



МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Силабус

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електричні системи і мережі</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Заочна за інтегрованим навчальним планом</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, 5-й семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>90 годин / 3 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. Чижевський В. В. доцент кафедри електричних мереж та систем, vchizh@bigmir.net</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTU4MjQ0MDI4ODMy?cjc=rmrvtg</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Методи оптимізації режимів енергосистем» присвячена вирішенню актуальної техніко-економічної проблеми підвищення ефективності функціонування існуючих та проєктованих електричних мереж електроенергетичних систем різних класів номінальної напруги. Вивчення дисципліни забезпечує знання методів зниження втрат активної потужності та енергії в електричних мережах, способів регулювання напруги та реактивної потужності, підходів до оцінки оптимальності режимів роботи електричних мереж електроенергетичних систем.

Метою навчальної дисципліни є розвиток у студентів здатностей до формалізації та розв'язання задачі комплексної оптимізації параметрів режимів роботи електричних мереж електроенергетичних систем, здійснення економічно обґрунтованого вибору засобів оптимізації параметрів режимів роботи електричних мереж електроенергетичних систем та визначати їх робочі параметри.

Предмет навчальної дисципліни – методи та способи техніко-економічної оптимізації параметрів режимів роботи електричних мереж електроенергетичних систем.

Програмні результати навчання:

Компетентності:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність до усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування;
- здатність до застосування нових технологій в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці;
- здатність приймати оптимальні рішення під час вирішення завдань з розвитку електроенергетичних систем.

Програмні результати навчання:

- уміти приймати оптимальні рішення під час вирішення завдань з розвитку електроенергетичних систем.

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

Пререквізити: вивчення дисципліни передбачає необхідність попереднього вивчення навчальних дисциплін «Електричні мережі та системи», «Математичні моделі електричних систем» та «Регулювання режимів електричних систем».

Постреквізити: вивчення дисципліни забезпечує можливість вирішення дослідницько-проектних завдань в рамках дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна складається з 3 розділів з таким розподілом за темами:

1. Загальні поняття про оптимізаційні розрахунки в електроенергетиці

Тема 1.1. Загальні поняття про задачі оптимізації в електроенергетиці.

Тема 1.2. Задача комплексної оптимізації режимів та методи її розв'язання.

2. Оптимізація режимів неоднорідних електричних мереж

Тема 2.1. Поняття про оптимальний поточкорозподіл потужності

Тема 2.2 Неоднорідні електричні мережі та методи їх оптимізації

3. Оптимізація розподілу реактивної потужності в електроенергетичних системах

Тема 3.1. Споживання та виробництво реактивної потужності в електроенергетичних системах.

Тема 3.2. Оптимізація розподілу реактивної потужності в електроенергетичних системах.

4. Навчальні матеріали та ресурсиОсновні інформаційні ресурси:

1. Чижевський В. В. Методи оптимізації режимів енергосистем. Конспект лекцій.
2. Журахівський А. В. Оптимізація режимів електроенергетичних систем: Навч. посібник / А. В. Журахівський, А. Я. Яцейко, З. М. Бахор. – Львів: Видавництво Львівської Політехніки, 2018. – 180 с.
3. ДСТУ EN 50160-2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2010, IDT). [Чинний від 2014–10–01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. – 32 с.
4. Кулик В. В. Оптимізація розміщення джерел реактивної потужності в електричній мережі на основі моделювання її ідеальних режимів / В. В. Кулик, О. Б. Бурикін, В. М. Пірняк // Технологічний аудит і резерви виробництва. – ПП «Технологічний Центр». -

2018, №2 (40). – с. 59-65.

5. Кириленко А. В. *Інтелектуальні електроенергетичні системи: елементи і режими* / А. В. Кириленко, І. В. Блинов, С. П. Денисюк, В. Я. Жуйков, А. Г. Кисільова, Л. Н. Лук'яненко, Є. С. Осипенко, В. В. Павловський, Є. В. Парус, М. Ф. Сопель, А. О. Стелюк, С. Є. Танкевич. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2014. – 408 с.
6. *Кодекс системи передачі [із змінами, внесеними згідно з Постановами Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг № 1120 від 21.06.2019, № 2267 від 05.11.2019, № 360 від 07.02.2020, № 1070 від 03.06.2020, № 1724 від 16.09.2020, № 333 від 03.03.2021, № 1546 від 16.09.2021, № 1680 від 29.09.2021, № 2027 від 10.11.2021, № 2992 від 29.12.2021, № 493 від 17.05.2022].*
7. *Кодекс систем розподілу [із змінами, внесеними згідно з Постановами Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг № 2595 від 03.12.2019, № 1209 від 24.06.2020, № 717 від 28.04.2021, № 955 від 09.06.2021, № 1355 від 18.08.2021, № 1811 від 20.10.2021, № 352 від 26.03.2022, № 493 від 17.05.2022].*

Додаткові інформаційні ресурси:

8. Das J. C. *Load Flow Optimization and Optimal Power Flow Vol.2* - CRC Press. – 2018. – 529 p.
9. Montoya F. G. *Optimization Methods Applied to Power Systems: Volume 1* / Francisco G. Montoya, , Raúl Baños Navarro. – MDPI. – 2019. – 382 p.
10. Montoya F. G. *Optimization Methods Applied to Power Systems: Volume 2* / Francisco G. Montoya, , Raúl Baños Navarro. – MDPI. – 2021. – 350 p.
11. Баженов В. А., Кузнецов В. Г., Тугай Ю. И. *Оптимізація режимів електричних мереж*. – К.: Наукова думка, 1992. – 216 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<i>Оптимізаційні задачі в електроенергетичних системах: основні поняття та визначення</i> Основні поняття та визначення. Головна задача функціонування електроенергетичної системи. Види оптимізаційних задач. <i>Література: [1], [2], [3]</i>
2	<i>Задача комплексної оптимізації в електроенергетиці</i> Залежні та незалежні параметри режиму роботи електроенергетичної системи. Задача комплексної оптимізації режимів електроенергетичної системи: постановка та підходи до розв'язання. Цільова функція в задачах оптимізації режимів електроенергетичних систем <i>Література: [1], [2], [3]</i>
3	<i>Розподіл реактивної потужності, що забезпечує бажаний режим напруги</i> Визначення потужностей джерел реактивної потужності, що забезпечують бажаний режим напруги в електричній мережі. <i>Література: [1], [3]</i>
4	<i>Оптимальний розподіл реактивної потужності, що забезпечує бажаний режим напруги</i>

	Критерій оптимальності розподілу реактивної потужності в електричних мережах. Оптимальний розподіл реактивної потужності, що забезпечує бажаний режим напруги в пунктах електричної мережі. <i>Література: [1], [6]</i>
--	--

Практичні заняття

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми практичного заняття (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</i>
1	Оптимізація функцій без обмежень із застосуванням методу спряженого градієнта та Ньютона 1-го порядку <i>Література: [1], [10]</i>
2	Оптимізація функцій без обмежень із застосуванням методу найшвидшого спуску. Оптимізація коефіцієнта довжини кроку оптимізації із застосуванням одномірної оптимізації, квадратичної апроксимації, визначення оптимального коефіцієнту довжини кроку із застосуванням матриці Гессе. <i>Література: [1], [10]</i>
3	Розрахунок оптимального розподілу реактивних потужностей, що забезпечує бажаний режим напруги в електричній мережі. <i>Література: [1], [10]</i>

6. Самостійна робота здобувача

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	Опрацювання теоретичних матеріалів до СРС	22
2	Опрацювання практичних матеріалів до СРС	12
3	Підготовка МКР	6
4	Підготовка до екзамену	36
Загалом		76

Теоретичні матеріали до СРС

<i>№ з/п</i>	<i>Перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</i>
1	Поняття про градієнтні методи оптимізації. Метод найшвидшого спуску Градієнтні методи оптимізації. Метод найшвидшого спуску. Розрахунок масштабних множників за допомогою напрямних косинусів <i>Література: [1], [4]</i>
2	Оптимізація коефіцієнту довжини кроку в градієнтних методах оптимізації Одномірна оптимізація коефіцієнту довжини кроку. Оптимізація коефіцієнту довжини кроку із застосуванням матриці Гессе. Оптимізація коефіцієнту довжини кроку із застосуванням квадратичної апроксимації. <i>Література: [1], [5], [6]</i>
3	Розв'язання оптимізаційних задач з обмеженнями-рівностями Розв'язання оптимізаційних задач з обмеженнями-рівностями із застосуванням допоміжної функції Лагранжа. <i>Література: [1], [5], [6], [8]</i>
4	Розв'язання оптимізаційних задач із обмеженнями-нерівностями

	Розв'язання оптимізаційних задач із обмеженнями-нерівностями із застосуванням внутрішніх, зовнішніх штрафних функцій. <i>Література: [1], [5], [6], [8]</i>
5	<i>Розв'язання оптимізаційних задач із обмеженнями-рівностями та обмеженнями-нерівностями</i> Розв'язання задач з оптимізації режимних параметрів електроенергетичних систем із обмеженнями-рівностями та обмеженнями-нерівностями <i>Література: [1], [5], [6], [8]</i>
6	<i>Розрахунок складових вектора-градієнта для електроенергетичних оптимізаційних задач</i> Підходи до розрахунку складових вектора-градієнта для електроенергетичних оптимізаційних задач <i>Література: [1], [2], [4], [8]</i>
7	<i>Економічний струморозподіл в електричній мережі</i> Поняття про економічний струморозподіл активних потужностей в електричній мережі. Визначення економічного струморозподілу активних потужностей. Поняття про R-схему електричної мережі. <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i>
8	<i>Електрично однорідні та електрично неоднорідні мережі</i> Поняття про електрично однорідну та електрично неоднорідну мережу. Врахування необхідності мінімізації прояву неоднорідності в електричних мережах в державних стандартах України в галузі електроенергетики. <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i>
9	<i>Зрівноважувальна економічна ЕРС</i> Режимні наслідки прояву електричної неоднорідності в електричних мережах. Зрівноважувальна економічна ЕРС. <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i>
10	<i>Засоби та способи оптимізації режимів електричних мереж з неоднорідністю</i> Засоби та способи оптимізації режимів електричних мереж з неоднорідністю. Питання стійкості економічних рішень під час вибору кількості засобів оптимізації режиму роботи неоднорідної електричної мережі <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i>
11	<i>Оптимізація режиму роботи неоднорідної електричної мережі із застосуванням трансформаторних засобів. Ч.1</i> Оптимізація режиму роботи неоднорідної електричної мережі із застосуванням вольтододаткових та фазоповоротних трансформаторів. Принципові схеми ВДТ. ВДТ з поздовжнім, поперечним та змішаним регулюванням напруги. <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i>
12	<i>Оптимізація режиму роботи неоднорідної електричної мережі із застосуванням трансформаторних засобів. Ч.2</i> Особливості моделювання ВДТ та ФПТ. Вибір параметрів ВДТ та оптимального місця встановлення ВДТ в електричній мережі. <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i>
13	<i>Оптимізація режиму роботи неоднорідної електричної мережі із застосуванням ємнісних УПК</i> Розрахунок опорів УПК, необхідних для оптимізації режиму мережі. Класифікація ємнісних УПК. Розрахунок параметрів ємнісної УПК та оптимального місця встановлення ємнісної УПК в електричній мережі. Моделювання ємнісної УПК. Режимні умови допустимості роботи ємнісної УПК <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i>

14	<p><i>Оптимізація режиму роботи неоднорідної електричної мережі із застосуванням індуктивних УПК.</i></p> <p>Класифікація індуктивних УПК. Розрахунок параметрів індуктивної УПК та оптимального місця встановлення індуктивної УПК в електричній мережі. Моделювання індуктивної УПК. <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i></p>
15	<p><i>Оптимізація неоднорідної мережі способом розмикання контурів.</i></p> <p>Алгоритм застосування способу оптимізації режиму електричної мережі із розмиканням контурів. Особливості застосування способу оптимізації режиму електричної мережі із розмиканням контурів в електричних мережах різних класів номінальної напруги <i>Література: [1], [2], [3], [5]</i></p>
16	<p><i>Поняття про оптимальний розподіл реактивної потужності в електроенергетичних системах</i></p> <p>Постановка задачі оптимального розподілу реактивної потужності в електроенергетичних системах. Типи задач з оптимального розподілу реактивних потужностей. <i>Література: [1], [3], [9], [10]</i></p>
17	<p><i>Регульовані джерела реактивної потужності в електроенергетичних системах. Ч.1.</i></p> <p>Синхронні генератори як регульовані джерела реактивної потужності в електроенергетичних системах. Режими роботи синхронних генераторів як джерел реактивної потужності. Синхронні компенсатори як регульовані джерела та споживачі реактивної потужності в електроенергетичних системах. <i>Література: [1], [3], [9], [10]</i></p>
18	<p><i>Регульовані джерела реактивної потужності в електроенергетичних системах. Ч.2.</i></p> <p>Батареї статичних конденсаторів та шунтувальні реактори як регульовані джерела та споживачі реактивної потужності в електроенергетичних системах. Засоби FACTS. <i>Література: [1], [3], [9], [10]</i></p>
19	<p><i>Підходи до виробництва та керування потоками реактивної потужності в енергосистемах країн світу та в Україні</i></p> <p>Централізований та децентралізований підходи до виробництва реактивної потужності в енергосистемах країн світу. Аналіз балансу реактивної потужності в Україні. <i>Література: [1], [5]</i></p>
20	<p><i>Втрати активної потужності в джерелах реактивної потужності</i></p> <p>Розрахунок втрат активної потужності при виробництві реактивної потужності в синхронних генераторах, синхронних компенсаторах та ємнісних УПК. Оптимальний розподіл реактивної потужності між різними генеруючими блоками одного джерела <i>Література: [1]</i></p>
21	<p><i>Визначення оптимальної потужності нового джерела реактивної потужності. Ч.1</i></p> <p>Функція дисконтованих витрат в задачі визначення оптимальної потужності нового джерела реактивної потужності. Складові функції дисконтованих витрат в задачі визначення оптимальної потужності нового джерела реактивної потужності. <i>Література: [1]</i></p>
22	<p><i>Визначення оптимальної потужності нового джерела реактивної потужності. Ч.2</i></p> <p>Обмеження задачі визначення оптимальної потужності нового джерела реактивної потужності. Мінімізація функції дисконтованих витрат. <i>Література: [1]</i></p>

Практичні матеріали до СРС

№ з/п	Назва теми практичного заняття (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Розв'язання оптимізаційних задач з обмеженнями-рівностями із застосуванням допоміжної функції Лагранжа. Розв'язання оптимізаційних задач із обмеженнями-нерівностями із застосуванням внутрішніх, зовнішніх та комбінованих штрафних функцій Література: [4]
2	Розрахунок значень зрівноважувальної економічної ЕРС для контурів електрично неоднорідної мережі. Розрахунок параметрів ВДТ та режиму роботи електричної мережі з ВДТ Література: [2], [4], [10]
3	Розрахунок параметрів ємнісної та індуктивної УПК та режиму роботи електричної мережі з ними Література: [2], [4], [10]
4	Оптимальне розмикання контурів в складнозамкнених електричних мережах номінальною напругою до 220 кВ Література: [2], [4], [10]
5	Розрахунок оптимальної потужності нового джерела реактивної потужності в електричній мережі Література: [1]
6	Розрахунок оптимального розподілу реактивних потужностей з урахуванням обмежень за напругою Література: [1]

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекційних та практичних занять є обов'язковим. Студенти мають право на вільне відвідування лекційних занять з письмового дозволу декану факультету у випадку, коли нормований інтегральний рейтинг студента становить не менше 80%.

Правила поведінки на заняттях

Здобувач має можливість отримувати заохочувальні бали за активність на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни.

Використання засобів зв'язку на заняттях допускається виключно за вказівкою викладача для пошуку інформації на гугл-диску викладача та в інтернеті.

Політика дедлайнів та перескладань

Всі перескладання відбуваються виключно у визначений викладачем час за узгодженням з ним.

Дедлайн складання або перескладання МКР – не пізніше 3 днів до екзамену з відповідного освітнього компоненту.

У разі порушення термінів дедлайну допуск до перескладання здійснюється виключно за наявності письмового дозволу завідувача кафедри або декана факультету.

Перескладання екзамену проводиться у відповідності до розкладу перескладань.

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 в процесі своєї діяльності.

Інші вимоги

У разі використання цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка 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: виконання МКР.

Календарний контроль: непередбачений для форми навчання.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахована МКР.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтингова система оцінювання освітнього компоненту передбачає можливість набору студентом максимуму у 100 рейтингових балів (без урахування заохочувальних балів).

Бали до семестрового рейтингу студент отримує за:

- 1) виконання МКР – максимальньо 30 балів;
- 2) виконання екзаменаційної роботи – максимальньо 70 балів;
- 3) активну роботу на лекційних та практичних заняттях (заохочувальні бали) – максимальньо 10 балів.

Штрафні бали до семестрового рейтингу студент отримує за:

- 1) порушення термінів виконання МКР – 5 балів за кожен тиждень понад встановлений термін здачі МКР на перевірку.

Критерії нарахування балів семестрового рейтингу:

1) Виконання МКР:

- повне правильне розв'язання задач – 29...30 балів;
- повне розв'язання задач з незначними помилками – 25...28 балів;
- розв'язання задач з суттєвими помилками або неповне розв'язання – 18...24 балів;
- задачі нерозв'язано або розв'язано з грубими помилками – 0 балів за роботу.

Нескладена або неуспішно складена частина МКР підлягає обов'язковому перескладанню.

2) Виконання екзаменаційної роботи:

Екзаменаційна робота складається з теоретичної та практичної частини. Теоретична частина містить 40 тестових питань, практична частина – 1 задачу.

Відповіді на кожне тестове питання теоретичної частини екзаменаційної роботи оцінюються так:

- повністю правильна відповідь – 1 бал;
- неправильна або неповністю правильна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичної частини екзаменаційної роботи є такою:

- повне правильне розв'язання задачі – 29...30 балів;
- повне розв'язання задачі з незначними помилками – 25...28 балів;

- розв'язання задачі з суттєвими помилками або неповне розв'язання – 18...24 бали;
- задачу нерозв'язано або розв'язано з грубими помилками – 0 балів.

Максимальне значення суми балів, які студент може отримати за виконання екзаменаційної роботи, становить 70. Час, відведений на виконання екзаменаційної роботи становить 45 хвилин на теоретичну частину та 45 хвилин на практичну частину.

3) Активна робота на лекційних та практичних заняттях

За активну роботу на лекційному або практичному занятті студент має змогу отримати 1...2 заохочувальні бали.

Максимальне значення суми заохочувальних балів, отриманих студентом за період вивчення освітнього компонента, не може перевищувати 10.

Максимальне значення суми штрафних балів, отриманих студентом за період вивчення освітнього компонента, не може перевищувати 10.

Критерієм допуску студента до семестрового контролю є зарахування МКР (бал за МКР має становити не менше 18).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	95...100	85...94	75...84	65...74	60...64	Менше 60	Невиконання умов допуску
Оцінка	відмінно	дуже добре	добре	задовільно	достатньо	незадовільно	недопущено

9. Додаткова інформація з дисципліни

Виконання МКР

Виконання МКР може відбуватися із застосуванням програмних комплексів для виконання інженерних розрахунків, встановлених в комп'ютерних класах кафедри електричних мереж та систем.

Виконання екзаменаційної роботи

Виконання екзаменаційної роботи передбачає застосування спеціалізованої тестової системи та програмних комплексів для виконання інженерних розрахунків, встановлених в комп'ютерних класах кафедри електричних мереж та систем.

Перелік питань до семестрового контролю

1. Постановка задачі оптимізації режимів енергосистем. Шляхи оптимізації режиму за критерієм мінімізації експлуатаційних витрат.
2. Постановка задачі оптимізації режимів енергосистем. Види задач оптимізації.
3. Задача комплексної оптимізації: формулювання мета, особливості вирішення.
4. Задача комплексної оптимізації: формулювання, обмеження, методи розрахунку.
5. Градієнтні методи оптимізації: загальні положення.
6. Градієнтні методи оптимізації: метод найшвидшого спуску.
7. Градієнтні методи оптимізації: метод спряженого градієнту.
8. Градієнтні методи оптимізації: метод Ньютона.
9. Градієнтні методи оптимізації: оптимізація зі сталим коефіцієнтом довжини кроку із розрахунком масштабних множників на основі вектору-градієнту.
10. Градієнтні методи оптимізації: оптимізація зі сталим коефіцієнтом довжини кроку із розрахунком масштабних множників за допомогою напрямних косинусів.
11. Градієнтні методи оптимізації: розрахунок оптимального кроку за допомогою одномірної оптимізації.

12. Градієнтні методи оптимізації: розрахунок оптимального кроку за допомогою матриці Гессе.
13. Градієнтні методи оптимізації: розрахунок оптимального кроку за допомогою квадратичної апроксимації.
14. Градієнтні методи оптимізації: перевірка досягнення локального мінімуму.
15. Розв'язання оптимізаційних задач з обмеженнями-рівностями.
16. Розв'язання оптимізаційних задач з обмеженнями-нерівностями.
17. Розрахунок складових вектору-градієнту в задачах оптимізації електричних мереж та електроенергетичних систем
18. Розподіл реактивних потужностей в енергосистемах: постановка задачі, прямі та непрямі обмеження.
19. Розподіл реактивних потужностей в енергосистемах: 4 типи задач в залежності від кількості ступенів свободи системи.
20. Споживачі та джерела реактивної потужності в енергосистемі.
21. Особливості централізованого та децентралізованого використання джерел реактивної потужності.
22. Режими роботи синхронного генератора як джерела реактивної потужності.
23. Особливості застосування синхронних компенсаторів, УППК та шунтувальних реакторів як джерел реактивної потужності в системі.
24. Розподіл реактивних потужностей, що забезпечує бажаний режим напруги.
25. Експлуатаційна постановка задачі оптимального розподілу реактивних потужностей за відсутності технічних обмежень. Функція втрат потужності в мережі та похідна від функції.
26. Функція втрат активної потужності в джерелах реактивної потужності та похідна від функції. Визначення коефіцієнтів A_1 та A_2 для БСК.
27. Функція втрат активної потужності в джерелах реактивної потужності та похідна від функції. Визначення коефіцієнтів A_1 та A_2 для синхронних генераторів.
28. Функція втрат активної потужності в джерелах реактивної потужності та похідна від функції. Визначення коефіцієнтів A_1 та A_2 для синхронних компенсаторів.
29. Втрати активної потужності в джерелах реактивної потужності. Визначення функції втрат потужності в БП та в системі в цілому, похідна від функції.
30. Поняття критичної потужності. Принципи вибору кількості працюючих агрегатів – джерел реактивної потужності.
31. Визначення дисконтованих витрат, пов'язаних з покриттям втрат активної енергії, викликаних протіканням реактивної потужності в ЛЕП мережі, джерелах реактивної потужності та БП.
32. Оптимальний розподіл реактивних потужностей з урахуванням обмежень за режимом напруги.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою освітнього компонента можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті» №7-177 від 01.10.2020.

Силабус:

- **складено** доц. кафедри електричних мереж та систем ФЕА к. т. н. Чижевським В. В.
- **ухвалено** кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол № 13 від 13.06.2023 р.)
- **погоджено** Методичною комісією ФЕА (протокол №10 від 16.06.2023 р.)