



ВИКОНАВЧІ ЕЛЕМЕНТИ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кр. (120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/ МКР, поточний контроль
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент кафедри КІОНС, к.т.н., доцент по спеціальності Заморський Олександр Володимирович, E-mail: zax2020@ukr.net Практичні: доцент, к.т.н., Заморський Олександр Володимирович Лабораторні: доцент, к.т.н., Заморський Олександр Володимирович
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5070

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Виконавчі елементи кіберфізичних систем» дає базову підготовку студентів в галузі використання фізичних компонентів кіберфізичних систем – виконавчих елементів (мікродвигунів, крокових двигунів, сервоприводів) і їх супутніх технічних засобів в автоматичних пристроях – вимірювальних перетворювачів (давачів, сенсорів) та допоміжних перетворювачів (цифрових пристроїв, драйверів).

Вивчення дисципліни дає змогу впевнено орієнтуватися в широкому спектрі сучасних перетворюючих пристроїв з метою їх використання в інформаційно-вимірювальних і інформаційно-керувальних системах автоматики в галузі приладобудування, зокрема в приладах і системах орієнтації, навігації і керування рухомими об'єктами.

Метою навчальної дисципліни є підсилення у студентів здатностей:

- застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях;
- обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи, аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- знання фізики, електротехніки, електроніки та схемотехніки, мікропроцесорної техніки на рівні, необхідному для розв'язання типових задач і проблем автоматизації;
- здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування;
- здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування.

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

Дисципліна «Виконавчі елементи кіберфізичних систем» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін: "Фізика", "Додатковий курс фізики", "Теорія автоматичного керування".

У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються у спеціальних і професійно-орієнтованих дисциплінах, та при виконанні випускної кваліфікаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Загальні питання організації кіберфізичних систем

Тема В.1. Загальна структура, основні ознаки і властивості кіберфізичних систем. Класифікація кіберфізичних систем за сферами застосування. Фізичні компоненти кіберфізичних систем. Виконавчі елементи. Вимірювальні та допоміжні перетворювачі, що забезпечують високу кіберздатність виконавчих елементів автоматизованих пристроїв.

Розділ 1. Виконавчі елементи кіберфізичних систем

Тема 1.1. Роль, значення та галузі використання електродинамічних перетворюючих пристроїв. Загальні питання теорії. Фізичні основи перетворення електричної та магнітної енергії. Магнітні матеріали, що використовуються в електромагнітних технічних засобах та їх властивості.

Тема 1.2. Електричні мікромашини. Принцип дії та конструкція електричних мікромашин постійного та змінного струму. Обертове магнітне поле. Поля однофазної, двофазної та трифазної обмоток. Магніторушійна сила зосередженої та розподіленої обмоток. Енергетичні електричні мікромашини.

Тема 1.3. Силлові (некеровані) мікродвигуни автоматичних пристроїв. Характеристики силових мікродвигунів постійного і змінного струму. Порівняльний аналіз силових мікродвигунів. Асинхронні та синхронні мікродвигуни. Гіроскопічні двигуни (гіромотори). Тихохідні двигуни.

Тема 1.4. Виконавчі (керовані) мікродвигуни автоматичних пристроїв. Способи керування, характеристики та конструкції мікродвигунів змінного та постійного струму. Безколекторні двигуни постійного струму. Сучасні способи керування мікродвигунами. Крокові мікродвигуни. Сервоприводи та їх різновиди. Динамічні характеристики та передатні функції мікродвигунів. Порівняльний аналіз виконавчих мікродвигунів.

Тема 1.5. Вибір мікродвигунів. Аналіз моментів навантаження, приведених до валу мікродвигуна. Номінальні, типові, оптимальні та граничні значення статичних та динамічних параметрів мікродвигунів. Нагрів та охолодження, діаграми потужностей електричних мікромашин. Загальні питання надійності електричних мікромашин.

Розділ 2. Вимірювальні та допоміжні перетворювачі кіберфізичних систем

Тема 2.1. Інформаційні електричні мікромашини. Обертові електромагнітні перетворювачі. Тахогенератори. Обертові трансформатори. Принцип дії, основні характеристики, галузі використання.

Тема 2.2. Фізичні принципи перетворення енергії в резистивних, напівпровідникових, гальваноманітних, термоелектричних, ємнісних перетворювачах. Оптичні та ультразвукові давачі переміщення положення і рівня, присутності і руху об'єктів. Оптикоелектронні тахометри і енкодери. Давачі температури і тиску. Принцип дії, основні характеристики, схеми включення.

Тема 2.3. Допоміжні перетворювачі в системах автоматичного контролю і керування. Особливості застосування аналогових та цифрових перетворювачів, їх супутні механічні, електронні, мікропроцесорні та інші технічні засоби. Цифрові пристрої керування виконавчими елементами кіберфізичних систем, драйвери.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література:

Базова:

1. Степанковський Ю.В. Перетворюючі пристрої приладів. Інформаційні електричні мікромашини / Ю.В Степанковський. Навчальний посібник // Електронне видання. – К.: НТУУ «КПІ», 2014, –53 с.
2. Степанковський Ю.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Перетворюючі пристрої» /Ю.В Степанковський. // Електронне видання. – К.: НТУУ «КПІ», 2013, –74 с.
3. Степанковський Ю.В. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Електричні мікромашини» /Ю.В Степанковський. // Електронне видання. – К.: НТУУ «КПІ», 2015, – 66 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Програма курсу складається з лекцій, практичних занять, лабораторних робіт та МКР.

Лекційні заняття

1. Загальні питання організації кіберфізичних систем. Фізичні засоби кіберфізичних систем.
2. Виконавчі елементи кіберфізичних систем. Електродинамічні перетворюючі пристрої. Класифікація. Загальні питання теорії.
3. Електричні мікромашини. Принцип дії, конструкція мікромашин постійного струму.
4. Принцип дії, конструкція електричних мікромашин змінного струму. Обертове поле.
5. Силкові (некеровані) мікродвигуни постійного струму. Характеристики і конструкція.
6. Синхронні та асинхронні мікродвигуни. Характеристики і конструкція.
7. Спеціальні мікромашини. Гіроскопічні двигуни. Тихохідні двигуни. Давачі моменту.
8. Виконавчі (керовані) мікродвигуни постійного струму. Способи керування.
9. Виконавчі (керовані) мікродвигуни змінного струму. Особливості керування.
10. Крокові двигуни. Сервоприводи.
11. Статичні та динамічні характеристики мікродвигунів. Передатні функції.
12. Вибір мікродвигунів. Статичні, динамічні та енергетичні параметри. Надійність.
13. Вимірювальні перетворювачі кіберфізичних систем. Загальні питання теорії.
14. Інформаційні мікромашини. Тахогенератори. Обертові трансформатори.
15. Оптичні та ультразвукові давачі. Оптикоелектронні тахометри і енкодери.
16. Резистивні, ємнісні, гальваноманітні, термоелектричні та інші перетворювачі.
17. Допоміжні перетворювачі. Застосування аналогових та цифрових перетворювачів.
18. Цифрові пристрої керування виконавчими елементами, драйвери.

Практичні заняття

1. Інформаційно-вимірювальні і інформаційно керувальні системи автоматики.
2. Мікродвигуни постійного і змінного струму.
3. Спеціальні мікродвигуни. Крокові мікродвигуни. Сервоприводи.
4. Вибір виконавчих елементів електричного приводу .
5. Оптичні перетворювачі.
6. Ультразвукові, магнітні та інші перетворювачі.
7. Цифрові пристрої кіберфізичних систем.
8. Модульна контрольна робота (МКР) .
9. Залік.

Метою практичних занять є закріплення теоретичного матеріалу, аналіз якісних і кількісних характеристик перетворюючих пристроїв для їх обґрунтованого вибору при використанні в тих чи інших системах автоматики і керування рухом об'єктів.

Лабораторні роботи

1. Дослідження виконавчих двигунів постійного струму (4 год).
2. Дослідження динамічних характеристик виконавчих мікродвигунів.
3. Дослідження крокових двигунів (4 год).
4. Дослідження сервоприводів (4 год).
5. Дослідження тахогенераторів постійного та змінного струму.
6. Дослідження оптоелектронних тахометрів.

Метою лабораторних робіт є придбання навичок експериментального дослідження перетворювачів, методів обробки результатів експериментальних досліджень, поглиблення розуміння ролі і функцій цих перетворювачів у сучасних приладах і системах.

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання передбачають розв'язання задач для закріплення теоретичного матеріалу та підготовки до лабораторних робіт. За планом передбачено виконання модульної контрольної роботи. МКР складається з двох завдань – теоретичного та практичного. Теоретичне завдання складається з питань, присвячених фізичним принципам роботи і аналітичному визначенню основних характеристик виконавчих елементів кіберфізичних систем. Практичне завдання складається з питань, присвячених вибору виконавчих елементів і їх супутніх вимірювальних перетворювачів в відповідності до заданих технічних вимог застосування в кіберфізичних системах.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів при вивченні курсу розділяється на вивчення матеріалу лекцій за конспектами та за рекомендованими підручниками, самостійне вивчення деяких питань курсу, що входять до програмного матеріалу, підготовки до лабораторних та контрольних робіт. Самостійна робота студентів контролюється протягом всього семестру.

На самостійну роботу студентів виділяється 48 годин, з яких 6 годин – на підготовку до заліку і 42 годин на опрацювання матеріалів лекцій, практичних занять, комп'ютерних практикумів та навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

Рекомендовані теми для самостійної роботи

1. Загальні питання теорії.
2. Силові мікродвигуни автоматичних пристроїв.
3. Виконавчі мікродвигуни автоматичних пристроїв.
4. Вибір двигунів.
5. Інформаційні обертові електромагнітні перетворювачі.

6. Необертові електромагнітні перетворювачі.
7. Підготовка до МКР.
8. Підготовка до заліку.

Метою індивідуальних семестрових завдань є поглиблення студентами знань і умінь, які вони одержують у процесі вивчення лекційного матеріалу і лабораторних робіт.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентами ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
 - заняття, обов'язкові для відвідування, проводяться у змішаному режимі згідно розкладу; в дистанційному режимі заняття проводяться з використанням технологій синхронної віддаленої відео конференції ресурсу Zoom Video Communications (програмний продукт Zoom, посилання: <https://zoom.us/join>); поточні посилання для доступу на відео конференції наступних дистанційних занять викладаються в Telegram-групі «Технічні засоби автоматизації. Група ПГ»;
- **правила поведінки на заняттях:**
 - заохочується активність на заняттях – відповіді на запитання викладача та запитання до викладача стосовно поточного матеріалу дисципліни;
 - забороняються під час підключення до відео конференції будь-які сторонні заняття і спілкування, які не стосуються освітнього процесу або питань, пов'язаних зі здоров'ям;
- **правила захисту лабораторних робіт:**
 - лабораторні роботи захищаються через оцінку викладачем письмово оформлених звітів з результатами виконаних робіт, поданих не пізніше зазначеного терміну;
 - звіти подаються викладачеві в роздрукованому вигляді, при дистанційному проведенні занять – в електронному вигляді в асинхронному режимі через електронні засоби комунікації (Telegram-група «Виконавчі елементи кіберфізичних систем. Група ПГ»);
 - термін подання звітів визначається викладачем письмово в письмовому завданні на роботу або зазначається публічно в месенджері Telegram, група «Виконавчі елементи кіберфізичних систем. Група ПГ»;
 - термін виконання лабораторної роботи – не менше трьох тижнів з моменту отримання завдання на підготовку до роботи і/або не менше двох тижнів з моменту отримання індивідуального завдання на проведення лабораторної роботи;
- **правила захисту індивідуальних завдань:**
 - звіти подаються викладачеві в роздрукованому вигляді, при дистанційному проведенні занять – в електронному вигляді в асинхронному режимі через електронні засоби комунікації (Telegram-група «Виконавчі елементи кіберфізичних систем. Група ПГ», електронна пошта);
 - термін подання звітів визначається викладачем письмово в письмовому завданні на роботу або зазначається публічно в месенджері Telegram, група «Виконавчі елементи кіберфізичних систем. Група ПГ»;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - штрафні бали призначаються за несвоєчасний захист лабораторних робіт, заохочувальні – за активність на заняттях та виконання ускладнених завдань;
 - максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів визначається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

- **політика дедлайнів та перескладань:**
- перескладання будь-яких контрольних заходів (призначення нових термінів захисту лабораторних робіт) передбачено за наявності документально підтверджених вагомих причин;
- **політика академічної доброчесності:**
- політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського, посилання: <https://kpi.ua/code>.
- **норми етичної поведінки:**
- норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.
- **оскарження результатів контрольних заходів:**
- студенти мають право підняти будь-яке питання, яке стосується процедури проведення або оцінювання контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто комісією.

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

Поточний контроль

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	Виконання та захист лабораторних робіт (ЛР)	6	6	36
2	Виконання практичних завдань на практичних заняттях (ПЗ)	7	6	42
2	Виконання та захист модульної контрольної роботи (МКР)	1	22	22
Усього:				100

Рейтинг студента складається з балів, що отримуються за практичні заняття, лабораторні роботи, модульну контрольну роботу та заохочувальних балів. Семестровим контролем є залік.

- Виконання та захист лабораторних робіт (ЛР). Всього 6 робіт.
Виконання однієї лабораторної роботи – 6 балів. Загалом – 36 балів.
Критерії оцінювання:
– робота виконана і дана правильна відповідь на запитання при захисті (не менше 90% потрібної інформації) - 6 балів;
– в роботі неточності (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 5 балів;
– в роботі суттєві неточності (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 4 бали;
– відсутня робота - 0.
- Виконання та захист практичних завдань (ПЗ). Всього 7 завдань.
Виконання одного практичного завдання – 6 балів. Загалом – 42 бали.
Критерії оцінювання:
– завдання виконано вірно повністю – 6 балів;
– завдання виконано вірно з незначними зауваженнями – 5 балів;
– виконано не менше 60% завдання з суттєвими зауваженнями – 4 бали;
– завдання не виконано - 0 балів.
- Виконання та захист модульної контрольної роботи (ЛР). Всього 1 робота.
Модульна робота оцінюється в 22 бали.
Критерії оцінювання:
– робота виконана правильно (не менше 90% потрібної інформації) – 20...22 бали;
– робота виконана (не менше 75%) з зауваженнями – 15...19 балів;
– виконано не менше 60% роботи, або є суттєві зауваження – 12...14 балів;
– робота не виконана - 0 балів.

- Поточний контроль складається з виконання лабораторних робіт, практичних завдань та виконання МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

– для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тижень) студент матиме не менш ніж 24 бали (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 36 балів).

– для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тижень) студент матиме не менш 42 бали (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 72 бали).

- Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання модульної контрольної роботи, виконання та захист 5-ти з 6-ти лабораторних робіт, виконання 5-ти з 7-ми практичних занять. Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи

Залікова контрольна робота оцінюється із 100 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з трьох теоретичних питань. Кожне питання оцінюється в 33 бали за такими критеріями:

- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та висновки – 33-29 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності) – 28...24 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки) – 23...19 балів;
- відповідь відсутня, або незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації) – 0 балів.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи. Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, студент отримує оцінку відповідну до набраного рейтингу впродовж семестру.

До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані здобувачем у семестрі або за результатами виконання залікової контрольної роботи, та оцінку відповідно до цих балів

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
64-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем, к.т.н., доцент *Заморський Олександр Володимирович*

Ухвалено кафедрою КІОНС (протокол № 14 від 06.07.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол № 7/22 від 07.07.2022 року)