



МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ГНУЧКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електроенергетика та електромеханіка</i>
Статус дисципліни	<i>вибіркова, ПБ7</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS (лекції – 36 годин, практики – 18 годин, СРС – 66 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</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/MzkwMTcyNzU5ODQy?cjc=m72hsng</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Методи організації гнучких електричних систем» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика та електромеханіка» підготовки магістра за освітньо-науковою програмою спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів наступних здатностей: виконувати побудову та синтез Гнучких систем змінного; виконувати проектування технічних об'єктів на основі пристроїв *FACTS*; виконувати управління режимами роботи електричних мереж та систем на основі пристроїв *FACTS*; використовувати сучасні високотехнологічні комп'ютеризовані системи для розв'язання практичних електроенергетичних задач, пов'язаних з проектуванням, експлуатацією, налагодженням та управлінням електричних мереж з пристроями *FACTS*.

Предмет навчальної дисципліни – технології підвищення керованості електроенергетичних систем на основі електронних пристроїв компенсації реактивної потужності.

Програмні результати навчання:

Компетенції: ФК01. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК02. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методика, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК06. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем. ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання: ПРН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем. ПРН04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем. ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах

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

Матеріал кредитного модуля дисципліни «Методи організації гнучких електричних систем» базується на знаннях, отриманих здобувачами при вивченні таких дисциплін для здобуття глибоких знань зі спеціальності, як «Електричні мережі», «Електричні мережі та системи», «Вища математика», «Загальна фізика», «Обчислювальна техніка та алгоритмічні мови», «Теоретичні основи електротехніки» (ТОЕ), «Електричні машини» та «Електрична частина станцій і підстанцій».

Для успішного засвоєння дисципліни здобувач повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на **6 розділів (змістовні модулі)**, а саме:

1. Актуальність проблеми підвищення якості електроенергії

Тема 1.1. Проблема регулювання напруги і компенсації реактивної потужності

Тема 1.2. Традиційні засоби регулювання реактивної потужності

2. Загальна характеристика пристроїв гнучких електроенергетичних систем змінного струму

Тема 2.1 Загальна характеристика пристроїв FACTS

Тема 2.2 Основні технології сімейства FACTS

Тема 2.3 Класифікація пристроїв FACTS

3. Перспективи і можливості технології FACTS в задачах управління режимами електроенергетичних систем

Тема 3.1 Керованість режимів роботи ЕЕС

Тема 3.2 Підвищення пропускної здатності ЛЕП

Тема 3.3 Статична та динамічна стійкість ЕЕС

Тема 3.4 Підвищення якості електроенергії

Тема 3.5 Нормалізація параметрів режимів роботи ЕЕС

4. Основні пристрої гнучких електроенергетичних систем

Тема 4.1 Пристрої FACTS поперечної компенсації

Тема 4.2 Пристрої FACTS поздовжньої компенсації

Тема 4.3 Комбіновані пристрої FACTS

5. Силова електроніка в системах FACTS

Тема 5.1 Сучасні силові електронні пристрої

Тема 5.2 Напівпровідникові елементи

Тема 5.3 Силові перетворювачі

Тема 5.4 Самокомутовані вентиля

6. Моделювання ЕЕС зі STATCOM при перехідних процесах

Тема 6.1 Динамічне моделювання STATCOM на DIgSILENT PowerFactory

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Методи організації гнучких електричних систем [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні системи і мережі»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.В. Кирик. – Електронні текстові данні (1 файл: 0,921 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 45 с.
2. Кирик В. В. Електричні мережі та системи : підручник / В. В. Кирик. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 32. ISBN 978-966-990-031-9
3. Оцінка стану та реалізації концепцій розвитку «інтелектуальних» електромереж у світовій практиці [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/3.-SmartGrid.pdf>
4. «Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник. / Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с

Додаткові інформаційні ресурси:

5. Літвінов, Володимир Валерійович. "ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ ПРИСТРОЇВ FACTS ТА ПРИСТРОЇВ СВВ У ЕЕС З РОЗПОДІЛЕНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ." The 12 th International scientific and practical conference "Modern research in world science"(February 26-28, 2023) SPC "Sci-conf. com. ua", Lviv, Ukraine. 2023. 1161 p.. 2023.

6. Денисюк, С. П. Системи силової електроніки та засоби керування в електроенергетиці. Силова електроніка в системах електроживлення [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістрів, за освітньою програмою «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С. П. Денисюк, Г. С. Белоха ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: 2.65 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. - 130 с.

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	Актуальність проблеми підвищення якості електроенергії. Електроенергетичні системи (ЕЕС) як нелінійні і багатопов'язані системи. Проблем при застосуванні традиційних методів управління ЕЕС. Література: [1]
2	Проблема регулювання напруги і компенсації реактивної потужності. Задача підтримання напруги на шинах споживачів тісно пов'язана з залежністю продуктивності споживачів від напруги. Напруга на шинах споживачів безпосередньо впливає на надійність електрообладнання. Література: [1]
3	Традиційні засоби регулювання реактивної потужності. Функцію з регулювання напруги і керування потоками реактивної потужності в розподільних мережах напругою 35-110 кВ виконують генератори електричних станцій і пристрої РПН і ПБЗ, встановлені на ПС, централізовано вирішується задачі балансу реактивної потужності і регулювання напруги. Література: [2]
4	Використання автоматичного регулювання збудження генераторів на електростанціях. Система збудження може бути визначеною як система, яка забезпечує струм збудження для обмотки ротора генератора. Література: [1], [2], [3]
5	Регулювання напруги за допомогою трансформаторів, обладнаних пристроями РПН та ПБЗ. Основною метою всіх силових трансформаторів та розподільних трансформаторів є перетворення електричної енергії з одного рівня напруги на інший. Література: [1], [2], [3]
6	Шунтувальні реактори (ШР). Шунтувальні реактори встановлюються на кінцях довгих ЛЕП надвисоких напруг. Реактор – високовольтний індуктор. Реактори по суті є однообмотковими трансформаторами. Література: [3]
7	Шунтувальні конденсатори (Батареї статичних конденсаторів – БСК). Конденсатори використовуються для поліпшення експлуатаційної ефективності

	<p>електроенергетичних систем та для забезпечення стабільної напруги при порушенні нормальної роботи в енергосистемі. Література: [1], [2], [3]</p>
8	<p>Установки повздожньої компенсації ємнісного характеру. У системах надвисокої напруги ємнісні УПК з'єднані послідовно з лінією передачі, щоб зменшити вплив індуктивного реактивного опору X_L між відправним і приймальним кінцями лінії. Література: [1], [2], [3]</p>
9	<p>Синхронний компенсатор. Синхронний компенсатор – це синхронний двигун, що працює без механічного навантаження. Він може генерувати або споживати реактивну потужність змінюючи збудження відповідної обмотки.. Література: [1], [2], [3]</p>
10	<p>Загальна характеристика пристроїв гнучких електроенергетичних систем змінного струму. Термін і поняття FACTS (Flexible Alternative Current Transmission System - гнучкі керовані системи електропередачі змінного струму) введені в обіг Інститутом електроенергетики EPRI (США). Література: [1], [2], [3], [4]</p>
11	<p>Характеристика пристроїв FACTS. FACTS є однією з найбільш перспективних електромережних технологій, суть якої полягає в тому, що електрична мережа з пасивного пристрою транспорту електроенергії перетворюється в пристрій, що приймає активну участь в управлінні режимами роботи електричних мереж. Література: [1], [2], [3], [4], [5]</p>
12	<p>Основні технології сімейства FACTS. Управління напругою та забезпечення стійкості, компенсації реактивної потужності, усунення коливальних, динамічна стійкість і стійкість за напругою Література: [1], [3], [4], [5]</p>
13	<p>Класифікація пристроїв FACTS . Класифікація пристроїв FACTS в залежності від типу пристроїв, принципу регулювання, використовуваних напівпровідників та параметрів впливу на параметри мережі. Література: [1], [3], [4], [5]</p>
14	<p>Керовані систем передачі змінного струму в електричних мережах. Керовані фазоповоротні пристрої (ФПП) на базі фазозсувних трансформаторів. Література: [1], [3], [4], [5]</p>
15	<p>Вставки постійного струму на базі перетворювачів напруги. Системи перетворення напруги: випрямлячі, інвертори, фільтри Література: [1], [3], [4], [5]</p>
16	<p>Перспективи і можливості технології FACTS в задачах управління режимами електроенергетичних систем. Процедура включення до складу ЕЕС пристроїв FACTS Література: [1], [3], [4], [5]</p>
17	<p>Керованість режимів роботи ЕЕС.</p>

	<i>Зміна ступеня компенсації зарядної потужності електричної мережі і переведення перетоків активної потужності в лінії з вищим класом напруги. Література: [1], [3], [4], [5]</i>
18	<i>Підвищення пропускної здатності ЛЕП. Використання пропускної здатності існуючих електричних мереж, зокрема окремих міжсистемних і міждержавних зв'язків. Література: [1], [2]</i>

6. Самостійна робота здобувача

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Підготовка до лекційних занять</i>	18
	<i>Підготовка до практичних занять</i>	9
2	<i>Підготовка до МКР</i>	4
3	<i>Підготовка до заліку</i>	6
	<i>Самостійне опрацювання тем</i>	29
	<i>ВСЬОГО</i>	66

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;*

- політика дедлайнів та перескладань: якщо здобувач не проходив або не з'явиться 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)

Поточний контроль: експрес-тест, МКР.

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

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 35 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 здобувача після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-тесту;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- заохочувальних балів за продуктивну роботу на заняттях.

Заохочення	Тест	МКР
5	40	60

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал 1.

Експрес-тест

Інформаційний ресурс: <https://onlinetestpad.com/q7rkmbnttys3c>

Максимальна кількість балів – 40.

Критерії оцінювання

- повна відповідь на всі запитання (більше 90% матеріалу) – коефіцієнт 0,9 –1;
- неповна відповідь на всі запитання (від 60 до 90% матеріалу) – 0,6-0,9;
- відповідь містить менше 60 % необхідної інформації – 0 балів.

Повторне складання тесту та складання в неустановлені терміни зараховується з коефіцієнтом 0,5.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР – 60.

Інформаційний ресурс: <https://onlinetestpad.com/ih5xlz7xucpum>

Критерії оцінювання

- повне виконання завдання (більше 90% матеріалу) – коефіцієнт 0,9 –1;
- неповне виконання завдання (від 60 до 90% матеріалу) – 0,6-0,9;
- виконання завдання містить менше 60 % необхідної інформації – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу здобувача не менше 60% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – залік

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до **заліку** є повний конспект лекцій, складено тест та виконано завдання МКР з загальною кількістю балів не менше 35. Для отримання заліку з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконані умови допуск.

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

Максимальний бал за контрольний тестовий залік, що налічує 20 теоретичних запитань, складає 100 балів.

Інформаційний ресурс: <https://onlinetestpad.com/q3bwftep4sanw>

Критерії оцінювання іспиту

- «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)

Виконання завдань МКР відбувається в програмному додатку Fuzzy середовища MatLab.

Дистанційний курс дисципліни:

<https://classroom.google.com/c/MzkwMTcyNzU5ODQy?cjc=m72hsng>

Можливе перезарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою за умови виконання вимог, наведених у Наказі № НОН/157/2023 від 09.05.2023 р. Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті /

На час дії правового режиму воєнного стану діють особливості визнання результатів навчання (https://document.kpi.ua/2022_НОН-164).

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.