



МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

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>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS / 150 годин (36 годин – лекцій, 36 годин – практик, 78 годин СРС)</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>Лектори: доцент, к.т.н. Баженов Володимир Андрійович Практичні заняття: асистент Паненко Олена Миколаївна</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Njl3NzgxMzg4MTcy?cjc=5ndig6y</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Моделювання та оптимізація електроенергетичних та електромеханічних систем» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Електроенергетика та електромеханіка» підготовки магістрів за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів бази теоретичних знань, умінь, навичок та компетентностей необхідних для моделювання та оптимізації електроенергетики та електромеханіки.

Предмет навчальної дисципліни – основи концепції оптимізації електроенергетичних та електромеханічних систем; теоретичні та практичні проблеми в електроенергетичних та електромеханічних системах; концептуальні та методологічні засади в галузі енергетики та електромеханіки щодо підвищення ефективності розвитку та експлуатації складних електротехнічних та електротехнологічних установок і систем.

Компетентності

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, методики, 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.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК16. Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних процесів в електроенергетичних та електромеханічних системах.

ФК18. Здатність до створення математичних та імітаційних моделей електроенергетичних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання:

ПРН03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

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

Пререквізити. Теоретичною і методологічною основою дисципліни є дисципліна «Стан та перспективи розвитку електроенергетики та електромеханіки».

Постреквізити. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисципліни «Сучасна теорія керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів», а також під час виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Електроенергетичні системи. Особливості сучасної електроенергетики України.

Математичні методи оптимізації. Загальні положення Постановка задачі

Тема 2. Застосування градієнтних методів для моделювання та оптимізації розвитку та експлуатації електроенергетичних систем.

Тема 3. Застосування методів сполучених градієнтів для моделювання та оптимізації розвитку та експлуатації електроенергетичних систем.

Тема 4. Розрахунок складових вектору градієнта. Врахування обмежень при оптимізації. Методи зовнішніх та внутрішніх штрафних функцій.

Тема 5. Комбінований метод штрафних функцій.

Тема 6. Оптимізація режимів електричних мереж з високим ступенем неоднорідності . Загальні положення

Тема 7. Методика розрахунку економічних врівноважувальних ЕРС. Оптимізація режиму роботи мереж однієї напруги за допомогою вольтододаткових трансформаторів. Загальні положення.

Тема 8. Оптимізація режиму роботи мереж однієї напруги за рахунок застосування установок повздовжньої компенсації. Загальні положення

Тема 9. Методика визначення числа паралельних гілок і кількості послідовних елементів батареї УПК

Тема 10. Оптимізація режиму роботи мереж однієї напруги за рахунок розрізання контурів. Загальні положення.

Тема 11. Оптимізація режиму електричної мережі по реактивній потужності і напрузі.

Постановка задачі

Тема 12. Оптимізація режиму в слабкозамкнених електричних мереж

Тема 13. Оптимізація режиму в складно замкнених електричних мережах

Тема 14. Ітераційний розрахунок складових вектору градієнта при оптимізація режиму в складно замкнених електричних мережах

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові джерела:

1. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020, 392 с.

2. Головка, В. М. Вітроенергетика [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» / В. М. Головка ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 15,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 88 с

3. Комплекси генерування електроенергії з функціями компенсації реактивної потужності та активної фільтрації на базі машини подвійного живлення. Монографія / Шаповал І.А., Михальський В.М., Артеменко М.Ю., Поліщук С.Й., Чопик В.В. Київ, Інститут електродинаміки НАН України, 2020, 241 с.

4. Моделювання та оптимізація електроенергетичних та електромеханічних систем: Навчальний посібник.: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійних магістерських програм та освітньо-наукової програми магістерської підготовки «Електроенергетика та електромеханіка» / В. А. Баженов; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: 4,32 Мбайт).-Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського.2023.-78с.

5. Енергетична електроніка. Конспект лекцій. навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. Я. Ромашко, Л. М. Батрак – Електронні текстові дані (1 файл: 5,11 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 117 с.

6. Кучанський В.В., Малахатка Д.О. “Заходи та технічні засоби підвищення ефективності режимів роботи магістральних електричних мереж” /Інститут електродинаміки НАН України/ – Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021. SBN 9786177991426 <https://doi.org/10.36074/ztperrmrm-monograph.2021>.

Додаткові джерела:

7. Bose B.K. Power Electronics in Renewable Energy Systems and Smart Grid: Technology and Applications. Wiley-IEEE Press. 2019, 752 p.

8. Thomas Valone The Future of Energy: Challenges, Perspectives, and Solutions. Nova Science Publishers, Inc. 2020, 323 p.

9. Зайцев Є.О., Кучанський В.В., Гунько І.О. “Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустанування”: монографія. /Інститут електродинаміки НАН України, Вінницький національний технічний університет/ – Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021 ISB 978-617-7991-77-8 <https://doi.org/10.36074/ztperrmrm-monograph>. 2021

10. Iqbal Husain. *Electric and Hybrid Vehicles Design Fundamentals*. CRC Press, London 2021, 498 p.

11. Баженов В.А. *Моделі оптимального розвитку енергосистем. Навчальний посібник. Рекомендовано Методичною радою КПІ імені Ігоря Сікорського (протокол №8 від 2.06.2023р.) для здобувачів ступеня магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, Київ, 2023, 56 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)	Години
1	Тема 1. Електроенергетичні системи. Особливості сучасної електроенергетики України. Математичні методи оптимізації. Загальні положення Постановка задачі Література[1] - [6].	2
2	Тема 2. Застосування градієнтних методів для моделювання та оптимізації розвитку та експлуатації електроенергетичних систем. Література [1] - [5], [8].	4
3	Тема 3. Застосування методів сполучених градієнтів для моделювання та оптимізації розвитку та експлуатації електроенергетичних систем. Література [1] - [4], [7].	2
4	Тема 4. Розрахунок складових вектору градієнта. Врахування обмежень при оптимізації. Методи зовнішніх та внутрішніх штрафних функцій. Література [1] - [4], [8].	4
5	Тема 5. Комбінований метод штрафних функцій. Література[1] - [4], [7], [8].	4
6	Тема 6. Оптимізація режимів електричних мереж з високим ступенем неоднорідності . Загальні положення Література [7], [8].	2
7	Тема 7. Методика розрахунку економічних врівноважувальних ЕРС. Оптимізація режиму роботи мереж однієї напруги за допомогою вольтододаткових трансформаторів. Загальні положення. Література [1] - [4], [7], [8].	4
8	Тема 8. Оптимізація режиму роботи мереж однієї напруги за рахунок застосування установок повздовжньої компенсації. Загальні положення Література [1] - [4], [7], [8].	2
9	Тема 9. Методика визначення числа паралельних гілок і кількості послідовних елементів батареї УПК Література [1] - [4], [7], [8].	2
10	Тема 10. Оптимізація режиму роботи мереж однієї напруги за рахунок розрізання контурів. Загальні положення. Література [1] - [4], [7], [8].	2
11	Тема 11. Оптимізація режиму електричної мережі по реактивній потужності і напрузі. Постановка задачі Література [1] - [4], [7], [8].	2

12	Тема 12. Оптимізація режиму в слабкозамкнених електричних мережах Література [1] - [4], [7], [8].	2
13	Тема 13. Оптимізація режиму в складно замкнених електричних мережах Література [1] - [4], [7], [8].	2
14	Тема 14. Ітераційний розрахунок складових вектору градієнта при оптимізація режиму в складно замкнених електричних мережах Література [1] - [4], [7], [8].	2
	Усього годин	36

Практичні заняття

Години	Назва теми заняття та перелік основних питань
2	Практичне заняття No1. Застосування градієнтних методів для моделювання та оптимізації розвитку та експлуатації електроенергетичних систем.
2	Практичне заняття No2. Застосування градієнтних методів для моделювання та оптимізації розвитку та експлуатації електроенергетичних систем.
2	Практичне заняття No3. Застосування методів сполучених градієнтів для моделювання та оптимізації розвитку та експлуатації електроенергетичних систем.
2	Практичне заняття No4. Врахування обмежень при оптимізації. Методи зовнішніх та внутрішніх штрафних функцій.
2	Практичне заняття No5. Врахування обмежень при оптимізації. Комбінований метод штрафних функцій
4	Практичне заняття No6. Приклад розрахунку економічного поточкорозподілення і економічної врівноважувальної ЕРС. (3 години) Модульна контрольна робота (частина 1) (1 година)
4	Практичне заняття No7. Приклад розрахунку параметрів ВДТ
4	Практичне заняття No8. Приклад розрахунку параметрів УПК. Частина 1
4	Практичне заняття No9. Оптимізація режиму енергосистеми за рахунок розрізання контурів.
8	Практичне заняття No10. Основні положення алгоритмів оптимізації режиму електричної мережі на прикладі рішення експлуатаційної задачі розподілення реактивних потужностей та вибору оптимальних коефіцієнтів трансформації для найпростішої електричної мережі (7 годин) Модульна контрольна робота (частина 2) (1 година)
2	Практичне заняття No18. Розрахунок частинних похідних вигляду $\frac{\partial \Delta P_{\Sigma}}{\partial Q_j}$ для електричної мережі сучасної енергосистеми
36	Усього

Модульна контрольна робота

Метою модульної контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань з кредитного модуля, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач. Одна модульна контрольна робота (МКР) розбивається на дві контрольні роботи тривалістю в одну годину кожна. Контрольні роботи проводяться у середовищі GoogleClassroom. Кожен студент отримує індивідуальне завдання, на яке необхідно надати письмові відповідь та надіслати у GoogleClassroom.

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекцій	18
2	Підготовка до практичних занять	27
3	Підготовка до МКР	3
4	Підготовка до екзамену	30
	Усього:	78

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО цієї дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.*

- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та 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 студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;*

- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі під час вивчення та складання контрольних заходів з дисципліни «Стан та перспективи розвитку електроенергетики та електромеханіки»;*

- *у разі використання 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: робота на лекційних і практичних заняттях, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі за семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 25 балів.

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

- роботу на лекціях;
- бали за практичні заняття;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- екзаменаційної роботи.

Робота на лекціях	Робота на практичних заняттях	МКР	Rc	Рекз	R
18	18	14	50	50	100

Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бал * 18 = 18 балів.

Критерії оцінювання

- опрацювання лекції, представлено впродовж тижня після заняття – 1;
- опрацювання лекції, представлено із запізненням понад тиждень – 0,5;
- неопрацьована лекція – 0.

Робота на практичних заняттях

Ваговий бал 1.

Максимальна кількість балів за роботу на всіх практичних заняттях – 1 балів * 18 = 18 балів.

Критерії оцінювання

- робота на практичному занятті – 0,5;
- виконання індивідуального завдання у поставлений термін – 0,5;
- на практичному не працював – 0;
- невиконання індивідуального завдання у поставлений термін – 0;

Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР – 7*2=14.

Максимальний бал за МКР – 14.

Критерії оцінювання

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 14 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8-13 балів;

- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 4-7 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь або відсутність під час проведення роботи – 0 балів.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань та одного практичного.

Критерії оцінювання екзамену

Максимальний рейтинг екзамену Рекз = 50 балів. Теоретичні запитання оцінюються у 17 балів кожне, а практичне – у 16 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 16-17 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 13-15 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 9-12 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 9 балів) – 0 балів.

Система оцінювання практичного завдання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 15-16 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 12-14 балів;
- «задовільно», завдання виконано з певними недоліками – 10-11 балів;
- «незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

Загальний рейтинговий бал, складається з суми стартових балів (бали за роботу на лекційний та практичних заняттях, а також бали за МКР) і балів за екзаменаційну роботу, та переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з наступною таблицею:

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 25	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Методика викладання дисципліни полягає у вивченні основ теорії дисципліни під час лекційних занять із застосуванням технологій навчання, закріпленні теоретичних знань на практичних заняттях, самостійному вивченні студентами окремих розділів дисципліни під контролем викладача, періодичному контролю засвоєння матеріалу студентами під час опитувань та модульної контрольної роботи.

Для забезпечення наочності навчальних занять використовуються електронні навчальні посібники, синхронна трансляція на екран лекційного матеріалу, перегляд навчальних кінофільмів, плакатів.

На екзамен виносяться усі теми та приклади, розглянуті протягом семестру.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані 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 доцентом кафедри електричних мереж та систем факультету електроенерготехніки та автоматики Баженовим В.А.

Ухвалено кафедрою електричних мереж та систем факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 13 від 20.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)