



МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС (120 год.)
Семестровий контроль / контрольні заходи	Залік, модульна контрольна робота
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Сапегін Олександр Миколайович, sapegin_a@ukr.net Лабораторні заняття: к.т.н., доцент Сапегін Олександр Миколайович, sapegin_a@ukr.net
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/u/0/c/MTQ5ODI2MDkxNDgw

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Мікроелектромеханічні системи» призначена для забезпечення підготовки майбутніх бакалаврів з використання сучасних мікромеханічних чутливих елементів для проектування та розрахунків таких систем, які є предметом професійного інтересу.

Метою дисципліни є підсилення у студентів здатностей:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
- Здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації;
- Здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях;

- 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.

Основні завдання дисципліни.

Після засвоєння освітнього компонента дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- Знати фізику, електротехніку, електроніку та схемотехніку, мікропроцесорну техніку на рівні, необхідному для розв'язання типових задач і проблем автоматизації.
- Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.

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

Вивчення дисципліни базується на знаннях та вміннях, набутих студентами при вивченні дисциплін: «Фізика», «Програмування», «Мікроконтролери та мікропроцесорна техніка».

В подальшому знання та уміння, отримані при вивченні дисципліни, будуть використані при виконанні випускної кваліфікаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

- **Розділ 1. Мікроелектромеханічні прилади**
 - Вступ. Історія розвитку мікромеханіки
 - Мікроелектромеханічні технології.
- **Розділ 2. Мікроакселерометри**
 - Мікромеханічні акселерометри. Осьові мікроакселерометри.
 - Маятникові мікроакселерометри.
- **Розділ 3. Мікромеханічні гіроскопи**
 - Мікромеханічний гіроскоп L-L типу.
 - Мікромеханічний гіроскоп R-R типу.
 - Мікромеханічний гіроскоп L-R типу.
- **Розділ 4. Мультисенсорні чутливі елементи**
 - Багатомасові мікромеханічні гіроскопи.
 - Мультисенсорні чутливі елементи.
 - Інерціальні вимірювальні модулі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Сапегін О.М. Мікромеханічний інклінометр / О.М. Сапегін, Г.Ю. Строкач // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Сер.: Приладобудування. – 2020. – 59 (1). – С. 24–29. DOI: 10.20535/1970.59(1).2020.210007
2. Сапегін О.М. Імітаційне моделювання двомасового мікромеханічного гіроскопа / О.М. Сапегін, О.М. Павловський, Ю.О. Медведчук // Вісник Інженерної Академії України. – 2020. – № 1. – С.23–28.

Додаткова література

1. Ziemann, V. A Hands-On Course in Sensors Using the Arduino and Raspberry Pi : tutorial /

V. Ziemann – P. : CRC Press, 2018. – 235 p.

2. Музика, Д. С. Огляд методів обробки інформації модуля MPU-6050 / Д. С. Музика, О. М. Павловський // XIV Наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 18-19 травня 2021 р., К : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 50-54.

3. Сучасні методи обробки інформації. Лекції [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня доктора філософії за освітньою програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / С. О. Цибульник, О. М. Павловський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 709 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 111 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні форми навчання - лекції та лабораторні заняття, а також самостійна робота студентів.

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.

Лекційні заняття:

1. Вступ. Мікромеханіка. Історія розвитку. Мікромеханіка в приладах орієнтації та навігації.
2. Особливості виготовлення чутливих елементів мікромеханічних приладів.
3. Мікромеханічні акселерометри. Особливості виготовлення принцип роботи. Основні характеристики акселерометрів. Осьові мікроакселерометри.
4. Маятникові мікроакселерометри. Конструкція математична модель.
5. Мікромеханічний гіроскоп L-L типу. Принцип роботи. Рівняння руху.
6. Мікромеханічний гіроскоп R-R та L-R типу. Принцип роботи. Рівняння руху.
7. Мікромеханічний гіроскоп L-R типу. Принцип роботи. Рівняння руху.
8. Багатомасові мікромеханічні гіроскопи. Особливості роботи. Рівняння руху.
9. Мультисенсорні чутливі елементи. Інерціальні вимірювальні модулі. Комплексовані системи.

Лабораторні заняття:

На лабораторні роботи виділено 36 годин (18 занять).

Лабораторні роботи виконуються шляхом складання, за електричною схемою, макету вимірювальної системи на основі мікромеханічних чутливих елементів та мікропроцесору; створення відповідного програмного забезпечення для підключення датчиків, отримання та обробки сигналів; моделювання на комп'ютерах руху мікромеханічних чутливих елементів. Всього виконується вісім лабораторних робіт (ЛР).

Головні цілі циклу лабораторних робіт – навчити студента:

- 1) складати за схемою макет системи, використовуючи мікромеханічні чутливі елементи та сучасні мікропроцесори;
- 2) створювати власне програмне забезпечення для підключення чутливих елементів до комп'ютера, отримання та обробки даних;
- 3) створювати різноманітні вимірювальні прилади, використовуючи мікромеханічні чутливі елементи;

Перелік лабораторних робіт:

1. Підключення мікромеханічного акселерометра ADXL335 з використанням Arduino IDE.
2. Підключення мікромеханічного акселерометра ADXL335 з використанням Matlab.

3. Нахиломір на основі ADXL335.
4. Вимірювач прискорення на основі ADXL335.
5. Моделювання осьового мікромеханічного акселерометра.
6. Підключення мікромеханічного гіроскопа MPU6050 через Arduino IDE.
7. Підключення мікромеханічного гіроскопа MPU6050 через Matlab.
8. Моделювання мікромеханічного гіроскопа L-L типу.

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання передбачають розв'язання задач для закріплення теоретичного матеріалу та підготовки до лабораторних робіт. Модульна контрольна робота полягає у розв'язуванні індивідуальних завдань за темами: Осьовий мікромеханічний акселерометр та Мікромеханічний гіроскоп LL-типу.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань за матеріалами лекцій та їх поглиблення, самостійне вивчення окремих питань за рекомендованими навчально-методичними матеріалами. Також питання, що виносяться на самостійне опрацювання вказані в описі комп'ютерних практикумів.

На самостійну роботу студентів виділяється 66 години, з яких 60 – на опрацювання матеріалів лекцій, практичних занять і виконання МКР та 6 – на підготовку до заліку.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**

- забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни або підтримання здоров'я;
- дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
- забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;

- **правила захисту лабораторних робіт:**

- захист проходить на лабораторному занятті, студент надсилає оформлений протокол лабораторної роботи на електронну адресу викладача;
- у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;

- **правила призначення заохочувальних:**

- заохочувальні – за виконання ускладнених завдань;
- максимальна кількість заохочувальних 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 передбачено тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин;

- вчасним захист вважається в межах двох занять наступної теми (поточною вважається тема, завдання з якої хоче захистити студент) навчального часу відповідно до силабусу та/або календарного плану;
- невчасним вважається захист робіт з затримкою більше ніж на два практичні заняття наступної теми, порушення даного дедлайну призводить до оцінювання робіт з максимально можливою кількістю балів, яка складає 75 % від максимальної кількості балів вказаних п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання». У випадку захисту робіт з затримкою на більше ніж 5 практичних занять порушення даного дедлайну призводить до оцінювання робіт з максимально можливою кількістю балів, яка складає 60 % від максимальної кількості балів вказаних п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання»;
- **політика округлення рейтингових балів:**
 - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа;
 - при округленні до цілого числа всі цифри, що йдуть за наступним розрядом замінюються нулями;
 - якщо цифра розряду, що залишився, 5 або більша, то ціле число збільшується на одиницю, а розряд прирівнюється до нуля;
 - якщо цифра розряду, що залишився, менша за 5, то ціле число не змінюється, а розряд прирівнюється до нуля.
- **політика оцінювання контрольних заходів:**
 - оцінювання контрольних заходів відбувається 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;
 - нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від балів, визначених для цього контрольного заходу;
 - негативний результат оцінюється в 0 балів.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <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 і здача лабораторних робіт (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	8	10	80
2	Виконання та захист модульної контрольної роботи	1	20	20
Усього:				100

Критерії оцінювання лабораторних робіт:

9-10 бали – завдання виконано в повному обсязі (не менше 95%), здано вчасно та захищене, можливі незначні помилки при захисті чи оформленні протоколу звіту;

7-8 балів – завдання виконано не в повному обсязі (не менше 75%) або присутні невеликі неточності, пояснення в цілому вірні, проте не повністю розкривають зміст питання, або присутні помилки у відповіді;

6 – завдання виконано не в повному обсязі (не менше 60%) або присутні суттєві неточності, пояснення в цілому вірні, проте не повністю розкривають зміст питання, або присутні помилки у відповіді;

0 балів – завдання не виконано або відповіді на питання невірні, пояснення відсутні.

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи:

19-20 балів – завдання виконано в повному обсязі (не менше 95%), здано вчасно та захищене, результат роботи програми правильний, оформлення відповідає стандартам, студент дає впевнені та правильні пояснення коду та логіки роботи програми, можливі незначні помилки;

15-18 балів – завдання виконано в повному обсязі (не менше 75%), результат роботи програми правильний, але погано виконана оптимізація або є незначні помилки в коді, під час захисту пояснення невпевнені, студент плутається в поясненнях, не на всі додаткові запитання дає правильні відповіді;

12-14 балів – завдання виконано не в повному обсязі (не менше 60%), пояснення невпевнені або неправильні; або завдання надане викладачу на перевірку, код є робочим, але студент не пояснює і не захищає завдання;

0 балів – завдання не виконано, пояснення відсутні; або завдання надане викладачу на перевірку, але результат роботи програми неправильний, при цьому студент не може знайти помилку самостійно або відмовляється виправляти код.

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

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (7 тижень) студент матиме на менш ніж 22 бали (за умови, якщо на початок 7 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 33 бали).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (13 тижень) студент матиме не менш 66 балів (за умови, якщо на початок 13 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 77 балів).

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх комп'ютерних практикумів.

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 33,3 бали за такими критеріями:

- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та висновки – 33,3-31 бал;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності) – 31...25 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки) – 30...20 балів;
- відповідь відсутня, 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:

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)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри КІОНС, к.т.н., Сапегіним Олександром Миколайовичем.

Ухвалено кафедрою комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем (протокол № 2/2 від 8.10.2025).

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету¹ (протокол № 10-1/25 від 13.10.2025 року).

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.

