

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электроэнергетические системы и сети

Кафедра «Инженерная физика»

Образовательная программа
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль подготовки
«Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

Уровень высшего образования
бакалавриат

Форма обучения
очная

Статус дисциплины: базовая

Махачкала
2020

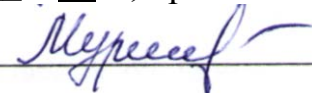
Рабочая программа дисциплины составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата)
от « 03 » сентября 2015 г. № 955.

Разработчик(и): Акаева А.И. – к.ф.-м.н., доцент кафедры ИФ

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от « 17 » 02 2020 г., протокол № 6

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 28 » 02 2020 г., протокол № 6.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 02 » 03 2020 г. 

(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Электроэнергетические системы и сети входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой Инженерная физика.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием знаний в области теории расчетов и анализа режимов электрических систем и сетей, обеспечения при их проектировании и эксплуатации экономичности, надежности, а также качества электроэнергии

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общекультурных - ОК-7, общепрофессиональных - ОПК-3, профессиональных - ПК-2, ПК-4.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольной работы, коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета и экзамена

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий 72 в 5 семестре и 5 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий 180

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	из них						
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
5, 6	252	108	32		76			108+36	зачет, экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Электроэнергетические системы и сети» в структуре ООП ВПО, являются формирование у студентов теоретической базы о современном состоянии электроэнергетических систем и сетей страны, формирование знаний в области теории расчетов и анализа режимов электрических систем и сетей, обеспечения при их проектировании и эксплуатации экономичности, надежности, а также качества электроэнергии.

В задачу дисциплины входит ознакомить студентов с физической сущностью явлений, сопровождающих процесс производства, распределения и потребления электроэнергии; ознакомить с конструкциями элементов линий электропередачи, научить студентов составлять схемы замещения, определять их параметры и рассчитывать режимы электрических сетей и систем; научить основам проектирования электрических сетей и систем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» входит в базовую часть образовательной программы «бакалавриата» по направлению (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» относится к «Профессиональному циклу» базовой части модуля «Электроэнергетика». Указанная дисциплина является одной из основополагающих для модуля «Электроэнергетика», имеет как самостоятельное значение, так и является базой для ряда профилирующих дисциплин: «Основное энергетическое оборудование установок нетрадиционной энергетики», «Энергетическое оборудование ГЭС», «Электрические станции и подстанции», «Электроснабжение». Она непосредственно связана с дисциплинами естественнонаучного и математического цикла (математика, физика) и общепрофессионального цикла («Теоретические основы электротехники», «Электротехническое и конструктивное материаловедение», «Общая энергетика», «Безопасность жизнедеятельности»).

При изучении дисциплины студент должен:

иметь знания:

- в области математики, физики, электротехники, компьютерных и информационных технологий;
- об основных понятиях и законах электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; об основных методах и способах преобразования энергии.

знать и уметь и владеть:

- методами анализа и расчета цепей постоянного и переменного тока.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	Знает: методы и приемы философского анализа проблем. Основные понятия и законы электромагнитного поля. Умеет: самостоятельно анализировать социально-политическую и научную литературу; планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого анализа Владеет: навыками аргументированного письменного изложения собственной точки зрения; практического анализа логики различного рода рассуждений; навыками критического восприятия информации
ОПК-3	способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	Знает: основные понятия и методы функций комплексных переменных и численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений; основные физические явления и законы электротехники, и ее математическое описание; содержание и способы использования компьютерных и информационных технологий; методы анализа цепей постоянного и переменного токов Умеет: применять методы математического анализа при решении инженерных задач Владеет: инструментарием для решения математических, физических задач в своей предметной области; средствами компьютерной техники и информационных технологий

ПК-2	способностью обрабатывать результаты экспериментов	Знает: основные понятия и методы линейной алгебры, математической статистики; основные физические явления и их математическое описание; содержание и способы использования компьютерных и информационных технологий Умеет: применять методы математического анализа при решении инженерных задач; выявлять физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и выполнять к ним простые технические расчеты Владеет: инструментарием для решения математических и физических задач в своей предметной области
------	--	---

ПК-4	Способностью проводить обоснование проектных решений	Знает: схемы электроэнергетических систем и сетей, проблемы статической и динамической устойчивости, конструктивное выполнение воздушных и кабельных линий электропередачи Умеет: применять, эксплуатировать и производить выбор оборудования электроэнергетических систем и сетей Владеет: методами расчета параметров электроэнергетических устройств и электроустановок; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы, проектирования и конструирования электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; навыками проведения монтажно-наладочных работ и стандартных испытаний электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; электроэнергетических сетей и систем электроснабжения.
------	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов в 5 семестре и 5 зачетных единиц, 180 академических часов в 5 семестре

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятель- ную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего кон- троля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семест- рам)
				Лекции	Практические занятия	Лаборатор- ные занятия	Контроль са- мост. раб.		
	Модуль 1. Общие сведения о современных электроэнергетических систе- мах и сетях.								
1	Тема 1. Введение. Классификация и	5		2	2			3	Текущий контроль: коллоквиум, кон-

	характеристика систем производства, передачи и распределения энергии.								контрольная работа (5 семестр) Промежуточная аттестация: зачет (5 семестр)
2	Тема 2.Схемы электрических сетей. Основные понятия, термины, определения, обозначения.	5		2	4			3	
3	Тема 3. Режимы нейтралей электрических сетей	5		2	4			3	
4	Тема 4. Конструкции линий электрических сетей.	5		4	4			3	
	<i>Итого по модулю 1:</i>			10	14			12	Контрольная работа
Модуль II. Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы.									
5	Тема 5. Схемы замещения линий электропередачи	5		2	4			3	
6	Тема 6. Схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов	5		2	4			3	
7	Тема 7. Задание нагрузок при расчетах режимов электрических сетей и систем	5		2	4			3	
8	Тема 8. Представление генераторов при расчетах установившихся режимов	5		2	4			3	Коллоквиум
	<i>Итого по модулю 2:</i>			8	16			12	зачет
	Итого:	5		18	30			24	

	Модуль III. Режимы работы электроэнергетических сетей							
9	Тема 9. Баланс мощности в электроэнергетической системе	6		2	6		8	
10	Тема 10. Регулирование частоты и активной мощности. Компенсация реактивной мощности.	6		2	6		12	
	<i>Итого по модулю 3:</i>			4	12		20	
	Модуль IV. Расчет установившихся режимов электрических сетей							
11	Тема 11. Расчет разомкнутой сети.	6		2	6		10	
12	Тема 12. Расчет замкнутой сети.	6		2	6		10	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 4:</i>			4	12		20	
	Модуль V. Регулирование напряжения в электрических сетях							
13	Тема 13. Регулирование напряжения на электростанциях.	6		2	5		10	
2	Тема 14. Регулирование напряжения на подстанциях и распределительных сетях.	6		2	6		11	
	Итого по модулю			4	11		21	Контрольная работа
	Модуль VI. Проектирование электрических сетей. Потери электроэнергии в электрических сетях.							
	Тема 15. Нагрузки, напряжения и схемы сетей. Выбор основного оборудования	6		1	7		11	
	Тема 16. Расчет потерь электро-	6		1	4		12	

	энергии в электрических сетях.								
	Итого по модулю		2	11				23	Коллоквиум
	Модуль VII. Подготовка к экзамену								
		6						36	Экзамен
	Итого:	6		14	46			84	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Общие сведения о современных электроэнергетических системах и сетях.

Тема 1. Введение. Классификация и характеристика систем производства, передачи и распределения энергии.

Содержание темы: Что называется энергетической системой и что она охватывает. Понятия об электроэнергетической системе и сетях. Что называется подстанцией и ее назначение. Классификация электрических сетей.

Тема 2. Схемы электрических сетей. Основные понятия, термины, определения, обозначения.

Содержание темы: Характеристика систем распределения электрической энергии. Конфигурация распределительных сетей (разомкнутые и замкнутые, радиальные и магистральные). Обозначения и схематическое изображение сетей различной конфигурации. Система передачи и распределения электрической энергии.

Тема 3. Режимы нейтралей электрических сетей

Содержание темы: Номинальные напряжения элементов электрических сетей. Режимы нейтралей электрических сетей. Режим нейтралей до 1000 В с глухозаземленной нейтралью. Низковольтные сети с изолированной нейтралью. Высоковольтные сети с изолированной нейтралью. Высоковольтные сети с компенсированной нейтралью.

Тема 4. Конструкции линий электрических сетей.

Содержание темы: Назначение воздушных линий электропередачи. Конструктивное исполнение воздушных линий. Опоры ВЛ. провода ВЛ. Грозозащитные тросы. Изоляторы. Кабельные линии электропередачи. Особенности исполнения КЛ низкого и высокого напряжения.

Модуль II. Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы.

Тема 5. Схемы замещения линий электропередачи.

Содержание темы: Схемы замещения воздушных линий. Активное сопротивление ВЛ. Индуктивное сопротивление ВЛ. Емкостная проводимость ВЛ. Активная проводимость ВЛ. Расщепление Фазных проводов. ЛЭП со стальными проводами.

Тема 6. Схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов.

Содержание темы: Назначение, условные обозначения, схемы соединения обмоток и векторные диаграммы напряжений трансформаторов. Двухобмоточные трансформаторы. Опыт короткого замыкания и параметры, определяемые по его результатам. Опыт холостого хода и параметры, определяемые по его результатам. Трехобмоточные трансформаторы. Схемы замещения трехобмоточных трансформаторов. Определение параметров схемы замещения. Особенности автотрансформаторов (АТ) по сравнению с другими трансформаторами. Режимы работы автотрансформаторов. Типовая мощность и коэффициент выгодности АТ.

Тема 7. Задание нагрузок при расчетах режимов электрических сетей и систем.

Содержание темы: Необходимость моделирования нагрузок для расчетов установившихся режимов электрических нагрузок. Моделирование нагрузки неизменным по модулю и фазе током. Моделирование нагрузки неизменной мощностью. Задание нагрузки неизменными последовательно и параллельно соединенными сопротивлениями. Представление нагрузки проводимостью (шунтом).

Тема 8. Представление генераторов при расчетах установившихся режимов.

Содержание темы: Постоянные активная и реактивная мощности. Постоянные активная мощность и модуль напряжения. Постоянные модуль и фаза напряжения.

Модуль III. Режимы работы электроэнергетических сетей

Тема 9. Баланс мощности в электроэнергетической системе.

Содержание темы: Характеристика составляющих баланса. Связь активной мощности с частотой. Нормально допустимые и предельно допустимые отклонения частоты. Влияние частоты на производительность механизмов. Принцип работы автоматической частотной разгрузки. Баланс реактивной мощности. Характеристика составляющих баланса. Связь баланса реактивной мощности с напряжением в узлах нагрузки. Лавина напряжения.

Тема 10. Регулирование частоты и активной мощности. Компенсация реактивной мощности.

Содержание темы: Характеристики нагрузки по частоте. Нерегулируемая турбина. Астатическое и статическое регулирование турбины. Коэффициент

статизма регулятора турбины. Первичное и вторичное регулирование частоты. Станции, регулирующие частоту. Основы оптимального распределения активной мощности между агрегатами одной станции и между станциями в электроэнергетической системе. Синхронные машины, статические конденсаторы, статические регулируемые источники реактивной мощности. Основные сведения о размещении компенсирующих устройств в электроэнергетической системе.

Модуль IV. Расчет установившихся режимов электрических сетей.

Тема 11. Расчет разомкнутой сети.

Содержание темы: Расчетные режимы электрических сетей. Задачи расчета установившихся режимов. Упрощение расчетных схем. Приведение нагрузок к стороне высшего напряжения трансформаторов. Расчет режима разомкнутой цепи по напряжению и мощности нагрузки, заданных в конце сети. Векторная диаграмма напряжений. Продольная и поперечная составляющие падения напряжения. Потеря напряжения.

Тема 12. Расчет замкнутой сети.

Содержание темы: Расчет режима замкнутой (кольцевой) электрической сети напряжением 110...220 кВ. Представление замкнутой сети сетью с двухсторонним питанием. Расчет потоков мощности на головных участках замкнутой сети. Приведение замкнутой сети к расчету двух разомкнутых схем. Понятие об однородной и неоднородной замкнутой сети. Понятие о сложнозамкнутой (многоконтурной сети). Представление активных элементов в электрической сети задающими токами.

Модуль V. Регулирование напряжения в электрических сетях

Тема 13. Регулирование напряжения на электростанциях.

Содержание темы: Диапазон регулирования напряжения генераторами и трансформаторами станции.

Тема 14. Регулирование напряжения на подстанциях и распределительных сетях.

Содержание темы: Устройство ПБВ. Трансформаторы и автотрансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН). Принципиальная схема РПН. Диапазон регулирования. Выбор регулировочных ответвлений трансформаторов. Требования ПУЭ к уровням напряжения в центре питания. Централизованное регулирование напряжения. Средства местного регулирования напряжения: линейные регулировочные трансформаторы, компенсация реактивной мощности, компенсация индуктивного сопротивления сети.

Модуль VI. Проектирование электрических сетей. Потери электроэнергии в электрических сетях.

Тема 15. Нагрузки, напряжения и схемы сетей. Выбор основного оборудования.

Содержание темы: Климатические районы. Ветровые и гололедные нагрузки. Влияние температуры. Допустимые механические напряжения. Основные режимы при расчете проводов на механическую прочность. Выбор опор. Габаритный и расчетный пролеты. Нагрузка от собственного веса, веса гололеда, ветра. Результирующие нагрузки. Параметры расчетных режимов. Уравнение состояния провода. Определение исходного режима. Решение уравнения состояния провода. Проверка условий прочности провода.

Тема 16. Расчет потерь электроэнергии в электрических сетях.

Содержание темы: 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 в сетях различных напряжений. Переменные и постоянные потери электроэнергии и их соотношение. Потери на корону, от токов утечки через изоляцию, в сердечниках трансформаторов. Годовой график нагрузки по продолжительности. Продолжительность использования наибольшей нагрузки. Время наибольших потерь мощности.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

**Темы практических и/или семинарских занятий.
(форма проведения семинар, решение задач)**

Раздел 1. Общие сведения о современных электроэнергетических системах и сетях.

Тема 1. Введение. Классификация и характеристика систем производства, передачи и распределения энергии.

Вопросы к 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 сети составляют систему распределения ЭЭ?
9. Для чего необходимы автоматические устройства на всех объектах
10. систем передачи и распределения ЭЭ?
11. В чем условность разделения систем передачи и распределения ЭЭ

12. по номинальному напряжению?
13. Какие возможны этапы развития системы передачи ЭЭ?
14. Каково назначение и какими свойствами обладает система распределения ЭЭ?
15. деления ЭЭ?
16. Какие сети составляют систему распределения ЭЭ?
17. Какие уровни (ступени) в ней выделяются?

Тема 2. Схемы электрических сетей. Основные понятия, термины, определения, обозначения.

Вопросы к теме:

1. По каким признакам классифицируются распределительные сети?
2. Чем определяется их схемное построение?
3. Изобразите на схеме замкнутую и разомкнутую сети
4. В чём преимущества и недостатки сложнзамкнутых систем передачи ЭЭ?
- 5.
6. В чём преимущества и недостатки радиальных и магистральных
7. схем?
8. Как формируются замкнутые сети? Каковы их виды?
9. Для чего служит двойная радиально-магистральная сеть?
10. В каких случаях экономически целесообразно применение сложно-
11. замкнутых сетей?
12. Преимущества разомкнутых сетей
13. Какие особенности распределительных сетей?

Тема 3. Режимы нейтралей электрических сетей

Вопросы к теме:

1. Что такое номинальное напряжение?
2. Каков номинальный ряд напряжений электрических сетей?
3. Какова классификация электрических сетей по напряжению, охвату территории, назначению?
- 4.
5. Почему напряжение в узлах сети постоянно изменяется, а не остаётся постоянным?
6. Что делается для того, чтобы скомпенсировать падение напряжения
7. в питаемой сети?
8. Какие Вы знаете режимы нейтралей электрической сети в зависимости от напряжения?
9. Почему применяется глухозаземлённая нейтраль в низковольтных сетях?
10. Какое время работы неповреждённых фаз под повышенным напряжением для низковольтной сети с изолированной нейтралью?

11. Насколько опасно замыкание на землю в низковольтных сетях с изолированной нейтралью?
12. Какое напряжение должна выдерживать изоляция?
13. После замыкания фазы на землю в высоковольтной сети с изолированной нейтралью по какому пути потечёт ток?
14. После замыкания фазы на землю в высоковольтной сети с изолированной нейтралью каким будет напряжение фаз?
15. К чему может привести замыкание фазы на землю в высоковольтной сети с изолированной нейтралью?
16. Для чего устанавливают дугогасящую катушку в сетях с компенсированной нейтралью?
17. Какая настройка катушки называется резонансной?
18. Где вероятность перенапряжения меньше: в сетях с изолированной
19. нейтралью или компенсированной нейтралью?
20. Какие сети относятся к высоковольтным с глухозаземлённой нейтралью?
21. В каком случае в сетях с глухозаземлённой нейтралью возникает
22. короткозамкнутый контур?

Тема 4. Конструкции линий электрических сетей.

Вопросы к теме:

1. Как классифицируются линии электропередачи по конструктивному
2. исполнению?
3. Какими факторами определяется выбор типа ЛЭП?
4. Каким требованиям должны удовлетворять материалы и конструкции ВЛ?
5. Из каких основных конструктивных элементов состоит ВЛ?
6. Каковы основные геометрические характеристики ВЛ и чем они определяются?
7. В чём назначение опор?
8. Каковы типы опор, различающиеся по функциональному назначению?
9. Какие преимущества и недостатки деревянных, железобетонных и
10. металлических опор?
11. Какие материалы применяются для изготовления проводов и грозозащитных тросов?
12. Какие преимущества и недостатки алюминиевых, медных и сталеалюминиевых проводов?
13. Какова основная арматура ВЛ? Каково её назначение?
14. Какова конструкция линии с изолированными проводами?

15. Какие преимущества линий с изолированными проводами?
16. Какие линии называются компактными?
17. В чём преимущество компактных линий перед ВЛ традиционного
18. исполнения?
19. В каких случаях применяются кабельные линии?
20. Какие способы прокладки кабелей?
21. Какие преимущества и недостатки кабельных линий по сравнению
22. с воздушными?
23. Какими условиями определяется выбор способа прокладки кабеля?

Раздел II. Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы.

Тема 5. Схемы замещения линий электропередачи.

Вопросы к 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
5. кабельных линий?
6. Почему для линий одного исполнения и класса напряжения индуктивные сопротивления практически одинаковые, незначительно зависящие
7. от сечения проводов и жил фаз?
8. Какие значения сопротивлений характерны для ЛЭП различных напряжений?
9. Как определить удельные (на 1 км) активное и индуктивное сопротивление ВЛ, не используя справочников?
- 10.8. Какой характер имеют графики зависимостей сопротивлений от площади сечения провода?
11. Чем обусловлена ёмкостная проводимость ЛЭП?
12. Как зависит ёмкостная проводимость от сечения проводов и конструкции фаз ВЛ?
13. Почему у ВЛ традиционного исполнения индуктивное сопротивление на 1 км значительно больше, чем у кабельных ЛЭП?
14. С помощью каких изменений конструкции фаз и опор можно
15. уменьшить индуктивное сопротивление ВЛ?
16. Зачем выполняют транспозицию (перестановку) фазных проводов?
17. В чём заключается явление коронирования?
18. Какие условия необходимы для возникновения коронного разряда?

19. Почему потери мощности на коронирование резко возрастают при
20. плохой погоде?

Тема 6. Схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов.

Вопросы к теме:

1. Каково назначение повышающих и понижающих трансформаторов?
2. Для чего в электроэнергетических системах осуществляется транс-
3. формация электрического напряжения?
4. Какие условные изображения имеют двух-, трёхобмоточные силовые трансформаторы и автотрансформатор?
5. Как при изображении указываются схемы соединений обмоток?
6. Какие схемы соединений имеют одно- и трёхфазный двухобмоточные трансформаторы?
7. Электрические сети каких номинальных напряжений могут связывать трансформаторы с соединением обмотки фаз повышающего трансформатора по схеме треугольник-звезда с нулём (Δ / Y -о) и понижающего трансформатора по схеме звезда-звезда с нулём?
8. Как по обозначениям различить понижающий или повышающий
9. трансформатор?
10. Возможно ли изменение фазы (сдвига) вторичного напряжения при
11. трансформации?
12. Чем определяется возможность регулирования или изменения напряжения?
13. Что относится к паспортным (каталожным) данным двухобмоточных трансформаторов?
14. Какими схемами замещения моделируется двухобмоточный транс-
15. форматор?
16. Как в них учитывается магнитная связь обмоток?
17. Как в схемах замещения двухобмоточных трансформаторов показывается трансформация?
18. Чем отличается расчёт сопротивлений схемы замещения трёхфазного трансформатора от расчёта трёхфазной группы, состоящей из однофазных трансформаторов с расщеплёнными обмотками НН?
19. Как обозначаются типы силовых трансформаторов?
20. Как расшифровываются буквы в обозначениях типа трансформаторов и автотрансформаторов?
21. Какие способы охлаждения и регулирования напряжения применяются в трансформаторах?
22. Какой стандартный ряд номинальных мощностей трансформаторов?
23. Какие виды компенсирующих устройств применяют в электрических сетях и системах электроснабжения?
24. Каково назначение компенсирующих устройств?

25. За счёт чего установка компенсирующих устройств позволяет регулировать напряжение, снижать потери мощности и электроэнергии

Тема 7. Задание нагрузок при расчетах режимов электрических сетей и систем.

Вопросы к 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. Представление генераторов при расчетах установившихся режимов.

Вопросы к 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
3. допустим?
4. При анализе режимов каких сетей допустимо моделировать электрические нагрузки неизменным по величине током?
5. Чем обусловлена погрешность такой модели нагрузок?
6. Как определить значения неизменных сопротивлений и проводимостей, моделирующих электрические нагрузки?
7. Одинаковы ли эти значения при последовательном и параллельном включении сопротивлений?
8. Сформулируйте понятие «электрическая сеть» (ЭС). В чем назначение ЭС?
9. Какая основная задача расчета и анализа установившегося режима
10. (состояния электрического равновесия) устройств передачи электрической энергии?
11. Перечислите основные показатели режима, характеризующие электрическое состояние участка сети.
12. Как представляется электрическая сеть при расчете установившихся режимов? Какие данные необходимы для расчетов?
13. В чем причина нелинейности математического описания задачи расчета установившегося режима?
14. В чем отличие задачи расчета установившегося режима электрической сети от классической задачи расчета электрической цепи?
15. При каких условиях установившийся режим трехфазной электрической сети называется симметричным?
16. Запишите выражение полной мощности для трехфазной электрической цепи. Как вычислить активную и реактивную мощность одно- и трехфазной электроустановки?
17. Запишите выражение тока для фазы нагрузки трехфазной сети через фазное и межфазное напряжение. Какое допущение при этом используется?
18. Каково значение расчетов параметров установившихся электрических режимов, выполняемых вручную?

Раздел III. Режимы работы электроэнергетических сетей

Тема 9. Баланс мощности в электроэнергетической системе.

Вопросы к теме:

1. Какие известны показатели качества электрической энергии?
2. Каким показателем оценивается качество частоты?
3. Какими показателями оценивается качество напряжения?
4. Что понимают под отклонением напряжения и каковы причины его появления?
5. Как влияет отклонение напряжения на работу электроприемников?
6. Каковы верхние пределы допустимых отклонений напряжения в сетях 35 – 750 кВ?
7. Что понимают под колебанием напряжения, каковы причины его появления?
8. явления?
9. Как количественно оценивается колебание напряжения?
10. По каким причинам возникает несинусоидальность напряжения? Каковы отрицательные последствия ее появления?
11. Как количественно оценивается несинусоидальность напряжения?
12. Каковы причины появления несимметрии напряжений и отрицательные последствия ее появления?
13. Какими количественными показателями оценивается несимметрия напряжения?
14. Что понимают под провалом напряжения?
15. Как определить диапазон изменения мощности при регулировании
16. частоты?
17. Как влияет крутизна частотной характеристики элементов системы
18. на регулирование частоты?
19. Каковы возможные причины и последствия понижения частоты в энергосистеме?
20. Каковы особенности поведения станции при отсутствии резерва
21. мощности?
22. Каким образом классифицируют изменения частоты в энергосистеме?

Тема 10. Регулирование частоты и активной мощности. Компенсация реактивной мощности.

Вопросы к теме:

1. Запишите и поясните уравнение баланса активной мощности.

2. Какова величина потерь активной мощности в электрической сети?
3. Какова величина мощности собственных нужд электростанций?
4. Какова причина изменения частота в ЭЭС?
5. Каковы нормально и предельно допустимые отклонения частоты в ЭЭС?
6. Что такое статическое и астатическое регулирование частоты?
7. Какие коэффициенты статизма имеют реальные регуляторы частоты?
8. Что такое первичное и вторичное регулирование частоты?
9. Какие станции называются балансирующими по частоте?
10. Каков критерий оптимального распределения активной мощности между агрегатами электростанции?
11. Запишите и поясните уравнение баланса реактивной мощности.
12. Дайте характеристику составляющим уравнения баланса реактивной мощности.
13. Назовите источники реактивной мощности.
14. Какова величина потерь реактивной мощности в линиях?
15. Какова величина потерь реактивной мощности в трансформаторах?
16. Каковы причины лавины напряжения?
17. Дайте характеристики схемам включения конденсаторных батарей.
18. Поясните влияние компенсирующих устройств на потери активной мощности в электрической сети.

Раздел IV. Расчет установившихся режимов электрических сетей.

Тема 11. Расчет разомкнутой сети.

Вопросы к теме:

1. Какие параметры электрического режима связывают мощности и напряжения по концам электропередачи?
2. Как записать выражение тока звена по данным его передающего и приемного концов?
3. В каком случае ток звена будет определен точно?
4. Как записать выражение потерь мощности и падения напряжения на участке сети через ток и мощность по данным в начале и конце электропередачи?
5. Какие характерные случаи расчета режима электропередачи Вы знаете?
6. Когда расчет выполняется методом последовательных приближений?
7. В каком случае расчет завершается за один этап?
8. Из каких этапов состоит итерационный алгоритм расчета участка (звена) сети по заданной мощности приемного конца?

Тема 12. Расчет замкнутой сети.

Вопросы к теме:

1. Какие сети называются замкнутыми?
2. Какие виды замкнутых сетей Вы знаете?
3. В чём преимущество замкнутых сетей?
4. Что понимают под расчётной нагрузкой узла замкнутой сети?
В чём смысл использования расчётных нагрузок при анализе режимов замкнутых сетей?
6. Какое отличие в определении расчётной нагрузки для узлов генерации и потребления?
7. Почему возникает погрешность при анализе электрических режимов сети с расчётными нагрузками?
8. Как с помощью закона Ома определить распределение токов в параллельных ветвях?
9. Каким образом на основе распределения токов найти распределение потоков мощности в параллельных ветвях?
10. Почему в соответствующем выражении значения сопротивлений комплексно-сопряжённые величины?
11. Как можно уточнить потокораспределение с учётом потерь мощности?
12. Чем определяется выбор точного или приближённого алгоритма уточнения потокораспределения?
13. Как можно уточнить потоки мощности, примыкающие к точке потокопровода?
14. Как можно уточнить потоки мощности, примыкающие к точке потокопровода?

Раздел V. Регулирование напряжения в электрических сетях.

Тема 13. Регулирование напряжения на электростанциях.

Вопросы к теме:

1. Какие средства используют для регулирования напряжения в системообразующих и питающих сетях?
2. Как формируется задача регулирования напряжения в системообразующей сети?
3. Как записывается обобщенное контурное уравнение?
4. Как определяется ЭДС, создаваемая в замкнутом контуре трансформаторами?
5. Какие средства регулирования напряжения используют в распределительных сетях?
6. В чем заключается сущность регулирования напряжения изменением потоков реактивной мощности?
7. С помощью каких средств можно изменять потоки реактивной мощности в электрической сети?
8. По каким формулам определяется мощность компенсирующего устройства, необходимая для изменения напряжения до желаемого?

4. Как учитывается зависимость реактивной мощности батарей конденсаторов от подаваемого на нее напряжения при выборе ее номинальной мощности для регулирования напряжения?

Тема 14. Регулирование напряжения на подстанциях и распределительных сетях.

Вопросы к теме:

1. Каковы нормально допустимые и предельно допустимые значения отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии?
2. Каковы наибольшие и наименьшие рабочие напряжения электрических сетей и чем они обусловлены?
3. Дайте классификацию устройств регулирования напряжения.
4. Изобразите принципиальную схему трансформатора с ПБВ и РПН.
5. Поясните последовательность работы РПН.
6. В какой обмотке трансформатора устанавливается РПН?
7. Как выбирается требуемое регулировочное ответвление?
8. Что такое централизованное регулирование напряжения?
9. Сформулируйте требования к уровню напряжения в ЦП 6-20 кВ в режиме наибольшей и наименьшей нагрузки.
10. Какие средства местного регулирования напряжения применяются в распределительных сетях 6-20 кВ?
11. Сформулируйте основную цель регулирования напряжения в распределительных сетях 110-220 кВ.
12. Какая основная задача решается при регулировании напряжения в системообразующих сетях?

Раздел VI. Проектирование электрических сетей. Потери электроэнергии в электрических сетях.

Тема 15. Нагрузки, напряжения и схемы сетей. Выбор основного оборудования.

Вопросы к теме:

1. Каково содержание работ по проектированию развития электрических сетей?
2. Какой основной метод оценки электропотребления на перспективу?
3. Какие режимные коэффициенты вводятся при определении нагрузок подстанций и расчете потоков распределения электрической сети?
4. Приведите шкалу номинальных напряжений электрических сетей.
5. В каких случаях для электрических сетей используются номинальные напряжения 6, 10, 20, 35, 110, 220, 330 кВ и выше?

6. Какие две системы напряжений исторически сложились в нашей стране?
7. От каких факторов зависит напряжение линии электропередачи?
8. Назовите основные типы конфигураций электрических сетей.
9. Что такое нормированная экономическая плотность тока?
10. Как выполняется выбор сечений по экономической плотности тока?
11. Какова область применения метода экономической плотности тока?
12. Приведите шкалу номинальных сечений проводников.
13. Какие технические ограничения существуют при выборе сечений проводников?
14. Каковы минимальные сечения проводов ВЛ по условиям ограничения потерь на корону?
15. Какое дополнительное техническое ограничение принимается при выборе сечений проводников в сетях до 20 кВ?
16. Какие климатические режимы регламентируются для расчета провода на механическую прочность?
17. Какой метод положен в основу расчета проводов на механическую прочность?
18. Что такое удельная механическая нагрузка на провод?
19. Перечислить удельные нагрузки на провод?
20. В чем заключается задача расчета провода на прочность?
21. Записать уравнение состояния провода?
22. Каково физическое содержание уравнения состояния провода?
23. Пояснить термин «исходный режим»
24. Что такое стрела провеса провода?
25. Как выполняется расчет монтажных стрел провеса провода?
26. Записать выражение для расчета стрелы провеса провода.
27. От каких факторов зависит габарит ВЛ?
28. Записать условие проверки габарита ВЛ.
29. В каких режимах стрела провеса провода имеет наибольшее значение?
30. Назвать особенности механического расчета грозозащитного троса?
31. Какой принимается исходный режим при расчете грозозащитного троса?
32. Поясните термины «постоянные потери» и «переменные потери» электроэнергии
33. Назовите составляющие постоянных потерь
34. Что такое число использования наибольшей нагрузки?
35. Что такое число часов наибольших потерь мощности?
36. Как рассчитываются переменные потери энергии при проектировании электрических сетей.

Тема 16. Расчет потерь электроэнергии в электрических сетях.

Вопросы к теме:

1. Поясните термины «постоянные потери» и «переменные потери» электроэнергии.

2. Назовите составляющие постоянных потерь.
3. Что такое число часов использования наибольшей нагрузки?
4. Что такое число часов наибольших потерь мощности?
5. Как рассчитываются переменные потери энергии при проектировании электрических сетей?

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» применяются следующие образовательные технологии: развивающее обучение, проблемное обучение, коллективная система обучения, лекционно-зачетная система обучения. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация.

В процессе обучения широко применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций).

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 20 часов аудиторных занятий.

На семинарских занятиях студенты решают задачи, указанные преподавателем. В течение семестра проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ и ответов на коллоквиуме.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской. (ауд.1-8 на 27 мест)

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к коллоквиуму и контрольным работам;
- подготовки к семинарским занятиям;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание рефератов по проблемам дисциплины "Электроэнергетические системы и сети".

Задания для самостоятельной работы студентов:

1. Подготовить презентацию: Единая энергетическая система России.
2. Подготовить презентацию: Работа понижающих и повышающих подстанций.
3. Подготовить презентацию: Конструктивные особенности ЛЭП.
4. Подготовить презентацию Система обозначений и классификация электрических сетей.
5. Подготовить презентацию: Схемы электрических сетей.
6. Подготовить презентацию: Основные причины потерь электроэнергии в электроэнергетической системе и сетях.

Задачи для домашнего задания:

Задача 1. Определить удельные параметры воздушной и кабельной линий электропередачи напряжением 10 кВ, а также параметры схемы замещения этих линий при их длине 4 км. Воздушная линия выполнена проводами АС 50/8,0 при среднегеометрическом расстоянии между ними 1 м, кабельная линия - кабелем ААБ 3×50 при среднегеометрическом расстоянии между жилами кабеля 1,3 см. Максимальная мощность, передаваемая по воздушной линии, составляет 1000 кВ·А, по кабельной 1600 кВ·А.

Задача 2. Определить удельные параметры одноцепной воздушной линии 110 кВ с проводами марки АС 150/24, расположенными на П-образных деревянных опорах с расстоянием между проводами $D_{ab} = D_{bc} = D = 4\text{ м}$, и вычислить параметры схемы замещения двухцепной линии длиной 100 км.

Задача 3. Определить удельные параметры одноцепной воздушной линии 500 кВ, выполненной с расщеплением фазы на три провода марки АС 500/64 с расположением проводов фазы по вершинам равностороннего треугольника с расстоянием между проводами 40 см. Линия смонтирована на порталых металлических опорах с расстоянием между центрами расщепленных фаз по горизонтали 12 м.

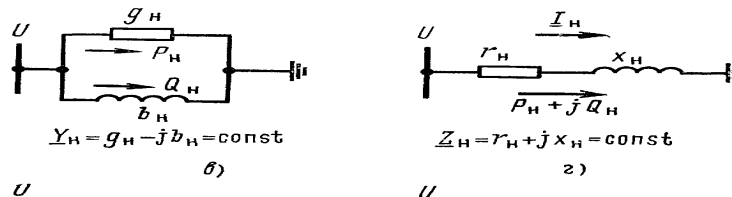
Задача 4. Нагрузка подстанции, приведенная к напряжению 110 кВ, составляет $S_n = P_n + jQ_n = 20 + j15\text{ МВ} \cdot \text{А}$. Построить статические нагрузки в именованных единицах, используя: а) типовые характеристики комплексной нагрузки; б) статические характеристики, представленные в виде полиномов второй степени

$$P_H(U) = 0,83 - 0,3U + 0,47U^2;$$

$$Q_{H110}(U) = 3,7 - 7U + 4,3U^2$$

В качестве исходного значения напряжения на нагрузке принять 115 кВ

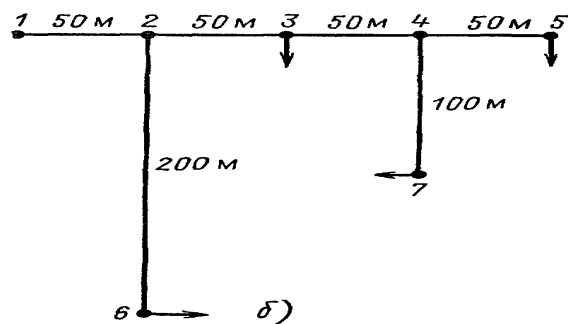
Задача 5. Расчетная нагрузка подстанции составляет $S_H = P_H + jQ_H = 20 + j15 \text{ МВ} \cdot \text{А}$. Представить эту нагрузку в схеме замещения постоянным полным сопротивлением, приведенным к напряжению $U=110 \text{ кВ}$. Расчет выполнить: 1) при последовательном соединении активного и индуктивного сопротивлений; 2) при параллельном соединении активного и индуктивного сопротивлений.



Задача 6. Определить наибольшую потерю напряжения в сети (рис.) и сопоставить ее с допустимой ($\Delta U_{\text{дон}} = 7\%$). Сеть имеет напряжение 380 В, выполнена алюминиевыми проводами. Линии сооружены на деревянных одностоечных опорах, провода крепятся на штыревых изоляторах и располагаются в вершинах равностороннего треугольника со стороной 600 мм. Длины участков приведены на схеме. Нагрузки и их коэффициенты мощности приведены на схеме. Нагрузки и их коэффициенты мощности имеют следующие значения:

Номер узла	3	5	6	7
Нагрузка, кВт.....	25	25	15	15
$\cos \varphi$	1	0,8	0,8	1

Магистраль 15 выполнена проводом одного сечения А 50 ($r_o = 0,63 \text{ Ом/км}$, $x_o = 0,325 \text{ Ом/км}$). Ответвление 26 – проводом А 16 ($r_o = 1,96 \text{ Ом/км}$, $x_o = 0,358 \text{ Ом/км}$), ответвление 47 – проводом А 25 ($r_o = 1,27 \text{ Ом/км}$, $x_o = 0,345 \text{ Ом/км}$)



7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОК-7 способность к самоорганизации и самообразованию		Знает: Основные понятия и законы электромагнитного поля. Умеет: самостоятельно анализировать научную литературу и осуществлять свою деятельность с учетом этого анализа	Устный опрос, письменный опрос
ОПК-3 способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей		Знает: основные физические явления и законы электротехники и методы анализа цепей постоянного и переменного тока. Умеет: применять методы математического анализа при решении инженерных задач.	Письменный опрос
ПК-2 способность обрабатывать результаты экспериментов		Владеет: инструментарием для решения математических и физических задач в своей предметной области.	Письменный опрос, круглый стол

ПК-4 Способность проводить обоснование проектных решений		Знает: схемы электро-энергетических систем и сетей, проблемы статической и динамической устойчивости, конструктивное выполнение воздушных и кабельных линий электропередачи Владеет: методами расчета параметров электроэнергетических устройств и электроустановок; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы, проектирования и конструирования электро-энергетического и электротехнического оборудования и систем. электроэнергетических сетей и систем электро-снабжения	Мини-конференция
--	--	---	-------------------------

7.2. Типовые контрольные задания

(Указываются темы эссе, рефератов, курсовых работ и др. Приводятся примерные тестовые задания, контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.)

Темы рефератов:

1. Характеристика систем распределения электрической энергии.
2. Принципы конструктивного исполнения линий электропередач.
3. Составление баланса активной мощности и выбор генераторов ТЭЦ.
4. Обоснование схемы и напряжения электрической сети.
5. Составление баланса реактивной мощности, размещение компенсирующих устройств.
6. Выбор и проверка сечений проводов линий электропередачи.
7. Выбор трансформаторов ТЭЦ и подстанций.
8. Приведение нагрузок узлов и мощности ТЭЦ к высшему напряжению
9. Расчет установившегося режима электрической сети
10. Регулирование напряжения в узлах нагрузки.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля:

МОДУЛЬ 1.

1. Почему необходимо передавать (транспортировать) электроэнергию?
2. Какие элементы входят в систему передачи и распределения электроэнергии?
3. Что общего в понятиях «электропередача и распределения электроэнергии»?
4. Чем отличаются понятия «система электроснабжения» и «электроэнергетическая система»?
5. Каким требованиям должна удовлетворять система передачи и распределения ЭЭ?
6. Каково назначение электрических сетей в энергосистемах и как их классифицируют?
7. Каково назначение и состав оборудования подстанций?
8. Какова роль трансформаторов?
9. Какова классификация линий электропередачи переменного тока?
10. Какие линии составляют системы передачи и распределения ЭЭ?
11. Для чего необходимы автоматические устройства на всех объектах систем передачи и распределения ЭЭ?
12. В чем условность разделения систем передачи и распределения ЭЭ по номинальному напряжению?
13. Какие возможны этапы развития системы передачи ЭЭ?
14. В чем преимущества и недостатки сложнзамкнутых систем передачи ЭЭ?
15. Какие сети составляют систему распределения ЭЭ?
16. Каково назначение и какими свойствами обладает система распределения ЭЭ?
17. По каким признакам классифицируются распределительные сети? Чем определяется их схемное построение?
18. В чем 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?
22. Что такое номинальное напряжение?
23. Каков номинальный ряд напряжений электрических сетей?
24. Какова классификация электрических сетей по напряжению, охвату территории, назначению?

25. Почему напряжение в узлах сети постоянного изменяется, а не остается постоянным?
26. Что делается для того, чтобы скомпенсировать падение напряжения в питаемой сети?
27. Что делается для того, чтобы скомпенсировать падение напряжения в питаемой сети?
28. Какие вы знаете режимы нейтралей электрической сети в зависимости от напряжения?
29. Схема сети до 1000 В с глухозаземленной нейтралью
30. Схема сети до 1000 В с изолированной нейтралью.
31. Схема сети с компенсированной нейтралью при малом токе замыкания на землю.
32. Насколько опасно замыкание на землю в низковольтных сетях с изолированной нейтралью? По какому пути потечет ток?
33. Как классифицируются линии электропередачи по конструктивному исполнению?
34. Какими факторами определяются выбор типа ЛЭП?
35. Каким требованиям должны удовлетворять материалы и конструкции ВЛ?
36. Из каких основных конструктивных элементов состоит ВЛ?
37. Каковы основные геометрические характеристики ВЛ и чем они определяются?
38. В чем назначение опор?
39. Каковы типы опор, различающиеся по функциональному назначению?
40. Какие преимущества и недостатки деревянных, железобетонных и металлических опор?
41. Какие материалы применяются для изготовления проводов и грозозащитных тросов?
42. Какие преимущества и недостатки алюминиевых, медных и грозозащитных тросов?
43. Какие типы изоляторов используются на воздушных линиях?
44. Какова основная арматура ВЛ? Каково ее назначение?
45. Какова конструкция линии с изолированными проводами и их преимущества?
46. Какие линии называются компактными и их преимущества?
47. в каких случаях применяются кабельные линии?
48. Какие способы прокладки кабелей и какими условиями определяется выбор способа прокладки кабеля?
49. Чем конструктивно отличаются кабели 10 кВ и 110 кВ, какие применяются типы кабельных муфт?

МОДУЛЬ 2.

1. Для каких целей используются 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. Чем обусловлена емкостная проводимость ЛЭП?
8. Как зависит емкостная проводимость от сечения проводов и конструкций фаз ВЛ?
9. Почему у ВЛ традиционного исполнения индуктивное сопротивление на 1 км значительно больше, чем у кабельных ЛЭП?
10. С помощью каких изменений конструкции фаз и опор можно уменьшить индуктивное сопротивление ВЛ?
11. В чем заключается явление коронирования?
12. Какие меры принимают для снижения потерь на корону при проектировании и эксплуатации ВЛ?
13. От чего зависит активная проводимость кабельных линий?
14. Чем определяется качество изоляции линий?
15. Почему индуктивные сопротивления и емкостные токи воздушных и кабельных линий различны?
16. Почему ЛЭП являются источниками зарядной (емкостной) мощности?
17. Как зависит зарядная мощность от конструкции и номинального напряжения линии?
18. Как по параметрам схем замещения ВЛ местных и районных сетей определить протяженность линий?
19. Как определить протяженность линии, зная суммарную емкостную (зарядную) мощность ВЛ?
20. Каковы средние значения погонных реактивных параметров ВЛ с нерасщепленной фазой?
21. Что является главной изоляцией воздушных и кабельных линий?
22. Для чего применяют расщепление фаз ВЛ?
23. На какое число проводов расщепляют фазы ВЛ 330-1150 кВ?
24. Чем определяется величина эквивалентного радиуса расщепленной фазы?
25. Чем характеризуется пропускная способность ЛЭП? Как на нее влияют параметры линий?
26. Как изменятся волновое сопротивление и натуральная мощность при увеличении числа и сечения проводов?

27. По каким внешним признакам можно определить номинальное напряжение ВЛ?
28. Какие схемы замещения ЛЭП именуются расчетными?
29. Назовите элементы трехфазной ЛЭП, которые учитываются в схеме замещения параметрами одной или трех фаз?
30. При каких длинах ВЛ и КЛ возможен отказ от учета распределенности параметров одной или трех фаз?
31. Чем определяется отличие погонных параметров ВЛ и КЛ?
32. В чем отличие схем замещения ЛЭП постоянного и переменного тока?
33. Почему линии постоянного тока обладают повышенной пропускной способностью?
34. Каково назначение повышающих и понижающих трансформаторов?
35. Для чего в электроэнергетических системах осуществляется трансформация электрического напряжения?
36. Какие условные изображения имеют двух-, трехобмоточные силовые трансформаторы и автотрансформатор?
37. Какие схемы соединений имеют одно- и трехфазный двухобмоточные трансформаторы?
38. Электрические сети каких номинальных напряжений могут связывать трансформаторы с соединением обмотки фаз повышающего трансформатора по схеме треугольника-звезда с нулем ($\Delta/Y-o$) и понижающего трансформатора по схеме звезда-звезда с нулем?
39. Как по обозначениям различать понижающий или повышающий трансформатор?
40. Чем определяется возможность регулирования или изменения напряжения?
41. Что относится к паспортным (каталожным) данным двухобмоточных трансформаторов?
42. В чем заключается опыт короткого замыкания? Какие паспортные данные определяются из этого опыта?
43. Чем отличаются паспортные данные однофазных и трехфазных трансформаторов?
44. Каковы соотношения между активными и реактивными сопротивлениями и проводимостями для трансформаторов небольшой мощности и крупных трансформаторов?
45. Когда целесообразно применение двухобмоточных трансформаторов с расщепленной обмоткой низшего напряжения (НН)?
46. Устройство и принцип действия автотрансформаторов.
47. Сети каких номинальных напряжений могут соединять трансформаторы с расщепленной обмоткой НН?.
48. Как обозначаются типы силовых трансформаторов?
49. Какие способы охлаждения и регулирования напряжения применяются в трансформаторах?

50. Какие виды компенсирующих устройств применяют в электрических сетях и системах электроснабжения и каково их назначение?
51. За счет установки компенсирующих устройств позволяет регулировать напряжение, снижать потери мощности и электроэнергии?
52. Каково назначение синхронных компенсаторов в электроэнергетических системах?
53. Устройство и принцип статического тиристорного компенсатора.

МОДУЛЬ 3

1. Запишите и поясните уравнение баланса активной мощности
2. Какова величина потерь активной мощности в электрической сети?
3. Какова величина мощности собственных нужд электростанций?
4. Какова причина изменения частоты в ЭЭС?
5. Каковы нормально и предельно допустимые отклонения частоты в ЭЭС?
6. Что такое статическое и астатическое регулирование частоты?
7. Какие коэффициенты статизма имеют реальные регуляторы частоты?
8. Что такое первичное и вторичное регулирование частоты?
9. Какие станции называются балансирующими по частоте?
10. Каков критерий оптимального распределения активной мощности между агрегатами электростанций?
11. Запишите и поясните уравнение баланса реактивной мощности
12. Дайте характеристику составляющим уравнения баланса реактивной мощности.
13. Назовите источники реактивной мощности.
14. Какова величина потерь реактивной мощности в трансформаторах?
15. Какова причина лавины напряжения?
16. Дайте характеристики схемам включения конденсаторных батарей.
17. Поясните назначение шунтирующих реакторов.
18. Дайте характеристику различным видам компенсирующих устройств.
19. Поясните влияние компенсирующих устройств на потери активной мощности в электрической сети
- 20..

МОДУЛЬ 4.

1. Какие параметры электрического режима связывают мощности и напряжения по концам электропередачи?
2. Как записать выражение тока звена по данным его передающего и приемного концов?

3. В каком случае ток звена будет определен точно?
4. Как записать выражение потерь мощности и падения напряжения на участке сети через ток и мощность по данным в начале и конце электропередачи?
5. Какие характерные случаи расчета режима электропередачи вы знаете?
6. Когда расчет выполняется методом последовательных приближений??
7. В чем заключается точный (прямой) алгоритм расчета электрического режима участка сети?
8. Каким нелинейным уравнением связаны напряжения и мощности по концам электропередачи?
9. Как с помощью векторных диаграмм можно охарактеризовать связь напряжений и мощностей приемного и передающего конца электропередачи?
10. Поясните понятие сложноразомкнутая электрическая сеть
11. Какой метод используется для расчета установившихся режимов электрических сетей любой сложности?
12. Что такое балансирующий по току узел
13. Что такое базисный узел по напряжению?
14. Как определяется взаимная проводимость ветви?
15. Как определяется собственная проводимость узла?
16. Запишите систему уравнений узловых напряжений для трехузловой сети.
17. При каком представлении активных элементов система уравнений узловых напряжений является нелинейной?
18. Назовите основные методы решения систем уравнений узловых напряжений.
19. В чем проявляется влияние активной и емкостной проводимостей ЛЭП на потери мощности и напряжение?
20. Когда возникает режим холостого хода и в чем его особенность для протяженных линий?
21. Как получить зависимость превышения напряжения в режиме холостого хода от ее протяженности?
22. Какие электрические сети называются разомкнутыми?
23. Чем определяется рабочий (установившийся) режим электрической сети и какие исходные данные необходимы для выполнения расчета установившегося режима сети?
24. Как влияют данные о нагрузке и напряжениях в узлах на последовательность расчета режима разомкнутой сети?
25. Как определить КПД линии электропередач при задании нагрузки в ее начале и конце?

МОДУЛЬ 5.

1. Каковы нормально допустимые и предельно допустимые значения отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии?
2. Каковы наибольшие и наименьшие рабочие напряжения электрических сетей и чем они обусловлены?
3. Дайте классификацию устройств регулирования напряжения.
4. Изобразите принципиальную схему трансформатора с ПБВ и РПН.
5. Поясните последовательность работы РПН?
6. В какой обмотке трансформатора устанавливается РПН?
7. Как выбирается требуемое регулировочное ответвление?
8. Что такое централизованное регулирование напряжения?
9. Сформулируйте требования к уровню напряжения в ЦП 6-20 кВ в режиме наибольшей и наименьшей нагрузки.
10. Какие средства местного регулирования напряжения применяются в распределительных сетях 6-20 кВ?
11. Сформулируйте основную цепь регулирования напряжения в распределительных сетях 110-220 кВ.
12. Какая основная задача решается при регулировании напряжения в системообразующих сетях?

МОДУЛЬ 6.

37. Каково содержание работ по проектированию развития электрических сетей?
38. Какой основной метод оценки электропотребления на перспективу?
39. Какие режимные коэффициенты вводятся при определении нагрузок подстанций и расчете потокораспределения электрической сети?
40. Приведите шкалу номинальных напряжений электрических сетей.
41. В каких случаях для электрических сетей используются номинальные напряжения 6, 10, 20, 35, 110, 220, 330 кВ и выше?
42. Какие две системы напряжений исторически сложились в нашей стране?
43. От каких факторов зависит напряжение линии электропередачи?
44. Назовите основные типы конфигураций электрических сетей.
45. Что такое нормированная экономическая плотность тока?
46. Как выполняется выбор сечений по экономической плотности тока?
47. Какова область применения метода экономической плотности тока?
48. Приведите шкалу номинальных сечений проводников.
49. Какие технические ограничения существуют при выборе сечений проводников?
50. Каковы минимальные сечения проводов ВЛ по условиям ограничения потерь на корону?
51. Какое дополнительное техническое ограничение принимается при выборе сечений проводников в сетях до 20 кВ?
52. Какие климатические режимы регламентируются для расчета провода на механическую прочность?

53. Какой метод положен в основу расчета проводов на механическую прочность?
54. Что такое удельная механическая нагрузка на провод?
55. Перечислить удельные нагрузки на провод?
56. В чем заключается задача расчета провода на прочность?
57. Записать уравнение состояния провода?
58. Каково физическое содержание уравнения состояния провода?
59. Пояснить термин «исходный режим»
60. Что такое стрела провеса провода?
61. Как выполняется расчет монтажных стрел провеса провода?
62. Записать выражение для расчета стрелы провеса провода.
63. От каких факторов зависит габарит ВЛ?
64. Записать условие проверки габарита ВЛ.
65. В каких режимах стрела провеса провода имеет наибольшее значение?
66. Назвать особенности механического расчета грозозащитного троса?
67. Какой принимается исходный режим при расчете грозозащитного троса?
68. Поясните термины «постоянные потери» и «переменные потери» электроэнергии
69. Назовите составляющие постоянных потерь
70. Что такое число использования наибольшей нагрузки?
71. Что такое число часов наибольших потерь мощности?
72. Как рассчитываются переменные потери энергии при проектировании электрических сетей.

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их

в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствует-ся механическое заучивание материала.

- **50 баллов**– в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъясне-нии материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в би-лете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из те-кущего контроля - 70% и промежуточного контроля - 30%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 15 баллов,

- участие на практических занятиях - 25 баллов,

- выполнение лабораторных заданий - баллов,

- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 30 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 30 баллов,

- письменная контрольная работа - 30 баллов,

- тестирование - баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходи-мой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Ананичева С.С. Анализ электроэнергетических сетей и систем в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.С. Ананичева, С.Н. Шелюг. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 176 с. — 978-5-7996-1784-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65910.html> (дата обращения: 20.02.2018)
2. Ковалев И.Н. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : учебник / И.Н. Ковалев. — Электрон. текстовые данные. — М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. — 364 с. — 978-5-89035-813-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45349.html> (дата обращения: 20.02.2018)
3. Проектирование электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Н. Антонов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. — 104 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47343.html> (дата обращения: 20.02.2018)
4. Алиев, И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию [Текст]: [учеб. пособие для вузов] / Алиев, Исмаил Ибрагимович. - 5-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2007. - 255 с.

б) дополнительная литература:

1. Кобелев А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печагин. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 80 с. — 978-5-8265-1411-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64564.html> (дата обращения: 13.09.2018)
2. Лагута С.А. Оборудование электростанций и сетей. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : пособие / С.А. Лагута. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015. — 84 с. — 978-985-503-442-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67671.html> (дата обращения: 20.02.2018)
3. Афонин В.В. Электрические станции и подстанции. Часть 1. Электрические станции и подстанции [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Афонин, К.А. Набатов. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 90 с. — 978-5-8265-1387-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64621.html> (дата обращения: 13.09.2018)
4. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Е. Немировский. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2018. — 148 с. — 978-5-9729-0207-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78246.html> (дата обращения: 13.09.2018)

5. Долгов А.П. Устойчивость электрических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.П. Долгов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 177 с. — 978-5-7782-1320-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45182.html> (дата обращения: 13.09.2018)
6. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76066.html> (дата обращения: 13.09.2018)
7. Левин В.М. Диагностика и эксплуатация оборудования электрических сетей. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Левин. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 116 с. — 978-5-7782-1597-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45084.html> (дата обращения: 13.09.2018)
8. Воронцова О.А. Основы механического расчета опор воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / О.А. Воронцова, Т.В. Дружинина, А.А. Мироненко. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 60 с. — 978-5-7996-1398-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66182.html> (дата обращения: 13.09.2018)
9. Правила безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ РД 153-34.3-03.285-2002 [Электронный ресурс] / . — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013. — 128 с. — 978-5-98908-119-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22713.html> (дата обращения: 13.09.2018)
10. Филиппова Т.А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебник / Т.А. Филиппова. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 294 с. — 978-5-7782-2517-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45211.html> (дата обращения: 13.09.2018)
11. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений [Текст]: [учеб. для студентов строит. специальностей вузов с заоч. формой обучения] / [авт.: Ю.П.Соснин и др.]; под ред. Ю.П.Соснина. - Изд. 3-е, испр. - М. : Высш. шк., 2009. - 414 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. eLIBRARY.RU[Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. — Москва, 1999 – . Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 01.09.2018). – Яз. рус., англ.

2. Moodle[Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/> (датаобращения: 22.09.2018).
3. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 21.09.2018).
4. ЭБС IPRbooks:<http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен).
5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг (доступ продлен до сентября 2019 года).
6. **Springer.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP, подписанный Министерством образования и науки, предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанному ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок.
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
- 8.Справочные материалы по проводам и кабелям <http://www.ruscable.ru/>
- 9.Справочные материалы по трансформаторам <http://leg.co.ua/info/transformatory/>
- 10.Электронная библиотека <http://www.twirpx.com/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы. Методические указания не должны подменять учебную литературу, а должны мотивировать студента к самостоятельной работе.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе «Учебно-методическое обеспечение. Литература»

Лекционный курс. Лекция является основной формой обучения в ВУЗе. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов.

В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования студент делает необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, своими словами, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять

сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения дисциплины особое значение имеют изображения схем работы различных устройств, поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все изображения схем, сделанные преподавателем на доске. Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях, и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю.

Студенту необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести правки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий, подготовке к семинарским занятиям.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Федеральный центр образовательного законодательства.
<http://www.lexed.ru>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
4. База данных электронных библиотечных ресурсов Elsevier
<http://elsevierscience.ru>
5. Информационные ресурсы издательства Springer
<http://www.springerlink.com/journals>
6. Библиотека Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) <http://rffi.molnet.ru/rffi/ru/lib>
7. Электронные источники научно-технической информации некоммерческого партнерства «Национальный электронно-информационный консорциум» <http://www.neicon.ru>
8. Ресурсы Университетской информационной системы Россия (УИС Россия) <http://uisrussia.msu.ru>
9. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (ИС «Единое окно») <http://window.edu.ru>

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской. (Ауд. 1-8 на 27 мест)

Подготовлены презентации, охватывающие весь курс «*Электроэнергетические системы и сети*»; видеоролики по отдельным разделам: «Единая энергетическая система», «План ГОЭЛРО».

Модель «Энергетической системы» представлена в лаборатории
«Энергоэффективности и энергосбережения»