



ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА КОМПЛЕКСІВ

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>«Енергетичний менеджмент, електропостачання та інжиніринг електротехнічних комплексів»</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4,0 кредити ЄКТС (лекції – 36 год., практичні заняття – 18 год., СРС – 66 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: докт. техн. наук, проф. Денисюк Сергій Петрович, spdens@ukr.net; +38(050) 440-69-89 (Telegram) - у робочі години. Практичні заняття: докт. техн. наук, проф. Денисюк Сергій Петрович, spdens@ukr.net; +38(050) 440-69-89 (Telegram) - у робочі години. Консультації: щовівторка, 16:00-17:00</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NjU2Nzg4ODM1MTUx?cjc=mzhjdhi</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Цифрова трансформація електроенергетичних систем та комплексів» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів «Енергетичний менеджмент, електропостачання та інжиніринг електротехнічних комплексів» з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Необхідність та доцільність вивчення дисципліни «Цифрова трансформація електроенергетичних систем та комплексів» обумовлено тим, що теперішні та майбутні зміни енергетики пов'язані із впровадженням цифрових технологій згідно концепцій Smart Grid та Energy.net, коли енергетична система набуває нових властивостей, зокрема, стає клієнтоорієнтованою, з можливістю регулювання в темпі реального процесу двосторонніх потоків енергії, при наявності активних споживачів, енергетичних кооперативів, агрегаторів генераторів та споживачів енергії.

Метою опанування дисципліни є надання здобувачам, що проходять підготовку за другим магістерським рівнем вищої освіти, достатній обсяг теоретичних знань та практичних навичок для формування здатності комплексного системного підходу до цифрової трансформації електроенергетичних систем та комплексів з використанням сучасних положень концепції Smart Grid, концепції Індустрії 4.0, формувати стратегію діяльності енергетичних підприємств, згідно нових форм бізнес-процесів та аналітичних додатків, а також набуття практичних навичок у застосуванні конкретних типів технологій та обладнання для модернізації та енергоефективної роботи підприємств та організацій, муніципальних утворень.

Предмет навчальної дисципліни – вивчення питань цифрової трансформації електроенергетичних систем та комплексів з використанням сучасних положень концепції Smart Grid, концепції Індустрії 4.0.

Компетентності: ФК5 Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ФК8 Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ФК14 Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ФК17 Здатність проектувати, розробляти, моделювати, впроваджувати і керувати компонентами та системами Smart Grid, а також формувати загальні математичні моделі для інтелектуальної системи енергозабезпечення та застосувати ці навички для визначення перспектив розвитку системи, створювати універсальні алгоритми моделювання процесів у електротехнічних системах та проводити їх дослідження.

Програмні результати навчання: ПРН5. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах. ПРН8. Враховувати правові та економічні аспекти наукові досліджень та інноваційної діяльності. ПРН12. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері розвитку інтелектуальних систем та мереж, віртуальних електричних станцій та активних споживачів. ПРН14. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України. ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами. ПРН25. Оптимізувати існуючі гібридні системи енергозабезпечення з використанням нових систем силової електроніки та ІТ-інструментів, здійснювати діяльність, спрямовану на підвищення рівня енергоефективності та надійності функціонування електроенергетичних систем та електротехнологічних установок в умовах енергетичного переходу. ПРН27. Враховувати правові та економічні аспекти наукові досліджень та інноваційної діяльності у сфері інтелектуальних мереж так систем. ПРН28. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері розвитку інтелектуальних систем та мікромереж, віртуальних електричних станцій та активних споживачів.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою, а також таких дисциплін як: «Системи ринків електричної енергії», «Енергетичний менеджмент та автоматизація електроенергетичних систем», а також подальшого якісного виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Тренди цифрової трансформації економіки та суспільства

Тема 1. Енергетичний перехід та цифрова трансформація.

Тема 2. Світовий досвід цифрової трансформації економіки та суспільства.

Тема 3. Цифровізація енергетики Європи – SNET WG4 (Smart Grid).

Розділ 2. Цифровізація об'єктів енергетичного сектора

Тема 4. Цифрова трансформація енергетичного сектора.

Тема 5. Цифрова трансформація енергетичних компаній. Технологічний базис.

Тема 6. Цифрова трансформація генерації електроенергії.

Тема 7. Цифровізація передачі та розподілу електроенергії.

Тема 8. Цифровізація споживачів (підприємства) та енергоефективність.

Розділ 3. Складові цифровізації електроенергетики

Тема 9. Гнучкість енергетичних систем.

Тема 10. Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами.

Тема 11. Інтелектуальні організаційні та технологічні механізми модернізації енергопостачальних компаній. Інтелектуалізація бізнес-процесів в енергопостачальних (енергомережевих) компаніях..

Тема 12. Microgrid. Віртуальні електростанції (VPP).

Тема 13. Активний споживач (prosumer).

Тема 14. Агрегатори на ринку електричної енергії

Тема 15. Бізнес-моделі просьюмерів з відновлюваними джерелами енергії.

Розділ 4. Інформаційна безпека та інтелектуальне керування

Тема 16. Інформаційна безпека в Smart Grid.

Тема 17. Загальні принципи інтелектуального керування, агенти, мультиагентна система керування; алгоритми мурашок, рою бджіл.

Розділ 5. Цифровізація електроенергетики України

Тема 18. Цифровізація електроенергетики України

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Кириленко О.В., Денисюк С.П., Блінов І.В. Цифрова трансформація: сучасні тенденції та завдання. Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. – 2023. – № 65. – С. 5 – 14. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2023.65.005>

9. Штучний інтелект в енергетиці : аналіт. доповідь / Суходоля О. М.– К. : НІСД, 2022. – 49 с. – <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09>

3. Белоха Г.С. Оптимізація техніко-економічних показників локальних систем електроживлення з транзактивним керуванням [Електронний ресурс] : монографія / Г. С. Белоха; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,01 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 127 с.

4. Базюк Т.М., Блінов І.В., Буткевич О.Ф., Денисюк С.П. та інші. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими / За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. – 400 с.

5. Денисюк С.П., Базюк Т.М., Федосенко М.М., Ярмолюк О.С. Системи електропостачання з активним споживачем: моделі та режими. – К.: ПП «Аверс», 2017. – 184 с.

Додаткова література

(факультативно / ознайомлення)

6. Кириленко О.В. Заходи та засоби перетворення енергетики України на інтелектуальну екологічно безпечну систему // Вісник Національної академії наук України. – 2022. – № 3.–С. 18–23.

7. Стогній Б.С. Світовий досвід та перспективи побудови інтелектуальних енергетичних систем в Україні / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. Спец. вип. – К.: ІЕД НАН України, 2013. – С. 5–17.

8. Денисюк С.П. Енергетичний перехід – вимоги до якісних змін у розвитку енергетики // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2019. – № 1. – С. 7–28.

9. Кириленко О.В. Заходи та засоби перетворення енергетики України на інтелектуальну екологічно безпечну системи. 2022. Вісн. НАН України. № 3. С. 18-23. DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn2022.03.018>

10. Денисюк С.П., Мельничук Г.В., Чернецьук І.С., Лусий В.В. Техніко-економічні механізми розвитку локальних систем енергозабезпечення (Microgrid) // Енергетика: економіка, технології, екологія – 2021. – № 4. – С. 7–22.

11. ETIP SNET VISION 2050. Integrating Smart Networks for the Energy Transition: Serving Society and Protecting the Environment. European Commission, 2018. – P. 52.

12. Digitalization of the energy system and customer participation: Description and recommendations of Technologies, Use Cases and Cybersecurity ETIP SNET Position Paper Summary. ETIP SNET, 2018. – P. 21.

13. Белоха Г.С., Тараба М. Транзактивні локальні електроенергетичні системи: особливості функціонування та перспективи розвитку // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2023. – № 4. – С.29-37.

14. Денисюк С.П. Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій / С.П. Денисюк, Д.С. Горенко // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – № 2. – С. 25–33.

15. Денисюк С.П. Техніко-економічні механізми розвитку локальних систем енергозабезпечення (Microgrid) / С.П. Денисюк, Г.В. Мельничук, І.С. Чернецьук, В.В. Лусий // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2021. – № 4(66). – С. 7–22.

16. A European strategy for data. European Commission. 2020. – P. 35.

17. Digitalization & Energy. – OECD/IEA, 2017. – 188 p. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf>

18. Digitalisation of Energy Flexibility. EC, 2022. – 265 p. – <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c230dd32-a5a2-11ec-83e1-01aa75ed71a1/language-en>

19. Digitalising our Energy System for Net Zero: Strategy and Action Plan 2021. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/digitalising-our-energy-system-for-net-zero-strategy-and-action-plan>

20. Action plan on the digitalisation of the energy sector – roadmap launched. – URL: https://ec.europa.eu/info/news/action-plan-digitalisation-energy-sector-roadmap-launched-2021-jul-27_en

21. A Brief Roadmap for Digital Transformation: Leveraging Business Architecture to Achieve Superb Results. – <https://www2.deloitte.com/rs/en/pages/strategy-operations/articles/brief-roadmap-for-digital-transformation-leveraging-business-architecture-to-achieve-superb-results.html>

22. Зінченко А. Стимулювання розподіленої генерації в 4му Енергетичному Пакеті ЄС. – К.: Фонд ім. Гайнріха Бьолля, Бюро Київ. – Вересень 2020. – 57 с.

Інформаційні ресурси

1. Міжнародне енергетичне агентство (IEA) <https://www.iea.org/>

2. Договір до Енергетичної Хартії <https://www.energycharters treaty.org/>

3. НЕК Укренерго <https://ua.energy/>

4. Європейські технологічні та інноваційні платформи (ETIPs), створені Європейською комісією в рамках нового Стратегічного плану розвитку енергетичних технологій (План SET Integrated Roadmap). – Режим доступу: <https://smart-networks-energy-transition.ec.europa.eu/>

5. Матеріали асоціації «Електромережі Великобританії» (UK Power Networks) – Режим доступу: <https://smartgrid.ukpowernetworks.co.uk/>

6. Матеріали Департаменту енергетики США у сфері Smart Grid. – Режим доступу: <https://www.smartgrid.gov/>

7. Матеріали Національної лабораторії відновлюваної енергії, США (The National Renewable Energy Laboratory, NREL, USA) – Режим доступу: <https://www.nrel.gov/docs>

8. Матеріали Національного інституту стандартів і технологій, США (National Institute of Standards and Technology, US). – Режим доступу: <https://www.nist.gov/ctl/smart-connected-systems-division/smart-grid-group>

9. <https://news.energy-union.org/archives/3469>

10. <https://dixigroup.org/analytic/yak-%D1%94s-planu%D1%94-czifrovizuvati-energetichnij-sektor-%D1%94s-u-ramkah-%D1%94vropejskogo-zelenogo-kursu/>

11. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0552>

12. <https://www.iea.org/articles/the-potential-of-digital-business-models-in-the-new-energy-economy>

13. <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation>

14. <https://www.iea.org/news/power-system-digitalisation-is-crucial-for-clean-energy-transitions-and-security-in-developing-markets-but-investment-is-lagging>

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[5]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 36 годин лекцій та 18 годин практичних занять, а також виконання модульної контрольної роботи (МКР), яка складається з двох частин (за темами) тривалістю 1 акад. год. кожна.

Практичні заняття з дисципліни проводяться з метою закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття студентами умінь і досвіду оперувати сучасними поняттями в області управління енергоефективністю та енергозбереженням. Виходячи з розподілу часу на вивчення дисципліни, рекомендується дев'ять практичних занять.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Розділ 1. Тренди цифрової трансформації економіки та суспільства	
1	Тема 1. Енергетичний перехід та цифрова трансформація. Концепція 3D розвитку енергетики XXI ст. Розвиток цифрових технологій: оцифровка, цифровізація, цифрова трансформація. Цифрова трансформація в індустрії (Індустрія 4.0). Літературні джерела: [1-3]
2	Тема 2. Світовий досвід цифрової трансформації економіки та суспільства. Дорожня карта цифрової співпраці ООН. Стратегія цифрового уряду США. Цифрова Європа – перспективи діяльності ЄС. План дій – Програма «Цифрова Європа» – проекти у п'яти ключових сферах.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	<i>Літературні джерела: [1-3]</i>
Розділ 2. Цифровізація об'єктів енергетичного сектора	
3	<p>Тема 3. Цифровізація енергетики Європи – SNET WG4 (Smart Grid). Європейська технологічна та інноваційна платформа інтелектуальних мереж для енергетичного переходу. Цифрова енергетика Великої Британії. Стратегія Європи з цифровізації енергетичного сектора. Дорожня карта, план дій з цифровізації енергетичного сектору. <i>Літературні джерела: [1-3]</i></p>
4	<p>Тема 4. Цифрова трансформація енергетичного сектора. Цифровізація енергетики – створення цінності за допомогою поєднання цифрових технологій, людей і бізнес-стратегії. Прогнози щодо цифровізації енергетичного сектора. Цифровізація ланцюга створення вартості енергії. Агрегатори генерації та споживання енергетичних ресурсів. <i>Літературні джерела: [1-4]</i></p>
5	<p>Тема 5. Цифрова трансформація енергетичних компаній. Технологічний базис. Особливості цифрової трансформації активів енергетичних компаній. Цифровізації та розвиток гнучких і стійких енергетичних систем. Технологічний базис цифровізації енергетичних компаній. <i>Літературні джерела: [1,2-4]</i></p>
6	<p>Тема 6. Цифрова трансформація генерації електроенергії. Основні тенденції цифровізації, які змінюють галузь виробництва електроенергії. Електростанція майбутнього. Цифрові плани GE для електростанцій (фірма), план впровадження; промислова екосистема. Тенденції формування технологічних та комерційних віртуальних електростанцій. <i>Літературні джерела: [1,3,4]</i></p>
7	<p>Тема 7. Цифровізація передачі та розподілу електроенергії. Перспективні шляхи цифровізації систем передачі та розподілу електроенергії. Цифрова трансформація електричних мереж. Розвиток центрів управління мережами. Ключові елементи єдиного цифрового середовища електромережевого комплексу. Єдина інформаційна CIM-модель. <i>Літературні джерела: [1-4]</i></p>
8	<p>Тема 8. Цифровізація споживачів (підприємства) та енергоефективність. Роль цифровізації у наданні енергетичних послуг. Цифровізація енергетичних компаній, цифрові близнюки. Цифровізація як можливість нової фази енергоефективності. Активний споживач як елемент локального енергетичного співтовариства. Механізми керування попитом на електроенергію. Цифровізація енергопостачання будівель та споруд (Building-to-grid) (відкрита електрична мережа). Цифровізація в розподілі електроенергії. <i>Літературні джерела: [1,3-5]</i></p>
Розділ 3. Складові цифровізації електроенергетики	
9	<p>Тема 9. Гнучкість енергетичних систем. Трансформація міжнародних енергетичних ринків. Зростаючі потреби та діапазон можливостей для гнучкості. Епоха енергетичної гнучкості. Управління енергетичною гнучкістю. Технологічні рішення для забезпечення енергетичної гнучкості. Функції НЕК «Укренерго». <i>Літературні джерела: [1,4]</i></p>
10	<p>Тема 10. Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами.</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	<p>Особливості формування інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами. Системи керування потоками енергії. Керування розподілом електроенергії.</p> <p>Літературні джерела: [3-5]</p>
11	<p>Тема 11. Інтелектуальні організаційні та технологічні механізми модернізації енергопостачальних компаній. Інтелектуалізація бізнес-процесів в енергопостачальних (енергомережевих) компаніях.</p> <p>Підходи до управління: системний, процесний, ситуаційний, функціональний. Зміна кон'юнктури ринку електроенергії в зв'язку з реалізацією концепції інтелектуальної енергетики (Smart Grid). Особливості реалізації ефективних бізнес-процесів в електропостачальних компаніях України. Оцінка показників ефективності стратегії управління технічними ризиками енергокомпанії. Оптимізація роботи активів мережевої компанії. Інтегрована ERP-система як основа ефективного управління бізнес-процесами в енергетиці. Сучасні підходи до побудови інформаційних моделей в електроенергетиці. Визначення блокчейн, технології блокчейн в електроенергетичному секторі.</p> <p>Літературні джерела: [3-5]</p>
12	<p>Тема 12. Microgrid. Віртуальні електростанції (VPP).</p> <p>Особливості будови та функціонування локальних систем електропостачання з джерелами розосередженої генерації. Особливості побудови та функціонування локальних електротехнічних систем. Основні режими роботи локальних електротехнічних систем. Аналіз еволюції систем Microgrid. Характеристика структур Microgrid; керування та оптимізація режимів роботи. Особливості побудови та функціонування віртуальні електростанції (Virtual Power Plant – VPP). Віртуальна електростанція – «розумний контроль» розосередженої генерації.</p> <p>Літературні джерела: [3-5]</p>
13	<p>Тема 13. Активний споживач (prosumer).</p> <p>Система електропостачання з активним споживачем як елементом електричної мережі. Активний споживач та особливості його роботи. Особливості моделювання активного споживача. Технології реалізації функцій керування активними споживачами та оцінки ефективності їхньої роботи. Приклади формування активного споживача..</p> <p>Літературні джерела: [4,5]</p>
14	<p>Тема 14. Агрегатори на ринку електричної енергії.</p> <p>Загальні положення про агрегатори та термінологія. Світові тренди керування попитом на електроенергію. Формування сучасної практики роботи агрегаторів. Огляд методики побудови графіків базового навантаження. Агрегатори змінять основи електричного бізнесу. Ключові зміни нормативно-правової бази. Оцінка соціально-економічних наслідків впровадження програм керування попитом.</p> <p>Літературні джерела: [4,5]</p>
15	<p>Тема 15. Бізнес-моделі просюмерів з відновлюваними джерелами енергії.</p> <p>Проект PROSEU. Структура бізнес-моделей просюмерів з відновлюваними джерелами енергії.</p> <p>Літературні джерела: [4,5]</p>
Розділ 4. Інформаційна безпека та інтелектуальне керування	
16	<p>Тема 16. Інформаційна безпека в Smart Grid.</p> <p>Проблеми та завдання безпеки інтелектуальних мереж, заснованих на Інтернеті Речей. Використання сучасних інформаційних технологій в Smart Grid як загроза</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	кібербезпеки енергетичних систем. Система інформаційної безпеки для Smart Grid. Огляд рішень Cisco для забезпечення безпеки інтелектуальних систем енергопостачання (інфраструктури Smart Grid). Інформаційна безпека АСКОЕ. Літературні джерела: [4,5]
17	Тема 17. Загальні принципи інтелектуального керування, агенти, мультиагентна система керування; алгоритми мурашок, рою бджіл. Загальні положення мультиагентного підходу. Особливості керування режимами інтелектуальними мережами. Мультиагентні технології керування. МАСК для децентралізованих системах керування. Можливість застосування мультиагентний підходу в регулюванні роботи енергосистеми. Мультиагентні системи керування в локальних електроенергетичних системах. Інтелект роя для інформаційних технологій. Метод роя частинок. Літературні джерела: [4,5]
Розділ 5. Цифровізація електроенергетики України	
18	Тема 18. Цифровізація електроенергетики України. Цифровізація як нова реальність України. Розвиток концепції «Індустрія 4.0» в Україні. Основні напрямки цифрової трансформації енергетичного сектора України. Ефективне обладнання та технології цифрової трансформації української електроенергетики (РЕГІНА, цифрова підстанція). Нормативно-правове забезпечення (стандарти). Літературні джерела: [1,2]

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Практичне заняття №1. Архітектурна модель Smart Grid (SGAM). Аналіз доменів, зон та шарів взаємодії. Літературні джерела: [4]
2	Практичне заняття №2. Мультиагентні системи. Транзактивна енергія. Цифровізація систем генерації електроенергії на основі ВДЕ. Літературні джерела: [5]
3	Практичне заняття №3. Цифровізація передачі та розподілу електроенергії. CIM-модель. Літературні джерела: [1,3,5]
4	Практичне заняття №4. Цифровізація електроенергетичних технологій кінцевого споживача. Літературні джерела: [3-5]
5	Практичне заняття №5. Інформаційно-комунікаційні технології. Smart-моніторинг. Модульна контрольна № 1. Літературні джерела: [4]
6	Практичне заняття №6. Microgrid. Формування законів оптимального керування. Літературні джерела: [2-5]
7	Практичне заняття №7. Еволюція ролі активних споживачів. Моделі функціонування активних споживачів. Літературні джерела: [5]

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
8	Практичне заняття №8. Агрегатори генерації та споживання енергії. Особливості та алгоритми функціонування.. Модульна контрольна № 2. Літературні джерела: [4,5]
9	Практичне заняття №9. Мультиагентні системи керування. Структура та алгоритми функціонування. Літературні джерела: [3-5]

Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає: опрацювання навчального матеріалу, підготовку до аудиторних занять, виконання домашніх завдань, до виконання МКР і екзамену.

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	32
2	Підготовка до МКР	4
3	Підготовка до екзамену	30

Контрольні роботи

Метою контрольних робіт є закріплення та перевірка теоретичних знань із кредитного модуля, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач.

Одна модульна контрольна робота (МКР) розбивається на дві контрольні роботи тривалістю в одну годину кожна. Кожен студент отримує індивідуальне завдання, на яке необхідно надати письмові відповіді. Перша контрольна робота проводиться після вивчення тем за №№ 1 – 8 і присвячена аналізу трендів цифрової трансформації економіки та цифровізації об'єктів енергетичного сектора. Друга контрольна робота проводиться після вивчення тем за №№ 9–14 і присвячена аналізу складових цифровізації електроенергетики.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- **Правила відвідування занять:** Відвідування занять є складовою вивчення матеріалу. Рейтинг студента формується через активну участь на практичних заняттях, а саме у вирішенні практичних завдань та індивідуальної домашньої роботи. 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.

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Управління енергоефективністю та енергозбереженням» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; практикум; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; перелік питань до залікової роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

- **Правила поведінки на заняттях:** Студенти мають дотримуватись правил поведінки на заняттях, відповідно до Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/regulations>) та Принципів академічної доброчесності або морально-етичних норм

поведінки (<https://kpi.ua/academicintegrity>), відповідно до нормативно-правових документів Університету і Правил навчання і поведінки в «КПІ» ім. Ігоря Сікорського», що представлені на сайті Університету та за посиланням: <https://pbf.kpi.ua/ua/2017/09/04/rules/>. У разі порушення правил поведінки на заняттях, відповідно до Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Принципів академічної доброчесності або морально-етичних норм поведінки, невиконанні умов допуску до семестрового контролю, термінів виконання завдань з неповажних причин, студенту може бути виставлено оцінку: «Усунено». На лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує Google Клас для викладання матеріалу поточної лекції, додаткових ресурсів та інше; викладач відкриває доступ до певної директорії Google Класу для надсилання відповідей на МКР. Студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних 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.

- **Модульні контрольні роботи** пишуться на практичних заняттях без застосування допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети та ін.); результат пересилається у файлі до відповідної директорії Google Класу. Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин (хвороба або вагомі життєві обставини), студенту надається можливість додатково скласти контрольне завдання протягом найближчого тижня.

- **Заохочувальні бали** виставляються за: активну участь на лекціях; підготовка оглядів наукових праць; презентацій по одній із тем СРС дисципліни тощо. Заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% від максимальної кількості балів. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів. Заохочувальні бали нараховують за участь у наукових конференціях, студентських конкурсах та олімпіадах, за написання статті та її публікацію. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 8 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 5 балів.

- **Штрафні бали** не виставляються.

- **Політика дедлайнів та перескладань** формується відповідно до затвердженого графіку навчального процесу в Університеті (<https://kpi.ua/year>) та Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (https://kpi.ua/document_control). Графік дедлайнів та перескладань з навчальної дисципліни представлено в Електронному кампусі (<https://ecampus.kpi.ua/>) та в деканаті інституту. Політика дедлайнів та перескладань: кожен студент зобов'язаний дотримуватися термінів виконання завдань у межах розкладу проведення аудиторних занять з дисципліни. Обов'язковими контрольними заходами до семестрового контролю написання МКР. Студент, що з поважної причини (лікарняний, академічна мобільність тощо) не написав МКР, має право зробити це під час регулярних консультацій викладача згідно розкладу.

- **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, у тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Цифрова трансформація електроенергетичних систем та комплексів». Студенти, які вивчають дану дисципліну, зобов'язані дотримуватися положень прийнятого в університеті Кодексу честі. Політика щодо академічної доброчесності здобувачами передбачає, зокрема: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового, контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей); посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; дотримання

норм законодавства про авторське право і суміжні права; надання достовірної інформації про результати власної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

- **При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем** (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соціальних мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема, бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

- **Інклюзивне навчання.** Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

- **Навчання іноземною мовою.** У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

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

Поточний контроль: виконання завдань до практичних занять, МКР.

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

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання завдань до практичних занять.

Практичні заняття

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття – 5 бали * 6 занять = 30 балів.

На практичних заняттях студенти разом із викладачем розв'язують завдання за тематикою практичного заняття. Після кожного практичного заняття (крім практичних занять, на яких студенти виконують МКР, та останнього, студенти отримують домашнє завдання, яке необхідно вирішити та надати на перевірку викладачу до початку наступного заняття (зазвичай це 2 тижні, однак іноді цей час може бути змінений викладачем у деяких конкретних випадках).

Критерії оцінювання

- домашнє завдання вирішено вірно та здано протягом 2-х тижнів після практичного заняття – 4,5-5 бали;

- домашнє завдання вирішено вірно, але здано протягом більш ніж 2-х тижнів після практичного заняття – 3-4 бал;

- домашнє завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом 2-х тижнів після практичного заняття – 2,5-3 бали;

- домашнє завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом більш ніж 2-х тижнів після практичного заняття – 2 бали;

- домашнє завдання вирішено із значними помилками – повертається на доопрацювання.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал за одну МКР – 15. Максимальний бал за 2 МКР складає 30 бали.

Критерії оцінювання

На першій та другій модульній контрольній роботі студент має виконати по 3 завдання. Завдання оцінюються від 0 до 5 балів в залежності від правильності вирішення.

Критерії оцінки кожного завдання:

- повна відповідь – 4,5-5 бали;

- достатньо повна відповідь з незначними помилками – 3,5-4 бали;

- неповна, але на прийнятному рівні відповідь – 2,5-3 бали;

- відповідь на задовільному рівні – 2 бали;
- незадовільна відповідь – 0 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. Перша атестація не менше 15 балів, друга атестація не менше 30 балів.

Додаткові (бонусні) бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені додаткові бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 10 бонусних балів у семестрі. При отриманні більш ніж 10 балів, вони обмежуються на рівні 10. Бонусні бали можуть бути отримані за такі види робіт: «Івенти», «Додаткові лекції» та «Завдання до лекцій».

Івенти. Івенти - це спеціальні події для студентів, які хочуть отримати додаткові бали за вирішення ускладнених завдань. Івенти активуються у визначений час і активні обмежений час. Додаткові бали отримують тільки ті студенти, які надали правильну відповідь вчасно її завантажили. Кількість балів за додаткові завдання визначає кожен івент окремо. Один студент не може отримати більш ніж 10 балів за івенти.

Додаткові лекції. Самостійна робота студентів передбачає до 10 додаткових лекцій, які студенти повинні опрацювати та законспектувати. За опрацювання однієї лекції вигляді у конспекту нараховується 1 бал. Максимальна кількість балів, що можна отримати за опрацювання додаткових лекцій складає 5 балів.

Завдання до лекцій. Студенти, за бажанням, можуть виконувати додаткові завдання за матеріалами лекцій (розв'язати приклад, зробити схему тощо). За одне додаткове завдання нараховується 0,5 бали. Максимальна кількість балів, що можна отримати за завдання до лекцій складає 5 балів.

Форма семестрового контролю – екзамен

Максимальна сума балів за роботу у семестрі складає 60. Необхідною умовою допуску до екзамену виконані завдання до практичних занять, семестровий рейтинг не менше 36 балів.

Екзамен містить дві складові: теоретичну та практичну.

Теоретична складова направлена на перевірку набутих в результаті вивчення освітнього компонента знань студентів у вигляді питань за лекційним матеріалом семестру. Теоретична складова містить 2 питання. Максимальна кількість балів за теоретичну складову складає $2 \cdot 10$ бал = 20 балів.

Практична складова передбачає перевірку набутих студентами умінь розробляти алгоритми керування. Кожному студенту надається окреме завдання, Максимальна кількість балів за задачу складає $1 \cdot 20 = 20$ балів.

Критерії оцінювання теоретичної складової

- повна відповідь на теоретичні питання 8-10 балів
- відповідь на теоретичні питання з незначними недоліками, 5-7 балів
- відповідь на теоретичні питання з суттєвими недоліками, значні помилки у вирішенні задач 1-6 балів

незадовільна відповідь на теоретичні питання, невірне вирішення задач 0 балів

Критерії оцінювання практичної складової

- задача вирішена правильно 18-20 балів
- незначні помилки у вирішенні задач 15-17 балів
- значні помилки у вирішенні задач 11-14 балів
- незадовільна відповідь на теоретичні питання, невірне вирішення задач 0 балів

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Метод оцінювання	Кількість	Оцінка в балах
МКР	2	30
Практичні роботи	5	30
Підсумковий рейтинг		60
Екзамен		40
Підсумковий рейтинг		100

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

7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

1. Концепція 3D розвитку енергетики XXI ст.
2. Розвиток цифрових технологій: оцифровка, цифровізація, цифрова трансформація.
3. Цифрова трансформація в індустрії (Індустрія 4.0).
4. Дорожня карта цифрової співпраці ООН.
5. Стратегія цифрового уряду США.
6. Цифрова Європа – перспективи діяльності ЄС. План дій – Програма «Цифрова Європа» – проекти у п'яти ключових сферах.
7. Європейська технологічна та інноваційна платформа інтелектуальних мереж для енергетичного переходу.
8. Цифрова енергетика Великої Британії.
9. Стратегія Європи з цифровізації енергетичного сектора.
10. Дорожня карта, план дій з цифровізації енергетичного сектору Європи.
11. Цифровізація енергетики – створення цінності за допомогою поєднання цифрових технологій, людей і бізнес-стратегії.
12. Прогнози щодо цифровізації енергетичного сектора.
13. Цифровізація ланцюга створення вартості енергії. Агрегатори генерації та споживання енергетичних ресурсів.
14. Особливості цифрової трансформації активів енергетичних компаній.
15. Цифровізації та розвиток гнучких і стійких енергетичних систем. Технологічний базис цифровізації енергетичних компаній.
16. Основні тенденції цифровізації, які змінюють галузь виробництва електроенергії. 1. 1. Цифровізація. Електростанція майбутнього.
17. Цифрові плани GE для електростанцій (фірма), план впровадження; промислова екосистема.
18. Тенденції формування технологічних та комерційних віртуальних електростанцій.
19. Перспективні шляхи цифровізації систем передачі та розподілу електроенергії.
20. Цифрова трансформація електричних мереж.

21. Розвиток центрів управління мережами. Ключові елементи єдиного цифрового середовища електромережевого комплексу.
22. Єдина інформаційна CIM-модель.
23. Роль цифровізації у наданні енергетичних послуг.
24. Цифровізація енергетичних компаній, цифрові близнюки.
25. Цифровізація як можливість нової фази енергоефективності.
26. Активний споживач як елемент локального енергетичного співтовариства.
27. Механізми керування попитом на електроенергію.
28. Цифровізація енергопостачання будівель та споруд (Building-to-grid) (відкрита електрична мережа).
29. Цифровізація в розподілі електроенергії.
30. Трансформація міжнародних енергетичних ринків.
31. Зростаючі потреби та діапазон можливостей цифровізації для гнучкості системи.
32. Епоха енергетичної гнучкості.
33. Управління енергетичною гнучкістю.
34. Технологічні рішення для забезпечення енергетичної гнучкості.
35. Функції НЕК «Укренерго» у сфері цифровізації.
36. Особливості формування інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами.
37. Системи керування потоками енергії. Керування розподілом електроенергії.
38. Підходи до управління: системний, процесний, ситуаційний, функціональний.
39. Зміна кон'юнктури ринку електроенергії в зв'язку з реалізацією концепції інтелектуальної енергетики (Smart Grid).
40. Особливості реалізації ефективних бізнес-процесів в електропостачальних компаніях України.
41. Оцінка показників ефективності стратегії управління технічними ризиками енергокомпанії.
42. Оптимізація роботи активів мережевої компанії.
43. Інтегрована ERP-система як основа ефективного управління бізнес-процесами в енергетиці.
44. Сучасні підходи до побудови інформаційних моделей в електроенергетиці.
45. Визначення блокчейн, технології блокчейн в електроенергетичному секторі.
46. Особливості будови та функціонування локальних систем електропостачання з джерелами розосередженої генерації.
47. Особливості побудови та функціонування локальних електротехнічних систем.
48. Основні режими роботи локальних електротехнічних систем.
49. Аналіз еволюції систем Microgrid.
50. Характеристика структур Microgrid; керування та оптимізація режимів роботи.
51. Особливості побудови та функціонування віртуальні електростанції (Virtual Power Plant – VPP).
52. Віртуальна електростанція – «розумний контроль» розосередженої генерації.
53. Система електропостачання з активним споживачем як елементом електричної мережі.
54. Активний споживач та особливості його роботи.
55. Особливості моделювання активного споживача.
56. Технології реалізації функцій керування активними споживачами та оцінки ефективності їхньої роботи.
57. Приклади формування активного споживача.
58. Загальні положення про агрегатори та термінологія.
59. Світові тренди керування попитом на електроенергію.
60. Формування сучасної практики роботи агрегаторів.

61. Огляд методики побудови графіків базового навантаження.
62. Агрегатори змінять основи електричного бізнесу.
63. Ключові зміни нормативно-правової бази.
64. Оцінка соціально-економічних наслідків впровадження програм керування попитом.
65. Проект PROSEU. Структура бізнес-моделей просямерів з відновлюваними джерелами енергії.
66. Проблеми та завдання безпеки інтелектуальних мереж, заснованих на Інтернеті Речей.
67. Використання сучасних інформаційних технологій в Smart Grid як загроза кібербезпеки енергетичних систем.
68. Система інформаційної безпеки для Smart Grid.
69. Огляд рішень Cisco для забезпечення безпеки інтелектуальних систем енергопостачання
70. (інфраструктури Smart Grid).
71. Інформаційна безпека АСКОЕ.
72. Загальні положення мультиагентного підходу.
73. Особливості керування режимами інтелектуальними мережами.
74. Мультиагентні технології керування.
75. МАСК для децентралізованих системах керування.
76. Мультиагентні системи керування в локальних електроенергетичних системах.
77. Інтелект роя для інформаційних технологій. Метод роя частинок.
78. Розвиток концепції «Індустрія 4.0» в Україні.
79. Основні напрямки цифрової трансформації енергетичного сектора України.
80. Ефективне обладнання та технології цифрової трансформації української електроенергетики (РЕГІНА, цифрова підстанція).

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

Методи та форми навчання включають не лише традиційні університетські лекції та практичні заняття, а також елементи роботи в командах та групових дискусій. Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як кейс-технологія і проектна технологія; візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Комунікація з викладачем будується за допомогою використання інформаційної системи «Електронний кампус», платформи дистанційного навчання «Сікорський» на базі G Suite for Education, а також такими інструментами комунікації, як електронна пошта і Telegram. Під час навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри електропостачання, доктор. техн. наук, професор
Денисюк Сергій Петрович

Ухвалено на засіданні кафедри електропостачання (протокол № 21 від 7.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією НН інституту енергозбереження та енергоменеджменту (протокол № 9 від 22.06.2023 р.)