



РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ. ЧАСТИНА 1

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>Денна за інтегрованим навчальним планом</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2023/2024, II курс, 4-й семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5,0 кредитів ECTS</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>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/MjYzNDE4Mzk1OTYy?cjc=Isoory5</i>

Програма освітнього компоненту

1. Опис освітнього компоненту, його мета, предмет та результати навчання

Освітній компонент «Регулювання режимів електричних систем. Частина 1» присвячений вирішенню питань керування режимом напруги в рамках ustalених режимів роботи електричних мереж різних класів номінальної напруги та електроенергетичних систем в цілому. Вивчення освітнього компоненту забезпечує знання стандартів, які визначають параметри якості електричної енергії в електричних мережах загального призначення та способів регулювання зазначених параметрів з метою введення їх до допустимих діапазонів, обумовлених зазначеними стандартами.

Метою вивчення освітнього компоненту є формування у студентів здатностей до кількісної оцінки значень показників, які визначають параметри якості електричної енергії за напругою в електричних мережах загального призначення, та до вибору засобів і визначення параметрів їх налаштувань з метою регулювання напруги в ustalених режимах роботи електричних мереж та електроенергетичних систем у відповідності до необхідності забезпечення обумовлених стандартами параметрів якості електричної енергії.

Предмет освітнього компоненту – способи та засоби регулювання напруги в рамках ustalених режимів роботи електричних мереж та електроенергетичних систем.

Програмні результати навчання:

Компетентності:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг;
- здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії;
- здатність розуміти особливості функціонування обладнання електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії;
- здатність оптимального вибору засобів регулювання режимних параметрів електричних мереж та систем та особливостей розрахунку їх параметрів.

Програмні результати навчання:

- 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;
- знати особливості застосування різних способів регулювання параметрів ustalених режимів електричних мереж та електроенергетичних систем;
- знати принципи практичного застосування сучасних інтелектуальних технологій для створення програм підтримки рішень в галузі електричних мереж та електроенергетичних систем
- знати принципи вибору напівпровідникових засобів відповідно до поставлених завдань та особливостей виконання розрахунків їх робочих параметрів
- знати способи моделювання та розрахунку параметрів об'єктів та процесів в електричних мережах та електроенергетичних системах за допомогою математичного апарату
- знати принципи роботи та особливості використання мікропроцесорної техніки в галузі електричних мереж та електроенергетичних систем.

Пререквізити та постреквізити освітнього компоненту (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: вивчення освітнього компоненту передбачає необхідність попереднього вивчення навчальних дисциплін «Електричні мережі та системи» та «Математичні моделі електричних систем».

Постреквізити: вивчення освітнього компоненту забезпечує можливість вивчення навчальної дисципліни «Методи оптимізації режимів енергосистем» та вирішення дослідницько-проектних завдань в рамках дипломного проектування.

2. Зміст освітнього компоненту

Освітній компонент складається з трьох розділів з таким розподілом за темами:

1. Параметри якості електричної енергії в електричних мережах загального призначення та їх вплив на режими роботи споживачів

Тема 1.1. Параметри якості електричної енергії в електричних мережах загального призначення та в електричних мережах НЕК «Укренерго».

Тема 1.2. Вплив відхилень напруги та частоти на значення режимних параметрів електроенергетичних систем. Статичні характеристики електричних навантажень.

2. Способи та засоби регулювання змінень напруги в електричних мережах та системах

Тема 2.1. Регулювання змінень напруги шляхом впливу на напругу на шинах генератора електростанції.

Тема 2.2. Регулювання змінень напруги шляхом впливу на коефіцієнт трансформації підвищувального трансформатора електростанції.

Тема 2.3. Регулювання змінень напруги шляхом впливу на потоки активної потужності по ділянках мережі.

Тема 2.4. Регулювання змінень напруги шляхом впливу на потоки реактивної потужності по ділянках мережі.

Тема 2.5. Регулювання змінень напруги шляхом впливу на активні опори ділянок мережі.

Тема 2.6. Регулювання змінень напруги шляхом впливу на реактивні опори ділянок мережі.

3. Трансформаторні засоби регулювання змінень напруги в електричних мережах та системах

Тема 3.1. Регулювання змінень напруги шляхом впливу на коефіцієнт трансформації понижувального трансформатора підстанції споживачів.

Тема 3.2. Регулювання змінень напруги в електричних мережах та системах із застосуванням автотрансформаторів.

Тема 3.3. Вольтододаткові та фазоповоротні трансформатори як засоби керування параметрами режиму роботи електричних мереж та систем.

4. Способи та засоби регулювання небалансів напруги, напруги гармонік та швидких змінень напруги в електроенергетичних системах

Тема 4.1. Регулювання небалансів напруги в електроенергетичних системах.

Тема 4.2. Регулювання напруги гармонік в електроенергетичних системах.

Тема 4.3. Регулювання швидких змінень напруги в електроенергетичних системах.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Чижевський В. В. Регулювання режимів електричних систем. Конспект лекцій.
2. 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, № 1234 від 30.09.2022, № 1305 від 11.10.2022, № 1318 від 18.10.2022, № 1848 від 27.12.2022, № 68 від 17.01.2023, № 642 від 11.04.2023). Затверджений постановою НКРЕКП № 309 від 14.03.2018.
3. 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, № 1369 від 01.11.2022].

4. 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.
5. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021. Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК «Укренерго». Забезпечення контролю і дотримання показників якості електричної енергії у процесі передачі. [Чинний від 2021–02–03]. – НЕК «Укренерго», 2021, 26 с.
6. Кирик В. В. Регулювання режимів електричних систем. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою «Електричні системи і мережі» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. В. Кирик, В. В. Чижевський, В. І. Моссаковський. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,98 МБайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 94 с.
7. Сулейманов В. М. Регулювання режимів електричних систем : навч. посіб. / В. М. Сулейманов, Т. Л. Кацадзе, В. В. Чижевський. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 80 с. – ISBN 978-966-622-419-7
Додаткові інформаційні ресурси
8. ДСТУ 3440-96. Системи енергетичні. Терміни та визначення. [Чинний від 1997–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1997. – 48 с.
9. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. [Чинний від 1999–01–01]. Вид. офіц. Москва: Международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. 35 с.
10. Сулейманов В. М. Розрахунок і регулювання усталених режимів роботи електричних мереж енергосистем : навч. посіб. / В. М. Сулейманов – К.: НМК ВО, 1992. – 208 с. – ISBN 5-7763-0739-2.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни

Лекційні заняття (12 годин)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Основні поняття та визначення. Параметри якості електричної енергії в електричних мережах загального призначення (ч.1) Основні поняття та визначення. Стандарти якості електричної енергії ГОСТ 13109-97 та ДСТУ EN 50160-2014. Частота напруги електропостачання. Змінення та швидкі змінення напруги. Література: [1], [2], [3], [4]
2	Параметри якості електричної енергії в електричних мережах загального призначення (ч.2). Напруга гармонік. Небаланс напруги. Провали та переривання напруги. Перенапруги та перенапруги перехідного процесу. Література: [1], [2], [3], [4]

3	<p><i>Вплив відхилень напруги на режим роботи споживачів. Статичні характеристики електричного навантаження за напругою.</i></p> <p>Вплив відхилень напруги та частоти на значення режимних параметрів електроенергетичних систем. Статичні характеристики електричних навантажень. Вплив змінень напруги на режим роботи споживачів. Статичні характеристики електричних навантажень за напругою.</p> <p><i>Література: [1], [2], [3], [5], [6]</i></p>
4	<p><i>Способи регулювання відхилень напруги в електричних мережах та системах</i></p> <p>Визначення способів регулювання напруги в електричних мережах.</p> <p><i>Література: [1], [2], [3], [4], [5], [10]</i></p>
5	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки реактивної потужності. Ч.1.</i></p> <p>Засоби регулювання реактивної потужності в електроенергетичних системах. Забезпечення необхідного значення $\cos\phi$ на шинах споживача. Забезпечення бажаного значення напруги на шинах споживача.</p> <p><i>Література: [1], [2], [3], [10]</i></p>
6	<p><i>Небаланс напруги в електричних мережах. Ч.1</i></p> <p>Причини виникнення небалансів напруги в електричних мережах: несиметрія джерел, несиметрія систем передачі, несиметрія навантаження. Розрахунок режимних параметрів несиметричних електричних мереж.</p> <p><i>Література: [1]</i></p>

Практичні заняття (6 годин)

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми практичного заняття (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</i>
1	<p>Розрахунок коефіцієнтів поліномів статичних характеристик навантаження за напругою</p> <p><i>Література: [1], [6], [7]</i></p>
2	<p>Визначення конфігурації установок ємнісних установок поздовжньої компенсації (УПК) та параметрів усталеного режиму роботи електричної мережі з ємнісними УПК</p> <p><i>Література: [1], [7]</i></p>
3	<p>Забезпечення бажаного рівня напруги за допомогою двохобмоткових силових трансформаторів</p> <p><i>Література: [1], [7]</i></p>

Лабораторні заняття (4 години)

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми лабораторного заняття (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</i>
1	<p>Дослідження статичних характеристик електричного навантаження за напругою</p> <p><i>Література: [1], [6]</i></p>
2	<p>Дослідження режимів роботи лінії електропередавання</p> <p><i>Література: [1], [6]</i></p>

Індивідуальні заняття

Індивідуальні заняття передбачають опрацювання матеріалів освітнього компоненту за такими формами:

- 1) теоретична підготовка (60 годин):

№ з/п	Назва теми та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<p><i>Параметри якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК "Укренерго"</i></p> <p>Параметри якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК "Укренерго".</p> <p><i>Література: [1], [2], [3], [5],</i></p>
2	<p><i>Вплив відхилень частоти на режим роботи споживачів. Статичні характеристики електричного навантаження за частотою.</i></p> <p>Вплив відхилень частоти на режим роботи споживачів. Статичні характеристики електричного навантаження за частотою. Визначення коефіцієнтів апроксимуючих поліномів статичних характеристик за методом найменших квадратів. Регульовальний ефект навантаження за частотою та напругою.</p> <p><i>Література: [1], [2], [3], [5]</i></p>
3	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на напругу на шинах генератора електростанції</i></p> <p>Можливості синхронних генераторів до регулювання на пруги в електричних мережах. Асинхронізовані турбогенератори. Переваги і недоліки синхронних генераторів як засобів регулювання напруги в електричних мережах.</p> <p><i>Література: [1]</i></p>
4	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на коефіцієнт трансформації підвищувальних трансформаторів електростанції</i></p> <p>Особливості схем видачі потужності електричними станціями. Можливості до регулювання напруги блочних трансформаторів електричних станцій.</p> <p><i>Література: [1], [10]</i></p>
5	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки активної потужності</i></p> <p>Способи впливу на потоки активної потужності в розімкнених та замкнених електричних мережах.</p> <p><i>Література: [1], [10]</i></p>
6	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки реактивної потужності. Ч.2</i></p> <p>Синхронний компенсатор як засіб регулювання реактивної потужності і напруги. Переваги і недоліки синхронних компенсаторів як засобів регулювання реактивної потужності і напруги в електричних мережах.</p> <p><i>Література: [1], [2], [3], [10]</i></p>
7	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки реактивної потужності. Ч.3</i></p> <p>БСК як засіб регулювання реактивної потужності і напруги. Розрахунок параметрів БСК. Переваги і недоліки БСК як засобів регулювання реактивної потужності і напруги в електричних мережах. БСК і лавина напруги.</p> <p><i>Література: [1], [2], [3], [10]</i></p>
8	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки реактивної потужності. Ч.4</i></p> <p>Шунтувальний реактор як засіб регулювання реактивної потужності і напруги. Розрахунок параметрів шунтувальних реакторів. Переваги і недоліки шунтувальних реакторів як засобів регулювання реактивної потужності і напруги в електричних мережах.</p> <p><i>Література: [1], [2], [3], [10]</i></p>

9	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки реактивної потужності. Ч.5</i></p> <p>Засоби FACTS поперечної компенсації (ППК) як засоби регулювання реактивної потужності і напруги. Типи засобів FACTS ППК. Принципи роботи засобів FACTS ППК. <i>Література: [1]</i></p>
10	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки реактивної потужності. Ч.6</i></p> <p>Керований шунтувальний реактор як засіб регулювання реактивної потужності і напруги FACTS. Переваги і недоліки керованих шунтувальних реакторів як засобів регулювання реактивної потужності і напруги в електричних мережах. <i>Література: [1]</i></p>
11	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки реактивної потужності. Ч.7</i></p> <p>Статичні компенсатори реактивної потужності (SVC) як засіб регулювання реактивної потужності і напруги FACTS. Принципи роботи SVC. Переваги і недоліки SVC як засобів регулювання реактивної потужності і напруги в електричних мережах. <i>Література: [1]</i></p>
12	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на потоки реактивної потужності. Ч.8</i></p> <p>Статичні синхронні компенсатори (STATCOM) як засіб регулювання реактивної потужності і напруги FACTS. Принципи роботи STATCOM. Переваги і недоліки STATCOM як засобів регулювання реактивної потужності і напруги в електричних мережах. <i>Література: [1]</i></p>
13	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на активний опір лінії електропередавання</i></p> <p>Оцінка можливостей впливу на активний опір ЛЕП в задачах регулювання напруги в електричних мережах. Експлуатаційна та проєктна задачі. <i>Література: [1], [10]</i></p>
14	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на реактивний опір лінії електропередавання. Ч.1</i></p> <p>Ємнісні УПК як засіб регулювання напруги. Типи БСК поздовжньої компенсації. Вибір параметрів БСК поздовжньої компенсації. Режимні обмеженні застосування БСК поздовжньої компенсації. <i>Література: [1], [10]</i></p>
15	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на реактивний опір лінії електропередавання. Ч.2</i></p> <p>Схеми FACTS поздовжньої компенсації. Переваги і недоліки поздовжньої компенсації як способу регулювання напруги. <i>Література: [1]</i></p>
16	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на коефіцієнт трансформації трансформаторів підстанцій Ч.1</i></p> <p>Трансформаторні засоби регулювання напруги. Перемикач без збудження (ПБЗ). Особливості експлуатації ПБЗ. Регулятор під навантаженням (РПН). Схеми РПН і особливості роботи. Переваги і недоліки ПБЗ і РПН як засобів регулювання напруги. <i>Література: [1], [2], [3], [10]</i></p>
17	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на коефіцієнт трансформації трансформаторів підстанцій Ч.2</i></p> <p>Поняття про зведену напругу. Вплив РПН та ПБЗ на коефіцієнт трансформації. Основні задачі регулювання напруги в електричних мережах за допомогою силових трансформаторів. <i>Література: [1], [10]</i></p>

18	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на коефіцієнт трансформації трансформаторів підстанцій 4.3</i></p> <p>Вибір номеру регульовального відгалуження РПН в обмотці ВН дво- (три-) обмоткового трансформатора. Вибір номеру регульовального відгалуження ПБЗ в обмотці СН триобмоткового трансформатора.</p> <p><i>Література: [1], [10]</i></p>
19	<p><i>Регулювання напруги в електричній мережі за рахунок впливу на коефіцієнт трансформації трансформаторів підстанцій 4.4</i></p> <p>Визначення напруги на вводі ВН трансформатора, яка забезпечує бажаний рівень напруги на шинах НН за певного відгалуження РПН та ПБЗ трансформаторів. Перевірка допустимості використання номеру регульовального відгалуження РПН з огляду на перезбудження трансформаторів. Визначення регульовального діапазону РПН та ПБЗ.</p> <p><i>Література: [1], [10]</i></p>
20	<p><i>Вольтододаткові засоби регулювання напруги. 4.1</i></p> <p>Вольтододаткові трансформатори (ВДТ) і автотрансформатори (ВДАТ) поздовжнього і поперечного регулювання. Регулювання модуля і фазового кута напруги на виході ВДТ.</p> <p><i>Література: [1], [10]</i></p>
21	<p><i>Вольтододаткові засоби регулювання напруги. 4.2</i></p> <p>Лінійні регулятори (ЛР) як вольтододаткові засоби регулювання напруги. Особливості врахування ЛР в розрахункових моделях електричних мереж. Індукційний регулятор</p> <p><i>Література: [1]</i></p>
22	<p><i>Вольтододаткові засоби регулювання напруги. 4.3</i></p> <p>Фазоповоротні трансформатори (ФПТ) як засоби регулювання потоків потужності та напруги. Особливості конструкції (ФПТ). Застосування ФПТ в електроенергетичних системах.</p> <p><i>Література: [1]</i></p>
23	<p><i>Автотрансформаторні засоби регулювання напруги. 4.1</i></p> <p>Конструктивні особливості автотрансформаторів (АТ). Основні режими роботи АТ. Способи регулювання напруги в АТ.</p> <p><i>Література: [1], [10]</i></p>
24	<p><i>Автотрансформаторні засоби регулювання напруги. 4.2</i></p> <p>Регулювання напруги за допомогою РПН/ВДТ в нейтралі. Регулювання напруги за допомогою РПН/ВДТ в обмотці ВН. Регулювання напруги за допомогою РПН/ВДТ в обмотці СН.</p> <p><i>Література: [1], [10]</i></p>
25	<p><i>Автотрансформаторні засоби регулювання напруги. 4.3</i></p> <p>Регулювання напруги за допомогою АТ з ВДТ поздовжнього регулювання в нейтралі. Схема АТ 750/330 кВ з трансформатором поперечного регулювання ОДЦТНП-92000/150.</p> <p><i>Література: [1]</i></p>
26	<p><i>Небаланс напруги в електричних мережах. 4.2</i></p> <p>Вплив небалансу напруги на режим роботи споживачів. Вимоги стандартів якості електроенергії в аспекті небалансу напруги. Способи боротьби з небалансами напруги.</p> <p><i>Література: [1], [4], [5]</i></p>
27	<p><i>Несинусоїдність в електричних мережах. 4.1</i></p> <p>Причини виникнення несинусоїдності в електричних мережах. Вплив несинусоїдності напруги на режим роботи обладнання електричних мереж та споживачів.</p> <p><i>Література: [1]</i></p>
28	<p><i>Несинусоїдність в електричних мережах. 4.2</i></p> <p>Способи розрахунку режимних параметрів в електричних мережах з несинусоїдністю. Вимоги стандартів якості електроенергії в аспекті несинусоїдності.</p> <p><i>Література: [1], [4], [5]</i></p>

29	<i>Несинусоїдність в електричних мережах. Ч.3</i> Способи боротьби з несинусоїдністю напруги. Пасивні та активні фільтри. Визначення параметрів пасивних резонансних фільтрів. <i>Література: [1]</i>
30	<i>Швидкі змінення напруги та перенапруги в електричних мережах</i> Причини виникнення швидких змінень напруги та перенапруги в електричних мережах. Вимоги стандартів якості електроенергії в аспекті швидких змінень напруги та перенапруги. Способи та засоби обмеження виникнення швидких змінень напруги та перенапруги. <i>Література: [1]</i>

2) практична підготовка (12 годин)

№ з/п	Назва теми (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Розрахунок параметрів усталеного режиму електричної мережі з урахуванням статичних характеристик навантаження за напругою <i>Література: [1], [6], [7]</i>
2	Визначення конфігурації установок компенсації реактивної потужності. Ч.1. Забезпечення бажаного значення $\cos\varphi$ споживача <i>Література: [1], [7]</i>
3	Визначення конфігурації установок компенсації реактивної потужності. Ч.2. Забезпечення бажаної напруги на шинах споживача <i>Література: [1], [7]</i>
4	Забезпечення бажаного рівня напруги за допомогою триобмоткових трансформаторів <i>Література: [1], [7]</i>
5	Регулювання напруги в електричних мережах за допомогою фазоповоротних трансформаторів <i>Література: [1], [7]</i>
6	Оцінка небалансу напруги в електричних мережах <i>Література: [1], [7]</i>

3) лабораторна підготовка (14 годин)

№ з/п	Назва теми (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Моделювання та дослідження усталених режимів роботи двоконтурної електричної мережі <i>Література: [1], [6]</i>
2	Моделювання та дослідження усталених режимів роботи електричної системи, що містить трансформаторні зв'язки <i>Література: [1], [6]</i>
3	Дослідження методів оптимізації розподілу реактивної потужності в електричній системі <i>Література: [1], [6]</i>
4	Дослідження методів оптимізації параметрів усталеного режиму роботи електричної системи <i>Література: [1], [6]</i>
5	Оптимізація параметрів усталеного режиму роботи електричної системи за рахунок установок повздовжньої компенсації <i>Література: [1], [6]</i>

6	Оптимізація параметрів усталеного режиму роботи електричної системи на основі методу розрізання контурів Література: [1], [6]
7	Пошукове дослідження з метою обрання оптимальної експлуатаційної схеми неоднорідної електричної системи Література: [1], [6]

5. Самостійна робота здобувача

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Індивідуальні заняття	86
2	Підготовка до практичних занять	8
3	Підготовка до лабораторних занять	8
4	Підготовка до тестування і складання тестів	8
5	Підготовка до МКР і складання МКР	6
6	Підготовка до екзамену	16
Загалом		132

Політика та контроль

6. 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.

Правила захисту індивідуальних завдань

Захист лабораторних робіт проводиться індивідуально в рамках лабораторних занять у час, вільний від проведення досліджень, чи в рамках консультацій викладача, який проводить лабораторні заняття.

Політика дедлайнів та перескладань

Студент має право на виконання лабораторної роботи у разі неможливості її виконання в рамках графіку та на повторний захист лабораторної роботи. Дату та час проведення додаткового лабораторного заняття чи перескладання лабораторної роботи визначає викладач, який проводить лабораторні заняття.

Студент має право на перескладання МКР у разі неможливості її складання в рамках основного складання, дату та час проведення якого визначає викладач, або у разі неуспішного її складання. Перескладання МКР проводиться в інтервалі до 2 тижнів з дати її основного складання. У випадку порушення термінів перескладання МКР на результати перескладання нараховуються штрафні бали відповідно до РСО з дисципліни.

Перескладання тестового завдання передбачено виключно у випадку неможливості складання тесту в рамках основного складання. Перескладання тестового завдання проводиться в інтервалі до 2 тижнів з дати його основного складання. У випадку порушення термінів перескладання тестового завдання на результати перескладання нараховуються штрафні бали відповідно до РСО з дисципліни.

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

Дедлайн складання МКР визначається у завданні. Дедлайн перескладання МКР та тестів – не пізніше 3 днів до кінця навчального семестру. У разі порушення термінів дедлайну допуск до перескладання здійснюється виключно за наявності письмового дозволу завідувача кафедри або декана факультету.

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.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: виконання МКР та чотирьох тестових завдань.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу відповідно до графіку навчального процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Умови отримання позитивної оцінки з календарного контролю:

- для 1-го календарного контролю – отримано 13 рейтингових балів та захищено 3 лабораторні роботи;
- для 2-го календарного контролю – отримано 30 рейтингових балів та захищено 5 лабораторних робіт.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: захищено всі лабораторні роботи, зараховано МКР (бал за МКР не менший за 6), отримано не менше 30 рейтингових балів.

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 – максимально 20 балів;
- 2) виконання чотирьох тестових завдань – максимально по 5 балів за кожен тест;
- 3) виконання та захист 2 лабораторних робіт – сумарний максимум 10 балів;
- 4) активну роботу на лекційних та практичних заняттях, найкращі результати виконання тестових завдань (заохочувальні бали) – максимально 10 балів.
- 5) виконання екзаменаційної роботи – максимально 50 балів;

Штрафні бали до семестрового рейтингу студент отримує за неуспішне складання МКР – 3 бали;

Критерії нарахування балів семестрового рейтингу:

1) Виконання МКР:

- повне правильне розв'язання задачі – 20 балів;
- повне розв'язання задачі з незначними помилками – 16...19 балів;
- розв'язання задачі з суттєвими помилками або неповне розв'язання – 12...15 балів;
- задачу нерозв'язано або розв'язано з грубими помилками – 0 балів за роботу.

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

У випадку неуспішного складання студентом певної частини МКР на результати її перескладання нараховуються 3 штрафних балів.

У випадку неявки студента на складання певної частини МКР без поважної причини на результати перескладання нараховуються 3 штрафні бали, за наявності поважної причини (хвороба, підтверджена медичною довідкою, тощо) штрафні бали не нараховуються.

Дату і час перескладання частин МКР визначає викладач.

2) Виконання чотирьох тестових завдань

Кожне тестове завдання містить 20 теоретичних питань. Відповіді на кожне тестове питання оцінюються так:

- повністю правильна відповідь – 0,25 бали;
- неправильна або неповністю правильна відповідь – 0 балів.

Бали, отримані за кожне тестове завдання, підсумовуються окремо. Максимальна кількість балів, яка може бути отримана за виконання кожного тестового завдання, становить 5. Десять відсотків студентів потоку, які набрали найбільшу кількість балів за виконання певного тестового завдання, отримують по 2 заохочувальні бали.

Виконані студентом тестові завдання не підлягають перескладанню.

У випадку неявки студента на складання певного тестового завдання без поважної причини на результати перескладання нараховуються 3 штрафні бали, за наявності поважної причини (хвороба, підтверджена медичною довідкою, тощо) штрафні бали не нараховуються.

Дату і час перескладання тестових завдань визначає викладач.

3) Виконання та захист лабораторних робіт:

Максимальний бал за виконання та захист лабораторної роботи з кредитного модуля визначається за таблицею:

<i>Номер роботи</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>Загалом</i>
<i>Максимальний бал</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>10</i>

Виконання та захист студентом лабораторної роботи оцінюється так:

- за умови вірного виконання лабораторної роботи, відповідним чином оформленого протоколу та відмінного своєчасного захисту роботи – максимальний бал за відповідну лабораторну роботу;

- за умови вірного виконання лабораторної роботи, відповідним чином оформленого протоколу та доброго своєчасного захисту роботи – 75 % від максимального балу за відповідну лабораторну роботу;

- за умови вірного виконання лабораторної роботи, відповідним чином оформленого протоколу та задовільного своєчасного захисту роботи – 60 % від максимального балу за відповідну лабораторну роботу.

За рішенням викладача, який проводить лабораторні заняття, студент може отримати за виконання та захист лабораторної роботи нецілий бал.

Штраф за умови несвоєчасного захисту лабораторної роботи становить 25 % від максимального балу за відповідну лабораторну роботу.

4) 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.

Умовою атестації студента за результатами 7 тижнів навчання (перший календарний контроль) є отримання ним не менше 15 рейтингових балів.

Умовою атестації студента за результатами 13 тижнів навчання (другий календарний контроль) є отримання ним не менше 27 рейтингових балів.

5) Виконання екзаменаційної роботи

Критеріями допуску студента до семестрового контролю є:

- захист всіх лабораторних робіт;
- успішне складання МКР (бал за МКР не менший за 6);
- отримання не менше 30 рейтингових балів.

Екзаменаційна робота складається з теоретичної та практичної частини. Теоретична частина містить 30 тестових питань, практична частина – 2 задачі.

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 задач практичної частини екзаменаційної роботи є такою:

- повне правильне розв'язання задачі – 10 балів;
- повне розв'язання задачі з незначними помилками – 8...9 балів;
- розв'язання задачі з суттєвими помилками або неповне розв'язання – 6...7 балів;
- задачу нерозв'язано або розв'язано з грубими помилками – 0 балів.

Максимальне значення суми балів, які студент може отримати за виконання екзаменаційної роботи, становить 50. Час, відведений на виконання екзаменаційної роботи становить 35 хвилин на теоретичну частину та 45 хвилин на практичну частину.

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

8. Додаткова інформація з дисципліни

Виконання МКР

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

Виконання тестових завдань

Виконання обох тестових завдань передбачає можливість застосування спеціалізованої тестової системи, встановленої 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. Показники якості електричної енергії в електричних мережах загального призначення за ГОСТ 13109-97 та ДСТУ EN 50160:2014 (перелік та допустимі діапазони).
2. Поняття про статичні характеристики навантажень за напругою. Залежності потужності споживання різних споживачів від напруги.
3. Способи визначення статичних характеристик за напругою. Розрахункові вирази для визначення множників статичних характеристик за напругою.
4. Способи та засоби регулювання напруги в енергосистемах.
5. Регулювання напруги в електричних мережах за рахунок зміни рівня напруги на шинах генераторної напруги.
6. Оцінка можливості регулювання напруги в електричних мережах за рахунок впливу на активні опори ЛЕП.
7. Оцінка можливості регулювання напруги в електричних мережах за рахунок впливу на реактивні опори ЛЕП.
8. Синхронний компенсатор як спосіб впливу на розподіл реактивних потужностей в електричній мережі. Режимні особливості використання СК. Потужність СК, яка забезпечує бажаний режим напруги у вузлі електричної мережі.
9. Синхронний компенсатор як спосіб впливу на розподіл реактивних потужностей в електричній мережі. Векторна діаграма найпростішої електричної мережі з СК у режимі недозбудження.
10. Синхронний компенсатор як спосіб впливу на розподіл реактивних потужностей в електричній мережі. Векторна діаграма найпростішої електричної мережі з СК у режимі перезбудження.
11. Батареї статичних конденсаторів поперечної компенсації як спосіб впливу на розподіл реактивних потужностей в електричній мережі. Потужність БСК, яка забезпечує бажаний режим напруги у вузлі електричної мережі.
12. Способи з'єднання елементів батареї БСК поперечної компенсації. Визначення кількості паралельних кіл та послідовних елементів в послідовному колі фази БСК поперечної компенсації за різної схеми з'єднання елементів.
13. Співставлення переваг та недоліків СК та БСК поперечної компенсації.
14. Поняття лавини напруги в електричній мережі та способи запобігання розвитку лавини напруги.
15. Батареї статичних конденсаторів поздовжньої компенсації як регулювання напруги в електричних мережах. Опір УПК, який забезпечує бажаний режим напруги у вузлі електричної мережі.
16. Батареї статичних конденсаторів поздовжньої компенсації як регулювання напруги в електричних мережах. Векторна діаграма найпростішої електричної мережі з БСК поздовжньої компенсації.

17. Визначення кількості паралельних кіл та послідовних елементів в послідовному колі фази БСК поздовжньої компенсації.
18. Вибір місця встановлення БСК поздовжньої компенсації до електричної мережі. Режимні обмеження БСК поздовжньої компенсації.
19. Співставлення переваг та недоліків засобів поздовжньої поперечної компенсації.
20. ПБЗ як засіб регулювання напруги в електричних мережах. Регульовальні формули ПБЗ. Особливості регулювання напруги за допомогою ПБЗ.
21. РПН як засіб регулювання напруги в електричних мережах. Регульовальні формули РПН. Особливості регулювання напруги за допомогою РПН.
22. Завдання регулювання напруги за допомогою двохобмоткових та триобмоткових трансформаторів. Розрахункові вирази для визначення зведених та фактичних напруг обмоток трансформаторів.
23. Вибір номеру регульовального відгалуження РПН в обмотці ВН трансформатора.
24. Вибір номеру регульовального відгалуження ПБЗ в обмотці ВН двохобмоткового трансформатора.
25. Вибір номеру регульовального відгалуження ПБЗ в обмотці СН триобмоткового трансформатора.
26. Перевірка допустимості використання номеру регульовального відгалуження РПН з огляду на перезбудження трансформаторів.
27. Визначення напруги на вводі ВН трансформатора, яка забезпечує бажаний рівень напруги на шинах НН за певного відгалуження РПН та ПБЗ трансформаторів.
28. Визначення регульовального діапазону РПН та ПБЗ трансформаторів.
29. Регулювання напруги за допомогою АТ з РПН в обмотці ВН.
30. Регулювання напруги за допомогою АТ з РПН в обмотці СН.
31. Регулювання напруги за допомогою АТ з РПН в нейтралі.
32. ВДТ як засіб регулювання напруги в електричних мережах. Схеми ВДТ і ВДАТ.
33. Типи ВДТ. Ідеалізований ВДТ. Залежності параметрів схеми заміщення ВДТ від номеру регульовального відгалуження.
34. ВДТ з поздовжнім регулюванням напруги. (схема, векторна діаграма).
35. ВДТ з поперечним регулюванням напруги (схема, векторна діаграма).
36. ВДТ зі змішаним регулюванням напруги. Схема підключення ВДТ з кутом вектору ЕРС надбавки у $30^\circ/60^\circ$.
37. Фазоповоротний трансформатор як засіб регулювання потоків активної потужності в енергосистемах. Розрахункові вирази для визначення бажаного кута фазового зсуву в найпростішій замкненій електричній мережі.
38. Регулювання напруги за допомогою АТ з ВДТ в нейтралі.
39. Несиметрія напруги в електричних мережах: причини виникнення, вплив на режим роботи асинхронних двигунів, трансформаторів та електричних мереж, вимоги чинних стандартів щодо допустимої несиметрії в електричних мережах загального призначення.
40. Несиметрія напруги в електричних мережах: вплив на режим роботи синхронних двигунів, БСК поперечної компенсації та випрямлячів, способи розрахунку параметрів усталеного режиму несиметричних мереж.

41. Зниження несиметрії напруги в електричних мережах: рівномірний розподіл навантажень за фазами електричної мережі та перехід від розімкненої до замкненої або напівзамкненої мережі.
42. Зниження несиметрії напруги в електричних мережах: спосіб зменшення опору нульової послідовності та коефіцієнту нульової та зворотної послідовності.
43. Несинусоїдність напруги в електричних мережах: причини виникнення, вплив на режим роботи двигунів та трансформаторів. Вимоги ГОСТ 13109-97 щодо допустимої несинусоїдності напруги в електричних мережах загального призначення.
44. Несинусоїдність напруги в електричних мережах: вплив на режим роботи БСК поперечної компенсації, засобів релейного захисту, індукційних вимірювальних приладів та вентильних перетворювачів, способи зменшення несинусоїдності напруги. Вимоги ДСТУ EN 50160:2014 щодо допустимої несинусоїдності напруги в електричних мережах загального призначення.
45. Швидкі змінення напруги в електричних мережах. Причини виникнення, нормування, способи боротьби.
46. Перенапруги напруги в електричних мережах. Причини виникнення, нормування, способи боротьби.

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 20.06.2023 р.)
- **погоджено** Методичною комісією ФЕА (протокол №10 від 23.06.2023 р.)