



# ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ В ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (Магістерський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність
Статус дисципліни	Вибіркова освітня компонента з кафедрального Ф-каталогу
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	36 годин лекцій /18 практичні заняття/ 18 лабораторні роботи /2 домашня контрольна робота/6 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. ПУШКАР Микола Васильович, 044 204-92-39, <a href="mailto:pushkar-fea@ill.kpi.ua">pushkar-fea@ill.kpi.ua</a>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/NTg4NDY3MTY3NDY2?cjc=2heugng">https://classroom.google.com/c/NTg4NDY3MTY3NDY2?cjc=2heugng</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ В ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТЕХНОЛОГІЯХ» складено відповідно до освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» підготовки магістрів ОПП спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

**Метою навчальної дисципліни** є вивчення особливостей використання автоматизованих електромеханічних систем в сучасних екологічно чистих технологіях, відновлюваній енергетиці, а також принципів енергозбереження в електроприводі та економічних, екологічних аспектів в зеленій енергетиці та принципів керування попитом в сучасних розподілених енергетичних системах з електроприводами.

**Зміст** кредитного модуля включає теоретичні відомості по принципам і методам енергозбереження в електроприводі, керування якістю електричної енергії, відновлюваних та альтернативних джерел енергії та керування їх генерованою напругою та інтеграцією їх до сучасних енергосистем.

**Предмет навчальної дисципліни** – передові технології в електромеханічних енергозберігаючих системах які використовуються в промисловості та екологічно чистій енергетиці.

**Програмні результати навчання:**

PH01. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

PH03. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

**Фахові компетенції:**

ФК2. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК5. Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК13. Здатність розробляти системи керування електричними транспортними засобами з використанням новітніх екологічно-чистих технологій.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен мати базові знання теорії конструкційних матеріалів, електричних машин і апаратів, теоретичної електротехніки, теорії автоматичного керування, теорії електроприводу, керування електроприводами. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля дають можливість студентам та майбутнім спеціалістам самостійно вирішувати комплексні практичні задачі, пов'язані з перетворенням енергії у електромеханічних системах..

**Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на 3 розділи, а саме:

### **Розділ 1 СУЧАСНІ ПРИНЦИПИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ**

Тема 1 Екологічно чисті технології та розумні електричні мережі. Сучасний стан і перспективи розвитку.

Тема 2 Підвищення коефіцієнту потужності в електроприводі.

Тема 3 Шляхи підвищення якості електричної енергії при використанні електроприводів

Тема 4 Енергозбереження в елементах систем електропостачання промислових підприємств

Тема 5 Енергозбереження в електроприводі. Переваги використання регульованого електроприводу.

### **Розділ 2 ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

Тема 6 Відновлювальна енергетика в порівнянні з альтернативною

Київський протокол. Енергетика в умовах сталого розвитку.

Тема 7 Гідроелектростанції.

Тема 8 Електростанції на паливних елементах. Воднева енергетика.

Тема 9 Енергія біомаси. Біодегестери. Системи виробництва електричної енергії на

газифікованій біомасі.

Тема 10 Вітрогенератори. Конструкції вітротурбін.

Тема 11 Системи керування швидкістю ротора в вітроенергетиці.

Тема 12 Синхронні генератори. Збудження, регулювання напруги.

Тема 13 Машини подвійного живлення в вітроенергетиці. Конструкція, регулювання напруги.

Тема 14 Асинхронні генератори в вітроенергетиці. Асинхронні генератори із самозбудженням. Самозбудження та регулювання вихідних параметрів.

### **Розділ 3 ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМУ**

Тема 15 Розподілене виробництво електричної енергії. Розумні мережі.

Тема 16 Концепція управління попитом.

Тема 17 Інтеграція альтернативних джерел енергії в мережу. Принципи нагнітання потужності.

Тема 18 Різновиди енергетичної інтеграції: інтеграція за постійним струмом; інтеграція за змінним струмом; інтеграція за високочастотною ланкою.

### **Навчальні матеріали та ресурси**

#### **Основні інформаційні ресурси:**

1. Boxwell, M. (2017). *The Solar Electricity Handbook-2017 Edition: A simple, practical guide to solar energy—designing and installing solar photovoltaic systems*. Greenstream Publishing.
2. Bansal, R. C., & Zobaа, A. F. (Eds.). (2021). *Handbook of renewable energy technology & systems*. World Scientific.
3. Wadhwa, C L. *Electrical power systems*. United States: N. p., (2019)
4. Wu, Bin, Yongqiang Lang, Navid Reza Zargari and Samir Kouro. "Power Conversion and Control of Wind Energy Systems." (2011).
5. Goswami, D. Y., & Kreith, F. (Eds.). (2007). *Handbook of energy efficiency and renewable energy*. Crc Press.
6. Tiwari, G. N., & Tiwari, A. (2016). *Handbook of solar energy (Vol. 498)*. Singapore: Springer.
7. De Almeida, A., Bertoldi, P., & Leonhard, W. (Eds.). (2012). *Energy efficiency improvements in electric motors and drives*. Springer Science & Business Media.
8. Fagas, G., Gammaitoni, L., Gallagher, J. P., & Paul, D. (Eds.). (2017). *ICT-Energy Concepts for Energy Efficiency and Sustainability*. BoD—Books on Demand.

#### **Допоміжна література**

9. Simões, M. G., & Farret, F. A. (2016). *Modeling Power electronics and interfacing energy conversion systems*. John Wiley & Sons.
10. Kalmikov, A. (2017). *Wind power fundamentals*. In *Wind energy engineering* (pp. 17-24). Academic Press.
11. Hau, E. (2013). *Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics*. Springer Science & Business Media.
12. De Almeida, A., Bertoldi, P., & Leonhard, W. (Eds.). (2012). *Energy efficiency improvements in electric motors and drives*. Springer Science & Business Media.
13. Bhowmik, C., Bhowmik, S., Ray, A., & Pandey, K. M. (2017). *Optimal green energy planning for sustainable development: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 796-813.
14. Boldea, I. (2015). *Synchronous generators*. CRC press.

15. Simoes, M. G., & Farret, F. A. (2004). *Renewable energy systems: design and analysis with induction generators*. CRC press.
16. Sanchez, E. N., & Ruiz-Cruz, R. (2016). *Doubly fed induction generators: control for wind energy*. Crc Press.
17. Xu, D., Blaabjerg, F., Chen, W., & Zhu, N. (2018). *Advanced control of doubly fed induction generator for wind power systems*. John Wiley & Sons.
18. Simões, M. G., & Farret, F. A. (2014). *Modeling and analysis with induction generators*. CRC Press.
19. Промислова екологія. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Управління, захист та автоматизація енергосистем», «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії», «Електричні станції», «Електричні системи і мережі», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси», «Електричні машини і апарати», «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Є. О. Троценко, Ю. В. Перетятко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,25 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 86 с. – Назва з екрана.
20. M. C. Falvo, I. S. Bayram, "EV charging stations and modes: International standards" - 2014, pp. 1064-1139.

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<b>Розділ 1 СУЧАСНІ ПРИНЦИПИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ</b> Тема 1 Екологічно чисті технології та розумні електричні мережі. Сучасний стан і перспективи розвитку.
2	Тема 2 Підвищення коефіцієнту потужності в електроприводі.
3	Тема 3 Шляхи підвищення якості електричної енергії при використанні електроприводів
4	Тема 4 Енергозбереження в елементах систем електропостачання промислових підприємств
5	Тема 5 Енергозбереження в електроприводі. Переваги використання регульованого електроприводу.
6	<b>Розділ 2 ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ</b> Тема 6 Відновлювальна енергетика в порівнянні з альтернативною Кіотський протокол. Енергетика в умовах сталого розвитку.
7	Тема 7 Гідроелектростанції.
8	Тема 8 Електростанції на паливних елементах. Воднева енергетика.
9	Тема 9 Енергія біомаси. Біодегестери. Системи виробництва електричної енергії на газифікованій біомасі.
10	Тема 10 Вітрогенератори. Конструкції вітротурбін.

11	Тема 11 Системи керування швидкістю ротора в вітроенергетиці.
12	Тема 12 Синхронні генератори. Збудження, регулювання напруги.
13	Тема 13 Машини подвійного живлення в вітроенергетиці. Конструкція, регулювання напруги.
14	Тема 14 Асинхронні генератори в вітроенергетиці. Асинхронні генератори із самозбудженням. Самозбудження та регулювання вихідних параметрів.
15	Розділ 3 ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМУ Тема 15 Розподілене виробництво електричної енергії. Розумні мережі.
16	Тема 16 Концепція управління попитом.
17	Тема 17 Інтеграція альтернативних джерел енергії в мережу. Принципи нагнітання потужності.
18	Тема 18 Різновиди енергетичної інтеграції: інтеграція за постійним струмом; інтеграція за змінним струмом; інтеграція за високочастотною ланкою.
18	

#### Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Практичне заняття №1. ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ
2	Практичне заняття № 2 БУДОВА І ФУНКЦІОНУВАННЯ ГЕЛІОСИСТЕМ. РОЗРАХУНОК ГЕЛІОСИСТЕМ
3	Практичне заняття № 3. РОЗРАХУНОК ГЕЛІОСИСТЕМ ДЛЯ ОБІГРІВУ БАСЕЙНІВ І ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ
4	Практичне заняття №4. РОЗРАХУНОК ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ
5	Практичне заняття № 5. РОЗРАХУНОК ВІТРОГЕНЕРАТОРА
6	Практичне заняття № 6. ПРИЛИВНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, МАЛІ ГЕС: ПРИНЦИП РОБОТИ І РОЗРАХУНОК
7	Практичне заняття № 7. GEOTERMALЬНА ЕНЕРГІЯ. РОЗРАХУНОК GEOTERMALЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК. ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ОКЕАНІВ
8.	Практичне заняття № 8 РОЗРАХУНОК БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК
9.	МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА

#### Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Лабораторна робота №1. Дослідження системи компенсації реактивної потужності
2	Лабораторна робота №2. Дослідження активного фільтру АВВ
3	Лабораторна робота №3. Дослідження процесів самозбудження та статичних характеристик асинхронного генератора.
3	Лабораторна робота №3. Дослідження та моделювання процесів регулювання напруги асинхронного генератора з електронним регулятором навантаження.

### **Самостійна робота студента**

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	18
2	Підготовка до практичних занять	36
3	Підготовка до лабораторних робіт	22
2	Підготовка до МКР	2
3	Підготовка до екзамену	30
	<b>Разом</b>	<b>108</b>

#### Політика та контроль

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 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;

- 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 «Автоматизований електропривод»;

- 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.

### **3. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)**

**Поточний контроль:** експрес-опитування на лекціях, МКР.

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

**Семестровий контроль:** Екзамен

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре

65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 30	Не допущено

**Загальна рейтингова оцінка** студента за роботу в семестрі складається з балів, отриманих за:

**1. Робота на практичних заняттях (16 балів за 8 практичних робіт):**

- повністю виконане завдання на практичну – 2 бали за кожне заняття;
- повністю виконане завдання на практичну – 1 балів за кожну заняття;
- штрафні бали за порушення порядку – мінус 2 бали за кожне порушення.

**2. Модульна контрольна робота:** Кількість МКР – 1 тривалістю 1 академічну годину кожна. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює 12 . Критерій оцінювання МКР наступний:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10- 12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7-9 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 4-6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) або відсутність під час проведення роботи – 0 балів.

**3. Лабораторні роботи:** Максимальна кількість балів за всі 4 лабораторні роботи становить  $3 \times 4 = 12$  балів. Нарахування балів за одну лабораторну роботу:

Виконання:

- повне та вчасне виконання роботи 1
- відпрацювання пропущеної без поважної причини  
або не повністю виконаної роботи 1
- штраф за поломку обладнання роботи -2
- штраф за запізнення та порушення порядку -1

Захист:

- вчасний захист звіту 2
- невчасний захист звіту у семестрі 1
- невчасний захист звіту після семестру 0

**4. Домашня контрольна робота.** Максимальна кількість балів за виконання ДКР – 10 і складається з максимального балу за оформлення – 5, за захист – 5. За кожен день запізнення здачі ДКР на перевірку знімається 0,5 бали із максимальної кількості балів, що можна отримати за РГР, але не більше 8.

Критерії оцінювання

За оформлення:

- дотримання вимог оформлення – 5 балів;
- незначне відхилення від вимог щодо оформлення – 4 бал;
- значне відхилення від вимог щодо оформлення – 3 балів;
- РГР не оформлена належним чином – 0 балів та повертається на переробку.

За захист:

- розуміння представленого матеріалу, повні відповіді на запитання до захисту – 5 балів;
- розуміння представленого матеріалу, повні відповіді на запитання до захисту з деякими неточностями – 4 балів;
- неповні відповіді на запитання до захисту – 3 балів;
- робота виконана з суттєвими помилками, студент не може дати відповіді до захисту –

0-1

балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

#### **Форма семестрового контролю – екзамен**

Максимальна сума балів за роботу у семестрі складає 60. Необхідною умовою допуску до екзамену виконані та захищені лабораторні роботи, виконані завдання до практичних занять, семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне питання складає 25 балів.

**Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ**

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА Пушкарем М.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № \_\_ від \_\_.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_)

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