



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ SMART-СИСТЕМ ЗМІННОГО СТРУМУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>90 годин / 3 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. , професор Кирик в. В., 0968817257</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTUxNDQ2MDY0NDA5?cjc=tlir677</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Математичне моделювання Smart-систем змінного струму» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки доктора філософії спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

***Метою навчальної дисципліни** є формування у здобувачів наступних здатностей: виконувати імітаційне моделювання електроенергетичних систем, які представлені у вигляді складнозамкнених електричних мереж змінного струму, у тому числі, що містять у собі інтелектуальні зв'язки; використання найбільш ефективних методів моделювання Smart-систем та розрахунків режимів роботи технологічного обладнання електричних мереж, станцій та підстанцій зі складовими інформаційно-комунікаційними елементами.*

***Предмет навчальної дисципліни** – Математичне моделювання режимів роботи «розумних» електричних мереж та мікросистем змінного струму з електроустановками, які мають інформаційно-комунікаційні зв'язки.*

Програмні результати навчання:

Компетенції: здатність розробляти імітаційні моделі електричних мереж з елементами штучного інтелекту, використання програмних середовищ MatLab та Power Factory, аналізу режимних параметрів Smart-систем.

Знання: математичних моделей конструкції, типів і алгоритмів роботи лінійного та силового мережевого обладнання електричних мереж змінного струму; законів інтелектуального управління технологічними процесами вироблення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії в енергосистемах; методів моделювання Smart-систем.

Уміння: виконувати імітаційні дослідження Smart-систем змінного струму; оптимально вибирати і застосовувати на практиці різні математичні моделі елементів і методи розрахунку розумних мереж; визначати розрахункові параметри математичних моделей і ефективно використовувати їх при оцінюванні ustalених та післяаварійних режимів роботи енергосистем; визначити розрахункові параметри і оптимальні режимні характеристики регулюючого, компенсуючого та налагоджувального обладнання, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у галузі електричної інженерії та у викладацькій практиці.

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

Матеріал кредитного модуля дисципліни «Математичне моделювання Smart-систем змінного струму» відповідно до структурно-логічної схеми ОКР «доктор філософії» базується на знаннях, отриманих здобувачами при вивченні таких дисциплін для здобуття глибоких знань зі спеціальності, як «Методи дослідження, формування та керування інтелектуальними енергетичними системами та комплексами», «Фундаментальні основи теорії електромагнітного поля та процесів», «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах», «Моніторинг, керування та захист електроенергетичних систем та електротехнічних комплексів».

Для успішного засвоєння дисципліни здобувач повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін «Електричні мережі з резистивним та компенсованим заземленням нейтралі», а також для якісного виконання наукових досліджень за темою дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на **3 розділи**, а саме:

1. Проблеми передачі електричної енергії змінним струмом та їх вирішення

Тема 1.1. Еволюція розвитку електроенергетичних систем

Тема 1.2. Технології підвищення ефективності систем передачі та розподілу електроенергії

Тема 1.3. Технологічна структура Smart Grid

2. Особливості становлення розумних енергосистем

Тема 2.1. Іновачії та тренди розвитку Smart Grid

Тема 2.2 Інтелектуальні технології в Smart Grid

Тема 2.3. Створення та використання нових типів силового обладнання для Smart Grid

3. Силова та інформаційно-комунікаційна моделі інтелектуальних енергосистем

Тема 3.1. Методи моделювання, контролю та оптимізації в інтелектуальних енергосистемах

Тема 3.2. Моделі елементів силового обладнання для Smart Grid

Тема 3.3. Інформаційно-комунікаційні моделі Smart Grid

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Семенов В. *Технология Smart grid и будущее мировой электроэнергетики, – Электрик. Профессиональный журнал №12/2020. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://electrician.com.ua/posts/1389>.*
2. *Проекты Smart Grid у Европі: отримані уроки та стан розвитку», – Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments, – Об'єднаний дослідницький центр Єврокомісії Joint Research Centre (JRC). [Електронний ресурс] Режим доступу: https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses/files/documents/smart_grid_projects_in_europe.pdf*
3. V. Giordano, F. Gangale, G. Fulli, M. S. Jim'enez, I. Onyeji, A. Colta, I. Papaioannou, A. Mengolini, C. Alecu, T. Ojala, and I. Maschio. *Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments. JRC Reference Reports, Publications Office of the European Union, 2011.*
4. *Getting Smart / IEEE power & energy magazine, march/april 2008 Digital Object Identifier 10.1109/MPE.2007.915181*
5. Xi Fang, Satyajayant Misra, Guoliang Xue, Fellow, and Dejun Yang. *The New and Improved Power Grid: A Survey/ 2011 IEEE*
6. Chun-Hao Lo, Nirwan Ansari, Fellow. *The Progressive Smart Grid System from Both Power and Communications Aspects.- 1553-877X/11/\$25.00 c2011 IEEE*
7. By T. Joseph Lui, Warwick Stirling and Henry O. Marcy. *Get Smart / IEEE power & energy magazine.- Digital Object Identifier 10.1109/MPE.2010.936353*
8. *Toward a Smart Grid / IEEE power & energy magazine.- Digital Object Identifier 1540-7977/05/\$20.00©2005 IEEE.- september/october 2005*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Еволюція розвитку електроенергетичних систем <i>Електроенергетичну систему можна розглядати як взаємозв'язок генеруючих</i>

	джерел та навантажень споживачів через мережу ліній електропередачі, трансформаторів та допоміжного обладнання Література: [1], [2], [5]
2	Технології підвищення ефективності систем передачі та розподілу електроенергії Технологія модернізації національної електроенергетичної системи з метою захисту, контролю та оптимізації енергоспоживання всіх елементів і учасників мережі Література: [1], [3]
3	Технологічна структура Smart Grid. Концепція повністю інтегрованої, саморегульованої і самовідновної електроенергетичної системи, що має мережеву топологію і включає в себе всі генеруючі джерела, магістральні і розподільчі мережі, а також споживачів електричної енергії, об'єднаних двостороннім потоком енергії та інформації, керованих єдиною мережею автоматизованих пристроїв у режимі реального часу Література: [1]
4	Інновації та тренди розвитку Smart Grid Необхідність замінити (реконструювати, модернізувати) фізично та морально зношене обладнання, та лінії електропередавання з одночасним поетапним переходом на нові «інтелектуальні» технології Література: [1], [3]
5	Інтелектуальні технології в Smart Grid Необхідність вироблення нової концепції розвитку електроенергетики було продиктовано економічним зростанням, нерозривно пов'язаним зі збільшенням обсягу енергоспоживання і підвищенням вимог до якості та рівня надійності енергопостачання Література: [5], [6], [7]
6	Створення та використання нових типів силового обладнання для Smart Grid Необхідність вироблення нової концепції розвитку електроенергетики було продиктовано економічним зростанням, нерозривно пов'язаним зі збільшенням обсягу енергоспоживання і підвищенням вимог до якості та рівня надійності енергопостачання Література: [5], [6], [7]
7	Методи моделювання, контролю та оптимізації в інтелектуальних енергосистемах. Збір та оцінка даних, синтез моделі, методи моделювання, представлення та аналіз цільових функцій Література: [3], [4], [7]
8	Моделі елементів силового обладнання для Smart Grid Однолінійна діаграма СТАТКОМ у DIgSILENT Power Factory. Однолінійна діаграма електроенергетичної системи Література: [3], [5]
9	Інформаційно-комунікаційні моделі Smart Grid Модель зв'язку з віддалених польових вузлів (інтелектуальних лічильників, засобів віддаленого керування та ін.) і шлюзів (концентраторів даних). Література: [8]

6. Самостійна робота здобувача

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	14
2	Підготовка РГР	20
3	Підготовка до МКР	9
4	Підготовка до заліку	20

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед здобувачем:

- 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: здобувач 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;

- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли здобувач не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);

- політика дедлайнів та перескладань: якщо здобувач 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 «Передові технології в електроприводі та електромеханічних системах-1»;

- 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 (РСО)

Поточний контроль: експрес-тест, МКР.

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

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 35 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
<i>95-100</i>	<i>Відмінно</i>
<i>85-94</i>	<i>Дуже добре</i>
<i>75-84</i>	<i>Добре</i>
<i>65-74</i>	<i>Задовільно</i>
<i>60-64</i>	<i>Достатньо</i>
<i>Менше 60</i>	<i>Незадовільно</i>
<i>Менше 30</i>	<i>Не допущено</i>

Загальна рейтингова оцінка здобувача після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- *відповіді під час проведення експрес-тесту;*
- *виконання модульної контрольної роботи (МКР).*
- *підготовка РГР*

<i>Експрес-тест</i>	<i>РГР</i>	<i>МКР</i>
<i>14</i>	<i>40</i>	<i>46</i>

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал 1.

Максимальна кількість балів тесту –

*1 бал * 14 = 14 балів.*

Критерії оцінювання

- *вибір правильної відповіді на окремі питання – 1;*

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен здобувач виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 40.

Критерії оцінювання

- *повне, точне і вчасне виконання – 40 балів;*
- *розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 14...35 балів;*
- *розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 2...13 балів;*
- *розрахунок неправильний – 0 балів;*
- *на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; задача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.*

Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР – 46.

Максимальний бал за МКР – 46.

Критерії оцінювання

- *повна відповідь на всі запитання (більше 90% матеріалу) 40 – 46 балів;*
- *неповна відповідь на всі запитання (від 60 до 90% матеріалу) - 20 – 39 балів;*
- *відповідь містить менше 60 % необхідної інформації – 0 балів;*

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

Форма семестрового контролю – залік

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є повний конспект лекцій, виконаний і захищений реферат. Для отримання заліку з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконані умови допуску до заліку.

Здобувачі, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому набрані бали здобувачем анулюються, а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною.

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання заліку

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 95 - 100 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 85-94 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 75-84 бали;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 65-74 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, але не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60 - 64 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Завдання на РГР

Виконання РГР відбувається в програмному середовищі Power Factory та MatLab. Завдання на РГР передбачає розроблення імітаційні моделі електричної мережі з інтелектуальними установками компенсації реактивної потужності. Схема мережі визначаються лектором для кожного здобувача індивідуально.

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Еволюція розвитку електроенергетичних систем
2. Технології підвищення ефективності систем передачі та розподілу електроенергії
3. Технологічна структура Smart Grid
4. Іновації та тренди розвитку Smart Grid
5. Інтелектуальні технології в Smart Grid
6. Створення та використання нових типів силового обладнання для Smart Grid
7. Методи моделювання, контролю та оптимізації в інтелектуальних енергосистемах
8. Моделі елементів силового обладнання для Smart Grid
9. Інформаційно-комунікаційні моделі Smart Grid

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 проф. кафедри електричних мереж та систем ФЕА, д.т.н. Кирик В.В.

Ухвалено кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол № 13 від 20.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол №10 від 22.06.2023 р)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.