



Математичні задачі енергетики

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | <i>Перший (бакалавр)</i> |
| Галузь знань | <i>14 «Електрична інженерія»</i> |
| Спеціальність | <i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i> |
| Освітня програма | <i>УПРАВЛІННЯ, ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ</i> |
| Статус дисципліни | <i>Цикл професійної підготовки. Нормативні компоненти освітньої програми</i> |
| Форма навчання | <i>Заочна 4 р.н. та заочна 3 р.н. (прискорена)</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>2 курс, 4-й семестр (4 р.н.); 1 курс, 2-й семестр (3 р.н.)</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>315 годин / 10,5 кредити ECTS</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>Екзамен / МКР</i> |
| Розклад занять | <i>http://rozklad.kpi.ua/</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: к.т.н. доцент ХОМЕНКО Олег Володимирович Практичні заняття: к.т.н. доцент ХОМЕНКО Олег Володимирович</i> |
| Розміщення курсу | <i>Google Classroom https://classroom.google.com/c/MTU4ODM1NTAxMTk4</i> |

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Математичні задачі енергетики» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма "Управління, захист та автоматизація енергосистем".

Метою навчальної дисципліни є формування у слухачів системи здатностей по вибору і розрахунку параметрів елементів і режимів роботи електричних мереж; виконанню техніко-економічного обґрунтування рішень, що приймаються; прийняттю рішень, що відповідають новітнім досягненням рівня науки і техніки; обґрунтованому вибору ефективних методів інженерних розрахунків, проведенню досліджень на об'єктах енергосистем, аналізу отриманих результатів; ефективному використанню сучасних інтелектуальних, інформаційних комп'ютерно-інтегрованих технологій; виконанню проектно-конструкторської документації згідно з нормативними вимогами.

Предмет навчальної дисципліни - структура математичної моделі електроенергетичної системи (ЕЕС); схеми заміщення основних елементів ЕЕС і системи в цілому; способи обчислення параметрів схем заміщення елементів ЕЕС; рівняння усталеного режиму ЕЕС у формі балансу струмів, форми їх запису; рівняння усталеного режиму ЕЕС у формі балансу потужностей, форми їх запису; методи розв'язання лінійних рівнянь усталеного режиму; методи розв'язання нелінійних систем рівнянь усталеного режиму; способи обчислення параметрів режиму - струмів, потоків потужностей, втрат потужностей тощо; способи аналізу параметрів режиму. Оптимальні режими роботи ЕЕС та методи їх визначення.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

K23. Здатність правильно формулювати та розв'язувати математичні задачі в галузі управління, захисту та автоматизації енергосистем.

K26. Здатність розуміти математичні підходи до принципів автоматичного регулювання в енергетичних системах, особливості функціонування пристроїв регулювання.

Знання і уміння:

ПР01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР19. Застосовувати додатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

ПР21. Знати і розуміти основні положення теорії автоматичного керування, особливості застосування різних способів регулювання параметрів режимів електричних мереж та електроенергетичних систем у застосуванні до задач у галузі управління, захисту та автоматизації енергосистем.

ПР24. Вміти розробляти алгоритми вирішення задач в галузі управління, захисту та автоматизації енергосистем з використанням математичного апарату та сучасного програмного забезпечення.

ПР27. Створювати математичні моделі електроенергетичного обладнання та визначати режимні параметри процесів, які мають місце в електричних мережах та електроенергетичних системах в перехідних та ustalених режимах.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Обчислювальні методи та алгоритмізація». Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для вивчення дисципліни «Теорія автоматичного керування» та подальшого якісного виконання досліджень за темою атестаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно розподілена на 2 частини, а саме:

Частина 1. Моделювання і аналіз ustalених режимів роботи електроенергетичних систем (ЕЕС).

Складається із **3-х розділів:**

- 1. Моделювання схем електричних мереж, в якому розглядаються схеми заміщення і розрахункові схеми основних елементів електричних мереж, розрахунок їх параметрів.**
- 2. Формування математичної моделі режимів роботи електричної мережі, в якому розглядаються рівняння і системи рівнянь ustalеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей.**
- 3. Математичні методи розв'язання систем рівнянь ustalеного режиму, де розглядаються прямі і ітераційні методи розв'язання систем рівнянь ustalеного режиму, обчислення і аналіз основних параметрів режиму.**

Частина 2. Оптимізація режимів роботи ЕЕС.

Елементи теорії ймовірностей в задачах електроенергетики

Складається із 2-х розділів:

1. **Оптимізація режимів роботи ЕЕС**, в якому розглядаються задачі оптимізації режимів роботи ЕЕС, основні поняття та деякі методи оптимізації режимів, обмеження при оптимізації.
2. **Елементи теорії ймовірностей в задачах електроенергетики**, в якому розглядаються випадкові події і випадкові величини, функція і щільність розподілу ймовірностей, закони розподілення ймовірностей.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. - Львів: Видавництво при Львівському університеті, 1982, - 380 с.
2. Правила улаштування електроустановок : 2017. – Офіц. вид. – К. :Форт : Мінпаливенерго України. 2017.
3. Електричні мережі та системи: підручн. / В.М. Сулейманов, Т.Л. Кацадзе. – К: НТУУ «КПІ», 2008. – 456 с.
4. Журахівський, А. В. Оптимізація режимів електроенергетичних систем : навч. посібник для вузів / А. В. Журахівський, І. В. Жежеленко ; Держ. ун-т "Львівська політехніка"; ПДТУ. КАф. електропостачання пром. підприємств .. - Львів ; Маріуполь : [б. и.], 2000. - 109 с. <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/15902>
5. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / О. І. Огірко, Н. В.Галайко.–Львів: ЛьвДУВС, 2017. – 292 с.
6. <http://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/629/1/теорія%20ймовірностей%20підручник.pdf>

Додаткові:

7. Хоменко О.В. Математичні задачі енергетики. Моделювання і аналіз усталених режимів роботи електричних систем [Електронне видання]: навчальний посібник / О.В. Хоменко: НТУУ «КПІ». - Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 109 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15649>
8. Математичні задачі енергетики. Частина 1 [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання практичних занять / НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» ; уклад. О.В. Хоменко, В.С. Гулий. – Київ : НТУУ «КПІ», 2017. – 88 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19869>
9. Математичні моделі електроенергетичних систем: Навчальний посібник. / В.П. Мельник. – К.: ІСДО, 1993,-336с.

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) |
|-------|---|
| | Частина 1. Розділ 1. Моделювання схем електричних мереж |
| 1 | Моделювання ЕЕС. Загальні положення. Поняття моделі. Види моделей. Об'єкт моделювання ЕЕС. Структура моделі ЕЕС. Етапи побудови моделей ЕЕС. Основні елементи електричних мереж та схеми їх заміщення. Загальні визначення і |

| | |
|----|---|
| | <p>припущення. Схеми заміщення ЛЕП і трансформаторів. Параметри режиму при моделюванні цих елементів електричної мережі .</p> <p>Представлення вузлів генерації і навантаження, комутаційних апаратів в схемах заміщення. Параметри режиму при моделюванні цих елементів.</p> <p>Схема заміщення електричної мережі. Обчислення параметрів елементів схем заміщення. Розрахункова схема електричної мережі.</p> <p>Літературні джерела: [1, 3, 4, 5, 6]</p> |
| | <p>Частина 1.</p> <p>Розділ 2. Формування математичної моделі режимів роботи електричної мережі</p> |
| 2. | <p>Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі. Основні задачі. Вихідні дані та результати обчислень. Аналіз вхідної та вихідної інформації.</p> <p>Рівняння усталеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей. Вихідні положення. Виведення рівнянь усталеного режиму. Варіанти запису рівнянь усталеного режиму. Рівняння усталеного режиму у формі з розділенням комплексів в полярній системі координат. Рівняння усталеного режиму у прямокутній системі координат. Приклади.</p> <p>Матрична форма запису систем рівнянь усталеного режиму. Варіанти запису. Матриця провідностей і її властивості. Перетворення системи рівнянь. Приклади.</p> <p>Літературні джерела: [1, 3, 4, 5]</p> |
| | <p>Частина 1.</p> <p>Розділ 3. Математичні методи розв'язання систем рівнянь усталеного режиму</p> |
| 3. | <p>Системи лінійних рівнянь усталеного режиму. Розв'язання СЛР методами упорядкованого виключення невідомих (метод Гауса). Приклади розв'язання систем рівнянь .</p> <p>Загальна характеристика ітераційних методів. Збіжність методів. Перетворення вихідної системи рівнянь. Узагальнений алгоритм ітераційних методів.</p> <p>Методи ітерації. Розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму ітераційним методом Зейделя . Суть методу Зейделя. Алгоритм. Приклади.</p> <p>Літературні джерела: [1, 4, 5]</p> |
| 4. | <p>Заключні обчислення параметрів режиму електричної мережі [2]. Обчислення струмів і потоків потужностей у ділянках електричної мережі, ін'єкцій струмів і потужностей у вузлах електричної мережі. Обчислення втрат потужності в елементах електричної мережі. Сумарні втрати потужності. Баланс потужностей.</p> <p>Моделювання і аналіз режимів роботи розімкнених електричних мереж. Визначення струморозподілу, потякорозподілу, вузлових напруг. Приклади.</p> <p>Літературні джерела: [3]</p> |
| | <p>Частина 2.</p> <p>Розділ 1. Оптимізація режимів роботи ЕЕС</p> |
| 5. | <p>Задачі оптимізації режимів роботи ЕЕС. Основні задачі оптимального управління електроенергетичним системами. Пошук екстремумів функцій. Основні визначення.</p> <p>Математичні моделі оптимізації режимів ЕЕС. Математичні моделі оптимізації режимів електроенергетичних систем. Загальні положення. Постановка задачі оптимізації режиму.</p> <p>Цільова функція. Залежні і незалежні параметри режиму. Управляючі параметри. Приклади.</p> <p>Обмеження при оптимізації усталених режимів ЕЕС. Обмеження при оптимізації усталеного режиму. Загальні положення. Обмеження у вигляді рівнянь і у вигляді нерівностей. Приклади.</p> |

| | |
|----|--|
| | <p>Урахування обмежень у вигляді рівнянь. Метод Лагранжа. Приклади.</p> <p>Урахування обмежень у вигляді нерівностей. Метод штрафних функцій. Штрафні функції. Приклади</p> <p>Літературні джерела: [1, 5]</p> |
| 6. | <p>Методи оптимізації режимів роботи енергосистем. Оптимальний розподіл активних потужностей електростанцій методом Лагранжа. Постановка задачі. Основні співвідношення. Алгоритм.</p> <p>Приклад розв'язання задачі оптимізації розподілу активних потужностей методом Лагранжа. Методи визначення відносних приростів втрат потужностей.</p> <p>Застосування градієнтних методів для оптимізації режимів енергосистем. Основні визначення градієнтних методів. Загальні положення. Градієнтний метод оптимізації режимів. Загальний алгоритм метода. Графічна інтерпретація.</p> <p>Визначення складових вектора-градієнта.</p> <p>Оптимізація розподілу реактивних потужностей градієнтним методом.</p> <p>Літературні джерела: [5]</p> |
| | <p>Частина 2.</p> <p>Розділ 2. Елементи теорії ймовірностей в задачах електроенергетики</p> |
| 7. | <p>Основні визначення теорії ймовірностей. Властивості статистичної ймовірності. Незалежні і залежні випадкові події. Закони обчислення ймовірностей складних випадкових подій.</p> <p>Формула Бернуллі. Локальна теорема Лапласа.</p> <p>Випадкові величини. Числові характеристики випадкових величин: математичне очікування, дисперсія, середньоквадратичне відхилення. Момент випадкової величини.</p> <p>Закони розподілення ймовірностей випадкових величин: рівномірне розподілення, нормальне розподілення, експоненціальне розподілення.</p> <p>Літературні джерела: [6]</p> |

Лабораторні заняття (не передбачені)

Практичні заняття

| № з/п | Тема практичного заняття | Кількість ауд. годин |
|-------|---|----------------------|
| 1 | <p>Формування схеми заміщення і розрахункової схеми електричної мережі. Обчислення параметрів елементів схеми заміщення.</p> <p>Літературні джерела: [5]</p> | 1 |
| 2. | <p>Обчислення власних і взаємних провідностей вузлів електричної мережі. Складання рівнянь усталеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей.</p> <p>Літературні джерела: [5]</p> | 1 |
| 3. | <p>Матриця провідностей. Формування системи рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі.</p> <p>Літературні джерела: [5]</p> | 2 |
| 4. | <p>Розв'язання системи лінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод Гауса.</p> <p>Літературні джерела: [5]</p> | 2 |
| 5. | <p>Розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод Зейделя.</p> <p>Літературні джерела: [5]</p> | 2 |
| 6. | <p>Обчислення параметрів режиму роботи електричної мережі.</p> <p>Літературні джерела: [5]</p> | 2 |

6. Самостійна робота студента

| №з/п | Вид самостійної роботи | Кількість годин СРС |
|------|--|---------------------|
| 1 | Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1, 3, 4, 6] | 140 |
| 2 | Підготовка до практичних занять Літературні джерела: [5] | 100 |
| 3 | Підготовка до МКР Літературні джерела: [4, 5] | 11 |
| 4 | Підготовка до екзамену | 40 |

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 даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних 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 призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах та наукових конференціях.
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, 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 матеріалів та складанні контрольних заходів з дисципліни «Математичні задачі енергетики»
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах 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: МКР, розв'язання практичних задач.

Календарний контроль: провадиться два рази в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: виконані та захищені всі практичні завдання, семестровий рейтинг більше 30 балів.

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 |
| | |

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

- виконання та захист практичних завдань;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

| Виконання та захист практичних завдань | МКР | R _c | R _{екз} | R |
|--|-----|----------------|------------------|-----|
| 48 | 12 | 60 | 40 | 100 |

Виконання та захист практичних завдань

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів за всі практичні завдання – 8 балів * 6 = 48 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне правильне виконання обчислень, оформлення результатів – 4;
- повні і правильні відповіді на запитання за темою практичного завдання – 4.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з практичних завдань.

Максимальний бал за МКР – 12 балів.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання завдань – 100% від кількості балів за завдання;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;
- відсутність відповіді – 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.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних питань і однієї задачі.

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг R_c ≥ 0,6*R, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах (0,3 – 0,59)*R, тобто 30 – 59 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену R_з = 40 балів.

Рейтинг екзамену R_з = 33 – 40 балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену $R_3 = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $R_3 = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів моделювання складних динамічних систем. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $R_3 \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів моделювання складних динамічних систем, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1 – Математична модель ЕЕС у формі схем заміщення електричних мереж і систем рівнянь усталеного режиму її роботи;

2 – Математичні методи розв'язання систем рівнянь усталеного режиму;

3 - Оптимізація режимів роботи ЕЕС;

4 - Елементи теорії ймовірностей в задачах електроенергетики

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

складено доцентом кафедри автоматизації енергосистем,
к.т.н. Хоменко О.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 26.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету I (протокол №10 від 16.06.2022 р.)

¹Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.