення сигналу.
10. Який сигнал називається дискретним?
11. Який сигнал називається неперервним?
12. Який сигнал називається квантованим?
13. Який сигнал називається цифровим?
14. Дайте визначення кроку дискретизації.

15. Приведіть і поясніть формулу числового диференціювання за методом Ейлера.
16. Приведіть і поясніть формулу числового інтегрування за методом Ейлера.
17. Приведіть і поясніть вираз дискретної згортки.
18. Зворотна дискретна згортка.
19. Дискретне перетворення Фур'є.
20. Зворотне дискретне перетворення Фур'є.
21. Дайте визначення інтерполяції.
22. Лінійна інтерполяція.
23. Сплайнова інтерполяція.
24. Дайте визначення екстраполяції.
25. Лінійна екстраполяція.
26. Сплайнова екстраполяція.
27. Числове інтегрування із використанням інтерполяції.
28. Числове інтегрування за методом Ейлера.
29. Числове інтегрування за методом трапецій.
30. Числове інтегрування за методом Сімпсона.
31. Представлення моделі у просторі станів.
32. Сформулюйте і поясніть задачу Коші.
33. Порядок розв'язування диференціальних рівнянь з використанням методу Ейлера.
34. Порядок розв'язування диференціальних рівнянь з використанням інтерполяції.
35. Вирішувачі MATLAB.
36. Зворотна дискретна згортка.
37. Дискретне перетворення Фур'є.
38. Зворотне дискретне перетворення Фур'є.
39. Дайте визначення інтерполяції.
40. Лінійна інтерполяція.
41. Сплайнова інтерполяція.
42. Дайте визначення екстраполяції.
43. Лінійна екстраполяція.
44. Сплайнова екстраполяція.
45. Числове інтегрування із використанням інтерполяції.
46. Числове інтегрування за методом Ейлера.
47. Числове інтегрування за методом трапецій.
48. Числове інтегрування за методом Сімпсона.
49. Представлення моделі у просторі станів.
50. Задача безумовної оптимізації.

Рекомендована література


Основна література

1. Коваль А.В. Розроблення цифрових двійників: навч. посібник / А.В. Коваль. – Житомир: ЖДТУ, 2018. – 133 с.
2. mySCADA. URL: <https://www.myscada.org>.
3. Recent Trends in Computational Intelligence / ed. by A. Sadollah, T. Sinha. – InTech, 2020. – 198 p.
4. Sayama H. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems / H. Sayama. – Open SUNY Textbooks, Milne Library State University of New York at Geneseo, 2015. – 498 p.
5. Кветний Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко, О.Ю. Софіна, О.М. Шушура; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
6. Дубовой В. М. Моделювання та оптимізація систем: підручник / В.М. Дубовой, Р.Н. Кветний, О. І. Михальов, А.В.Усов. – Вінниця : ПП «ГД«Едельвейс», 2017. – 804 с.
7. Матвійків, О. Інженерне проектування складних об'єктів і систем / О. Матвійків, С. Ткаченко, В. Хаханов. – НУ «Львівська політехніка», 2016. – 260 с.
8. Лазарев Ю. Ф. Моделювання динамічних систем у Matlab. навчальний посібник / Ю. Ф. Лазарев. – К.: НТУУ "КПІ", 2011. – 421с.
9. Бербець, Т. О. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації : метод. вказівки / Т. О. Бербець, М. В. Шавранський. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. - 68 с.
10. Fedula M.V. The Improvement of Energy Harvesting Efficiency of Constant Current Source / Martynyuk, V. V.; Kosenkov, V. D.; Fedula, M., V. // Problemele energeticii regionale. Iss. 1-2, 2019, pp. 74-83.
11. Науково-прикладні методи компенсації пікового навантаження електромереж на основі суперконденсаторів та сонячних модулів: Монографія / В. В. Мартинюк, М. В. Федула, Г. А. Ільчук, Р. Ю. Петрусь // Хмельницький: Видавництво "Нілан-ЛТД", 2017. – 143 с.
12. Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Ідентифікація і моделювання об'єктів автоматизації» студентами за напрямом підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / Б.П. Сидорчук. – Рівне: НУВГП, 2011. – 64 с.

13. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів» тема: «Модель виявлювача сигналу» / Укл.: С'янов О.М., Кулик М.В. -Кам'янське; ДДТУ, 2018 р. – 12с.

14. Deterministic Artificial Intelligence / ed. by T. Sands. – InTech, 2020. – 178 p.

Розробники:  д.т.н., професор Наталя МОРКУН

 к.т.н., доцент Микола ФЕДУЛА

Погоджено:

Зав. каф. АКІТ  д.т.н., професор Валерій МАРТИНІЮК

Гарант ОП  д.т.н., професор Валерій МАРТИНІЮК