

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**И. Е. Кажекин**

**POWER ENGINEERING THEORY /  
ТЕОРИЯ ЭНЕРГЕТИКИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 621.311

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики ФГБОУ ВО «КГТУ»  
В.В. Кибартас

**Кажекин, И. Е.**

Power Engineering Theory / Теория энергетики: учебно-методическое пособие - локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Electrical Power Engineering and Electrical Engineering / **И. Е. Кажекин.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 19 с.

Учебно-методическое пособие содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы, вопросы для самостоятельного контроля по темам, оценочные средства и критерии оценивания.

Табл. 1, список литературы – 3 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25.10.2023 г., протокол № 12

УДК 621.31

©Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
© Кажекин И. Е., 2023 г.

## Содержание

Введение .....	4
Тематический план занятий .....	7
Тема 1. Общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии. Моделирование элементов электрических систем .....	7
Тема 2. Напряжения элементов электрической сети. Режимы нейтралей электрических сетей.....	8
Тема 3. Принципы конструктивного исполнения линий электропередач .....	9
Тема 4. Характеристика и расчёт параметров схем замещения воздушных и кабельных линий .....	10
Тема 5. Параметры и схемы замещения двухобмоточных трансформаторов .	12
Тема 6. Трёхобмоточные трансформаторы .....	13
Тема 7. Электрические нагрузки и задачи расчётов установившихся режимов .....	14
Тема 8. Анализ режима участка электрической сети .....	15
Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов ..	17
Библиографический список.....	18

## Введение

Дисциплина «Power Engineering Theory/ Теория энергетики» обеспечивает формирование у обучающихся знаний, умений и навыков для планирования, организации и осуществления управления режимами работы объектов профессиональной деятельности с учетом показателей эффективности.

Целью дисциплины является формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области современных электроэнергетических систем.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: теоретические основы энергетики в области передовых высокоэффективных технологий, включая возобновляемую энергетику, альтернативные способы производства и передачи электроэнергии, пути развития традиционной и нетрадиционной электроэнергетики в мире и России;

Уметь: использовать при проектировании и эксплуатации объектов электроэнергетики и электротехники знание современного состояния и проблем электроэнергетики;

Владеть: современными проблемами энергетики и электротехники; навыками практического анализа логики различного рода рассуждений; навыками критического восприятия информации.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства для текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов;
- задания к контрольной работе (для студентов заочной формы обучения);
- задания к лабораторным работам.

*Тестовые задания* по дисциплине используются для текущего контроля освоения дисциплины. Тестирование студентов проводится на практических занятиях. Каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов, на каждый из которых приведены четыре варианта ответа. Оценивание осуществляется по следующим критериям: «зачтено» – 50-100 % правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» – менее 50 % правильных ответов.

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Power Engineering Theory/ Теория энергетики» предусмотрено выполнение лабораторных работ. Перед началом выполнения лабораторной работы обучающиеся изучают задание и после методических указаний преподавателя приступают к его выполнению. Результаты защиты определяются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. При необходимости (в случае не прохождения обучающимся всех видов текущего контроля) для промежуточной аттестации могут быть использованы контрольные вопросы по дисциплине. Результаты промежуточной аттестации определяются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

Порядок и правила выставления оценки по дисциплине преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра.

В соответствии с учебным планом для студентов заочной формы обучения предусмотрено 4 часа лекционных занятий, в рамках которых приведенные в пособии темы рассматриваются в сжатой форме. Основная часть материала осваивается студентами в рамках самостоятельной работы.

Таблица 1 - Система и критерии оценивания

Критерий	«не зачтено»		«зачтено»	
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
Осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## Тематический план занятий

### Тема 1. Общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии. Моделирование элементов электрических систем

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

*Ключевые вопросы темы:*

- 1 Основные понятия и определения.
- 2 Характеристика системы передачи электрической энергии.
- 3 Характеристика системы распределения электрической энергии.
- 4 Типы конфигураций сети.
- 5 Пример взаимосвязи систем передачи и распределения электрической энергии.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Почему необходимо передавать (транспортировать) электроэнергию?
2. Какие элементы входят в систему передачи и распределения электроэнергии?
3. Что общего в понятиях «электропередача» и «электрическая сеть» и чем они отличаются?
4. Чем отличаются понятия «система электроснабжения» и «электроэнергетическая система»?
5. Каким требованиям должна удовлетворять система передачи и распределения ЭЭ?
6. Какова роль трансформаторов?
7. Какова классификация линий электропередачи переменного тока?
8. Какие линии составляют системы передачи и распределения ЭЭ?
9. Для чего необходимы автоматические устройства на всех объектах систем передачи и распределения ЭЭ?
10. В чем условность разделения систем передачи и распределения ЭЭ по номинальному напряжению?
11. Какие возможны этапы развития системы передачи ЭЭ?
12. В чём преимущества и недостатки сложнзамкнутых систем передачи ЭЭ?
13. Каково назначение и какими свойствами обладает система распределения ЭЭ?
14. Какие сети составляют систему распределения ЭЭ?
15. Какие уровни (ступени) в ней выделяются?
16. По каким признакам классифицируются распределительные сети?
17. Чем определяется их схемное построение?
18. В чём преимущества и недостатки радиальных и магистральных схем?
19. Как формируются замкнутые сети? Каковы их виды?
20. В каких случаях экономически целесообразно применение сложнзамкнутых сетей?
21. Какие особенности распределительных сетей?

## **Тема 2. Напряжения элементов электрической сети. Режимы нейтралей электрических сетей**

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

*Ключевые вопросы темы:*

1. Номинальные напряжения и классификация электрических сетей.
2. Номинальные напряжения элементов электрических сетей и эпюра напряжения.
3. Режим работы сети до 1000 В с глухозаземлённой нейтралью.
4. Режим работы сети с изолированной нейтралью.
5. Режим работы сети с компенсированной нейтралью.
6. Режим работы высоковольтной сети с глухозаземлённой нейтралью.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Что такое номинальное напряжение?
2. Каков номинальный ряд напряжений электрических сетей?
3. Какова классификация электрических сетей по напряжению, охвату территории, назначению?
4. Почему напряжение в узлах сети постоянно изменяется, а не остаётся постоянным?
5. Что делается для того, чтобы скомпенсировать падение напряжения в питаемой сети?
6. Какие Вы знаете режимы нейтралей электрической сети в зависимости от напряжения?
7. Почему применяется глухозаземлённая нейтраль в низковольтных сетях?
8. Какие недостатки глухозаземлённой нейтрали?
9. Какое время работы неповреждённых фаз под повышенным напряжением для низковольтной сети с изолированной нейтралью?
10. Насколько опасно замыкание на землю в низковольтных сетях с изолированной нейтралью?
11. Какое напряжение должна выдерживать изоляция?
12. После замыкания фазы на землю в высоковольтной сети с изолированной нейтралью по какому пути потечёт ток?
13. После замыкания фазы на землю в высоковольтной сети с изолированной нейтралью каким будет напряжение фаз?
14. К чему может привести замыкание фазы на землю в высоковольтной сети с изолированной нейтралью?
15. Для чего устанавливают дугогасящую катушку в сетях с компенсированной нейтралью?
16. Какая настройка катушки называется резонансной?
17. Где вероятность перенапряжения меньше: в сетях с изолированной нейтралью или компенсированной нейтралью?

18. Какие сети относятся к высоковольтным с глухозаземлённой нейтралью?

19. В каком случае в сетях с глухозаземлённой нейтралью возникает короткозамкнутый контур?

20. Для чего разземляют нейтрали трансформаторов?

### **Тема 3. Принципы конструктивного исполнения линий электропередач**

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

*Ключевые вопросы темы:*

1. Назначение воздушных линий электропередачи.

2. Конструктивное исполнение воздушных линий.

3. Опоры ВЛ.

4. Провода ВЛ.

5. Грозозащитные тросы.

6. Изоляторы.

7. Кабельные линии электропередачи.

8. Особенности исполнения КЛ низкого и высокого напряжения.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Как классифицируются линии электропередачи по конструктивному исполнению?

2. Какими факторами определяется выбор типа ЛЭП?

3. Каким требованиям должны удовлетворять материалы и конструкции ВЛ?

4. Из каких основных конструктивных элементов состоит ВЛ?

5. Каковы основные геометрические характеристики ВЛ и чем они определяются?

6. В чём назначение опор?

7. Каковы типы опор, различающиеся по функциональному назначению?

8. Какие преимущества и недостатки деревянных, железобетонных и металлических опор?

9. Какие материалы применяются для изготовления проводов и грозозащитных тросов?

10. Какие преимущества и недостатки алюминиевых, медных и сталеалюминиевых проводов?

11. Какие типы изоляторов используются на воздушных линиях?

12. Какова основная арматура ВЛ? Каково её назначение?

13. Какова конструкция линии с изолированными проводами?

14. Какие преимущества линий с изолированными проводами?

15. Какие линии называются компактными?

16. В чём преимущество компактных линий перед ВЛ традиционного исполнения?

17. В каких случаях применяются кабельные линии?
18. Какие способы прокладки кабелей?
19. Какие преимущества и недостатки кабельных линий по сравнению с воздушными?
20. Какими условиями определяется выбор способа прокладки кабеля?
21. Чем конструктивно отличаются кабели 10 кВ и 110 кВ?
22. Какие применяют типы кабельных муфт?

#### **Тема 4. Характеристика и расчёт параметров схем замещения воздушных и кабельных линий**

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

*Ключевые вопросы темы:*

1. Схемы замещения воздушных линий (ВЛ).
2. Активное сопротивление ВЛ.
3. Индуктивное сопротивление ВЛ.
4. Ёмкостная проводимость ВЛ.
5. Активная проводимость ВЛ.
6. Расщепление фазных проводов.
7. ЛЭП со стальными проводами.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Для каких целей используют схемы замещения? Назовите преимущества и недостатки этих схем.
2. Какова физическая сущность активного сопротивления ЛЭП?
3. Как и в каком случае следует учитывать температуру провода?
4. Каков физический смысл индуктивного сопротивления воздушных и кабельных линий?
5. Почему для линий одного исполнения и класса напряжения индуктивные сопротивления практически одинаковые, незначительно зависящие от сечения проводов и жил фаз?
6. Какие значения сопротивлений характерны для ЛЭП различных напряжений?
7. Как определить удельные ( на 1 км) активное и индуктивное сопротивления ВЛ, не используя справочников?
8. Какой характер имеют графики зависимостей сопротивлений от площади сечения провода?
9. Чем обусловлена ёмкостная проводимость ЛЭП?
10. Как зависит ёмкостная проводимость от сечения проводов и конструкции фаз ВЛ?
11. Почему у ВЛ традиционного исполнения индуктивное сопротивление на 1 км значительно больше, чем у кабельных ЛЭП?
12. С помощью каких изменений конструкции фаз и опор можно уменьшить индуктивное сопротивление ВЛ?

13. Зачем выполняют транспозицию (перестановку) фазных проводов?
14. В чём заключается явление коронирования?
15. Какие условия необходимы для возникновения коронного разряда?
16. Почему потери мощности на коронирование резко возрастают при плохой погоде?
17. Какие меры принимают для снижения потерь на корону при проектировании и эксплуатации ВЛ?
18. От чего зависит активная проводимость кабельных линий?
19. Чем определяется качество изоляции линий?
20. Какие физические явления отражаются наличием в схеме замещения ВЛ и КЛ активной проводимости?
21. Почему индуктивные сопротивления и ёмкостные токи воздушных и кабельных линий различны?
22. Почему ЛЭП являются источниками зарядной (ёмкостной) мощности?
23. Как зависит зарядная мощность от конструкции и номинального напряжения линии?
24. Как по параметрам схем замещения ВЛ местных и районных сетей определить протяжённость линий?
25. Как определить протяжённость линии, зная суммарную ёмкостную (зарядную) мощность ВЛ?
26. Каковы средние значения погонных реактивных параметров ВЛ с нерасщеплённой фазой?
27. Что является главной изоляцией воздушных и кабельных линий?
28. Для чего применяют расщепление фаз ВЛ?
29. На какое число проводов расщепляют фазы ВЛ 330–1150 кВ?
30. Известны ли Вам ВЛ с расщеплёнными фазами более низкого номинального напряжения?
31. Чем определяется величина эквивалентного радиуса расщеплённой фазы?
32. К каким изменениям погонных параметров ВЛ приводит расщепление её фазы?
33. Каковы средние значения погонных параметров ВЛ с расщеплённой фазой?
34. Чем характеризуется пропускная способность ЛЭП? Как на неё влияют параметры линий?
35. Как изменятся волновое сопротивление и натуральная мощность при увеличении числа и сечения проводов?
36. По каким внешним признакам можно определить номинальное напряжение ВЛ?
37. Какие схемы замещения ЛЭП именуется расчётными?
38. Назовите элементы трёхфазной ЛЭП, которые учитываются в схеме замещения параметрами одной или трёх фаз?
39. При каких длинах ВЛ и КЛ возможен отказ от учёта распределённости параметров для П-образной схемы замещения?

40. Чем определяется отличие погонных параметров ВЛ и КЛ?
41. Чем различаются схемы замещения ВЛ и КЛ напряжением 35 и 110 кВ?
42. Когда в схемах замещения учитываются поперечные элементы?
43. В каких случаях в схемах замещения КЛ небольшого сечения необходимо учитывать индуктивное сопротивление?
44. В чём отличие схем замещения ЛЭП постоянного и переменного тока?
45. Почему линии постоянного тока обладают повышенной пропускной способностью?
46. Какое применение в электрических сетях находят стальные провода?
47. Почему активное сопротивление стального провода значительно превышает омическое?
48. В чём причина изменений активных сопротивлений проводов из стали?
49. Какие физические явления определяют отличия индуктивного сопротивления линий с проводами из цветного металла и стали?
50. В чём отличия в определении параметров схемы замещения линий со стальными проводами и проводами из цветного металла?
51. В чём преимущества и недостатки проводов из цветного металла?
52. Какое назначение стальной составляющей в сталеалюминиевом проводе?

## **Тема 5. Параметры и схемы замещения двухобмоточных трансформаторов**

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

*Ключевые вопросы темы:*

1. Назначение, условные обозначения, схемы соединения обмоток и векторные диаграммы напряжений трансформаторов.
2. Двухобмоточные трансформаторы.
3. Опыт короткого замыкания и параметры, определяемые по его результатам.
4. Опыт холостого хода и параметры, определяемые по его результатам.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Каково назначение повышающих и понижающих трансформаторов?
2. Для чего в электроэнергетических системах осуществляется трансформация электрического напряжения?
3. Какие условные изображения имеют двух-, трёхобмоточные силовые трансформаторы и автотрансформатор?
4. Как при изображении указываются схемы соединений обмоток?
5. Какие схемы соединений имеют одно- и трёхфазный двухобмоточные трансформаторы?
6. Электрические сети каких номинальных напряжений могут связывать трансформаторы с соединением обмотки фаз повышающего трансформатора по

схеме треугольник-звезда с нулём ( $\Delta / Y$ -о) и понижающего трансформатора по схеме звезда-звезда с нулём?

7. Как по обозначениям различить понижающий или повышающий трансформатор?
8. Возможно ли изменение фазы (сдвига) вторичного напряжения при трансформации?
9. Чем определяется возможность регулирования или изменения напряжения?
10. Что относится к паспортным (каталожным) данным двухобмоточных трансформаторов?
11. Какими схемами замещения моделируется двухобмоточный трансформатор?
12. Как в них учитывается магнитная связь обмоток?
13. Как в схемах замещения двухобмоточных трансформаторов показывается трансформация?
14. В каком интервале она может изменяться в трансформаторах с ПБВ и РПН?
15. Каким образом в схемах замещения двухобмоточных трансформаторов учитываются сопротивления отдельных обмоток?
16. В каких случаях используются упрощённые схемы замещения трансформаторов и в чём суть упрощения?
17. В чём заключается опыт короткого замыкания? Какие паспортные данные определяются из этого опыта?
18. Что и как определяют из опыта холостого хода?
19. Чем представляется и что учитывает в схеме замещения поперечная ветвь?
20. Чем отличаются паспортные данные однофазных и трёхфазных трансформаторов?
21. Что такое идеальный трансформатор и что он показывает на схеме замещения?
22. Как зависят сопротивления и проводимости трансформаторов от их номинальной мощности?
23. Каковы соотношения между активными и реактивными сопротивлениями и проводимостями для трансформаторов небольшой мощности и крупных трансформаторов?
24. Что характеризует относительное значение индуктивного (полного) сопротивления трансформатора?
25. Зависит ли мощность холостого хода от номинального напряжения?
26. В каком случае двухобмоточные трансформаторы включаются по прямой и обратной схеме замещения?

## **Тема 6. Трёхобмоточные трансформаторы**

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

*Ключевые вопросы темы:*

1. Назначение трёхобмоточных трансформаторов.
2. Схемы замещения трёхобмоточных трансформаторов.
3. Определение параметров схемы замещения.
4. Типы исполнения трёхобмоточных трансформаторов по мощности.
5. Особенности автотрансформаторов (АТ) по сравнению с другими трансформаторами. Схемы однофазного автотрансформатора и трёхфазной группы автотрансформаторов.
6. Режимы работы автотрансформаторов.
7. Типовая мощность и коэффициент выгодности АТ.
8. Определение и необходимость применения коэффициента приведения (пересчёта).
9. Параметры схемы замещения.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Какой трансформатор называют автотрансформатором?
2. Какими путями передается энергия в автотрансформаторах?
3. Почему автотрансформатор по габаритам, массе и стоимости меньше двухобмоточного трансформатора одинаковой проходной мощности?
4. Назовите основные достоинства и недостатки автотрансформаторов
5. Объясните устройство трехобмоточного трансформатора.
6. Назовите достоинства и недостатки трехобмоточных трансформаторов.
7. Какова величина мощности обмоток трехобмоточного трансформатора?
8. Как соединяют обмотки трехобмоточных трансформаторов?
9. Объясните устройство трансформатора с расщеплённой обмоткой.
10. В чём заключается основное преимущество таких трансформаторов?

## **Тема 7. Электрические нагрузки и задачи расчётов установившихся режимов**

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

*Ключевые вопросы темы:*

1. Необходимость моделирования нагрузок для расчётов установившихся режимов электрических нагрузок.
  2. Моделирование нагрузки неизменным по модулю и фазе током.
  3. Моделирование нагрузки неизменной мощностью.
  4. Задание нагрузки неизменными последовательно и параллельно соединёнными сопротивлениями.
  5. Представление нагрузки проводимостью (шунтом).
  6. Задачи расчёта и анализа установившегося режима электрической сети.
- Характеристика симметричных установившихся режимов трёхфазных электрических сетей.

7. Уравнения узловых напряжений в форме баланса токов и мощностей.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Почему в электрических сетях, оснащённых устройствами регулирования, достаточно представлять нагрузки неизменной мощностью?

2. В каких расчётах электрических систем и сетей такой учёт нагрузки допустим?

3. При анализе режимов каких сетей допустимо моделировать электрические нагрузки неизменным по величине током?

4. Чем обусловлена погрешность такой модели нагрузок?

5. Как определить значения неизменных сопротивлений и проводимостей, моделирующих электрические нагрузки?

6. Одинаковы ли эти значения при последовательном и параллельном включении сопротивлений?

7. Сформулируйте понятие «электрическая сеть» (ЭС). В чем назначение ЭС?

8. Какая основная задача расчета и анализа установившегося режима (состояния электрического равновесия) устройств передачи электрической энергии?

9. Перечислите основные показатели режима, характеризующие электрическое состояние участка сети.

10. Как представляется электрическая сеть при расчете установившихся режимов? Какие данные необходимы для расчетов?

11. В чем причина нелинейности математического описания задачи расчета установившегося режима?

12. В чем отличие задачи расчета установившегося режима электрической сети от классической задачи расчета электрической цепи?

13. При каких условиях установившийся режим трехфазной электрической сети называется симметричным?

14. Запишите выражение полной мощности для трехфазной электрической цепи. Как вычислить активную и реактивную мощность одно- и трехфазной электроустановки?

15. Запишите выражение тока для фазы нагрузки трехфазной сети через фазное и межфазное напряжение. Какое допущение при этом используется?

16. Каково значение расчетов параметров установившихся электрических режимов, выполняемых вручную?

## **Тема 8. Анализ режима участка электрической сети**

Предусмотрены занятия лекционного типа (лекции).

*Ключевые вопросы темы:*

1. Токи и напряжения при симметричной трёхфазной электрической нагрузке. Векторное изображение тока и напряжения.

2. Вывод формулы падения напряжения для активно-индуктивной нагрузки в конце участка цепи в соответствии с законом Ома.

3. Продольная и поперечная составляющая падения напряжения. Падение и потери напряжения на участке сети. Векторная диаграмма тока и напряжения фазы участка электрической цепи.

4. Влияние поперечной составляющей падения напряжения на модуль напряжения.

5. Определение напряжения по известным значениям напряжения и мощности конца и начала участка.

6. Векторная диаграмма напряжений участка сети и треугольник падения напряжения.

7. Влияние соотношения активного и индуктивного сопротивлений на величину угла сдвига фаз напряжений по концам участка электрической цепи.

8. Векторная диаграмма напряжений и токов участка сети для различного характера нагрузки.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Как учитывается трехфазная сеть и какие параметры ее электрического состояния анализируются при расчете установившихся симметричных режимов?

2. В чем состоит отличие понятий «потеря напряжения» и «падение напряжения»? Что называется продольной и поперечной составляющими падения напряжения, отклонения напряжения?

3. Запишите выражения, характеризующие взаимосвязь параметров электрического режима и схемы замещения трехфазной сети.

4. Запишите выражения падения напряжения и его составляющих через ток и мощность. Приведите различные записи закона Ома для участка сети.

5. Как геометрически (векторно) связаны продольная и поперечная составляющие вектора падения напряжения? Почему они неодинаковые при расчете их по данным начала и конца звена?

6. Каковы отличия векторных диаграмм напряжения при задании параметров в начале и конце участка сети?

7. Какое допущение используется при вычислении междуфазных напряжений?

8. Когда можно пренебречь поперечной составляющей падения напряжения и продольную составляющую падения напряжения приравнять потере напряжения?

9. Какие факторы определяют взаимное положение векторов токов и напряжений по концам участка сети?

10. Как влияет характер электрической нагрузки (коэффициент мощности) на взаимное положение векторов напряжений по концам участка сети?

11. В каком соотношении находятся продольная и поперечная составляющие вектора падения напряжения на участке сети при примерном равенстве его активного и индуктивного сопротивлений?

12. Как приближенно учесть влияние поперечной составляющей падения напряжения на модуль (величину) напряжения?

13. Как влияет при неизменном  $\cos\varphi$  нагрузки изменение площади сечения проводов и протяженности линии на фазовый сдвиг векторов напряжений?

14. К каким изменениям векторных диаграмм токов и напряжений электропередачи приводит увеличение нагрузки на ее приемном конце?

### **Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов является обязательной частью образовательного процесса. Наряду с изучением лекционного материала необходимо самостоятельно более подробно рассмотреть указанные в данном пособии темы.

После проработки теоретического материала нужно ответить на вопросы для самоконтроля. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

При освоении данной дисциплины студент должен пройти тестирование.

### Библиографический список

1. Костин В.Н. Электроэнергетические системы и сети: учеб. пособие / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2015. - 304 с.
2. Переходные процессы в электроэнергетических системах [Текст] : учеб. /авт. Крючков, И. П. [и др.]. - 2-е изд., стер. - Москва: МЭИ, 2009. - 414 с.
3. Овчаренко, Н. И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем [Текст] : учеб. / Н. И. Овчаренко. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. - 503с.
4. Карапетян, И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей: справочник / И.Г. Карапетян, Д.Л. Файбисович, И.М. Шапиро. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ЭНАС, 2012. - 376 с.
5. Фадеева, Г.А. Проектирование распределительных электрических сетей: учебное пособие / Г.А. Фадеева, В.Т. Федин ; под ред. В.Т. Федин. - Минск: Вышэйшая школа, 2009. - 367 с.: табл., схем. - ISBN 978-985-06-1597-8; (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»)
6. Лыкин, А.В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов: учебное пособие / А.В. Лыкин. - 3-е изд. - Новосибирск: НГТУ, 2013. - 227 с. - ISBN 978-5-7782-2262-5 ; (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»)
7. Антонов, С.Н. Проектирование электроэнергетических систем: учебное пособие / С.Н. Антонов, Е.В. Коноплев, П.В. Коноплев. - Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. - 101 с.: схем., табл., ил.; (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»)
8. Ананичева, С.С. Модели развития электроэнергетических систем: учебное пособие / С.С. Ананичева, П.Е. Мезенцев, А.Л. Мызин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург: УрФУ, 2014. - 149 с.
9. Тремясов, В. А. Теория принятия решений в электроэнергетике: учебное пособие / В. А. Тремясов, Т. В. Кривенко. — Красноярск: СФУ, 2020. — 126 с. — ISBN 978-5-7638-4298-2. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181613> (дата обращения: 22.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Локальный электронный методический материал

Кажекин Илья Евгеньевич

Power Engineering Theory / Теория энергетики

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,5. Печ. л. 1,2.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
236022, Калининград, Советский проспект, 1