



# Міні та мікро електромеханічні системи

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>180 годин / 6 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Стаценко Олексій Володимирович Лабораторні роботи: к.т.н., доц Стаценко Олексій Володимирович</i>
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Міні та мікро електромеханічні системи» складено відповідно до освітньо-професійної програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» підготовки магістрів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

**Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:**

- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК01).
- Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК02).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК03).
- Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями (ЗК06).
- Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки (ФК01).
- Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних об'єктів та систем (ФК11).
- Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва

*і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем (ФК14).*

**Предмет навчальної дисципліни** – структури, принцип роботи та особливості використання міні та мікро електромеханічних систем.

**Програмні результати навчання:**

- Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні (ПРН02).
- Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних системах (ПРН03).
- Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах (ПРН05).
- Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності (ПРН09).

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

Дисципліну «**Міні та мікро електромеханічні системи**» забезпечують такі дисципліни програми підготовки магістрів: Автоматизація технічних систем.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна «**Міні та мікро електромеханічні системи**» складається з наступних розділів та тем::

**Розділ 1. Електромеханічні системи з виконавчими електричними мікромашинами.**

**Тема 1. Класифікація та різновиди електричних мікромашин**

**Тема 2. Електромеханічні системи з асинхронними мікродвигунами**

**Тема 3. Електромеханічні системи з синхронними мікродвигунами**

**Тема 4. Інформаційні електричні мікромашини**

**Розділ 2. Мікроелектромеханічні системи**

**Тема 5. Різновиди та області використання МЕМС**

**Тема 6. МЕМС датчики параметрів руху**

**Тема 7. МЕМС датчики параметрів оточуючого середовища**

**Тема 8. МЕМС датчики оптичних величин**

**Тема 9. МЕМС актуатори.**

**4. Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси:

1. Lee K.B. Principles of microelectromechanical systems / John Wiley & Sons, 2011. — 680 p. — ISBN: 978-0-470-46634-6.
2. Gad-el-Hak M. The MEMS Handbook / CRC Press, 2002. — 1332 p.
3. Gad-el-Hak M. (Ed.) MEMS: Applications / 2nd edition. — CRC Press; Taylor & Francis Group, 2006. — 547 p.
4. Huang Q.-A. (ed.) Micro Electro Mechanical Systems / New York: Springer, 2018. — 1479 p. — (Micro/Nano Technologies). — ISBN: 978-981-10-5945-2.

5. Islam N. (ed.) *Microelectromechanical Systems and Devices / InTech*, 2012. — 480 p. — ISBN: 978-953-51-0306-6.

6. Гераїмчук М.Д., Гераїмчук І.М. *Основи проектування мікроперетворювачів механічних величин в електрику на основі мікро- і нанотехнологій. Монографія.* — Київ: Едельвейс, 2016. — 104 с.

7. Філяшкін М.К. *Мікроелектромеханічні системи: Навчальний посібник* — К.: НАУ, 2019. — 276 с.

Додаткові:

8. Kraft M., White Neil M. *MEMS for Automotive and Aerospace Applications / Woodhead Publishing Limited*, 2013. 355 p. — ISBN: 978-0-85709-118-5, ISBN: 978-0-85709-648-7.

9. Rasras M., Elfadel I.M., Ngo H.D. (eds.) *MEMS Accelerometers / MDPI*, 2019. — 254 p. — ISBN: 978-3-03897-415-4.

10. Beeby S., Ensell G., Kraft M., White N. *MEMS Mechanical Sensors / Artech House*, 2004, 281 p.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

#### **Розділ 1. Електромеханічні системи з виконавчими електричними мікромашинами.**

##### **Тема 1. Класифікація та різновиди електричних мікромашин**

Лекція 1. Класифікація та різновиди електричних мікромашин. (4 год.)

Вступне заняття до циклу лабораторних робіт. (2 год.)

##### **Тема 2. Електромеханічні системи з асинхронними мікродвигунами**

Лекція 2. Асинхронні силові мікродвигуни. (4 год.)

Лекція 3. Асинхронні виконавчі мікродвигуни. (2 год.)

Лабораторна робота 1. Дослідження асинхронних мікродвигунів. (4 год.)

##### **Тема 3. Електромеханічні системи з синхронними мікродвигунами**

Лекція 4. Синхронні мікродвигуни з постійними магнітами. (2 год.)

Лекція 5. Реактивні синхронні мікродвигуни. (2 год.)

Лекція 6. Гістерезисні мікродвигуни. (2 год.)

Лекція 7. Індукторні мікродвигуни. (2 год.)

Лекція 8. Крокові мікродвигуни. (4 год.)

Лабораторна робота 2. Дослідження крокового мікродвигуна. (4 год.)

##### **Тема 4. Інформаційні електричні мікромашини**

Лекція 9. Тахогенератори. (2 год.)

Лекція 10. Поворотні трансформатори. (2 год.)

Лекція 11. Сельсини. (4 год.)

#### **Розділ 2. Мікроелектромеханічні системи**

##### **Тема 5. Різновиди та області використання МЕМС**

Лекція 12. Класифікація та області використання МЕМС. (2 год.)

**Тема 6. МЕМС датчики параметрів руху***Лекція 13. МЕМС гіроскопи. (2 год.)**Лекція 14. МЕМС акселерометри. (2 год.)**Лабораторна робота 3. Дослідження МЕМС акселерометра. (4 год.)***Тема 7. МЕМС датчики параметрів оточуючого середовища***Лекція 15. МЕМС датчики температури. (2 год.)**Лекція 16. МЕМС датчики магнітного поля. (2 год.)**Лекція 17. МЕМС датчики тиску. (2 год.)**Лекція 18. МЕМС газо-аналізатори. (2 год.)**Лекція 19. МЕМС мікрофони. (2 год.)**Лабораторна робота 4. Дослідження МЕМС компаса. (4 год.)***Тема 8. МЕМС датчики оптичних величин***Лекція 20. МЕМС спектрометри. (2 год.)**Лекція 21. МЕМС камери. (2 год.)***Тема 9. МЕМС актуатори.***Лекція 22. МЕМС двигуни. (2 год.)**Лекція 23. МЕМС генератори. (2 год.)***6. Самостійна робота студента**

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
<i>1</i>	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	<i>54</i>
<i>2</i>	<i>Опрацювання результатів лабораторних робіт</i>	<i>18</i>
<i>3</i>	<i>Підготовка до МКР</i>	<i>6</i>
<i>5</i>	<i>Підготовка та здача екзамену</i>	<i>30</i>

**Політика та контроль****7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)***Система вимог, які викладач ставить перед студентом:*

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. 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 лабораторних 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;*

- правила виконання лабораторних робіт: виконання лабораторних робіт здійснюється студентами самостійно згідно з варіантами, захист робіт здійснюється індивідуально на наступному занятті після виконання роботи;*

- 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;

- 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.

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

Рейтинг студента з дисципліни «**Міні та мікро електромеханічні системи**» складається з балів, що студент отримує за:

- виконання та захист лабораторних робіт (4 ЛР);
- здачу модульної контрольної роботи (1 МКР);
- здачу екзамену.

Поточний контроль:

Виконання та захист лабораторних робіт оцінюється до 8 балів кожна. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 8 бали \* 4 = 32 бали.

Критерії оцінювання:

- повністю виконана та захищена робота – 8 балів;
- виконана робота, але при захисті були допущені помилки – 6-7 балів;
- виконана робота, але не захищена – 4-5 балів;
- не виконана робота – 0 балів.

Виконання модульної контрольної роботи:

Загальна кількість модульних контрольних робіт (МКР) – одна. МКР проводиться на чотирнадцятому тижні

МКР зорієнтована на формат самостійної відповіді на питання та розв'язання конкретних задач, що надає можливість застосувати отримані знання, проаналізувати та синтезувати вивчений матеріал.

МКР оцінюється з 28 балів:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 25-28 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 17-24 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 8-16 балів;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

Якщо студент не з'явився на МКР без поважної причини, його результат оцінюється нулем балів без можливості написання МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр (на 8 та 14 тижнях) як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. За результатами календарного контролю виставляється атестація: для отримання атестації студент має набрати не мене 50 % від максимальної кількості балів на момент атестації.

Семестровий контроль: формою семестрового контролю є екзамен.

Умовою допуску до екзамену є виконання всіх лабораторних робіт та стартовий рейтинг не менше 30 балів. Максимальна кількість балів за здачу екзамену дорівнює 40 балів.

Екзаменаційний білет складається з 4 питань, кожне з яких оцінюється в 10 балів.

Система оцінювання питань

– «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;

– «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 8-9 балів;

– «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 5-7 балів;

– «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 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)

Перелік питань, які виносяться на залік з дисципліни «Міні та мікро електромеханічні системи», наведений в додатку до Силабусу).

За умови змін в режимі роботи Університету в даній робочій програмі можливі зміни, що стосуються особливостей проведення планових занять, використовуваних видів контролю та оцінювання результатів навчання.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, к.т.н. Стаценком О.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 7 від 23.01.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № 5 від 26.01.2023 р.)

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.