

	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни « <u>Електричні системи та мережі</u> » назва дисципліни	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 07.01.05 – 01 – 2018
	Стор. 3		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий Аерокосмічний інститут

(назва інституту (факультету))

КАФЕДРА Автоматизації та енергоменеджменту

(повна назва кафедри)

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Електричні системи та мережі»

за напрямом (спеціальністю) підготовки 6.050701 Електротехніка та електротехнології, спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр та повна назва напрямку (спеціальності))

Укладач: к.т.н., доцент Захарченко Віктор

Панасович

(науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б. викладача)

Конспект лекцій розглянутий та схвалений
на засіданні кафедри автоматизації та _____

енергоменеджменту

(повна назва кафедри)

Протокол № 14 від «4» 06 2018р.

Завідувач кафедри Захарченко В.П.

Лекція № 1

Тема лекції: ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

План лекції

1. Вступ. Загальні характеристики електричних систем та мереж
2. Класифікація електричних мереж. Шкала номінальних напруг
3. Вимоги до систем електропостачання
 - 3.1. Надійність електропостачання. Категорії електроприймачів
 - 3.2. Режими роботи нейтралі електроустановок
 - 3.3. Показники якості електроенергії. Обґрунтування необхідності їх нормування
 - 3.4. Вимоги ГОСТ 13109-97 до якості електроенергії.
 - 3.5. Показники економічності електропостачання. Зведені річні витрати
 - 3.6. Експлуатаційні характеристики систем електропостачання аеропортів.

Література

1. Правила устройства электроустановок. – М.: «Форт», 2009. – 648 с.
2. Электрические системы. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. Изд. 2-е, перераб. И доп. – М.: «Высшая школа», 1998. – 511 с.
3. Величко Ю.К. Электроснабжение аэропортов. Учебное пособие. К.: КИИГА, 1996. – 312 с.
4. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі та системи. Підруч. для вузів. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 504 с.
5. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – К.: Госстандарт Украины, 1999.

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення електричній системі та електричній мережі.
2. Як схематично позначаються системи електропостачання?
3. Чим обумовлено використання трьохфазної системи електропостачання частотою 50 Гц?
4. Які вимоги ГОСТ 13109-97 пред'являються до систем електропостачання?
5. На які категорії за надійністю електропостачання розбито всі ЕП згідно ПУЕ і яким вимогам вони повинні відповідати?
6. Які режими роботи нейтралі вам відомі і з яких міркувань вони вибираються?
7. Чим відрізняються відхилення напруги від її коливання?
8. До чого призводить несиметрія фазних напруг?
9. За яким показником оцінюється економічність СЕП і чому?
10. Яким чином експлуатаційні характеристики електропостачання зв'язані з класом аеропорту?

Лекція № 2

Тема лекції: КОНСТРУКЦІЇ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА РЕЖИМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

План лекції

1. Загальна характеристика повітряних ліній та їх елементів
2. Поняття про механічний розрахунок проводів повітряних ліній
3. Технічна експлуатація повітряних ліній
4. Силові кабелі та їх властивості
5. Режими роботи електричних мереж

Література

4. Справочник по монтажу кабельных сетей /В.П. Бондаренко, Н.Ф. Коба, В.Н. Романчук, - К.: Техніка, 1981. – 184 с.
5. Электрические системы. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.:»Высшая школа», 1998. – 511 с.
6. Правила пользования электрической и тепловой энергией /Минэнерго СССР. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 112 с.
7. Величко Ю.К. Электроснабжение аэропортов. Учебное пособие. К.: КИИГА, 1996. – 312 с.

Питання для самоперевірки

1. Як за конструктивним виконанням класифікується ЛЕП?
2. Які ЛЕП використовують в аеропортах і чому?
3. Які матеріали використовують для проводів ЛЕП та чому?
4. Як класифікують опори ПЛ?
5. Які ізолятори використовують для ПЛ та з яких міркувань вони вибираються?
6. З яких міркувань вибираються розрахункові режими навантаження на проводи?
7. Які правила експлуатації ПЛ?
8. Які властивості силових кабелів?
9. Які вимоги необхідно виконувати при прокладенні КЛ у землі?
10. Які режими роботи електричних мереж?

Лекція № 3

Тема лекції: ПАРАМЕТРИ СХЕМ ЗАМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ЇХ РОЗРАХУНОК

План лекції

1. Параметри елементів електричних мереж та схеми їх заміщення
2. Представлення ЛЕП симетричним пасивним чотириполюсником
3. Представлення ЛЕП симетричною П-виглядовою схемою заміщення.
4. Поняття вузла комплексного навантаження

Література

5. Электрические системы. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. Изд. 2-е, перераб. И доп. – М.:»Высшая школа», 1998. – 511 с.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть співвідношення між напругами і струмами на кінцях елементарної ділянки лінії.
2. Представте ЛЕП симетричним пасивним чотириполюсником.
3. Представте ЛЕП симетричною П-виглядовою схемою заміщення.
4. Від чого залежить погонний активний опір провідника ЛЕП ?
5. Від чого залежить погонний індуктивний опір лінії ?
6. Від чого залежить погонна ємність ліній ?
7. Якими компонентами може бути представлена повна схема заміщення одиниці довжини ЛЕП ?
8. Дайте визначення вузла комплексного навантаження.
8. Знання яких властивостей та характеристик необхідно для розробки проектів нових електричних мереж ?

Лекція № 4

Тема лекції: МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

План лекції

1. Баланс потужності в енергосистемі
2. Вплив навантаження на якість напруги в електричних мережах
3. Графіки навантажень споживачів електроенергії

4. Методи розрахунку навантажень електричних мереж
5. Розрахунок втрат потужності та річних втрат електроенергії в елементах електричних мереж
6. Основи теплових розрахунків. Тривало допустимі температури провідників
7. Методика та послідовність теплового розрахунку провідників
8. Економічний розрахунок перерізу провідників
9. Розрахунок втрат напруги в електричних мережах
10. Розрахунок перерізу проводів трифазних радіальних мереж з симетричним навантаженням за допустимою втратою напруги
11. Спрощений електричний розрахунок освітлювальних мереж
12. Електричні мережі захищені від перевантажень

Література

1. Правила устройства электроустановок. – М.: «Форт», 2009. – 648 с.
6. Правила пользования электрической и тепловой энергией /Минэнерго СССР. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 112 с.
7. Величко Ю.К. Электроснабжение аэропортов. Учебное пособие. К.: КИИГА, 1996. – 312 с.
14. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – К.: Госстандарт Украины, 1999.
17. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учеб. для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 472 с.

Питання для самоперевірки

1. Які структури електричних мереж набули найбільшого розповсюдження в аеропортах?
2. Наведіть техніко-економічне порівняння різних структур систем електропостачання.
3. За допомогою яких пристроїв можна підвищити надійність електропостачання?
4. За якими показниками вибирають перерізи проводів електричних мереж?
5. Запишіть та проведіть аналіз рівняння теплового балансу проводу.
6. Як розраховується фактичне значення тривало припустимого струмового навантаження проводів та кабелів? Які поправочні коефіцієнти при цьому необхідно використовувати?

7. Від чого залежить постійна часу нагрівання проводу і в яких межах вона знаходиться?
8. Яка густина струму називається економічною?
9. Які мережі і в якій послідовності розраховуються за економічною густиною струму?
10. Які рекомендації ПУЕ необхідно виконувати при розрахунках мереж за економічною густиною струму?
11. Що називається втратою напруги в електричній мережі і як вона розраховується? Запишіть формули.
12. Як розраховується втрата напруги в чотирипроводній мережі при несиметричному навантаженні?
13. З яких міркувань встановлюються припустимі втрати напруги в електричних мережах?
14. Як вибрати переріз проводу за припустимою втратою напруги?
15. Як розрахувати переріз проводів мережі виходячи з мінімуму маси проводів? В яких випадках використовується даний метод?
16. Яка послідовність розрахунку перерізів проводів освітлювальних мереж?

Лекція № 5

Тема лекції: РОЗРАХУНОК УСТАЛЕНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЗАМКНЕНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

План лекції

1. Розрахунок усталених режимів роботи простих електричних мереж з одним джерелом живлення
2. Загальна характеристика електричних мереж з двома джерелами живлення
3. Кутові характеристики потужності
4. Кругові діаграми потужності
5. Особливості складних мереж і розрахунків їх режимів
6. Вузлові рівняння усталеного режиму
7. Рішення рівнянь усталеного режиму методом простої ітерації та методом Зейделя
8. Розв'язання рівнянь усталеного режиму на основі методу Гауса
9. Врахування коефіцієнтів трансформації в розрахунках усталеного режиму електричної системи

Література

5. Электрические системы. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.:»Высшая школа», 1998. – 511 с.
8. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі та системи. Підруч. для вузів. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 504 с.
9. Электрические системы, т.2. Электрические сети / Под ред. Веникова В.А. Учебн. пособие для электроэнерг. вузов. – М.: Высшая школа, 1971. – 438 с.
10. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики /Под ред. В.А. Веникова М.: 1981. – 288 с.
17. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учеб. для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 472 с.

Питання для самоперевірки

1. Які задачі розрахунку ustalених режимів електричних мереж ?
2. Суть методу послідовних наближень рішення поставленої задачі?
3. Наведіть схему заміщення кільцевої мережі при напрузі 110 кВ і вище.
4. Наведіть порядок та етапи розрахунку режиму кільцевої мережі.
5. Наведіть основні напрямки методів спрощення розрахункових схем шляхом їх перетворення.
6. Наведіть вираз для еквівалентної ЕРС при n об'єднаних станціях або генераторах.
7. Для чого здійснюють друге характерне перетворення, яке називається перенесенням навантаження, та в чому його суть?
8. Наведіть та поясніть рівняння критеріїв еквівалентності перетворення.
9. Наведіть еквівалентну схему мережі
10. Наведіть залежності кутових характеристик потужності.
11. З якою метою будують кругові діаграми потужності?
12. Які особливості складних мереж і розрахунків їх режимів?
13. Сутність розв'язання рівнянь ustalеного режиму на основі методів простої ітерації та методу Зейделя?
14. Як враховуються коефіцієнти трансформації в розрахунках ustalеного режиму електричної системи?

Лекція № 6

Тема лекції: **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ**

В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ.

План лекції

1. Причини і наслідки коротких замикань
2. Коротке замикання на малопотужному відпаюванні системи нескінченної потужності
3. Фізичні процеси при трифазному короткому замиканні на затискачах синхронного генератора
4. Недоліки аналітичного методу розрахунку струму КЗ в електричних мережах. Облік впливу навантаження
5. Використання методу симетричних складових для розрахунку несиметричних струмів короткого замикання

6. Опору прямій, зворотної і нульової послідовності передування фаз елементів електричної мережі
7. Термічна дія струму короткого замикання

Література

7. Величко Ю.К. Електроснабження аеропортів. Учебное пособие. К.: КИИГА, 1996. – 312 с.
8. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі та системи. Підруч. для вузів. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 504 с.
13. Федоров А.А., Каменев В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергия, 1979. – 408 с.

Питання для самоперевірки

1. Яке явище називають коротким замиканням?
2. Яку небезпеку представляють КЗ?
3. У чому особливості розрахунку струму КЗ на малопотужній відпайці?
4. Дайте визначення ударного струму. У який момент він спостерігається?
5. Які особливості процесу КЗ на затисках синхронного генератора?
6. Як швидко затухають перехідні процеси в обмотках демпферній і збудження при КЗ?
7. Як розраховують струм КЗ на затисках синхронного генератора?
8. Намалюйте графіки зміни в часі ЕРС і опору при КЗ на затисках синхронного генератора та наведіть осцилограму струму КЗ.
9. У чому полягають труднощі аналітичного розрахунку струму КЗ в електричних мережах?
10. Запишіть аналітичні вирази для розрахунку різних несиметричних струмів КЗ.
11. Наведіть аналітичний вираз опорів зворотної та нульової послідовності передування фаз елементів електричної мережі, від чого вони залежать?

Лекція № 7

Тема лекції: РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

План лекції

1. Загальна характеристика режиму напруг та способів її регулювання
2. Особливості регулювання напруги у розподільчих та системоутворюючих мережах вищих напруг
3. Зустрічне регулювання напруги. Регулювання напруги трансформаторами
4. Розрахунок закону регулювання напруги для групового трансформатора з регулюванням під навантаженням.
5. Регулювання напруги шляхом компенсації реактивної потужності навантаження та індуктивного опору лінії
6. Регулювання напруги тиристорними регуляторами
7. Методи розрахунку напруги та зниження її несинусоїдності в електричних мережах аеропортів
8. Порівняльна оцінка методів регулювання та покращення якості напруги в електричних мережах

Література

7. Величко Ю.К. Электроснабжение аэропортов. Учебное пособие. К.: КИИГА, 1996. – 312 с.
8. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Электричні мережі та системи. Підруч. для вузів. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 504 с.
13. Федоров А.А., Каменев В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1979. – 408 с.
14. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – К.: Госстандарт Украины, 1999.
23. Справочник по электротехническому и светотехническому оборудованию аэродромов. /Под редакцией Ю.К. Величко. – М.: Воздушный транспорт. 1994. – 272с.

Питання для самоперевірки

1. До яких наслідків призводить порушення балансу потужностей в енергосистемі та якими засобами він підтримується?
2. Яким чином навантаження мережі впливає на якість електроенергії та на які показники якості воно впливає ?
3. В чому полягає принцип зустрічного регулювання напруги та за допомогою яких пристроїв він реалізується?
4. На яких обмотках трансформаторів виконуються відгалуження і в якому діапазоні вони дозволяють регулювати напругу?
5. Чим відрізняються трансформатори з регулюванням під напругою від трансформаторів з переключенням без збудження?
6. Яка послідовність побудови зони регулювання напруги для трансформатора з регулюванням під напругою?
7. З якою метою встановлюються конденсаторні батареї в електричних мережах?
8. В яких випадках доцільно компенсувати індуктивний опір електричної мережі?
9. Які переваги та недоліки регулювання напруги за допомогою тиристорів?
10. Які причини появи несинусоїдності напруги в електричній мережі і яка послідовність розрахунку її показників?
11. Яким чином можна знизити несинусоїдні спотворення напруги в електричній мережі?

Лекція № 8

Тема лекції: ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ

План лекції

1. Загальна характеристика ліній електропередач надвисокої напруги та їх роль в сучасній енергетиці
2. Розрахунок ЛЕП надвисокої напруги. Основні рівняння і загальні властивості нормальних режимів довгих ЛЕП надвисокої напруги
2. Особливості регулювання напруги у розподільчих та системоутворюючих мережах вищих напруг
3. Схеми заміщення і методи розрахунку режимів довгих ліній
4. Заходи по зменшенню втрат режиму одностороннього включення і холостого ходу лінії з установками поперечної компенсації

5. Залежність напруги та передаваної потужності від довжини лінії.
Підвищення пропускної здатності та оптимізація режимів лінії за наявності поздовжньої ємнісної компенсації

Література

1. Александров Г.Н. Передача электрической энергии переменным током. -Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. - 176 с.
2. Веников В.А., Худяков С.С., Анисимова Н.Д. Электрические системы. Т.3. Передача энергии переменным и постоянным током высокой напряженности: Учебн. пособие для электроэнерг. вузов/ Под ред. В.А. Веникова. - М., Высшая школа, 1972. - 368 с.
3. Веников В.А., Рижов Ю. П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока: Учебн. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 272 с.
4. Основы теории цепей: Учебник для вузов/ Р.С. Зевеке, П.А. Ионкин, и др. - 5-е издание, перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1989. -528 с.
5. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.
6. Электрические системы. Электрические сети/ Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. - М.: Высшая школа, 1998. - 511 с.
7. Ушаков И.М. Дальние передачи переменного тока: Учебное пособие. - Челябинск: ЧПИ, 1984. - 51 с.

Питання для самоперевірки

1. Хвилеві параметри лінії електропередачі, їх фізичний сенс.
2. Пояснити вплив конструкції передачі на її хвилеві характеристики.
3. Вказати основні особливості протяжних ЛЕП НВН.
4. Намалювати схему заміщення елементарної ділянки лінії Ax , скласти систему диференціальних рівнянь і спростити її.
5. Які вводяться допущення при складанні системи телеграфних рівнянь?
6. Режим передачі натуральної потужності, його особливості.
7. Яку лінію можна вважати однорідною?
8. Перерахуйте основні характеристики хвиль, що рухаються, поясніть їх фізичний сенс.
9. Пояснити характер розподілу напруги уздовж лінії при навантаженні більше і менше натуральної.
10. Чому в ЛЕП НВН можна не враховувати активний опір, тобто розглядати її як лінію без втрат?
11. У яких випадках необхідно переходити від схеми із зосередженими до схеми заміщення з розподіленими параметрами?
12. У якому випадку на лінії спостерігається режим стоячих хвиль?

13. Запишіть вираз для коефіцієнта віддзеркалення хвилі, поясніть його фізичний сенс.

14. Що таке стояча хвиля? Запишіть рівняння стоячої хвилі.

15. Запишіть рівняння, що зв'язують режимні параметри по кінцях передачі.