

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Регулювання режимів електричних систем

**Методичні вказівки до вивчення
дисципліни**



Київ-2012

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Регулювання режимів електричних систем

Методичні вказівки

до вивчення дисципліни
для студентів усіх форм навчання
та студентів-іноземців напряму підготовки
6.050701 «Електротехніка та електротехнології»

*Затверджено Вченою радою факультету
електроенерготехніки та автоматики НТУУ «КПІ»*

Київ
НТУУ «КПІ»
2012

Регулювання режимів електричних систем [Електронний ресурс]: метод. вказівки до вивчення дисципліни для студ. усіх форм навчання та студентів-іноземців напряму підготовки «Електротехніка та електротехнології» / НТУУ «КПІ»; уклад. В. М. Сулейманов, Т. Л. Кацадзе, В. В. Чижевський. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 32 с.

*Гриф надано Вченою радою
факультету електроенерготехніки
та автоматики НТУУ «КПІ»
(Протокол № 9 від 23.04.2012 р.)*

Укладачі:	<i>Сулейманов Віктор Миколайович, канд. техн. наук, проф. Кацадзе Теймураз Луарсабович, канд. техн. наук, доц. Чижевський Володимир Валерійович</i>
Відповідальний редактор:	<i>В.А. Баженов, канд. техн. наук, доц.</i>
Рецензент:	<i>Є.І. Бардик, канд. техн. наук, проф.</i>

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Зміст навчального матеріалу.....	7
Кредитний модуль 1.....	7
ЗМ1. Інженерні засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах різних класів номінальної напруги ..	8
ЗМ2. Режими роботи системотвірних зв'язків високих та надвисоких напруг	8
Кредитний модуль 2.....	9
ЗМ3. Інженерні засоби та способи підвищення пропускної здатності дальньої лінії електропередачі	9
ЗМ4. Оптимальне керування експлуатаційними режимами дальньої лінії електропередачі.....	9
ЗМ5. Регулювання частоти в енергосистемах.....	10
Кредитний модуль 3.....	11
ЗМ6. Виконання курсового проекту «Проектування дальньої електропередачі змінного струму надвисокої напруги» .	11
Тематика практичних занять.....	13
Тематика лабораторних занять.....	15
Запитання для самоконтролю.....	16
Тематика завдань до модульних контрольних робіт	24
Список рекомендованої літератури	27

ВСТУП

Дисципліна «Регулювання режимів електричних систем» базується на фундаментальних знаннях, отриманих під час вивчення у 4-6 семестрах основоположної дисципліни «Електричні мережі та системи».

Дисципліна «Регулювання режимів електричних систем» орієнтована на прищеплення студентам знань, вмінь та практичного досвіду в областях передавання, перетворення та регулювання електричної енергії у потужних електричних системах, об'єднаних на паралельну роботу за допомогою ліній надвисокої номінальної напруги.

В дисципліні «Регулювання режимів електричних систем» розглянуто групу специфічних інженерних задач із розрахунку режимів роботи міжсистемних зв'язків, вибору оптимальних способів підвищення їх пропускної здатності, використання сучасних засобів автоматичного регулювання режимів напруги та частоти в об'єднаних енергосистемах, проектування ліній електропередач надвисокої номінальної напруги.

Практичне орієнтування дисципліни «Регулювання режимів електричних систем» направлене на прищеплення студентам вмінь та навичок інженера-технолога, експлуатаційника, проектувальника та конструктора. Такі вміння та навички повністю відповідають їх виробничим функціям, тобто надається можливість майбутньому інженеру приймати самостійні творчі рішення під час проектування, конструювання, експлуатації та налаштування силового устаткування ліній електропередач надвисокої номінальної напруги.

В результаті засвоєння теоретичного матеріалу дисципліни «Регулювання режимів електричних систем» студент має отримати

знання:

- засобів та способів регулювання режиму напруги в електричних мережах енергосистем різних класів номінальної напруги;
- основ регулювання режиму напруги в електричній системі за рахунок перерозподілу потоків реактивної потужності;
- особливостей використання трансформаторних засобів регулювання режиму напруги в електричних мережах енергосистем;
- фізики хвильових процесів передавання електричної енергії на великі відстані;
- методологічних підходів до розрахунку та аналізу режимів ліній надвисокої номінальної напруги за різних сполучень заданих умов на початку та наприкінці електропередачі;
- способів підвищення пропускної здатності електропередач надвисокої номінальної напруги;
- інженерних засобів підвищення пропускної здатності дальніх електропередач (ДЕП);

- шляхів оптимізації робочих режимів ДЕП надвисокої номінальної напруги;

уміння:

- обирати оптимальні засоби регулювання режиму напруги в електричних мережах різних класів номінальних напруг;
- оцінювати параметри пристроїв поздовжньої та поперечної компенсації, встановлених в електричній мережі;
- якісно розв'язувати основні інженерні задачі з регулювання режиму напруги на силових трансформаторах (СТ) та автотрансформаторах (АТ) електричних мереж;
- ефективно використовувати інженерні засоби для зниження електричної неоднорідності замкненої мережі, яка компонується із ділянок різних класів номінальної напруги;
- проводити аналіз характерних режимів електропередач надвисокої номінальної напруги;
- приймати оптимальні рішення з розташування обладнання для компенсації та настройки параметрів ДЕП;

досвід:

- вибору оптимальних способів регулювання режиму напруги в електричних мережах різних класів номінальної напруги;
- практичних розрахунків та аналізу робочих режимів електропередач надвисокої номінальної напруги;
- техніко-економічного обґрунтування рішень з проектування, реконструкції та розвитку міжсистемних зв'язків надвисокої напруги.

Навчальним планом освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності «Електричні системи і мережі» на повний цикл вивчення дисципліни «Регулювання режимів електричних систем» передбачено 13,5 кредитів ECTS із наступним розподілом за видами занять за навчальними семестровими кредитними модулями (див. табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл навчального часу за видами занять

Семестр	Всього кредитів	Розклад навчального часу за видами занять							Семестровий контроль
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Курсове проектування	РГР	МКР	СРС	
6	7	2	1	–	–	–	2	4	д. залік
7	5	1,5	0,5	0,5	–	–	2	2,5	екзамен
8	1,5	–	–	–	1,5	–	–	–	д. залік
Всього	13,5	3,5	1,5	0,5	1,5	–	4	6,5	

Дисципліна «Регулювання режимів електричних систем» компонується із трьох семестрових кредитних модулів:

Кредитний модуль 1 (6-й семестр)	Регулювання напруги в електричних системах. Основні положення теорії дальніх електропередач змінного струму та інженерні розрахунки робочих режимів ліній електропередач надвисокої напруги
Кредитний модуль 2 (7-й семестр)	Керування пропускнуою здатністю ліній надвисокої напруги та регулювання частоти в електричних системах
Кредитний модуль 3 (8-й семестр)	Курсовий проект «Проектування дальньої лінії електропередачі змінного струму надвисокої напруги»

Семестрові кредитні модулі спираються на відповідні групи змістових модулів, зміст яких наведений нижче.

Вивчення матеріалу дисципліни автори рекомендують проводити за послідовністю, яка відповідає нумерації шифрів змістових модулів. Навчальна література, яка необхідна для вивчення матеріалу конкретного змістового модуля, наведена наприкінці його змісту.

Після закінчення вивчення матеріалу змістового модуля студент має представити у письмовому виді відповіді на запитання для самоконтролю за цим змістовим модулем.

У списку рекомендованої літератури наведені основні та додаткові джерела. Автори рекомендують активно застосовувати додаткову літературу з метою якісного засвоєння матеріалу більшості змістових модулів.

З метою підвищення якості засвоєння матеріалу змістових модулів студенту необхідно набути також певний практичний досвід, для чого слід додатково розв'язати певну кількість задач та прикладів. Ця обставина також врахована авторами шляхом наведення посилань на відповідну додаткову літературу.

Матеріал методичних вказівок написаний авторами сумісно під загальною редакцією В.М. Сулейманова.

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Кредитні модулі 6–8 семестрів дисципліни «Регулювання режимів електричних систем» ґрунтуються на шести змістових модулях (ЗМ), розподілених за семестрами наступним чином:

- кредитний модуль 1 (6-й семестр):
 - ЗМ1 «Інженерні засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах різних класів номінальних напруг»;
 - ЗМ2 «Режими роботи системотвірних зв'язків високої та надвисокої напруги»;
- кредитний модуль 2 (7-й семестр):
 - ЗМ3 «Інженерні засоби та способи підвищення пропускної здатності дальньої лінії електропередачі»;
 - ЗМ4 «Оптимальне керування експлуатаційними режимами дальньої електропередачі»;
 - ЗМ5 «Регулювання частоти в енергосистемах»;
- кредитний модуль 3 (8-й семестр):
 - ЗМ6 Виконання КП на тему «Проектування дальньої електропередачі змінного струму надвисокої напруги».

Наведемо стислий зміст зазначених змістових модулів.

КРЕДИТНИЙ МОДУЛЬ 1 (ЗМ1-ЗМ2)

ЗМ1. Інженерні засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах різних класів номінальної напруги

Визначення характеристик установок поперечної компенсації (УППК) і поздовжньої компенсації (УПК) та задачі визначення їх параметрів, розрахунку кількості послідовно та паралельно включених елементів. Обґрунтування вибору місця встановлення батареї УПК до електричної мережі.

Наведення характеристик трансформаторних засобів регулювання напруги в електричних мережах енергосистем. Постановка завдань, які вирішують під час регулювання напруги на СТ.

Вибір оптимальних положень регулювальних відгалужень регулювання під напругою (РПН) та перемикачів без збудження (ПБЗ) триобмоткових СТ і розрахунок регулювального діапазону напруг, підведених до шин вищої напруги СТ.

Аналіз проблеми регулювання напруги в лінії електропередачі (ЛЕП) надвисокої напруги за допомогою силових АТ. Постановка завдань прямого та реверсивного режимів роботи АТ, регулювання напруги за допомогою АТ.

Дослідження основних схем регулювання напруг на сучасних АТ у разі встановлення регулювальних відгалужень РПН біля лінійного кінця обмотки СН АТ, безпосередньо перед нейтраллю АТ або за рахунок регулювальних витків вольтододааткового трансформатора (ВДТ), який включений до розсічки нейтралі АТ.

Література: [8, с. 19–77], [13, с. 46–56], [17, с. 52–62], [18, с. 136–157], [23, с. 243–276], [24, с. 100–131].

ЗМ2. Режими роботи системотвірних зв'язків високих та надвисоких напруг

Огляд результатів упровадження та розвитку технологій надвисокої напруги у сфері передавання електричної енергії на великі відстані. Оцінювання переваг об'єднання локальних енергосистем на паралельну роботу.

Огляд параметрів схеми заміщення ДЕП та основних рівнянь ДЕП для розрахунку їх усталених режимів роботи, характеристики хвильових параметрів реальної та ідеалізованої ДЕП, поняття натуральної потужності ДЕП та заходи з організації передачі її по ДЕП.

Наведення основних рівнянь електропередачі в універсальних узагальнених сталих еквівалентного чотириполюсника. Розрахунок коефіцієнтів втрат активної та реактивної потужностей у ДЕП. Дослідження широкого спектру аналітичних методів розрахунку робочих режимів ДЕП.

Аналітичні розрахунки робочого режиму електропередачі за умовами початку та кінця ДЕП у разі фіксації рівнів напруги на її кінцях та без неї.

Універсальні діаграми ДЕП, їх побудова за умовами початку та кінця. Аналіз режимів роботи ДЕП за допомогою кругових діаграм потужностей.

Дослідження режимів неробочого ходу електропередачі та визначення характеристик неробочого ходу ДЕП залежно від довжини хвилі лінії.

Аналіз способів усунення перенапруг у кінці ДЕП в режимі неробочого ходу. Оцінювання переваги блочних схем типу «електропередача–автотрансформатор».

Література: [2, с. 5–147], [4, с. 96–183], [6, 28–41], [18, с. 190–209], [19, с. 116–187], [23, 15–135].

КРЕДИТНИЙ МОДУЛЬ 2 (ЗМ3-ЗМ5)

ЗМ3. Інженерні засоби та способи підвищення пропускної здатності дальньої лінії електропередачі

Огляд застосування ВДТ з метою регулювання напруги в ДЕП, поздовжнє і поперечне регулювання напруги з ВДТ.

Умови, які визначають обмеження пропускної здатності ДЕП. Оцінювання ідеальної межі потужності електропередачі та найбільшої допустимої активної потужності ДЕП.

Аналіз залежності пропускної здатності ДЕП від її довжини. Огляд первинних та вторинних параметрів електропередачі. Поняття про компенсацію параметрів та настройку ДЕП.

Огляд режиму роботи УПК в ДЕП. Оцінювання фазового кута компенсації та ступеня компенсації параметрів лінії.

Аналіз задачі настройки ДЕП на нульову довжину, чверть хвилі та половину хвилі напруги (струму).

Дослідження засобів підвищення пропускної здатності ДЕП, застосовуваних у практиці її проектування та експлуатації.

Оцінювання величини зарядних потужностей ліній надвисоких напруг 330–750 кВ, залишкової реактивної потужності на шинах кінцевих підстанцій. Визначення граничної довжини ліній, за яких існує можливість одностороннього вмикання. Підходи до застосування шунтувальних реакторів, визначення їх встановленої потужності та вибору місць розташування за довжиною лінії.

Огляд джерел реактивної потужності та їх обрання для забезпечення потреб споживачів і покриття втрат реактивної потужності у ЛЕП та СТ.

Література: [1, с. 135–227], [6, с. 42–81], [18, с. 190–209], [20, с. 150–185], [23, с. 190–359], [24, с. 243–276], [29, с. 143–161].

ЗМ4. Оптимальне керування експлуатаційними режимами дальньої лінії електропередачі

Дослідження характерних режимів роботи ДЕП та особливості регулювання напруги й реактивної потужності у режимах синхронізації, ненавантаженої лінії, максимального навантаження та реверсивному режимі.

Розв'язання задач з визначення сумарних втрат активної потужності у ДЕП за сумісного регулювання напруги та реактивної потужності, обрання раціональних рівнів напруги на кінцевих підстанціях ДЕП, сумісної оптимізації напруги та реактивної потужності у ДЕП.

Огляд проблеми оптимального регулювання рівня напруги у вузловій точці ДЕП за умови заданих реактивних потужностей

усіх приєднаних до неї ліній, сумісного оптимального регулювання рівня напруги на шинах вузлової підстанції та реактивних потужностей усіх приєднаних ліній.

Література: [1, с. 135–227], [6, с. 42–81], [18, с. 190–209], [20, с. 150–185], [23, с. 190–359], [24, с. 243–276], [25, с. 87–97], [29, с. 143–161].

ЗМ5. Регулювання частоти в енергосистемах

Характеристика якості електричної енергії за частотою. Вплив зміни частоти на режими роботи електроприймачів енергосистем, режим напруги у вузлах системи. Дослідження регулювального ефекту навантаження, механізм розвитку лавини частоти у системі.

Огляд автоматичних систем регулювання, побудова та функціональні можливості регуляторів швидкості турбін із статичними та астатичними характеристиками. Поняття про крутість та коефіцієнт статизму статичних частотних характеристик генераторів і навантаження споживачів. Оцінювання розподілу додаткового приросту активної потужності системи між електростанціями системи та окремими генераторами електростанцій.

Поняття про первинне регулювання частоти в системі та дефіцит активної потужності системи. Первинне регулювання частоти в системі як процес регулювання нормованих відхилень частоти. Поняття про вторинне регулювання частоти в системі та реалізація процесу вторинного регулювання частоти частоторегулювальними станціями системи.

Проблема вибору частоторегулювальних станцій та розрахунку їх регулювального діапазону, особливості регулювання частоти у системі за допомогою блока нерегулювальних станцій і частоторегулювальної станції.

Оцінювання режимів роботи системи за умов надлишку або дефіциту активної потужності. Поняття про автоматичне частотне розвантаження (АЧР), принципи організації роботи АЧР, категорії та черги АЧР і частотного автоматичного повторного включення споживачів (ЧАПВ).

Оцінювання ймовірності відключення в аварійних режимах Об'єднаної енергосистеми (ОЕС) маловідповідальних споживачів III категорії, що входять до складу ОЕС. Огляд АЧР_{МЕС} і АЧР_{ОЕС}, вибіркового принципу побудови АЧР_{МЕС}.

Причини виникнення перевантажень міжсистемних зв'язків за умови різних значень усередненої крутості частотних характеристик генерувальних і споживальних частин систем, об'єднаних цими зв'язками.

Література: [18, с. 171–190], [30, с. 254–287], [31, с. 371–374].

КРЕДИТНИЙ МОДУЛЬ 3 (ЗМ6)

ЗМ6. Виконання курсового проекту «Проектування дальньої електропередачі змінного струму надвисокої напруги»

Курсовий проект «Проектування дальньої електропередачі змінного струму надвисокої напруги» виконується з метою закріплення у студентів теоретичних знань, отриманих під час вивчення змістових модулів «Режими роботи дальніх електропередач» та «Керування пропускнуою здатністю електропередачі надвисокої напруги», відпрацювання вмінь і вироблення практичних навичок у проектуванні сучасних ДЕП, оцінювання їх нормальних та післяаварійних режимів, вибору засобів і способів оптимального управління режимами ДЕП.

В курсовому проекті вирішуються такі основні завдання: вибір номінальної напруги ДЕП, кількості паралельних кіл, перемикальних пунктів, типу та кількості СТ або АТ зв'язку. Важливими задачами є також аналіз статичної стійкості ДЕП, оцінювання її пропускнуої здатності та регулювальних можливостей СТ або АТ зв'язку. До групи експлуатаційних задач, які розв'язуються у курсовому проекті, відносяться задачі оцінювання розподілу напруг за довжиною лінії, розрахунки режимів неробочого ходу, проміжного, максимального та реверсивного режимів роботи ДЕП, а також оптимізація складу устаткування для зазначених режимів і вибір типових схем підстанцій у місцях під'єднання ДЕП до енергосистем.

Вихідними даними до виконання курсового проекту є довжина ДЕП, активна потужність, яка передається у приймальну систему, сумарні встановлені потужності та номінальні напруги відправної та приймальної систем, бажані значення коефіцієнта потужності на шинах приймальної системи.

Курсовий проект «Проектування дальньої електропередачі змінного струму надвисокої напруги» містить наступні розділи.

Розрахункова частина

Вибір номінальної напруги ДЕП. Вибір кількості паралельних кіл, перемикальних пунктів, перерізу проводів ДЕП, розрахунок хвильових параметрів лінії. Вибір типу і кількості СТ або АТ зв'язку та визначення їх параметрів. Аналіз статичної стійкості ДЕП. Оцінювання пропускнуої здатності ДЕП та засобів її підвищення. Оцінювання регулювальних можливостей СТ або АТ зв'язку. Еквівалентування каскадно увімкнених чотириполюсників. Синхронізація електропередачі. Баланс реактивної потужності та попереднє розміщення реакторів. Оцінювання розподілу напруги за довжиною синхронізованої лінії. Оцінювання режиму неробочого ходу ДЕП. Дослідження максимального режиму роботи ДЕП. Ви-

бір СК та некомутованих реакторів. Оптимізація кількості СК. Вибір складу обладнання для проміжного режиму. Розрахунок режиму реверсивної передачі енергії. Вибір типових схем підстанцій в місцях під'єднання ДЕП до енергосистем. Побудова універсальних та кругових діаграм робочих режимів ДЕП.

Графічна частина

Виконується креслярський аркуш нормального формату А1, який містить принципову схему ДЕП, поточкорозподіл потужностей та епюри розподілу напруг за довжиною ДЕП в режимах синхронізації, неробочого ходу, проміжного, максимального та реверсивного, схему електричних сполучень однієї з кінцевих підстанцій.

Обсяг пояснювальної записки – 40–50 аркушів.

Література: [1, с. 135–227], [2, с. 5–147], [3, с. 25–78], [6, с. 8–83], [19, с. 116–187], [22], [23, с. 15–151, 190–293], [24, с. 243–276], [28, с. 18–354].

ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ЗМ1. Інженерні засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах різних класів номінальної напруги

1. Практичне заняття № 1. Визначення потужності поперечної компенсації для забезпечення умов зустрічного регулювання напруги на шинах вторинної напруги підстанцій.

2. Практичне заняття № 2. Визначення компенсуючого опору батареї УПК для забезпечення умов зустрічного регулювання напруги на шинах вторинної напруги підстанцій.

3. Практичне заняття № 3. Розв'язання інженерних задач з регулювання напруги в електричних мережах напругою 110-750 кВ трансформаторними засобами.

Література: [8, с. 19–77], [13, с. 46–56], [17, с. 52–62], [18, с. 136–157], [23, с. 243–276], [24, с. 100–131].

ЗМ2. Режим роботи системотвірних зв'язків високих та надвисоких напруг

1. Практичне заняття № 4. Визначення параметрів схеми заміщення ДЕП.

2. Практичне заняття № 5. Визначення хвильових параметрів ДЕП.

3. Практичне заняття № 6. Режим роботи ДЕП за навантаження активною потужністю, яка відрізняється від натуральної.

4. Практичне заняття № 7. Розрахунок параметрів еквівалентного чотириполюсника ланцюгової схеми заміщення ДЕП.

5. Практичне заняття № 8. Аналіз режиму неробочого ходу ДЕП.

6. Практичне заняття № 9. Аналітичний розрахунок робочого режиму ДЕП за умовами початку.

7. Практичне заняття № 10. Аналітичний розрахунок робочого режиму ДЕП за умовами кінця.

8. Практичне заняття № 11. Аналітичний розрахунок робочого режиму ДЕП за умовами початку за фіксації напруги по кінцях ДЕП.

9. Практичне заняття № 12. Аналітичний розрахунок робочого режиму ДЕП за умовами кінця за фіксації напруги по кінцях ДЕП.

10. Практичне заняття № 13. Дослідження розподілу напруги та струму вздовж довжини ДЕП.

Література: [2, с. 5–147], [4, с. 96–183], [6, 28–41], [18, с. 190–209], [19, с. 116–187], [23, 15–135].

ЗМ3. Інженерні засоби та способи підвищення пропускної здатності дальньої лінії електропередачі

1. Практичне заняття № 14. Визначення ідеальної межі та найбільшої допустимої активної потужності ДЕП.
2. Практичне заняття № 15. Оцінювання ємнісного опору компенсуючого пристрою ДЕП.
3. Практичне заняття № 16. Визначення параметрів пристроїв настройки ДЕП.
4. Практичне заняття № 17. Компенсація зарядної потужності ДЕП за допомогою шунтуючих реакторів.

Література: [1, с. 135–227], [6, с. 42–81], [18, с. 190–209], [20, с. 150–185], [23, с. 190–359], [24, с. 243–276], [29, с. 143–161].

ЗМ4. Оптимальне керування експлуатаційними режимами дальньої лінії електропередачі

1. Практичне заняття № 18. Оптимізація режиму напруги та реактивної потужності ДЕП.
2. Практичне заняття № 19. Визначення робочих характеристик ДЕП з урахуванням оптимального регулювання режиму роботи лінії.

Література: [1, с. 135–227], [6, с. 42–81], [18, с. 190–209], [20, с. 150–185], [23, с. 190–359], [24, с. 243–276], [25, с. 87–97], [29, с. 143–161].

ЗМ5. Регулювання частоти в енергосистемах

1. Практичне заняття № 20. Визначення величини дефіциту активної потужності за відхиленням частоти в електричній системі.
2. Практичне заняття № 21. Визначення відхилення частоти в системі за величиною очікуваного дефіциту активної потужності в системі.
3. Практичне заняття № 22. Розрахунок усередненої частотної характеристики генеруючої частини системи.
4. Практичне заняття № 23. Визначення результуючого розподілу приросту активної потужності споживачів між блоком нерегульованих станцій та частоторегуючих станцій.

Література: [18, с. 171–190], [30, с. 254–287], [31, с. 371–374].

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

ЗМ1. Інженерні засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах різних класів номінальної напруги

1. Лабораторне заняття № 1. Дослідження регулювання напруги в дальній лінії електропередачі за допомогою фазоперемикального вольтододаточного трансформатора.

2. Лабораторне заняття № 2. Дослідження пристроїв пошуку місць пошкодження під час короткого замкнення на повітряних лініях напругою 6–750 кВ.

Література: [8, с. 19–77], [13, с. 46–56], [17, с. 52–62], [18, с. 136–157], [23, с. 243–276], [24, с. 100–131].

ЗМ2. Режими роботи системотвірних зв'язків високих та надвисоких напруг

1. Лабораторне заняття № 3. Дослідження нормальних режимів роботи дальньої лінії електропередачі на персональному комп'ютері.

2. Лабораторне заняття № 4. Побудова універсальних діаграм дальньої лінії електропередач.

3. Лабораторне заняття № 5. Дослідження режиму неробочого ходу дальньої лінії надвисокої напруги.

Література: [2, с. 5–147], [4, с. 96–183], [6, 28–41], [18, с. 190–209], [19, с. 116–187], [23, 15–135].

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

ЗМ1. Інженерні засоби та способи регулювання напруги в електричних мережах різних класів номінальної напруги

1. Для зв'язку яких класів номінальних напруг застосовують силові АТ?
2. У чому полягає перевага силового АТ перед триобмотковим СТ тієї ж номінальної потужності?
3. Як довести, що коефіцієнт вигідності АТ досягає оптимального значення у разі зв'язку близьких за класами номінальних напруг?
4. Чому паспортні дані силового АТ видів $U_{к(в-н)}$, $U_{к(с-н)}$, $\Delta P_{к(в-н)}$, $\Delta P_{к(с-н)}$ попередньо мають бути перераховані до його номінальної потужності?
5. У чому полягає завдання регулювання напруги на силових АТ у прямому і реверсивному режимах їх роботи?
6. Як переконатися в тому, що розрахований стандартний ступінь регулювання N_c АТ не призведе до виникнення явища перезбудження його загальної обмотки?
7. Як реалізувати перехід від значень зведених напруг на шинах середньої і нижчої напруг АТ до їх фактичних значень?
8. У чому полягає одна з найважливіших переваг ВДТ з погляду регулювання потоків прохідних потужностей?
9. Як приєднується живильна обмотка ВДТ до лінії для забезпечення виключно поздовжнього та виключно поперечного регулювання напруги?
10. Потоки яких потужностей ефективно перерозподіляє ВДТ з виключно поздовжнім регулюванням напруги у замкнених неоднорідних електричних мережах повітряного виконання? Теоретично обґрунтуйте відповідь.
11. Потоки яких потужностей ефективно перерозподіляє ВДТ з виключно поперечним регулюванням напруги в замкнених неоднорідних електричних мережах повітряного виконання? Теоретично обґрунтуйте відповіді.
12. Чому в АТ зв'язку, встановлених на підстанціях ЛЕП напругою 750 кВ, недопустиме використання схеми регулювання напруги за рахунок регулювальних відгалужень РПН, розміщених у загальній обмотці АТ?

ЗМ2. Режими роботи системотвірних зв'язків високих та надвисоких напруг

1. У чому полягає принципова відмінність ДЕП від лінії надвисокої напруги?
2. Чому принципово неможливо організувати транзит активної потужності на велику відстань по ЛЕП напругою 110 кВ?
3. Якою є основна шкала високих і надвисоких номінальних напруг, прийнята для ОЕС України?
4. У чому полягають основні переваги об'єднання ізольованих електроенергетичних систем на паралельну роботу?
5. Як враховують взаємний вплив режимних параметрів окремих фаз (наприклад, взаємодукція) у разі застосування однолінійних схем заміщення елементів електромережі?
6. Якими є діапазони довжин повітряних і кабельних ліній у разі використання схем заміщення із зосередженими параметрами? Обґрунтуйте відповідь.
7. Які фізичні явища зумовлюють наявність поздовжніх та поперечних елементів схеми заміщення ЛЕП?
8. Для чого розщеплюють фазні проводи повітряних ліній надвисокої напруги?
9. Чому швидкість поширення електромагнітної хвилі в кабельній лінії значно нижча, ніж у повітряній?
10. У чому полягає особливість режиму стоячих хвиль у ЛЕП?
11. За яких умов у ДЕП не відбиватиметься електромагнітна хвиля?
12. Як організувати режим роботи ДЕП з натуральною потужністю?
13. Чому втрати активної потужності та енергії у разі передачі лінією натуральної потужності мають мінімальне значення?
14. Чим пояснюється різниця між позірними та дійсними параметрами схем заміщення із зосередженими параметрами?
15. Як формулюють задачу розрахунку режимів роботи електропередачі за умови врахування її як індивідуального об'єкта?
16. Як формулюють задачу розрахунку режимів роботи електропередачі за умови врахування її як системного об'єкта?
17. У чому полягають особливості режиму неробочого ходу ДЕП?
18. У чому полягають переваги блочної схеми виконання ДЕП з погляду полегшення умов режиму неробочого ходу лінії?
19. Як визначити граничне значення активної потужності, яку можна передати по лінії за наявності заданих рівнів напруги на її кінцевих підстанціях?
20. Для аналізу яких режимів роботи ДЕП переважно застосовують кругові діаграми потужності?

21. Яка розмірність радіуса r і координат зміщеного центру кола a , b і c у круговій діаграмі потужності?

22. Якому стану режиму відповідає точка перетину кола кругової діаграми потужності з віссю абсцис у додатній півплощині?

ЗМЗ. Інженерні засоби та способи підвищення пропускної здатності дальньої лінії електропередачі

1. Наведіть основні завдання регулювання напруги у лінії надвисокої напруги за допомогою силових АТ.

2. Наведіть задачі регулювання напруги на силових АТ у прямому та реверсивному режимах їх роботи.

3. Які основні схеми регулювання напруги застосовують у сучасних АТ?

4. У чому полягають недоліки схеми регулювання напруги на АТ у разі встановлення пристрою РПН безпосередньо перед нейтраллю?

5. Яким є один з найважливіших параметрів ВДТ з погляду регулювання потоків прохідних потужностей?

6. У чому полягають відмінності між власною та прохідною потужністю ВДТ?

7. Як під'єднують живильну обмотку ВДТ до регульованої лінії для виключно поздовжнього чи виключно поперечного регулювання напруги?

8. У чому полягає перевага ВДТ з постійною фазою над ВДТ з незалежним регулюванням поздовжньої та поперечної ЕРС?

9. Сукупність яких умов охоплює поняття «пропускна здатність електропередачі»?

10. Яку величину називають ідеальною межею потужності електропередачі і чому?

11. За яким виразом визначають найбільшу допустиму активну потужність електропередачі?

12. Чому дорівнює коефіцієнт запасу статичної стійкості електропередачі?

13. Якими принциповими умовами обмежена пропускна здатність електропередачі із номінальною напругою 330 кВ, 500 кВ і вище?

14. Яким є вираз для визначення граничного значення активної потужності на кінці електропередачі з урахуванням її хвильових параметрів?

15. Чому дорівнює мінімальна межа активної потужності, переданої у кінець ідеалізованої лінії?

16. Як позірний індуктивний опір лінії пов'язаний із хвильовими параметрами ДЕП?

17. Як змінилася пропускна здатність ЛЕП Рівненська АЕС – ПС Західноукраїнська, виконаної в габаритах 750 кВ, але експлуатованої донедавна на напрузі 330 кВ.

18. Як за незмінної хвильової довжини лінії $\lambda = \text{const}$ слід змінити первинні параметри ДЕП, щоб підвищити пропускну здатність електропередачі в n разів?

19. Як за незмінного хвильового опору лінії $Z_{\text{хв}} = \text{const}$ слід змінити первинні параметри ДЕП, щоб зменшити в n разів хвильову довжину лінії λ ?

20. Наведіть три основні способи підвищення пропускної здатності ДЕП за рахунок застосування додаткових інженерних пристроїв.

21. Що означає термін «компенсація хвильової довжини лінії»?

22. Що означає термін «компенсація хвильового опору лінії»?

23. Що означає поняття «настройка електропередачі»?

24. Який основний спосіб підвищення пропускної здатності електропередачі застосовують для ліній довжиною до 1 500 км?

25. Який основний спосіб підвищення пропускної здатності електропередачі застосовують для ліній довжиною від 1 500 до 2 000 км?

26. Чому підвищення пропускної здатності ЛЕП тільки за рахунок компенсації її хвильового опору майже не застосовують?

27. Чому фазовий кут компенсації $\lambda_{\text{л}}$ зазвичай знаходиться у межах 40–48°? Обґрунтуйте відповідь.

28. Які особливості передавання електричної енергії по лінії напівхвилею змінного струму (напруги)?

29. Якими є групи інженерних засобів, застосовуваних для підвищення пропускної здатності електропередач надвисокої напруги та їх характеристики.

30. Чому у разі ступеня компенсації понад 60 % рекомендовано розташовувати УПК на різних перемикальних пунктах ДЕП?

31. Чому в разі ступеня компенсації до 30 % рекомендовано розташовувати УПК в середині лінії або ближче до приймального кінця електропередачі?

32. Доведіть, що найбільший ступінь компенсації параметрів лінії електропередачі спостерігатиметься у разі розташування УПК в середині лінії.

33. Який вплив на зміну хвильового опору і натуральної потужності ДЕП має УПК?

34. За яким режимним параметром лінії обирають кількість паралельно включених конденсаторних банок УПК?

35. За яким режимним параметром обирають кількість послідовно включених конденсаторних банок УПК?

36. Чому встановлена потужність батареї УПК завжди виявляється більшою за розрахункову потужність?

37. Яке інженерне устаткування можна ефективно використати замість шунтувальних реакторів для компенсації порівняно невеликих надлишків реактивної потужності?

38. Які умови мають бути враховані інженером у разі кількісного оцінювання необхідної потужності й обрання місць розташування шунтувальних реакторів?

39. Яке значення зарядної потужності ДЕП рекомендовано компенсувати потужністю шунтувальних реакторів?

40. Які значення рівнів напруги слід підтримувати на передавальному та приймальному кінцях ДЕП у разі передавання нею значних величин активної потужності?

41. Які умови визначають оптимальне розміщення пристроїв компенсації у ДЕП?

42. Чому величини потужностей і місця розташування шунтувальних реакторів у ДЕП, обрані за умовами синхронізації лінії, зазвичай задовольняють вимоги будь-яких режимів її роботи?

ЗМ4. Оптимальне керування експлуатаційними режимами дальньої лінії електропередачі

1. У чому полягають основні вимоги до робочих режимів електропередачі надвисокої напруги.

2. Які основні завдання і мета керування режимом роботи електропередачі надвисокої напруги.

3. Якими є характерні режими роботи ДЕП, які визначають вибір складу і потужностей її пристроїв регулювання, компенсації та настройки.

4. Що називають режимом синхронізації електропередачі?

5. З якого боку (передавального або приймального) зазвичай здійснюють синхронізацію ДЕП на практиці і чому?

6. Який рівень напруги має бути забезпечений у точці синхронізації розімкнутої лінії надвисокої напруги?

7. Які технологічні вимоги слід обов'язково виконувати у процесі ведення режиму синхронізації лінії?

8. Чому знижується гострота проблеми балансу реактивної потужності в зв'язаних ДЕП енергосистемах у режимі ненавантаженої лінії?

9. Як впливає режим максимальних навантажень ДЕП на оптимізацію складу некомутованих шунтувальних реакторів?

10. Який вплив слід здійснити на рівні напруги на шинах передавальної та приймальної підстанцій ДЕП у режимі її максимальних навантажень?

11. Що обмежує величину найбільшої активної потужності, яка може бути передана електропередачею в реверсивному режимі?

12. У якому співвідношенні перебувають компоненти втрат потужності в ДЕП $\Delta P_{н.х}$ і $\Delta P_{к.з}$ за умови оптимального регулювання напруги на початку або в кінці електропередачі?

13. Чи залежить оптимальне значення реактивної потужності на початку ДЕП від переданої по лінії активної потужності? Обґрунтуйте відповідь.

14. Що називають оптимальним і раціональним регулюванням рівнів напруги на кінцях ДЕП?

15. Якому режимному параметру завжди пропорційний оптимальний рівень напруги на початку ДЕП?

16. Що являє собою коефіцієнт оптимального регулювання напруги на початку лінії?

17. До яких наслідків зазвичай приводить зниження випереджального коефіцієнта потужності на початку ДЕП?

18. Якими є постановки завдань оптимізації сумарних втрат активної потужності в лініях зі спільною вузловою точкою за рахунок вибору раціонального режиму напруги на шинах вузлової підстанції і коефіцієнтів потужності на початку кожної з ліній, що відходять від вузлової точки?

19. Що визначає оптимальний рівень напруги на шинах вузлової підстанції у разі заданих реактивних потужностей у всіх відхідних лініях?

20. Що визначає оптимальне значення потоку реактивної потужності кожної лінії, що відходить від вузлової підстанції, у разі фіксування рівня напруги на шинах вузлової підстанції?

21. Який характер має оптимальний коефіцієнт потужності у кожній з ліній, що відходять від вузлової підстанції, за умови фіксованого рівня напруги на шинах вузлової підстанції?

22. У які гілки замкненого контуру електрично неоднорідної мережі має бути встановлена поздовжня ємнісна компенсація?

23. У які гілки замкненого контуру електрично неоднорідної мережі має бути встановлена поздовжня індуктивна компенсація?

ЗМ5. Регулювання частоти в енергосистемах

1. Що означає поняття «регульовальний ефект навантаження»?

2. Як зміниться активна потужність і частота системи у разі стрімкого порушення балансу активної потужності?

3. Які причини та механізм розвитку у системі лавини частоти?
4. Що розуміють під первинним регулюванням частоти у системі?
5. Що розуміють під крутістю статичної частотної характеристики споживача або генератора?
6. Чому крутість статичної частотної характеристики гідрогенератора обирають значно більшою за крутість статичної частотної характеристики турбогенератора?
7. У чому полягають недоліки астатичної частотної характеристики?
8. Як визначити величину дефіциту активної потужності у разі зниження частоти у системі?
9. Як визначити відхилення частоти у системі за відомим дефіцитом активної потужності у ній?
10. Що розуміють під вторинним регулюванням частоти у системі?
11. Чому статична частотна характеристика частоторегулювальної станції більш крута, ніж у блоці нерегулювальних станцій?
12. Яким виявляється результуючий розподіл приросту активного навантаження між блоком нерегулювальних станцій та частоторегулювальною станцією після вторинного регулювання частоти у системі?
13. Що розуміють під АЧР системи?
14. Якими є принципи організації роботи категорій АЧР-I та АЧР-II.
15. Що розуміють під автоматичним частотним включенням споживачів після дії АЧР?
16. Як здійснюється одночасне відключення споживачів III категорії в усіх системах, що входять до складу ОЕС, у разі виникнення дефіциту генерувальної потужності у ній?
17. У чому полягають причини виникнення перевантажень міжсистемних зв'язків, що об'єднують енергосистеми на паралельну роботу.

ЗМ6. Виконання курсового проекту «Проектування дальньої електропередачі змінного струму надвисокої напруги»

1. Як здійснюють вибір номінальної напруги та загальної схеми виконання ДЕП?
2. Як обирають кількість паралельних кіл і переріз проводів ДЕП?
3. Чим керуються, обираючи тип та кількість силових АТ зв'язку на кінцевих підстанціях передачі?
4. Як визначити параметри схем заміщення основних елементів електропередачі?
5. Як обґрунтувати вибір шунтувальних реакторів як засобу компенсації зарядної потужності лінії? Як обирають тип, кількість і місце розташування шунтувальних реакторів?

6. Як оцінити пропускну здатність електропередачі? Які заходи спрямовані на збільшення пропускну здатності електропередачі?

7. Що слід враховувати під час розміщення шунтувальних реакторів уздовж траси лінії. Як при цьому врахувати технологічні обмеження за напругою в режимі синхронізації електропередачі?

8. Як уточнити місця встановлення пристроїв компенсації за умовами режиму навантаженої лінії?

9. Чому потрібно уточнювати місця розташування некомпенсованих пристроїв компенсації за умовами режиму роботи лінії електропередачі з максимальним навантаженням?

10. Як обґрунтувати вибір засобів компенсації дефіциту реактивної потужності у приймальній енергосистемі в режимах найбільших навантажень лінії.

11. Як оцінити пропускну здатність електропередачі у реверсивному режимі з відповідною перевіркою дотримання технологічних обмежень?

12. Які міркування покладені в основу побудови робочих характеристик та універсальних діаграм електропередачі для нормальних режимів роботи лінії?

ТЕМАТИКА ЗАВДАНЬ ДО МОДУЛЬНИХ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Модульні контрольні роботи МКР1–МКР4 виконують за матеріалами змістових модулів ЗМ1–ЗМ4. Основною метою виконання МКР є стимулювання регулярної роботи студентів, закріплення знань, набутих у процесі засвоєння матеріалу змістових модулів та виявлення недоліків у засвоєнні цих знань.

Студенти виконують МКР1 та МКР2 у 6-му семестрі, а МКР3 та МКР4 – у 7-му семестрі навчання.

У викладеному переліку запитань та завдань за тематикою МКР1–МКР4 студенту запропоновано правильно обґрунтувати і подати у реферативній формі своє бачення способів вирішення поставленої проблеми.

МКР1 (за матеріалом ЗМ1)

1. Як визначити потрібну потужність поперечної компенсації для підвищення природного коефіцієнта потужності об'єкта до нормованої величини?

2. Чому БСК поперечної компенсації конструктивно завжди слід виконувати секціонованою?

3. Які заходи безпеки потрібно передбачати для зняття статичного заряду з батареї БСК у разі виведення її у ремонт?

4. Як розрахувати потрібну потужність поперечної компенсації для забезпечення бажаного рівня напруги у місці її встановлення?

5. Як обирають місця розташування БСК поперечної компенсації у розподільних мережах напругою 0,4–35 кВ?

6. Чому додавання напруги на УПК не може бути регульованим?

7. Чим небезпечна перекомпенсація електричної мережі?

8. Як довести, що УПК завжди покращує режим напруги у споживачів, приєднаних до мережі за місцем її встановлення, а УППК – до місця свого встановлення?

9. Як наближено розрахувати ємнісний реактивний опір УПК за бажаним рівнем напруги у місці її під'єднання до мережі?

10. Як розрахувати кількість послідовно і паралельно включених елементів УПК?

11. Як обрати місце встановлення УПК до розподільної мережі?

12. У чому полягають переваги та недоліки УПК порівняно з УППК?

Література: [8, с. 19–77], [13, с. 46–56], [17, с. 52–62], [18, с. 136–157], [23, с. 243–276], [24, с. 100–131].

МКР2 (за матеріалом ЗМ2)

1. Чому в об'єднаних енергосистемах можливе використання високоефективних потужних турбогенераторів з малими витратами умовного палива на виробництво 1 кВт·год, тоді як в ізольованих системах слід встановлювати агрегати набагато меншої потужності зі збільшеними питомими витратами умовного палива?

2. Наведіть обґрунтування потреби в урахуванні фізики хвильових процесів у ДЕП.

3. За яких умов допустиме використання однолінійної схеми заміщення будь-якого елемента мережі?

4. Дайте визначення поняттю «хвильова довжина лінії».

5. Дайте визначення поняттю «хвильовий опір лінії».

6. У чому полягають особливості режиму роботи лінії з потужністю, більшою або меншою за натуральну?

7. Які є типи рівнянь чотириполюсників для запису стану будь-якого мережевого елемента?

8. Яка розмірність узагальнених сталих A , B , C і D у рівняннях стану лінії?

9. У чому полягає сутність визначення узагальнених сталих еквівалентного чотириполюсника на основі теореми Блонделя?

10. Обґрунтуйте неминучість похибки округлення у разі моделювання ДЕП рівняннями Штейнметца.

11. Чому дорівнюватимуть узагальнені сталі B і C еквівалентного чотириполюсника, який заміщує УПК та шунтувальний реактор?

12. За якими принципами виконують побудову ланцюгової схеми заміщення електропередачі?

13. Як визначають сумарні втрати потужності у ДЕП за допомогою універсальних діаграм, побудованих за умовами початку або кінця ДЕП?

14. У чому полягають відмінності у розрахунку режимів роботи ДЕП за умовами початку та кінця?

15. Які практичні рішення приймають інженери у разі аналізу кругових діаграм режимів роботи ДЕП у післяаварійних режимах?

Література: [2, с. 5–147], [4, с. 96–183], [6, 28–41], [18, с. 190–209], [19, с. 116–187], [23, 15–135].

МКР3 (за матеріалом ЗМ3–ЗМ4)

1. Вкажіть основні способи підвищення пропускної здатності та дальньої передачі енергії змінним струмом.

2. Що означають поняття «компенсація хвильового опору лінії» і «компенсація хвильової довжини лінії»?

3. Наведіть способи керування транзитом активної потужності по ДЕП. У чому полягають принципові відмінності компенсованих і настроєних ДЕП?

4. Який основний спосіб підвищення пропускної здатності електропередачі застосовують для ліній довжиною до 1500 км?

5. Яке інженерне обладнання може бути ефективно використане замість шунтувальних реакторів для компенсації порівняно невеликих надлишків реактивної потужності?

6. Розкрийте сутність проблеми і сформулюйте умови задачі оптимального регулювання напруги і реактивної потужності в ДЕП.

7. Сформулюйте задачу оцінювання режиму роботи ДЕП у системній постановці. Яких результатів розрахунку очікувати у цьому разі?

Література: [1, с. 135–227], [6, с. 42–81], [18, с. 190–209], [20, с. 150–185], [23, с. 190–359], [24, с. 243–276], [25, с. 87–97], [29, с. 143–161].

МКР4 (за матеріалом ЗМ5)

1. Сформулюйте задачу оцінювання оптимального рівня напруги в ДЕП, виходячи з умови $a_{н.х} = a_{к.з.}$

2. Сформулюйте задачу оцінювання оптимального значення реактивної потужності в ДЕП, яке відповідає оптимальному рівню напруги в ній.

3. Що означає поняття «настройка електропередачі»?

4. Який основний спосіб підвищення пропускної здатності електропередачі застосовують для ліній довжиною від 1500 до 2000 км?

5. Які умови має враховувати спеціаліст у разі кількісного оцінювання необхідної потужності та обрання місця розташування шунтувальних реакторів у лінії?

6. Які величини зарядної потужності ДЕП рекомендовано компенсувати потужністю шунтувальних реакторів?

7. Як впливають шунтувальні реактори на хвильовий опір і натуральну потужність ДЕП?

Література: [20, с. 150–185], [23, с. 294–359], [24, с. 243–276], [29, с. 65–161].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Веников В. А. Дальние электропередачи. Специальные вопросы [Текст] / В. А. Веников. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 312 с.
2. Веников В. А. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. А. Веников, Ю. П. Рыжов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 272 с.
3. Веников В. А. Расчёты режимов дальних электропередач переменного тока [Текст] / В. А. Веников, И. П. Сиуда. – М. : Высш. шк., 1966. – 142 с.
4. Веников В. А. Кибернетические модели электрических систем [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. А. Веников, О. А. Суханов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 328 с.
5. Глазунов А. А. Электрические сети и системы [Текст] / А. А. Глазунов, А. А. Глазунов. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 367 с.
6. Електричні мережі і системи. Проектування дальньої електропередачі змінного струму надвисокої напруги [Текст]: метод. вказівки до виконання курсового проекту для студ. та студ.-іноземців напряму підготов. 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спец. «Електричні системи та мережі» усіх форм навчання / Уклад.: В. М. Сулейманов, Кацадзе Т. Л., О. М. Янковська. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 112 с. : рис., табл.
7. Електричні мережі та системи. Районні електричні мережі [Текст]: метод. вказівки до викон. курсового проекту з дисципліни для студ. і студ.-іноземців напряму підготов. 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» усіх форм навчання / Уклад.: В. М. Сулейманов, В. В. Чижевський, О. М. Янковська. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 96 с.
8. Електричні мережі та системи. Районні електричні мережі: [Текст]: метод. вказівки до викон. курсового проекту з дисципліни для студ. усіх форм навчання та студ.-іноземців напряму підготов. 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» / Уклад.: В. М. Сулейманов, В. В. Чижевський, О. М. Янковська. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 92 с.
9. Идельчик В. И. Расчеты установившихся режимов электрических систем [Текст] / В. И. Идельчик. – М.: Энергия, 1977. – 192 с.
10. Маркович И. М. Режимы энергетических систем [Текст] / И. М. Маркович. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1957. – 272 с.

11. Мельников Н. А. Электрические сети и системы [Текст] / Н. А. Мельников. – М.: Энергия, 1975. – 464 с.
12. Методические указания к выполнению курсового проекта «Анализ и регулирование режимов районных электрических сетей» [Текст] / Сост. В. Н. Сулейманов. – К.: НТУУ «КПИ», 1992. – 88 с.
13. Методические указания к контрольным работам по дисциплине «Электрические сети и системы» [Текст] / Сост. В. Н. Сулейманов. – К.: НТУУ «КПИ», 1988. – 59 с.
14. Методические указания по проектированию районной подстанции при выполнении курсовых и дипломных проектов [Текст] / Сост. В. Н. Сулейманов, С. В. Казанский. – К.: НТУУ «КПИ», 2000. – 48 с.
15. Електричні системи та мережі [Текст]: метод. вказівки до викон. контрольних робіт з дисципліни для студ. усіх форм навч. та студ.-іноземців з напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» / Уклад.: В. М. Сулейманов, В. О. Гижа, М. М. Лутчин. – К.: НТУУ «КПИ». – 2008. – Ч 1. – 68 с.
16. Поспелов Г. Е. Проектирование электрических сетей и систем [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин. – Минск: «Вышэйшая школа», 1978. – 302 с.
17. Районні електричні мережі [Текст]: метод. вказівки до викон. дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» для студ. усіх форм навч. та студ.-іноземців з напряму підготов. 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» / Уклад.: В. М. Сулейманов, В. В. Чижевський. – К.: НТУУ «КПИ», 2007. – 100 с.
18. Расчет и регулирование установившихся режимов работы электрических сетей энергосистем [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Сулейманов. – К.: УМК ВО, 1992. – 216 с. – ISBN 5-7763-0738-4.
19. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи [Текст]: навч. посіб. / М. С. Сегеда. – Львів: НМК ВО Каменярь, 1999. – 296 с. – ISBN 5-7745-0766-1.
20. Оптимизация режимов энергетических систем [Текст]: учеб. пособие для энергет. спец. вузов / В. М. Синьков, А. В. Богословский, В. Г. Григоренко и др.; ред. В. М. Синькова. 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Высш. шк., 1976. – 308 с.

21. Солдаткина Л. А. Электрические сети и системы [Текст]: учеб. пособие для вузов / Л. А. Солдаткина. – М.: Энергия, 1978. – 216 с.
22. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст] / под ред. Д. Л. Файбисовича. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Издательство НЦЭНАО», 2006. – 349 с. – ISBN 978-5-93196-783-7.
23. Сулейманов В. Н. Электрические сети и системы: учеб. [Текст] / Сулейманов В. Н., Кацадзе Т. Л. – К.: НТУУ «КПИ», 2007. – 504 с. – ISBN 978-966-622-246-9.
24. Холмский В. Г. Расчет и оптимизация режимов электрических сетей (специальные вопросы) [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. Г. Холмский. – М.: Высш. шк., 1975. – 280 с.
25. Экономия энергии в электрических сетях [Текст] / И. И. Магда, С. Я. Меженный, В. Н. Сулейманов и др.; под ред. Н. А. Качановой и Ю. В. Щербины. – К.: Техніка, 1986. – 167 с.
26. Электрические системы. Т. 1. Математические задачи энергетики [Текст] / под ред. В. А. Веникова. – М.: Высш. шк., 1970. – 366 с.
27. Электрические системы. Т. 2. Электрические сети [Текст] / под ред. В. А. Веникова. – М.: Высш. шк., 1971. – 438 с.
28. Электрические системы. Т. 3. Передача энергии переменным и постоянным током высокого напряжения [Текст] / под ред. В. А. Веникова – М.: Высш. шк., 1972. – 368 с.
29. Электрические системы. Т. 4. Электрические расчеты, программирование и оптимизация режимов [Текст] / под ред. В. А. Веникова. – М.: Высш. шк., 1973. – 320 с.
30. Электрические системы. Т. 6. Режимы работы электрических систем и сетей [Текст] / под ред. В. А. Веникова. – М.: Высш. шк., 1975. – 344 с.
31. Электрические системы и сети [Текст] / Н. В. Буслова, В. Н. Винославский, Г. И. Денисенко и др.; под ред. Г. И. Денисенко. – К.: Высш. шк., Главное изд-во, 1986. – 584 с.