

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины - формирование знаний у обучающихся о физике процессов, протекающих в электроэнергетических системах и сетях при передаче и распределении электроэнергии, о конструкции и законах построения электроэнергетических систем и управления их режимами, об обеспечении качества, надежности и экономичности режимов работы ЭЭС.

Задачи дисциплины:

- изучение конструкции электроэнергетических сетей и систем для передачи электрической энергии;
- изучение параметров схем замещения электроэнергетических систем и сетей;
- приобретение навыков расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей;
- приобретение навыков и представлений о требованиях к улучшению режимов функционирования электрических сетей и об условиях оптимального управления.

2. Место дисциплины/модуля в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» относится к дисциплинам части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание

- режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, их характеристики, способы подключения к электрическим сетям;
- методы расчета, анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока;
- факторы, влияющие на конструкционную и электрическую прочность материалов; умения
- подключать, производить выбор электрических машин и трансформаторов;
- применять основы теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами к описанию режимов работы электрических машин, аппаратов, электрических цепей;
- моделировать линейные и нелинейные цепей постоянного и переменного тока;
- выполнять выбор конструкционных материалов по заданным техническим условиям; владение
- методами расчета линейных и нелинейных электрических цепей;
- навыками расчетов на прочность простых конструкций;
- навыками анализа состояния и свойств электротехнических материалов по результатам электрических и магнитных исследований.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин Теоретические основы электротехники, Электротехнические и конструкционные материалы, Электрические машины.

3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикаторов достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ПКС-1 Способен участвовать в	ПКС-1.1. Выполняет сбор и анализ данных для	Знать (31): тенденции развития современных электроэнергетических сетей и систем для передачи электрической энергии; алгоритмы

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикаторов достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
проектировании объектов профессиональной деятельности	проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений	проектирования электроэнергетических систем и сетей; экономические критерии выбора вариантов электроэнергетических систем и сетей
		Уметь (У1): анализировать данные и разрабатывать основные схемы электроэнергетических систем и сетей; выбирать оптимальные варианты структурных схем сетей
		Владеть (В1): навыками расчетов по определению параметров электроэнергетических систем и сетей; навыками решения проектирования типовых и нетиповых элементов электроэнергетических систем и сетей
	ПКС-1.4. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации	Знать (З2): методы регулирования напряжения, компенсации реактивной мощности в электрических сетях; принципы передачи и распределения электроэнергии; основу конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи; методы расчета режимов работы электроэнергетических систем и сетей
		Уметь(У2): выбирать основные направления развития существующих электроэнергетических систем и сетей; проводить анализ и оценивать режимы работы электроэнергетических систем и сетей и заданные параметры процесса производства, передачи, распределения, трансформации электрической энергии; оптимизировать режимы работы электроэнергетических систем и сетей
	Владеть (В2): методами, обеспечивающими эффективные режимы технологического процесса производства, передачи, распределения, трансформации электрической энергии; навыками монтажа, наладки, ремонта и эксплуатации электрооборудования электроэнергетических систем и сетей	
ПКС-2 Способен участвовать в эксплуатации систем электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объектов	ПКС-2.2. Демонстрирует знания организации технического обслуживания и ремонта электрооборудования систем электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объектов	Знать (З3): электрические и электронные аппараты, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем; конструкции распределительных устройств разных типов; перспективные принципы выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи с использованием достижений электроэнергетики; методы и стандарты составления заявок на оборудование и запасные части и подготовки технической документации на ремонт
		Уметь (У3): применять, эксплуатировать электрические и электронные аппараты; применять методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока, анализа электромагнитных и тепловых процессов в различных электрических и электронных аппаратах; осуществлять выбор и элементов оборудования воздушных и кабельных ЛЭП; решать задачи моделирования силовых

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикаторов достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
		электронных устройств; составлять заявки на оборудование и запасные части и подготавливать техническую документацию на ремонт
		Владеть (В3): методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы электрических и электронных аппаратов; навыками проектирования и эксплуатации электрической части электростанций и подстанций, а также исследований физических процессов, происходящих в электрооборудовании; навыками проектирования воздушных и кабельных ЛЭП; навыками составления заявок на оборудование и запасные части и подготовки технической документации на ремонт
	ПКС-2.3. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач эксплуатации и проектирования	Знать (З4): конструктивное исполнение воздушных линий, кабельных линий, осветительных установок, проводок
		Уметь (У4): ориентироваться в вопросах эксплуатации электротехнических установок
		Владеть (В4): навыками ремонта электрооборудования

4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
очная	3/5	18	18	18	54	Зачет
заочная	3/5	6	6	6	90	Зачет

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины.

Очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, ак.ч.			СРС, ак.ч.	Всего, ак.ч.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях	2	-	-	4	6	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Устный опрос
2	2	Схемы замещения элементов электроэнергетических систем и электрических сетей и их параметры	4	4	-	10	18	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Решение задач, Устный опрос

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, ак.ч.			СРС, ак.ч.	Всего, ак.ч.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
3	3	Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации	4	6	6	10	26	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Отчеты по ЛР, Решение задач, Устный опрос
4	4	Балансы мощностей в электроэнергетической системе	2	2	-	10	14	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Устный опрос
5	5	Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе	2	2	6	10	20	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Отчеты по ЛР, Решение задач, Устный опрос
6	6	Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем	4	4	6	10	24	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Отчеты по ЛР, Решение задач, Устный опрос
Итого:			18	18	18	54	108		

Заочная форма обучения (ЗФО)

Таблица 5.1.2

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, ак.ч.			СРС, ак.ч.	Всего, ак.ч.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях	1	-	-	10	11	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Устный опрос
2	2	Схемы замещения элементов электроэнергетических систем и электрических сетей и их параметры	1	2	-	12	15	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Устный опрос
3	3	Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации	1	2	2	22	27	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Отчеты по ЛР, Устный опрос
4	4	Балансы мощностей в электроэнергетической системе	1	-	-	12	13	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Отчеты по ЛР, Устный опрос
5	5	Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе	1	-	-	12	13	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Отчеты по ЛР, Устный опрос
6	6	Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем	1	2	4	18	25	ПКС-1.1 ПКС-1.4 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Отчеты по ЛР, Устный опрос
7	Зачет		-	-	-	4	4		Контрольная работа,

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, ак.ч.			СРС, ак.ч.	Всего, ак.ч.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
									итоговый тест
Итого:			6	6	6	86	108		

Очно-заочная форма обучения (ОЗФО) - не предусмотрена.

5.2. Содержание дисциплины.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

Раздел 1. *«Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях. Основные понятия и определения».* Исторический обзор развития электрических сетей в России, современное состояние и перспективы дальнейшего развития. Преимущества объединенных электроэнергетических систем. Классификация электрических сетей. Номинальные напряжения электрических сетей. Требования, предъявляемые к электрическим сетям при их проектировании, сооружении и эксплуатации. Рабочие режимы работы электрических сетей. Задачи, решаемые при расчетах режимов электрических сетей.

Основные элементы электроэнергетических систем: генераторы, линии электропередачи, трансформаторы и автотрансформаторы, узлы комплексных нагрузок.

Основные сведения о конструкции воздушных линий. Конструктивные элементы воздушных линий: провода и тросы, изоляторы, линейная арматура, опоры и основания.

Основные сведения о конструкциях кабельных электрических линий. Конструкции силовых кабелей.

Раздел 2. *«Схемы замещения элементов электроэнергетических систем и электрических сетей и их параметры».* Полные и упрощенные схемы замещения электрических линий и их параметры. Активные и индуктивные сопротивления и проводимости линий. Зарядные мощности линий. Используемые сечения проводов. Транспозиция фаз. Расщепление проводов фаз линий.

Полные и упрощенные схемы замещения трансформаторов (автотрансформаторов) и их параметры. Активные и индуктивные сопротивления и проводимости трансформаторов (автотрансформаторов).

Понятие комплексной нагрузки. Характеристики графиков нагрузки. Статические характеристики нагрузок потребителей. Задание нагрузок при расчетах режимов электрических сетей.

Раздел 3. *«Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации».* Построение схемы замещения электрической сети. Подготовка схемы замещения электрической сети к расчету режима. Расчетные схемы электрических сетей.

Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием векторных диаграмм напряжений и токов и П-образной схемы замещения в случае, когда нагрузка задана током. Анализ различных режимов работы электрической линии. Влияние емкостных токов на режимные параметры. Аналитическая зависимость между напряжениями начала и конца линии. Понятие потери и падения напряжения. Допущения, используемые при расчете сетей 110 кВ.

Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием П-образной схемы замещения в случае, когда нагрузка задана мощностью. Четыре возможных случая постановки задачи расчета

режима (по данным начала, по данным конца передачи, итерационным методом «в 2 этапа»). Допущения, используемые при расчете сетей 110 кВ.

Расчет магистральных и разветвленных сетей. Совместный расчет сетей двух номинальных напряжений. Расчет электрических сетей с учетом статических характеристик нагрузок Метод систематизированного подбора. Расчет режимов замкнутых сетей. Понятие точки потокораздела. Особенности послеаварийных режимов. Краткие сведения об электрическом расчете сложных замкнутых электрических сетей. Расчет режимов сетей напряжением до 35 кВ. Особенности расчета режимов. Расчет режимов работы электрических сетей с двумя источниками питания. Анализ результатов расчета основных режимов работы электрических сетей. Современные программные комплексы по расчету режимов электроэнергетических систем.

Раздел 4. «Балансы мощностей в электроэнергетической системе». Баланс активной мощности в электроэнергетической системе и его связь с частотой.

Баланс реактивной мощности в электроэнергетической системе и его связь с напряжением. Потребители реактивной мощности. Источники реактивной мощности в электроэнергетических системах, их технические и экономические характеристики. Выработка реактивной мощности генераторами электростанций. Компенсация реактивной мощности.

Раздел 5. «Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе. Основы регулирования напряжения. Способы и технические средства регулирования напряжения. Регулирующие устройства в электрических сетях. Особенности регулирования напряжения в системообразующих сетях и сетях низших напряжений. Основы регулирования частоты. Задачи, допустимые отклонения частоты, регулировочные характеристики генераторов, методы регулирования частоты.

Раздел 6 «Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем». Основные сведения о характере потерь мощности и электроэнергии в различных элементах электрических сетей. Виды потерь мощности. Определение потерь мощности и электроэнергии в электрических линиях и трансформаторах (автотрансформаторах) с помощью графиков нагрузки и с использованием времени максимальных потерь. Мероприятия по снижению потерь мощности и электроэнергии.

5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, ак.ч.		Тема лекции
		ОФО	ЗФО	
1	1	0,5	0,2	Исторический обзор развития электрических сетей в России, современное состояние и перспективы дальнейшего развития.
		0,5	0,3	Классификация электрических сетей. Основные элементы электроэнергетических систем.
		0,5	0,2	Основные сведения о конструкции воздушных линий. Конструктивные элементы воздушных линий.
		0,5	0,3	Основные сведения о конструкциях кабельных электрических линий. Конструкции силовых кабелей.
2	2	2	0,5	Схемы замещения электрических линий и их параметры. Активные и индуктивные сопротивления и проводимости линий.
		1	0,3	Схемы замещения трансформаторов (автотрансформаторов) и их параметры.
		1	0,2	Понятие комплексной нагрузки. Характеристики графиков нагрузки. Статические характеристики нагрузок потребителей.

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, ак.ч.		Тема лекции
		ОФО	ЗФО	
3	3	1	0,25	Построение схемы замещения электрической сети. Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием векторных диаграмм напряжений и токов.
		1	0,25	Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием П-образной схемы замещения
		1	0,25	Расчет магистральных и разветвленных сетей. Совместный расчет сетей двух номинальных напряжений.
		1	0,25	Расчет режимов сетей напряжением до 35 кВ. Современные программные комплексы по расчету режимов электроэнергетических систем.
4	4	1	0,5	Баланс активной мощности в электроэнергетической системе и его связь с частотой. Баланс реактивной мощности в электроэнергетической системе и его связь с напряжением.
		1	0,5	Потребители реактивной мощности. Источники реактивной мощности в электроэнергетических системах, их технические и экономические характеристики.
5	5	1	0,5	Основы регулирования напряжения. Способы и технические средства регулирования напряжения. Регулирующие устройства в электрических сетях.
		1	0,5	Особенности регулирования напряжения в системообразующих сетях и сетях низших напряжений.
6	6	2	0,5	Основные сведения о характере потерь мощности и электроэнергии в различных элементах электрических сетей. Виды потерь мощности.
		2	0,5	Определение потерь мощности и электроэнергии в электрических линиях и трансформаторах (автотрансформаторах) с помощью графиков нагрузки и с использованием времени максимальных потерь.
Итого:		18	6	

Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, ак.ч.		Наименование практической работы
		ОФО	ЗФО	
1	2	2	1	Определение параметров схем замещения линий электропередачи
		2	1	Определение параметров схем замещения трансформаторов
2	3	2	1	Расчет разомкнутой распределительной сети
		2	1	Расчет разомкнутой питающей сети
		2	-	Расчет разомкнутой питающей сети с разными номинальными напряжениями
3	4	2	-	Расчет балансов мощностей в электроэнергетической системе
4	5	2	-	Расчет отпаек РПН
4	6	4	2	Определение потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем
Итого:		18	6	

Лабораторные работы

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, ак.ч.		Наименование лабораторной работы
		ОФО	ЗФО	
1	3	3	1	Расчет параметров установившегося режима в радиальной сети
		3	1	Расчет параметров установившегося режима в радиально-магистральной сети
2	5	2	-	Определение оптимального РПН на трансформаторах ГПП
		2	-	Определение оптимального числа и мощности КУ в сети 6-10 кВ

		2	-	Расчет параметров установившегося режима с учетом регулировки РПН и установки КУ в сетях
3	4	6	4	Оценка потерь мощности и энергии в электрических сетях различных конфигураций
Итого:		18	6	

Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, ак.ч.		Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО		
1	1	4	10	Конструктивные элементы воздушных линий: провода и тросы, изоляторы, линейная арматура, опоры и основания. Конструкция силовых кабелей.	Устный опрос
2	2	10	12	Полные и упрощенные схемы замещения электрических линий и их параметры. Полные и упрощенные схемы замещения трансформаторов (автотрансформаторов) и их параметры.	Решение задач, Устный опрос
3	3	10	22	Расчет разомкнутой распределительной сети. Расчет разомкнутой питающей сети. Расчет разомкнутой питающей сети с разными номинальными напряжениями. Расчет сети с двусторонним питанием.	Отчеты по ЛР, Решение задач, Устный опрос
4	4	10	12	Балансы мощностей в электроэнергетической системе	Устный опрос
5	5	10	12	Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе	Отчеты по ЛР, Решение задач, Устный опрос
6	6	10	18	Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем	Отчеты по ЛР, Решение задач, Устный опрос
7		-	4		Подготовка к зачету
Итого:		54	90		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- визуализация учебного материала на платформе Открытого образования ТИУ, MOOK (лекционные занятия, самостоятельная работа);
- работа в малых группах (практические, лабораторные занятия);
- метод проектов (практические занятия).

6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

7. Контрольные работы

7.1. Методические указания для выполнения контрольных работ.

Задание на расчетную работу выдает преподаватель в начале семестра согласно графику учебной работы. Индивидуальные исходные данные приведены в таблицах. Номер варианта

соответствует последней цифре номера зачетной книжки обучающегося, выполняющего работу (возможно определение варианта работы по номеру в списке обучающихся группы).

7.2. Тематика контрольной работы.

В контрольных работах рассматриваются расчет разомкнутой распределительной сети, расчет разомкнутой питающей сети, расчет разомкнутой питающей сети с разными номинальными напряжениями, расчет сети с двусторонним питанием и направленные на закрепление обучающимися материала лекционного курса.

8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

Оценка освоения дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» предусматривает использование рейтинговой системы. Нормативный рейтинг дисциплины за семестр составляет 100 баллов. По итогам семестра баллы рейтинга переводятся в пятибалльную систему по следующей шкале:

70-100 баллов – «зачтено»;
0-69 балла – «не зачтено».

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1	Выполнение практических работ 2,3 раздела	10
2	Выполнение лабораторных работ 3 раздела	10
3	Защита лабораторных работ 3 раздела	5
4	Тестирование	5
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	30
2 текущая аттестация		
5	Выполнение практических работ 3,4 раздела	10
6	Выполнение лабораторных работ 5 раздела	5
7	Защита лабораторных работ 5 раздела	5
8	Тестирование	10
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	30
3 текущая аттестация		
9	Выполнение практических работ 6 раздела	10
10	Выполнение лабораторных работ 6 раздела	10
11	Защита лабораторных работ 6 раздела	10
12	Итоговое тестирование	10
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	40
	ВСЕГО	100