



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
С.И. Лукьянов  
«26» сентября 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА*

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) программы  
**Электропривод и автоматика**

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения  
Очная

Институт	энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	электроснабжения промышленных предприятий
Курс	2
Семестр	4


Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 3 сентября 2015 г. № 955.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электроснабжения промышленных предприятий «05» сентября 2018 г., протокол № 1.

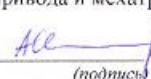
Зав. кафедрой  / Г.П. Корнилов /  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.


Председатель  / С.И. Лукьянов /  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Согласовано:

Зав. кафедрой автоматизированного электропривода и мехатроники

 / А.А. Николаев /  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа составлена: Дубиной И.А. – старший преподаватель кафедры электроснабжения промышленных предприятий.

 / И.А. Дубина /  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент:

начальник ЦЭСИП ПАО «ММК», канд. техн. наук

 / Н.А. Николаев /  
(подпись) (И.О. Фамилия)





## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Электроэнергетика» является ознакомление студентов с особенностями различных типов электростанций, участвующих в выработке электроэнергии, основным электрооборудованием и главными схемами электрических соединений электростанций и районных подстанций, линиями электропередачи переменного и постоянного тока сверхвысокого и ультравысокого напряжений, характеристиками и параметрами электрических сетей и систем, элементами теории передачи энергии по линиям электрической сети.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Электроэнергетика» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения:

Математики: элементы топологии, графы, дифференциальное и интегральное исчисления, матричная алгебра. теория функций комплексного переменного, элементарная теория вероятностей. Статистические методы обработки экспериментальных данных.

Информатики.

Физики: электричество и магнетизм.

Теоретических основ электротехники.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы

Электрические машины.

Математических задач энергетики и применение ЭВМ.

Общая энергетика.

Электрические станции и подстанции.

Выпускная квалификационная работа.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электроэнергетика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>Способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3)</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"><li>– назначение и классификацию электрических сетей;</li><li>– способы представления нагрузок в расчетных схемах электрических сетей;</li><li>– знать основные принципы построения схем замещения линий электрических сетей;</li></ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"><li>– строить графики электрических нагрузок;</li><li>– определять активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий;</li><li>– строить схемы замещения двухобмоточных трансформаторов;</li></ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"><li>– навыками построения статических характеристик нагрузки по напряжению и частоте;</li><li>– навыками определения активной и емкостной проводимости воздуш-</li></ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<p>ных и кабельных линий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками построения схем замещения трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов;</li> </ul>
<b>Способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6)</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– принципы регулирования напряжения в электрической цепи;</li> <li>– принципы определения потерь мощности в линиях электропередачи;</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определять баланс активных и реактивных мощностей;</li> <li>– определять потери мощности в трансформаторах;</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками определения зависимости частоты и напряжения от баланса мощностей в электроэнергетической системе;</li> <li>– навыками определения потери электроэнергии в элементах электрической сети.</li> </ul>
<b>Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7)</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– типы электрических станций;</li> <li>– особенности энергетических систем;</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определять основное и вспомогательное оборудование электростанций;</li> <li>– формулировать принципы управления электроэнергетическими системами;</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками расчета параметров режимов энергосистем;</li> </ul>
<b>Способностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования (ПК-15)</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– главные схемы электрических станций;</li> <li>– схемы электроснабжения собственных нужд ТЭС</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– давать характеристику главным схемам электрических подстанций;</li> <li>– определять правильность построения схем собственных нужд КЭС и ТЭЦ</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками формулирования основных требований к главным схемам электроустановок;</li> <li>– навыками составления схем питания собственных нужд подстанций;</li> </ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 71,15 академических часов:
  - аудиторная – 68 академических часов;
  - внеаудиторная – 3,15 академических часов
- самостоятельная работа – 37,15 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Раздел. Производство электрической энергии	4							
1.1 Тип электрических станций. Основное оборудование электрических станций и подстанций.	4	1	0	1	4	Подготовка к написанию АКР № 1	Написание АКР № 1	<i>ПК-7</i> – знать типы электрических станций; уметь определять основное и вспомогательное оборудование электростанций;
1.2. Главные схемы электрических станций и подстанций.	4	2	6	2	4	Подготовка к выполнению лабораторной работы "Токопроводы. Конструктивное исполнение". Выполнение практического занятия "Расчет токопроводов"	Защита лабораторной работы "Токопроводы. Конструктивное исполнение". Защита практического занятия "Расчет токопроводов."	<i>ПК-15</i> – <i>знать главные схемы электрических станций;</i> уметь давать характеристику главным схемам электрических подстан-

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						дов." Подготовка к написанию АКР № 1	Написание АКР № 1	ций; владеть навыками формулирования основных требований к главным схемам электроустановок;
1.3. Схемы электроснабжения собственных нужд электростанций	4	2	0	2	4	Подготовка к написанию АКР № 1	Написание АКР № 1	<i>ПК-15</i> – знать схемы электроснабжения собственных нужд ТЭС; уметь определять правильность построения схем собственных нужд КЭС и ТЭЦ; владеть навыками составления схем питания собственных нужд подстанций;
2. Раздел. Энергетические системы	4							
2.1. Режимы энергетических систем. Управление электроэнергетическими системами.	4	2	0	2	6	Выполнение практического занятия "Расчет режимов сложнзамкнутой сети." Подготовка к написанию АКР № 2	Защита практического занятия "Расчет режимов сложнзамкнутой сети." Написание АКР № 2.	<i>ПК-7</i> – знать особенности энергетических систем; уметь формулировать принципы управления

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
								электроэнергетическими системами; владеть навыками расчета параметров режимов энергосистем;
2.2. Баланс активных и реактивных мощностей энергетической системы. Зависимость частоты и напряжения от баланса мощностей электроэнергетической системы	4	2	0	2	6	Подготовка к написанию АКР № 2	Написание АКР № 2	<i>ПК-6</i> – знать принципы регулирования напряжения в электрической цепи; уметь определять баланс активных и реактивных мощностей; владеть навыками определения зависимости частоты и напряжения от баланса мощностей в электроэнергетической системе.
3. Раздел. Передача и распределение электрической энергии.	4							
3.1. Назначение и классификация электрических сетей. Графики электрических нагрузок	4	2	6	2/2И	3	Подготовка к выполнению лабораторной работы "Определение времени использования максимума нагрузки и	Защита лабораторной работы "Определение времени использования максимума нагрузки и время	<i>ОПК-3</i> – знать назначение и классификацию электрических сетей;



Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						время максимальных потерь". Выполнение практического занятия " Определение времени использования максимума нагрузки и время максимальных потерь."	максимальных потерь". Защита практического занятия " Определение времени использования максимума нагрузки и время максимальных потерь."	уметь строить графики электрических нагрузок; владеть навыками построения статических характеристик нагрузки по напряжению и частоте.
3. 2. Представление нагрузок в расчетных схемах электрических сетей. Активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий. Активная и емкостная проводимость воздушных и кабельных линий.	4	2	6	2/2И	3	Подготовка к выполнению лабораторной работы "Расчет параметров схемы замещения ЛЭП". Выполнение практического занятия "Построение векторной диаграммы ЛЭП."	Защита лабораторной работы "Расчет параметров схемы замещения ЛЭП". Защита практического занятия "Построение векторной диаграммы ЛЭП."	<i>ОПК-3</i> – знать способы представления нагрузок в расчетных схемах электрических сетей; уметь определять активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий; владеть навыками определения активной и емкостной проводимости воздушных и кабельных линий.
3.3. Схемы замещения линий электрических сетей. Схемы замещения трансформаторов.	4	2	8/7И	2/2И	3	Подготовка к выполнению лабораторной работы "Расчет параметров схемы замещения	Защита лабораторной работы "Расчет параметров схемы замещения транс-	<i>ОПК-3</i> – <i>знать основные принципы построения схем за-</i>

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						трансформаторов". Подготовка к выполнению лабораторной работы "Расчет режима в электрической сети". Выполнение практического занятия "Определение параметров схем замещения трансформаторов." Выполнение практического занятия "Определение параметров схем замещения ЛЭП."	форматоров". Защита лабораторной работы "Расчет режима в электрической сети". Защита практического занятия "Определение параметров схем замещения трансформаторов." Защита практического занятия "Определение параметров схем замещения ЛЭП."	<i>мещения линий электрических сетей;</i> уметь строить схемы замещения двухобмоточных трансформаторов; владеть навыками построения схем замещения трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов;
3.4. Потери мощности и энергии в электрических сетях (в линиях, трансформаторах и др. элементах сети). Расчет режимов электрической сети. Расчет линии по току нагрузки. Расчет линии по мощности нагрузки. Приближенные методы определения потерь напряжения.	4	2	8/7И	2	4,15	Подготовка к написанию АКР № 3 Подготовка к выполнению лабораторной работы "Определение потерь мощности в электрической сети". Подготовка к выполнению лабораторной работы "Определение потерь напряжения в ЛЭП и трансформаторах".	Написание АКР № 3 Защита лабораторной работы "Определение потерь мощности в электрической сети". Защита к выполнению лабораторной работы "Определение потерь напряжения в ЛЭП и трансформаторах". Защита практического за-	ПК-6 - знать принципы определения потерь мощности в линиях электропередачи; уметь определять потери мощности в трансформаторах; владеть навыками определения потери электроэнергии в элементах

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						Выполнение практического занятия "Расчет линии по току нагрузки." Выполнение практического занятия "Расчет линии по мощности нагрузки."	Занятия "Расчет линии по току нагрузки." Защита практического занятия "Расчет линии по мощности нагрузки."	электрической сети.
<b>Итого за семестр</b>		<b>17</b>	<b>34/14</b>	<b>17/6</b>	<b>37,15</b>		<b>Экзамен</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>17</b>	<b>34/14</b>	<b>17/6</b>	<b>37,15</b>			

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

## **5 Образовательные и информационные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электроэнергетика» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Электроэнергетика» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе оформления отчетов и анализе результатов практических работ, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

*По дисциплине «Электроэнергетика» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.*

*Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.*

### **Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):**

#### **АКР №1 «Производство электрической энергии»**

*№1. Перечислите типы электрических станций, участвующих в выработке электроэнергии.*

*№2. Каковы основные особенности технологического процесса производства электроэнергии на конденсационных электростанциях (КЭС)?*

*№3. Каковы основные особенности технологического процесса производства электроэнергии на теплофикационных электростанциях (ТЭЦ)?*

#### **АКР №2 «Электроэнергетические системы»**

*№1. Сформулируйте назначение и дайте общую характеристику электроэнергетических систем.*

*№2. Каковы преимущества объединенных энергетических систем?*

*№3. Когда началось формирование Единой энергетической системы в России? Что сыграло решающую роль на первом этапе работы?*

#### **АКР №3 «Передача и распределение электрической энергии.»**

*№1. Что принимается за номинальное напряжение электрических сетей, генераторов, трансформаторов?*

*№2. Какие виды графиков электрических нагрузок используются при проектировании? Для чего они служат?*

*№3. Что представляют собой обобщенные статические характеристики мощности нагрузки электрической системы по напряжению и частоте?*

### **Примерные практические задания (ПЗ):**

#### **ПЗ №1 «Расчет токопроводов»**

*№ 1. Выбрать токопровод на напряжение 10 кВ с целью передачи мощности 35 МВт,  $\cos\varphi=0,8$ , на расстояние 500 м. Мощность короткого замыкания на источнике питания составляет 200 МВА.*

*№ 2. Трубчатый токопровод крепится на подвесных изоляторах при симметричном расположении фаз по вершинам равностороннего треугольника. Первоначальное крепление изоляторов осуществляется через 20 м. Определить, является ли принятая длина пролета допустимой.*

*№ 3. Кабельная линия питает двигатель мощностью 25 кВт,  $\cos\varphi=0,91$ , ПВ=60%. Длина линии 15 м. Кабель проложен в канале. Помещение не относится к взрывоопасным. Продолжительность рабочего периода составляет 4 мин. Необходимо выбрать марку и сечение кабельной линии.*

#### **ПЗ №2 «Расчет режимов сложносвязанной сети»**

*На рисунке показан граф сети с двумя источниками питания, пятью электрическими нагрузками пунктов и номерами линий. Выполнить расчет распределения потоков мощности по участкам сети методом преобразования сети. Примем, что напряжения питательных пунктов равны по величине и совпадают по фазе.*

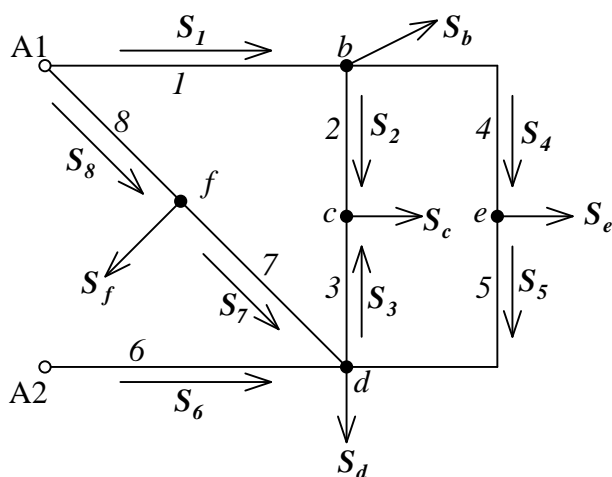


Рис. Сложно-замкнутая сеть

**ПЗ №3 «Определение времени использования максимума нагрузки и время максимальных потерь»**

Для заданного годового графика электрических нагрузок определить по продолжительности определить время использования максимума нагрузки и время максимальных потерь.

**ПЗ №4 «Построение векторной диаграммы ЛЭП»**

Определить активное и индуктивное сопротивления воздушных линий электропередачи номинальным напряжением 10 кВ, протяженностью 4 км, выполненной стальными проводами ПС-25 с расположением проводов на опоре треугольником. Расстояние между проводами 1 м. Мощность нагрузки, подключенной в конце линии, составляет 560 кВА. Построить векторную диаграмму ЛЭП.

**ПЗ №5 «Определение параметров схем замещения ЛЭП»**

№ 1. Определить параметры схемы замещения линии электропередачи 110 кВ, выполненной проводом АС-70, протяженностью 40 км. Подвеска проводов горизонтальная, расстояние между проводами 4 м. В линии осуществлена транспозиция.

№ 2. Линия электропередачи 110 кВ, протяженностью 80 км выполнена проводом АС-150. Определить, как будет изменяться активное сопротивление этой линии в течение года, если минимальная температура воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$ , а максимальная  $+30^{\circ}\text{C}$ .

№ 3. Определить, как изменится полное сопротивление воздушной линии электропередачи 220 кВ, выполненной проводом АСО-240 при горизонтальном расположении проводов с расстоянием 8 м, если: а) провода расположить в вершинах равностороннего треугольника; б) линию заменить линией электропередачи постоянного тока.

**ПЗ №6 «Определение параметров схем замещения трансформаторов»**

№ 1. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехобмоточного трансформатора ТДТН-25000/110.

№ 2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехфазного автотрансформатора АДЦТН-200000/220/110, у которого номинальные мощности обмоток высшего и среднего напряжения равны номинальной мощности автотрансформатора, а номинальная мощность обмотки низшего напряжения составляет 50 % от номинальной мощности автотрансформатора.

№ 3. Определить параметры упрощенной схемы замещения двухобмоточного трансформатора с расцепленными обмотками ТРДЦН-63000/230.

**ПЗ №7 «Расчет линии по току нагрузки»**

№ 1. Главная понижающая подстанция завода питается при напряжении 220 кВ по

линии электропередачи протяженностью 160 км, выполненной проводом АСО – 400. Напряжение на шинах источника питания в момент максимальной нагрузки ( $116000+j87000$  кВА) равно 240 кВ. определить потерю и падение напряжения в сети, а также напряжение на шинах понижающей подстанции.

Погонные сопротивления и зарядная мощность провода:

АСО-400:  $r_0 = 0,08$  Ом/км,  $x_0 = 0,414$  Ом/км,  $q_0 = 0,145$  Мвар.

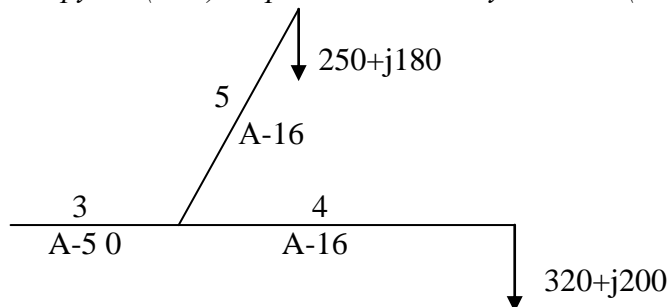
Выполнить расчет линии по току нагрузки по параметрам конца.

№ 2. Трансформаторная подстанция с трансформатором мощностью 1000 кВА питается при напряжении 6 кВ от главной распределительного пункта по кабельной линии протяженностью 2,2 км, выполненной кабелем ААБ (3 X 95). На стороне низшего напряжения трансформатора подключена нагрузка, потребляющая мощность ( $420+j330$ ) кВА. Определить потери напряжения в линии и трансформаторе.

Выполнить расчет линии по току нагрузки по параметрам начала.

### ПЗ №8 «Расчет линии по мощности нагрузки»

Найти наибольшую потерю напряжения в сети 6 кВ, показанной на рисунке. Мощности нагрузок (кВА) и протяженности участков (км) указаны на схеме.



Рисунок

Погонные сопротивления провода:

А-50:  $r_0 = 0,64$  Ом/км,  $x_0 = 0,355$  Ом/км.

А-16:  $r_0 = 1,98$  Ом/км,  $x_0 = 0,377$  Ом/км.

Выполнить расчет линии по мощности нагрузки.

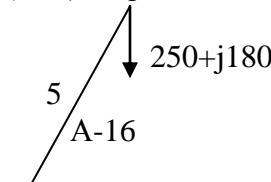
## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

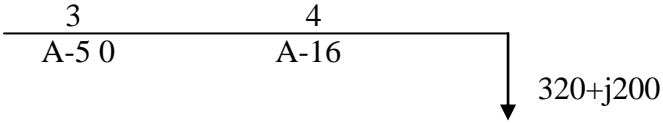
### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>Способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3)</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– назначение и классификацию электрических сетей;</li> <li>– способы представления нагрузок в расчетных схемах электрических сетей;</li> <li>– знать основные принципы построения схем замещения линий электрических сетей;</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение и классификация электрических сетей.</li> <li>2. Основные характеристики электрических нагрузок.</li> <li>3. Представление характеристик в расчетных схемах электрических сетей.</li> <li>4. Активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий.</li> <li>5. Активная и емкостная проводимость воздушных и кабельных линий.</li> <li>6. Схемы замещения линий электрических сетей.</li> <li>7. Схемы замещения трансформаторов.</li> <li>8. Потери мощности в электрических сетях.</li> <li>9. Потери электроэнергии в электрических сетях.</li> <li>10. Натуральная мощность линии электропередачи.</li> <li>11. Дальние электропередачи переменного тока.</li> <li>12. Компенсированные линии переменного тока.</li> <li>13. Круговые диаграммы линий электропередачи.</li> <li>14. Расчет линии по току нагрузки.</li> <li>15. Расчет линии по мощности нагрузки.</li> <li>16. Определение потерь напряжения.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– строить графики электрических нагрузок;</li> <li>– определять активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий;</li> <li>– строить схемы замещения двухобмоточных трансформаторов;</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением <math>U_{ном}=110</math> кВ протяженностью <math>l=35</math> км, выполненной проводами АС-185/29 на одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов. Привести схему замещения. Вычислить зарядный ток и зарядную мощность линии.</li> <li>2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трёхобмоточного трансформатора ТДТН-25000/110.</li> </ol>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. Главная понижающая подстанция завода питается при напряжении 220 кВ по линии электропередачи протяженностью 160 км, выполненной проводом АСО – 400. Напряжение на шинах источника питания в момент максимальной нагрузки (116000+j87000 кВА) равно 240 кВ. определить потерю и падение напряжения в сети, а также напряжение на шинах понижающей подстанции.</p> <p>Погонные сопротивления и зарядная мощность провода:</p> <p style="text-align: center;">АСО-400: <math>r_0 = 0,08</math> Ом/км, <math>x_0 = 0,414</math> Ом/км, <math>q_0 = 0,145</math> Мвар.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками построения статических характеристик нагрузки по напряжению и частоте;</li> <li>– навыками определения активной и емкостной проводимости воздушных и кабельных линий;</li> <li>– навыками построения схем замещения трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов;</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>ПЗ №5 «Определение параметров схем замещения ЛЭП»</b></p> <p>№ 1. Определить параметры схемы замещения линии электропередачи 110 кВ, выполненной проводом АС-70, протяженностью 40 км. Подвеска проводов горизонтальная, расстояние между проводами 4 м. В линии осуществлена транспозиция.</p> <p>№ 2. Линия электропередачи 110 кВ, протяженностью 80 км выполнена проводом АС-150. Определить, как будет изменяться активное сопротивление этой линии в течение года, если минимальная температура воздуха <math>-25^{\circ}\text{C}</math>, а максимальная <math>+30^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>№ 3. Определить, как изменится полное сопротивление воздушной линии электропередачи 220 кВ, выполненной проводом АСО-240 при горизонтальном расположении проводов с расстоянием 8 м, если: а) провода расположить в вершинах равностороннего треугольника; б) линию заменить линией электропередачи постоянного тока.</p>
<b>Способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6)</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– принципы регулирования напряжения в электрической цепи;</li> <li>– принципы определения потерь мощности в линиях электропередачи;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение и условия функционирования энергетических систем.</li> <li>2. Возникновение науки об электроэнергетических системах и их режимах.</li> <li>3. Объединение энергетических систем.</li> <li>4. Особенности функционирования энергетических систем.</li> <li>5. Управление электроэнергетическими системами.</li> <li>6. Планирование и проектирование развития энергетических систем.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>7. Режимы энергетических систем.  8. Баланс активных и реактивных мощностей в энергосистеме.  9. Регулирование частоты и напряжения в энергосистеме.</p>
Уметь	<p>– определять баланс активных и реактивных мощностей;  – определять потери мощности в трансформаторах;</p>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b>  1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением <math>U_{ном}=110</math> кВ протяжённостью <math>l=35</math> км, выполненной проводами АС-185/29 на одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов. Привести схему замещения. Вычислить зарядный ток и зарядную мощность линии.  2. Определить параметры упрощённой схемы замещения трёхобмоточного трансформатора ТДТН-25000/110.  3. Главная понижающая подстанция завода питается при напряжении 220 кВ по линии электропередачи протяжённостью 160 км, выполненной проводом АСО – 400. Напряжение на шинах источника питания в момент максимальной нагрузки (<math>116000+j87000</math> кВА) равно 240 кВ. определить потерю и падение напряжения в сети, а также напряжение на шинах понижающей подстанции.  Погонные сопротивления и зарядная мощность провода:  АСО-400: <math>r_0 = 0,08</math> Ом/км, <math>x_0 = 0,414</math> Ом/км, <math>q_0 = 0,145</math> Мвар.</p>
Владеть	<p>– навыками определения зависимости частоты и напряжения от баланса мощностей в электроэнергетической системе;  – навыками определения потери электроэнергии в элементах электрической сети.</p>	<p><b>ИДЗ №8 «Расчет линии по мощности нагрузки»</b>  Найти наибольшую потерю напряжения в сети 6 кВ, показанной на рисунке. Мощности нагрузок (кВА) и протяженности участков (км) указаны на схеме.</p> 

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p style="text-align: center;"><i>Рисунок</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Погонные сопротивления провода:</i>  <i>А-50: <math>r_0 = 0,64 \text{ Ом/км}</math>, <math>x_0 = 0,355 \text{ Ом/км}</math>.</i>  <i>А-16: <math>r_0 = 1,98 \text{ Ом/км}</math>, <math>x_0 = 0,377 \text{ Ом/км}</math>.</i>  <i>Выполнить расчет линии по мощности нагрузки.</i></p>
<b>Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7)</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>типы электрических станций;</i></li> <li>– <i>особенности энергетических систем;</i></li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Классификация электрических станций.</i></li> <li>2. <i>Тепловые конденсационные электростанции.</i></li> <li>3. <i>Теплофикационные электростанции.</i></li> <li>4. <i>Атомные электростанции.</i></li> <li>5. <i>Типы и конструктивное исполнение синхронных генераторов.</i></li> <li>6. <i>Классификация и конструктивное исполнение силовых трансформаторов.</i></li> <li>7. <i>Синхронные компенсаторы.</i></li> <li>8. <i>Выключатели высокого напряжения.</i></li> <li>9. <i>Разъединители высокого напряжения.</i></li> <li>10. <i>Короткозамыкатели и отделители высокого напряжения.</i></li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>определять основное и вспомогательное оборудование электростанций;</i></li> <li>– <i>формулировать принципы управления электроэнергетическими системами;</i></li> </ul>	<p><b><i>Примерные практические задания для экзамена:</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением <math>U_{ном} = 110 \text{ кВ}</math> протяжённостью <math>l = 35 \text{ км}</math>, выполненной проводами АС-185/29 на одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов. Привести схему замещения. Вычислить зарядный ток и зарядную мощность линии.</i></li> <li>2. <i>Определить параметры упрощённой схемы замещения трёхобмоточного трансфор-</i></li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>матора ТДТН-25000/110.</p> <p>3. Главная понижающая подстанция завода питается при напряжении 220 кВ по линии электропередачи протяженностью 160 км, выполненной проводом АСО – 400. Напряжение на шинах источника питания в момент максимальной нагрузки (116000+j87000 кВА) равно 240 кВ. определить потерю и падение напряжения в сети, а также напряжение на шинах понижающей подстанции.</p> <p>Погонные сопротивления и зарядная мощность провода:</p> <p>АСО-400: <math>r_0 = 0,08</math> Ом/км, <math>x_0 = 0,414</math> Ом/км, <math>q_0 = 0,145</math> Мвар.</p>
Владеть	– навыками расчета параметров режимов энергосистем;	<p><b>ПЗ №6 «Определение параметров схем замещения трансформаторов»</b></p> <p>№ 1. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехобмоточного трансформатора ТДТН-25000/110.</p> <p>№ 2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехфазного автотрансформатора АДЦТН-200000/220/110, у которого номинальные мощности обмоток высшего и среднего напряжения равны номинальной мощности автотрансформатора, а номинальная мощность обмотки низшего напряжения составляет 50 % от номинальной мощности автотрансформатора.</p> <p>№ 3. Определить параметры упрощенной схемы замещения двухобмоточного трансформатора с расцепленными обмотками ТРДЦН-63000/230.</p>
<b>Способностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования (ПК-15)</b>		
Знать	– главные схемы электрических станций; – схемы электроснабжения собственных нужд ТЭС	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация и конструктивное исполнение силовых трансформаторов.</li> <li>2. Синхронные компенсаторы.</li> <li>3. Выключатели высокого напряжения.</li> <li>4. Разъединители высокого напряжения.</li> <li>5. Короткозамыкатели и отделители высокого напряжения.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		б. Главные и структурные схемы электростанций и подстанций.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– давать характеристику главным схемам электрических подстанций;</li> <li>– определять правильность построения схем собственных нужд КЭС и ТЭЦ</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <p>1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением <math>U_{ном}=110</math> кВ протяжённостью <math>l=35</math> км, выполненной проводами АС-185/29 на одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов. Привести схему замещения. Вычислить зарядный ток и зарядную мощность линии.</p> <p>2. Определить параметры упрощённой схемы замещения трёхобмоточного трансформатора ТДТН-25000/110.</p> <p>3. Главная понижающая подстанция завода питается при напряжении 220 кВ по линии электропередачи протяжённостью 160 км, выполненной проводом АСО – 400. Напряжение на шинах источника питания в момент максимальной нагрузки (<math>116000+j87000</math> кВА) равно 240 кВ. определить потерю и падение напряжения в сети, а также напряжение на шинах понижающей подстанции.</p> <p>Погонные сопротивления и зарядная мощность провода:</p> <p style="text-align: center;">АСО-400: <math>r_0 = 0,08</math> Ом/км, <math>x_0 = 0,414</math> Ом/км, <math>q_0 = 0,145</math> Мвар.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками формулирования основных требований к главным схемам электроустановок;</li> <li>– навыками составления схем питания собственных нужд подстанций;</li> </ul>	<p><b>ПЗ №4 «Построение векторной диаграммы ЛЭП»</b></p> <p>Определить активное и индуктивное сопротивления воздушных линий электропередачи номинальным напряжением 10 кВ, протяжённостью 4 км, выполненной стальными проводами ПС-25 с расположением проводов на опоре треугольником. Расстояние между проводами 1 м. Мощность нагрузки, подключенной в конце линии, составляет 560 кВА. Построить векторную диаграмму ЛЭП.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Удалов С.Н. Возобновляемые источники энергии : учеб. пособие / С.Н. Удалов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. - 459 с. (Серия «Учебники НГТУ»). ISBN 978-5-7782-2467-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/556622> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа: по подписке.

2. Папков, Б. В. Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков : учебник и практикум для вузов / Б. В. Папков, А. Л. Куликов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 470 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00721-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452083> (дата обращения: 23.10.2020).

### б) Дополнительная литература:

1. Бурман А.П., Основы современной энергетики : в 2 т. Том 2. Современная электроэнергетика : учебник для вузов : в 2 т. / - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01338-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013380.html> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Бортник И.М., Основы современной энергетики в 2 т. Том 2. Современная электроэнергетика : учебник для вузов / под ред. профессоров А.П. Бурмана и В.А. Строева; под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - 678 с. - ISBN 978-5-383-01044-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010440.html> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

3. Николаева, С. И. Электроэнергетические сети и системы: Учебное пособие / Николаева С.И. - Волгоград:Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. - 64 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007833> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа: по подписке.

4. Ершов, Ю. А. Электроэнергетика. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. А. Ершов, О. П. Халезина, А. В. Малеев и др. - Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2012. - 68 с. - ISBN 978-5-7638-2555-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/492157> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа: по подписке.

5. Максимов Б.К., Электроэнергетика России после проведения реформ и основы рынка электроэнергии : учебное пособие для вузов / Максимов Б.К. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01274-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012741.html> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

### в) Методические указания

1. Методические указания для студентов по практическим работам / Составители: О. В. Газизова, И. А. Дубина, А. В. Варганова, Ю. Н. Кондрашова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 45 с. : ил., табл. - Текст : непосредственный.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MathWorks MatLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MS Office Visio Prof 2013(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных науч-	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Электроэнергетика» предусмотрены следующие виды занятий: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР) и экзамен.

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ:	Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ:



Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Межфакультетская лаборатория моделирования систем электроснабжения (217)	Стенд лабораторный ЭЭ1-Л-Н-Р «Модель электротехнической системы».
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования