

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра электрооборудования судов

**Б1.В.ДВ.01.02 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ**

*Методические указания к самостоятельной работе  
по направлению подготовки  
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата),  
профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»*

Мурманск  
2020

Составитель – Урванцев Виктор Иванович, доцент кафедры электрооборудования судов Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой строительства, теплоэнергетики и транспорта

Рецензент: Власов Анатолий Борисович д.т.н, профессор, зав. кафедрой электрооборудования судов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>№п.п</b>	<b>изучаемые темы</b>	<b>страница</b>
1	Общие организационно-методические указания	<b>4</b>
2	Тематический план	<b>6</b>
3	Список рекомендуемой литературы	<b>7</b>
4	Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины	<b>8</b>
5	Тема 1. Введение.	<b>8</b>
6	Тема 2. Конструктивное выполнение электрических сетей.	<b>9</b>
7	Тема 3. Параметры и схемы замещения элементов электрических сетей	<b>10</b>
8	Тема 4. Схемы электрических сетей	<b>11</b>
9	Тема 5. Расчет установившихся режимов электрических сетей	<b>13</b>
10	Тема 6. Балансы мощностей, регулирование частоты и реактивной мощности	<b>15</b>
11	Тема 7. Проектирование электроэнергетических систем и сетей	<b>16</b>
12	Тема 8. Регулирование напряжения в электрических сетях	<b>17</b>
13	Тема 9. Потери электроэнергии в электрических сетях	<b>19</b>

## **ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Минимум содержания и уровень подготовки по дисциплине определяется требованиями ФГОС ВО.

Структура и содержание дисциплины построены так, чтобы обучаемый, прошедший полный курс подготовки мог в достаточной степени выполнять: оперативные переключения, правильно оценивать ситуацию. Для эффективного усвоения материала дисциплины студент должен проявлять активность и творчество, как во время аудиторных занятий, так и во время самостоятельных занятий.

Важно во время самостоятельной работы не только изучать конспект лекции, но и творчески прорабатывать материал используя рекомендованную учебную и другую научно-техническую литературу. Следует просматривать периодические журналы «Электроэнергетика», «Автоматика и телемеханика», «Измерительная техника» и другие технические сайты в сети Интернет.

Самостоятельная работа должна проводиться регулярно и планироваться самим студентом.

Рекомендуем следующий порядок самостоятельной работы студента. Прочитать свой конспект, уточнив и дополнив его по памяти и приступить к изучению материала по учебникам. Лучше, если пользоваться не одним, а несколькими учебниками, для лучшего восприятия и уточнения различных вопросов темы. Работая над учебником студент отыскивает нужные ему места по оглавлению, предметному указателю или по рекомендации преподавателя. Учебный материал следует изучать по учебнику в два приёма: сначала рекомендуется беглый просмотр, чтобы понять, о чем идёт речь, каков ход мыслей автора, каких вопросов он коснулся и о чем говорится в начале, середине и конце раздела. Только после этого следует внимательно читать подряд, взяв карандаш, и делая записи и математические преобразования которые в книге пропущены.

Эти записи лучше делать на свободных страницах конспекта. Здесь же рекомендуется делать дополнительные выкладки добавления из других источников и т.д. В процессе изучения отметить всё неясное и сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю на консультации.

Важную часть самостоятельной работы составляет подготовка к выполнению, составление отчётов и к защите лабораторных работ. Готовясь к работе в лаборатории и добросовестно выполняя лабораторный практикум, студент решает важнейшие учебные задачи:

- связывает теорию с практикой, опытным путём подтверждая положения теории;
- знакомится с элементами устройств, информационно-измерительной техникой, машинами, аппаратами, установками и процессами, протекающими в них;
- получает навыки работы с перечисленными техническими средствами, учится технике эксперимента;
- учится оформлять и обобщать результаты исследований;
- получает навыки научно-исследовательской работы, учится методике её проведения.

Приходя в лабораторию, студент должен знать теорию исследуемого вопроса, так как целью работы в лаборатории является проверка на опыте в реальных условиях выводов этой теории, сделанных обычно с допущением ряда упрощающих предположений.

Опыты хорошо иллюстрирующие теорию, способствуют лучшему усвоению дисциплины.

В дополнение к натурному эксперименту рекомендуется в период самостоятельной работы использовать виртуальный компьютерный эксперимент, используя компактные программные пакеты, предназначенные для компьютерного моделирования электронных систем. Компьютерные модели электронных систем позволяют с минимальными затратами времени исследовать не только те режимы, которые можно реализовать в лаборатории на

реальных установках, но и широко варьируя любые параметры элементов схемы, изучать режимы работы промышленных установок, не представленных в учебных лабораториях.

Для углубления знаний и их конкретизации необходимо систематически решать задачи рекомендуемые преподавателем и другие имеющиеся в учебной литературе по изучаемым темам. Записи при выполнении самостоятельных заданий следует строить логично, выделять результаты расчетов так чтобы они ясно подтверждали сделанные выводы.

Расчеты должны выполняться до окончательного арифметического результата с требуемой, с инженерной точки зрения, точностью.

**Целью освоения обучающимися дисциплины** является

подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой и рабочим учебным планом направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», что предполагает получение знаний в области конструктивного выполнения, расчета режимов работы, проектирования и регулирования параметров электрических сетей .

**Задачами освоения обучающимися дисциплины** являются:

ознакомление с конструктивным выполнением электрических сетей; изучение параметров элементов и схем электрических сетей; получение опыта проектирования электроэнергетических систем и электрических сетей; изучение методов расчета установившихся режимов электроэнергетических систем; получение сведений о регулировании частоты и напряжения в электроэнергетических системах; изучение методов расчета потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях.

В результате изучения дисциплины академический бакалавр должен:

**Знать:**

- режимы работы электроэнергетических систем; методы и средства регулирования напряжения и реактивной мощности в электрических сетях; конструктивное выполнение, параметры элементов и схемы электрических сетей.

**Уметь:**

- рассчитывать электрическую сеть; оценивать потери мощности и электроэнергии в электрической сети.

**Владеть:**

- расчетом установившихся режимов электрических сетей.

**Формы отчетности по результатам освоения дисциплины:**

Очная форма: семестр 8 – экзамен, курсовой проект.

Очно-заочная форма: семестр 10 – экзамен, курсовой проект. .

Заочная: курс 5 – экзамен, курсовой проект.

**Таблица 1**

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР
1. Введение.	2	-	-	2	1	-	-	6	1	-	-	7
2. Конструктивное	4	-	10	2	1	-	5	7	1	-	3	12

выполнение электрических сетей.												
3. Параметры и схемы замещения элементов электрических сетей.	4	-	4	2	2	-	1	6	1	-	1	12
4. Схемы электрических сетей	2	-	2	2	2	-	1	7	-	-	1	12
5. Расчет установившихся режимов электрических сетей	4	-	20	2	-	3	12	7	1	-	5	12
6. Балансы мощностей, регулирование частоты и реактивной мощности	4	-	2	2	-	2	-	7	-	-	-	12
7. Проектирование электроэнергетических систем и сетей	4	-	-	2	1	-	-	6	-	-	-	12
8. Регулирование напряжения в электрических сетях	4	2	-	2	1	-	-	6	1	-	-	12
9. Потери электроэнергии в электрических сетях	2	-	2	4	-	2	-	6	1	-	1	12
<b>Итого:</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>42</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>22</b>	<b>58</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>103</b>

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные работы, ПР – практические работы, КР/КП – курсовая работа (проект), р – реферат, к/р – контрольная работа, э - эссе, СР – самостоятельная работа

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература:

1. Поспелов, Г. Е. Электрические системы и сети : учебник для вузов / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин, П. В. Лычев; под ред. В. Т. Фебина. - Минск : Технопринт, 2004. - 710 с. - Загл. обл. и корешка пер. : Электрические системы и цепи. - ISBN 985-464-352-2 : 298-38; 298-38. 31.27 - П 62 (количество экземпляров – 42).

2. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 2-е изд. доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858> (дата обращения: 12.02.2019). – Библиогр.: с. 114. – ISBN 978-5-9729-0207-1. – Текст : электронный.

### Дополнительная литература

3. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2005. — 364 с. — ISBN 985-06-1035-2. — Текст : электронный

// Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20272.html> (дата обращения: 12.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Костин, В. Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для студентов образоват. орг., обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург : Троиц. мост, 2015. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 290. - ISBN 978-5-4377-0048-8 : 304-00. 31.27 - К 72 (количество экземпляров – 1)

### **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.

## **СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ<sup>1</sup>**

### **Тема 1: Введение.**

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе.

Основные понятия. Характеристика основных разделов дисциплины. Классификации электрических сетей.

Основные сведения о развитии и современном состоянии электрических сетей.

.. Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине .

Подготовиться к практическим занятиям на темы. Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и др.

#### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

#### **Основная литература:**

1. Пospelов, Г. Е. Электрические системы и сети : учебник для вузов / Г. Е. Пospelов, В. Т. Федина, П. В. Лычев; под ред. В. Т. Фебина. - Минск : Технопринт, 2004. - 710 с. - Загл. обл. и корешка пер. : Электрические системы и цепи. - ISBN 985-464-352-2 : 298-38; 298-38. 31.27 - П 62 (количество экземпляров – 42).

2. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 2-е изд. доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858> (дата обращения: 12.02.2019). – Библиогр.: с. 114. – ISBN 978-5-9729-0207-1. – Текст : электронный.

#### ***Дополнительная литература***

<sup>1</sup>

Методические указания каждой темы должны включать:

- наименование темы по тематическому плану и целевую установку (что студент должен знать и уметь в результате изучения данной темы);
- методические рекомендации по изучению темы;
- рекомендуемую по данной теме литературу;
- вопросы и задачи для самопроверки по данной теме.

3. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2005. — 364 с. — ISBN 985-06-1035-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20272.html> (дата обращения: 12.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Костин, В. Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для студентов образоват. орг., обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург : Троиц. мост, 2015. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 290. - ISBN 978-5-4377-0048-8 : 304-00. 31.27 - К 72 (количество экземпляров – 1)

### **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.

### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Основные понятия согласно ПУЭ.
2. Классификации электрических сетей.
3. Современном состоянии электрических сетей и направления развития.

### **Тема 2: . Конструктивное выполнение электрических сетей.**

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Воздушные линии. Конструкции воздушных линий электропередачи. Провода. Опоры. Изоляция. Арматура. Грозозащитный трос.

Кабельные линии. Конструкции кабельных линий электропередачи. Изоляция кабелей. Способы прокладки кабелей. Соединительные и концевые муфты.

Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине. Подготовиться к практическим занятиям на темы «Расчёт электрических параметров электроэнергетических систем».

Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и др.

### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

#### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Воздушные линии.
2. Конструкции воздушных линий электропередачи.
3. Провода.
4. Опоры.
5. Изоляция.
6. Арматура.
7. Грозозащитный трос.
8. Кабельные линии. Конструкции кабельных линий электропередачи.
9. Изоляция кабелей.

10. Способы прокладки кабелей.
11. Соединительные и концевые муфты.

### **Тема 3: Параметры и схемы замещения элементов электрических сетей.**

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Линии электропередачи. Схема замещения линии электропередачи. Продольные и поперечные параметры схемы замещения. Активное сопротивление. Индуктивное сопротивление. Транспозиция проводов. Активная проводимость. Явление короны. Емкостная проводимость. Зарядная мощность. Погонные параметры и их порядок для линий различной конструкции и

напряжения. Выбор схемы замещения линии в зависимости от ее конструкции и номинального напряжения. Трансформаторы. Схемы замещения трансформаторов. Определение параметров схемы замещения по паспортным данным. Потери холостого хода и нагрузочные потери активной и реактивной мощностей в трансформаторе.

Источники питания и нагрузки. Синхронные генераторы, двигатели, компенсаторы. Основные аналитические выражения. Представление синхронных машин в расчетных схемах. Схемы замещения синхронных машин. Векторные диаграммы. Приемник электроэнергии (электроприемник). Потребитель электроэнергии. Понятие об узле нагрузки. Комплексная нагрузка узлов, ее состав. Способы представления нагрузок в расчетных схемах. Статические характеристики типовой, обобщенной нагрузки по напряжению и частоте.

.. Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине. Подготовиться к практическим занятиям на темы «Расчёт кабельных линий» «Расчёт воздушных линий » Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и др

#### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

#### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Линии электропередачи. Схема замещения линии электропередачи. Продольные и поперечные параметры схемы замещения.
2. Активное сопротивление. Индуктивное сопротивление. Транспозиция проводов. Активная проводимость.
3. Явление короны.
4. Емкостная проводимость. Зарядная мощность.
5. Погонные параметры и их порядок для линий различной конструкции и напряжения.
6. Выбор схемы замещения линии в зависимости от ее конструкции и номинального напряжения.
7. Трансформаторы . Схемы замещения трансформаторов. Определение параметров схемы замещения по паспортным данным.
8. Потери холостого хода и нагрузочные потери активной и реактивной мощностей в трансформаторе.
9. Источники питания и нагрузки. Синхронные генераторы, двигатели, компенсаторы.

10. Основные аналитические выражения. Представление синхронных машин в расчетных схемах.
11. Схемы замещения синхронных машин. Векторные диаграммы.
12. Приемник электроэнергии (электроприемник). Потребитель электроэнергии. 13. Понятие об узле нагрузки. Комплексная нагрузка узлов, ее состав. Способы представления нагрузок в расчетных схемах.
14. Статические характеристики типовой, обобщенной нагрузки по напряжению и частоте.

#### **Тема 4: Схемы электрических сетей**

##### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Сети напряжением до 35 кВ. Схемы распределительных сетей напряжением до 35 кВ. Радиальные, магистральные, смешанные и петлевые сети. Резервированные сети. Сети напряжением 110-220 кВ. Схемы распределительных сетей напряжением 110...220 кВ. Дальние электропередачи. Структура и схемы межсистемных передач переменного тока напряжением 330 кВ и выше.

Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине. Подготовиться к практическим занятиям по теме «Выбор конструкции и номинального напряжения линий сети». Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и др

##### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

1. Поспелов, Г. Е. Электрические системы и сети : учебник для вузов / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин, П. В. Лычев; под ред. В. Т. Фебина. - Минск : Технопринт, 2004. - 710 с. - Загл. обл. и корешка пер. : Электрические системы и цепи. - ISBN 985-464-352-2 : 298-38; 298-38. 31.27 - П 62 (количество экземпляров – 42).

2. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 2-е изд. доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858> (дата обращения: 12.02.2019). – Библиогр.: с. 114. – ISBN 978-5-9729-0207-1. – Текст : электронный.

##### ***Дополнительная литература***

3. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2005. — 364 с. — ISBN 985-06-1035-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20272.html> (дата обращения: 12.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Костин, В. Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для студентов образоват. орг., обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург : Троиц. мост, 2015. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 290. - ISBN 978-5-4377-0048-8 : 304-00. 31.27 - К 72 (количество экземпляров – 1)

##### **. Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>

2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.

3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.

### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Сети напряжением до 35 кВ.
2. Схемы распределительных сетей напряжением до 35 кВ. Радиальные, магистральные, смешанные и петлевые сети.
3. Резервированные сети.
4. Сети напряжением 110-220 кВ. Схемы распределительных сетей напряжением 110...220 кВ.
5. Дальние электропередачи.
6. Структура и схемы межсистемных передач переменного тока напряжением 330 кВ и выше.

### **Тема 5: Расчет установившихся режимов электрических сетей**

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Расчет разомкнутой сети. Расчетные режимы электрических сетей. Задачи расчета установившихся режимов. Упрощение расчетных схем.

Приведение нагрузок к стороне высшего напряжения трансформаторов. Расчет режима разомкнутой сети по напряжению и мощности нагрузки, заданных в конце сети. Векторная диаграмма напряжений. Продольная и поперечная составляющие падения напряжения. Потеря напряжения. Расчет режима разомкнутой сети по напряжению, заданному в начале сети. Метод последовательных приближений. Определение напряжения на вторичной стороне трансформатора. Упрощения при расчетах электрических сетей напряжением ниже 35 кВ.

Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине. Подготовиться к практическим занятиям по теме «Определение количества и мощности цеховых трансформаторных подстанций.». Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и т.д.

#### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

##### **Основная литература:**

1. Пospelов, Г. Е. Электрические системы и сети : учебник для вузов / Г. Е. Пospelов, В. Т. Федина, П. В. Лычев; под ред. В. Т. Фебина. - Минск : Технопринт, 2004. - 710 с. - Загл. обл. и корешка пер. : Электрические системы и цепи. - ISBN 985-464-352-2 : 298-38; 298-38. 31.27 - П 62 (количество экземпляров – 42).

2. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 2-е изд. доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858> (дата обращения: 12.02.2019). – Библиогр.: с. 114. – ISBN 978-5-9729-0207-1. – Текст : электронный.

##### ***Дополнительная литература***

3. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2005. — 364 с. — ISBN 985-06-1035-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20272.html> (дата обращения: 12.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Костин, В. Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для студентов образоват. орг., обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург : Триц. мост, 2015. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 290. - ISBN 978-5-4377-0048-8 : 304-00. 31.27 - К 72 (количество экземпляров – 1)

#### **. Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

4. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>

5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.

6. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.

#### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Расчет разомкнутой сети. Расчетные режимы электрических сетей.
2. Задачи расчета установившихся режимов. Упрощение расчетных схем.
3. Приведение нагрузок к стороне высшего напряжения трансформаторов.
4. Расчет режима разомкнутой сети по напряжению и мощности нагрузки, заданных в конце сети.
5. Векторная диаграмма напряжений. Продольная и поперечная составляющие падения напряжения. Потеря напряжения.
6. Расчет режима разомкнутой сети по напряжению, заданному в начале сети. Метод последовательных приближений.
7. Определение напряжения на вторичной стороне трансформатора.
8. Упрощения при расчетах электрических сетей напряжением ниже 35 кВ.

### **Тема 6: Балансы мощностей, регулирование частоты и реактивной мощности**

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Балансы мощностей в электроэнергетической системе.

Характеристика составляющих баланса. Связь баланса активной мощности с частотой.

Нормально допустимые и предельно допустимые отклонения частоты

Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине. Подготовиться к практическим занятиям по теме «Выбор и обоснование оптимального варианта электрической сети». Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и т.д.

#### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

##### **Основная литература:**

1. Поспелов, Г. Е. Электрические системы и сети : учебник для вузов / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин, П. В. Лычев; под ред. В. Т. Федина. - Минск : Технопринт, 2004. - 710 с. - Загл. обл. и корешка пер. : Электрические системы и цепи. - ISBN 985-464-352-2 : 298-38; 298-38. 31.27 - П 62 (количество экземпляров – 42).

2. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 2-е изд. доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858> (дата обращения: 12.02.2019). – Библиогр.: с. 114. – ISBN 978-5-9729-0207-1. – Текст : электронный.

### ***Дополнительная литература***

3. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2005. — 364 с. — ISBN 985-06-1035-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20272.html> (дата обращения: 12.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Костин, В. Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для студентов образоват. орг., обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург : Триц. мост, 2015. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 290. - ISBN 978-5-4377-0048-8 : 304-00. 31.27 - К 72 (количество экземпляров – 1)

### **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.

### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Балансы мощностей в электроэнергетической системе.
2. Характеристика составляющих баланса.
3. Связь баланса активной мощности с частотой.
4. Нормально допустимые и предельно допустимые отклонения частоты.
5. Регулирование частоты и реактивной мощности

### **Тема 7: Проектирование электроэнергетических систем и сетей**

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Нагрузки, напряжения и схемы сетей. Методы определения электрических нагрузок. Определение годового потребления электроэнергии и максимальной электрической нагрузки объекта. Коэффициент одновременности максимумов и коэффициент попадания в максимум нагрузки энергосистемы. Области применения различных напряжений. Исторически сложившиеся системы напряжений. Оценка напряжения линии электропередачи. Выбор номинального напряжения электрической сети. Расчетные временные уровни. Области применения различных конфигураций электрических сетей. Основные технические ограничения.

Выбор основного оборудования. Нормированная экономическая плотность тока. Стандартные сечения проводников. Основные технические ограничения при выборе сечений проводников воздушных и кабельных линий. Допустимые перегрузки кабелей. Выбор количества и мощности трансформаторов на подстанциях. Допустимые перегрузки трансформаторов. Требования ГОСТ-14209-97.

Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине. Подготовиться к практическим занятиям по теме «Электрический

расчет основных режимов работы сети. Расчет потоко-распределения и наибольшей потери напряжения в нормальном режиме работы сети». Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и т.д..

#### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

##### **Основная литература:**

1. Пospelов, Г. Е. Электрические системы и сети : учебник для вузов / Г. Е. Пospelов, В. Т. Федина, П. В. Лычев; под ред. В. Т. Фебина. - Минск : Технопринт, 2004. - 710 с. - Загл. обл. и корешка пер. : Электрические системы и цепи. - ISBN 985-464-352-2 : 298-38; 298-38. 31.27 - П 62 (количество экземпляров – 42).

2. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 2-е изд. доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858> (дата обращения: 12.02.2019). – Библиогр.: с. 114. – ISBN 978-5-9729-0207-1. – Текст : электронный.

##### **Дополнительная литература**

3. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2005. — 364 с. — ISBN 985-06-1035-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20272.html> (дата обращения: 12.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Костин, В. Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для студентов образоват. орг., обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург : Троиц. мост, 2015. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 290. - ISBN 978-5-4377-0048-8 : 304-00. 31.27 - К 72 (количество экземпляров – 1)

##### **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>

2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.

3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.

##### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Нагрузки, напряжения и схемы сетей. Методы определения электрических нагрузок.
2. Определение годового потребления электроэнергии и максимальной электрической нагрузки объекта.
3. Коэффициент разновременности максимумов и коэффициент попадания в максимум нагрузки энергосистемы.
4. Области применения различных напряжений. Исторически сложившиеся системы напряжений. Оценка напряжения линии электропередачи. Выбор номинального напряжения электрической сети. Расчетные временные уровни.
5. Области применения различных конфигураций электрических сетей. Основные технические ограничения.
6. Выбор основного оборудования. Нормированная экономическая плотность тока.
7. Стандартные сечения проводников. Основные технические ограничения при выборе сечений проводников воздушных и кабельных линий.
8. Допустимые перегрузки кабелей.
9. Выбор количества и мощности трансформаторов на подстанциях.
10. Допустимые перегрузки трансформаторов. Требования ГОСТ-14209-97.

## **Тема8: Регулирование напряжения в электрических сетях**

Регулирование напряжения на электростанциях. Диапазон регулирования напряжения генераторами и трансформаторами станции.

Регулирование напряжения на подстанциях. Устройство ПБВ. Трансформаторы и автотрансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН). Принципиальная схема РПН. Диапазон регулирования. Выбор регулировочных ответвлений трансформаторов. Регулирование напряжения в распределительных сетях. Требования ПУЭ к уровням напряжения в центре питания. Централизованное регулирование напряжения.

### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Регулирование напряжения на электростанциях. Диапазон регулирования напряжения генераторами и трансформаторами станции.

Регулирование напряжения на подстанциях. Устройство ПБВ. Трансформаторы и автотрансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН). Принципиальная схема РПН. Диапазон регулирования. Выбор регулировочных ответвлений трансформаторов. Регулирование напряжения в распределительных сетях. Требования ПУЭ к уровням напряжения в центре питания. Централизованное регулирование напряжения.

Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине. Подготовиться к практическим занятиям «Электрический расчет основных режимов работы сети. Расчет сети для режимов наибольшей и наименьшей нагрузки и послеаварийном режиме». Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и т.д.

### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

#### **Основная литература:**

1. Поспелов, Г. Е. Электрические системы и сети : учебник для вузов / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федина, П. В. Лычев; под ред. В. Т. Фебина. - Минск : Технопринт, 2004. - 710 с. - Загл. обл. и корешка пер. : Электрические системы и цепи. - ISBN 985-464-352-2 : 298-38; 298-38. 31.27 - П 62 (количество экземпляров – 42).

2. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 2-е изд. доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858> (дата обращения: 12.02.2019). – Библиогр.: с. 114. – ISBN 978-5-9729-0207-1. – Текст : электронный.

#### **Дополнительная литература**

3. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2005. — 364 с. — ISBN 985-06-1035-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20272.html> (дата обращения: 12.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Костин, В. Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для студентов образоват. орг., обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург : Троиц. мост, 2015. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 290. - ISBN 978-5-4377-0048-8 : 304-00. 31.27 - К 72 (количество экземпляров – 1)

## **10. Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.

### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Регулирование напряжения на электростанциях. Диапазон регулирования напряжения генераторами и трансформаторами станции.
2. Регулирование напряжения на подстанциях. Устройство ПБВ. 3. Трансформаторы и автотрансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН). Принципиальная схема РПН. Диапазон регулирования. Выбор регулировочных ответвлений трансформаторов.
4. Регулирование напряжения в распределительных сетях. Требования ПУЭ к уровням напряжения в центре питания.
5. Централизованное регулирование напряжения.

## **Тема 9: Потери электроэнергии в электрических сетях**

### **Методические рекомендации по изучению темы.**

После работы над конспектом студенту следует изучить по учебникам (см. список рекомендованной литературы):

Расход электроэнергии на ее транспорт. Величина потерь электроэнергии в электрических сетях в процентах от ее отпуска с электростанций. Ориентировочные значения потерь электроэнергии в сетях различных напряжений. Переменные и постоянные потери электроэнергии и их соотношение. Потери на корону, от токов утечки через изоляцию, в сердечниках трансформаторов.

Расчет потерь электроэнергии в электрических сетях. Годовой график нагрузки по продолжительности. Продолжительность использования наибольшей нагрузки. Время наибольших потерь мощности.

Подготовиться к выполнению практических/лабораторных работ.

Изучить теоретический материал темы, задания к выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине. Подготовиться к практическим занятиям «Выбор средств регулирования напряжения» «Оценка экономической составляющей режима электрической сети». Зарисовать необходимые схемы, уяснить цели, задачи работы и ожидаемые результаты. Подготовить справочную литературу, на практические занятия по дисциплине и микрокалькуляторы и т.д.

### **Рекомендуемая литература для самостоятельной работы по изучаемой теме:**

#### **Основная литература:**

1. Поспелов, Г. Е. Электрические системы и сети : учебник для вузов / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин, П. В. Лычев; под ред. В. Т. Фебина. - Минск : Технопринт, 2004. - 710 с. - Загл. обл. и корешка пер. : Электрические системы и цепи. - ISBN 985-464-352-2 : 298-38; 298-38. 31.27 - П 62 (количество экземпляров – 42).

2. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 2-е изд. доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858> (дата обращения: 12.02.2019). – Библиогр.: с. 114. – ISBN 978-5-9729-0207-1. – Текст : электронный.

#### ***Дополнительная литература***

3. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2005. — 364 с. — ISBN 985-06-1035-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20272.html> (дата обращения: 12.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Костин, В. Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие для студентов образоват. орг., обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург : Троиц. мост, 2015. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 290. - ISBN 978-5-4377-0048-8 : 304-00. 31.27 - К 72 (количество экземпляров – 1)

### **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>

2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.

3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.

### **Вопросы и задачи для самопроверки по изучаемой теме:**

1. Расход электроэнергии на ее транспорт.

2. Величина потерь электроэнергии в электрических сетях в процентах от ее отпуска с электростанций.

3. Ориентировочные значения потерь электроэнергии в сетях различных напряжений.

4. Переменные и постоянные потери электроэнергии и их соотношение.

5. Потери на корону, от токов утечки через изоляцию, в сердечниках трансформаторов.

6. Расчет потерь электроэнергии в электрических сетях.

7. Годовой график нагрузки по продолжительности.

8. Продолжительность использования наибольшей нагрузки. Время наибольших потерь мощности.