



Учебная программа составлена на основе учебной программы УО «ГГТУ им.П.О.Сухого» «Теоретические основы электротехники», утвержденной 10.10.2013, регистрационный №УД-798/уч.


Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Теоретические основы электротехники» 17.09.2014, протокол № 02

Заведующий кафедрой

 В.В.Кротенок

Одобрена и рекомендована к утверждению научно-методическим советом энергетического факультета 30.09.2014, протокол № 01

Председатель

 М.Н.Новиков

Библиотека ГГТУ им. П.О. Сухого

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине “Теоретические основы электротехники” разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования первой ступени по специальностям 1–43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» и учебными планами специальностей.

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» занимает основное место среди общетехнических дисциплин, определяющих теоретический уровень профессиональной подготовки специалиста.

Предмет изучения дисциплины составляют электромагнитные явления и их прикладное применение для производства, передачи и распределения электрической энергии между источниками энергии и потребителями, для решения проблем электроэнергетики, электромеханики, электроники, автоматики, информационно-измерительной и вычислительной техники.

«Теоретические основы электротехники» как базовая дисциплина должна обеспечивать комплексную подготовку будущего специалиста – профессиональную подготовку, развитие творческих способностей, умение формировать и решать на высоком уровне задачи специальных дисциплин, умение творчески применять и самостоятельно повышать свои знания.

Основные задачи изучения «Теоретических основ электротехники»:

- изучение одной из форм материи – электромагнитного поля и его проявлений в различных устройствах техники;
- усвоение современных методов моделирования электромагнитных процессов, методов анализа, синтеза и расчёта электрических и магнитных цепей, знание которых необходимо для понимания и успешного решения проблем будущей специальности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- минимальный базовый набор идеальных схемных элементов;
- методы составления топологических уравнений в общем виде;
- методы представления сигналов во временной и частотной областях;
- методы анализа явлений в электрических цепях;

*уметь:*

- ставить и решать задачи анализа электрических цепей различной сложности;
- формировать модели сигналов и элементов цепей при определенной степени идеализации физических явлений в реальных электротехнических устройствах;
- определять основные параметры электрических цепей и их элементов, проводить их измерения.

При изложении дисциплины «Теоретические основы электротехники» предполагается знание студентами таких разделов физики, как «Электричество и магнетизм», «Волны», «Электродинамика», а также таких разделов

математики, как «Производная и дифференциал», «Неопределённый и определённый интегралы», «Дифференциальные уравнения» и методы их решения, «Теория функций комплексного переменного», «Преобразование Фурье-Лапласа».

Учебная программа рассчитана на 450 часов, в том числе – на 217 часов аудиторных занятий.

Распределение аудиторных часов по видам занятий:

- лекции – 100 часов;
- лабораторные занятия – 67 час;
- практические занятия – 50 часов.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 2.1. Лекционные занятия

№ п/п	Наименование темы, содержание	Кол-во часов
<i>Третий семестр</i>		
2.1.1	<p><b>ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ</b></p> <p>Основные этапы развития электротехники и ее теоретических основ. Краткий исторический очерк развития науки об электрических и магнитных явлениях и их практическом применении. Тесная связь теоретических исследований с практическими задачами электротехники.</p> <p>Предмет дисциплины «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ), ее построение, связь со смежными и специальными дисциплинами, место в общей системе электротехнического образования инженера.</p> <p>Физические явления в электрических цепях. Научные абстракции, принимаемые в теории электрических цепей, их практическое значение и границы применимости.</p> <p>Активные и пассивные электрические цепи. Цепи с распределенными и сосредоточенными параметрами. Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи. Элементы электрических цепей, их параметры, характеристики.</p> <p>Схемы электрических цепей. Топологические понятия схемы электрической цепи. Граф цепи. Матрицы соединений, контуров и сечений электрических цепей.</p> <p>Принцип непрерывности электрического тока. Виды электрического тока. Электродвижущая сила (ЭДС) и электрическое напряжение. Закон Ома и законы Кирхгофа. Закон электромагнитной индукции. Потокосцепление. ЭДС самоиндукции и взаимной индукции. Закон полного тока.</p> <p>Условные положительные направления ЭДС и токов в элементах цепи и напряжений на их зажимах. Схемы замещения и характеристики источников электрической энергии. Источники ЭДС и источники тока. Режимы работы электрической цепи.</p>	2
2.1.2	<p><b>ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b></p> <p>Расчет цепи при последовательном, параллельном и смешанном со-</p>	2

	<p>единении участков (ветвей). Эквивалентные преобразования в электрических цепях. Расчет сложных электрических цепей методом эквивалентных преобразований. Метод пропорциональных величин. Энергетический баланс в цепи постоянного тока. Потенциальная диаграмма.</p> <p>Методы контурных токов и узловых потенциалов. Принцип наложения и метод наложения.</p> <p>Теорема взаимности. Теорема компенсации. Линейные соотношения в электрических цепях.</p> <p>Метод эквивалентного генератора.</p> <p>Передача энергии от активного двухполюсника нагрузке. Особенности передачи энергии по линии передачи.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>
2.1.3	<p><b>ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ОДНОФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА</b></p> <p>Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Их параметры: амплитуда, период, частота, начальная фаза, разность фаз. Действующее и среднее значения синусоидальных ЭДС, напряжений и токов. Представление синусоидальных электрических величин в виде тригонометрических функций, графиков, осциллограмм, а также в виде векторов на комплексной плоскости. Векторная диаграмма.</p> <p>Символическое изображение синусоидальных ЭДС, напряжений и токов комплексными числами. Комплексная амплитуда. Комплекс действующего значения. Закон Ома и законы Кирхгофа в комплексной форме записи. Операции с комплексными числами.</p> <p>Активное сопротивление <math>R</math>, индуктивность <math>L</math> и емкость <math>C</math> в цепи синусоидального тока; осциллограммы напряжения и тока. Мгновенная мощность и колебания энергии в цепи синусоидального тока. Средняя (активная) мощность.</p> <p>Реальный конденсатор и реальная индуктивная катушка в цепи синусоидального тока. Последовательная и параллельная схемы замещения участков цепи, содержащих <math>R</math>, <math>L</math> и <math>C</math> элементы. Комплексное сопротивление и комплексная проводимость. Треугольники сопротивлений и проводимостей.</p> <p>Активная, реактивная и полная мощности. Треугольник мощностей. Выражение мощности в комплексной форме записи. Измерение активной, реактивной и полной мощностей.</p> <p>О применимости методов расчета цепей постоянного тока к расчету цепей синусоидального тока. Символический метод расчета цепей синусоидального тока. Баланс активных и реактивных мощностей. Векторная лучевая диаграмма токов и топографическая диаграмма напряжений.</p> <p>Резонансные режимы работы двухполюсников.</p> <p>Резонанс напряжений; условие, признаки, способы получения. Частотные характеристики, резонансные кривые.</p> <p>Резонанс токов; условие, признаки, способы получения. Частотные характеристики, резонансные кривые. Коэффициент мощности; способы его повышения.</p> <p>Практическое значение резонанса в электрических цепях.</p> <p>Электрические цепи с индуктивно-связанными элементами. Взаимная индуктивность, коэффициент связи. Расчет цепей с последовательным и параллельным соединением индуктивно-связанных элементов.</p> <p>Трансформатор с линейными характеристиками. Расчет, векторная диаграмма, вносимые сопротивления. Идеальный трансформатор. «Развязывание» индуктивно-связанных цепей.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>

	Передача энергии от активного двухполюсника нагрузке. Согласующий трансформатор. Падение и потеря напряжения в линии передачи энергии.	2
2.1.4	<b>ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ</b> Определение понятия «четырёхполюсник». Формы записи уравнений пассивного четырёхполюсника и связь между ними. Вывод уравнений в А-форме. Определение коэффициентов А-формы записи уравнений четырёхполюсника. Т- и П-схемы замещения пассивного четырёхполюсника. Способы соединения четырёхполюсников. Характеристические параметры. Постоянная передачи и единицы измерения затухания. Уравнения четырёхполюсника, записанные через гиперболические функции.	2 2
2.1.5	<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПРИ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЭДС, НАПРЯЖЕНИЯХ И ТОКАХ</b> Изображение несинусоидальных периодических величин в виде ряда Фурье. Некоторые свойства периодических кривых, обладающих симметрией. Расчет токов и напряжений в цепях с несинусоидальными источниками энергии. Среднее и действующее значения несинусоидальных периодических величин. Активная, реактивная и полная мощности в цепи несинусоидального тока. Мощность искажений. Замена несинусоидальных периодических токов и напряжений эквивалентными синусоидами. Зависимость формы кривой тока от характера тока нагрузки в цепях с несинусоидальными источниками энергии.	2 2 2
<i>Итого: 3 семестр</i>		34✓
<i>Четвертый семестр</i>		
2.1.6	<b>ТРЕХФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ</b> Трёхфазная симметричная система ЭДС. Принцип работы и способы соединения фаз простейшего трехфазного источника энергии. Фазные и линейные напряжения и токи. Классификация трехфазных приемников. Основные схемы соединения трехфазных цепей. Расчет симметричных и несимметричных режимов в трехфазных цепях с различными схемами соединения источника и приемника Активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы. Баланс активных и реактивных мощностей.	2 4
	Симметричные составляющие трехфазной несимметричной системы величин. Некоторые свойства трехфазных цепей в отношении симметричных составляющих токов и напряжений. Сопротивление симметричной трехфазной цепи для токов различных последовательностей. Определение токов в симметричной цепи. Расчет цепи с несимметричной нагрузкой и несимметричным участком в линии методом симметричных составляющих. Высшие гармоники в трехфазных цепях.	4 2
2.1.7	<b>ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА</b> Понятие о переходных процессах в линейной электрической цепи. Причины возникновения и сущность переходных процессов. Установившийся и свободный процессы. Законы коммутации. Начальные условия. Классический метод расчета переходных процессов. Порядок составления и методы решения дифференциальных уравнений электриче-	4

	<p>ской цепи. Принужденные и свободные составляющие токов и напряжений. Расчет переходных процессов классическим методом в простых цепях. Включение <math>RL</math>- и <math>RC</math>-цепи на постоянное напряжение. Короткое замыкание <math>RL</math>- и <math>RC</math>-цепи. Включение реальной индуктивной катушки на синусоидальное напряжение.</p> <p>Характер свободного процесса в цепях 1-го порядка. Короткое замыкание цепи с последовательным соединением <math>R, L</math> и <math>C</math>-элементов. Характер переходного процесса в цепях 2-го порядка.</p> <p>Операторный метод расчета. Основные положения и порядок расчета. Закон Ома и законы Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения. Определение операторных изображений токов и напряжений. Способы перехода от операторных изображений к оригиналам.</p>	4
	<p>Характер свободного процесса в цепях 1-го порядка. Короткое замыкание цепи с последовательным соединением <math>R, L</math> и <math>C</math>-элементов. Характер переходного процесса в цепях 2-го порядка.</p> <p>Операторный метод расчета. Основные положения и порядок расчета. Закон Ома и законы Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения. Определение операторных изображений токов и напряжений. Способы перехода от операторных изображений к оригиналам.</p>	2
	<p>Операторный метод расчета. Основные положения и порядок расчета. Закон Ома и законы Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения. Определение операторных изображений токов и напряжений. Способы перехода от операторных изображений к оригиналам.</p>	4
2.1.8	<p><b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ (ЛИНИИ) С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ</b></p> <p>Основные понятия и определения. Уравнения однородной линии с распределенными параметрами. Анализ установившегося синусоидального режима в однородной линии. Постоянная распространения; волновое сопротивление. Падающие и отраженные волны в линии. Фазовая скорость; длина волны; коэффициент отражения.</p> <p>Разновидности линий с распределенными параметрами: линия с согласованной нагрузкой; линия без искажений; линия без потерь. Использование четвертьволновых отрезков в линии без потерь.</p> <p>Бегущие, стоячие и смешанные электромагнитные волны в линии без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Аналогия между уравнениями линии с распределенными параметрами и уравнениями четырехполосника.</p>	4
	<p>Разновидности линий с распределенными параметрами: линия с согласованной нагрузкой; линия без искажений; линия без потерь. Использование четвертьволновых отрезков в линии без потерь.</p> <p>Бегущие, стоячие и смешанные электромагнитные волны в линии без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Аналогия между уравнениями линии с распределенными параметрами и уравнениями четырехполосника.</p>	2
	<p>Бегущие, стоячие и смешанные электромагнитные волны в линии без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Аналогия между уравнениями линии с распределенными параметрами и уравнениями четырехполосника.</p>	2
<i>Итого: 4 семестр</i>		34 <sub>v</sub>
<i>Пятый семестр</i>		
2.1.9	<p><b>НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b></p> <p>Понятия о нелинейных элементах и свойствах нелинейных электрических цепей. Классификация нелинейных элементов; их характеристики. Общая характеристика методов расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока.</p>	2
	<p>Графический метод расчета цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением нелинейных элементов. Применение метода эквивалентного генератора и метода двух узлов для расчета нелинейных цепей постоянного тока. Аналитический метод расчета.</p> <p>Статическое и дифференциальное сопротивления. Замена нелинейного резистора эквивалентным линейным или комбинацией линейного сопротивления и ЭДС. Расчет нелинейных цепей постоянного тока итерационным методом (методом последовательных приближений).</p> <p>Стабилизатор тока. Параметрический стабилизатор напряжения.</p>	2
	<p>Статическое и дифференциальное сопротивления. Замена нелинейного резистора эквивалентным линейным или комбинацией линейного сопротивления и ЭДС. Расчет нелинейных цепей постоянного тока итерационным методом (методом последовательных приближений).</p> <p>Стабилизатор тока. Параметрический стабилизатор напряжения.</p>	2
2.1.10	<p><b>МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТОДВИЖУЩИМИ СИЛАМИ</b></p> <p>Основные понятия и величины, характеризующие магнитное поле. Ферромагнитные материалы и их характеристики. Разновидности магнитных цепей. Роль ферромагнитных материалов в магнитной цепи. Основные допущения, используемые при анализе и расчете магнитных цепей.</p> <p>Закон полного тока. Закон Ома и законы Кирхгофа для магнитных цепей. Аналогии между магнитными цепями с постоянными МДС и нели-</p>	2

	<p>нейными электрическими цепями постоянного тока.</p> <p>Расчет неразветвленных магнитных цепей (прямая и обратная задача). Расчет разветвленных магнитных цепей. О расчете магнитных цепей с постоянными магнитами.</p>	2
2.1.11	<p><b>НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА</b></p> <p>Общая характеристика нелинейных активных сопротивлений, индуктивных катушек с ферромагнитными сердечниками и конденсаторов. Типы характеристик нелинейных элементов. Основные преобразования, осуществляемые с помощью нелинейных электрических цепей. Общая характеристика методов анализа и расчета нелинейных электрических цепей переменного тока.</p> <p>Графический метод расчета по характеристикам нелинейных элементов для мгновенных значений. Нелинейные элементы как причина появления высших гармоник в цепях переменного тока. Аналитические методы расчета. Метод гармонического баланса. Метод гармонической линеаризации. Метод эквивалентных синусоид. Метод кусочно-линейной аппроксимации.</p> <p>Цепи с нелинейными индуктивными катушками с ферромагнитными сердечниками. Эквивалентные параметры и схема замещения катушки. Векторная диаграмма.</p> <p>Резонансные явления в нелинейных цепях. Феррорезонанс напряжений. Феррорезонанс токов. Феррорезонансные стабилизаторы напряжения. Цепи переменного тока с выпрямителями.</p>	4 4 2 4
2.1.12	<p><b>ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ</b></p> <p>Общая характеристика переходных процессов в нелинейных цепях. Включение катушки со стальным сердечником на постоянное напряжение. Включение катушки со стальным сердечником на синусоидальное напряжение.</p>	4
2.1.13	<p><b>ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ</b></p> <p>Закон полного тока, закон электромагнитной индукции, теорема Гаусса и постулат Максвелла, принципы непрерывности магнитного потока и электрического тока в дифференциальной форме. Полная система уравнений электромагнитного поля.</p>	4
<i>Итого: 5 семестр</i>		32 ✓
<i>Всего за три семестра</i>		100 ✓



## 2.2. Практические занятия

№ п/п	Содержание занятий	Объем в часах
<i>Третий семестр</i>		
2.2.1	Элементы электрических цепей и их математические модели.	2
2.2.2	Условные положительные направления токов и напряжений в электрической цепи. Основные понятия и законы электрических цепей.	2
2.2.3	Методы расчета электрических цепей постоянного тока (эквивалентных преобразований, уравнений Кирхгофа, контурных токов, узловых потенциалов, наложения, эквивалентного генератора).	2
2.2.4	Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей синусоидального тока.	1
2.2.5	Расчет простых цепей синусоидального тока. Расчет сложных цепей синусоидального тока символическим методом.	2
2.2.6	Мощность и энергия в линейных электрических цепях. Баланс мощностей.	2
2.2.7	Резонансные явления в электрических цепях синусоидального тока.	1
2.2.8	Электрические цепи с взаимной индуктивностью.	1
2.2.9	Определение коэффициентов А-формы записи уравнений четырехполюсника.	1
2.2.10	Характеристические параметры, их связь с другими параметрами четырехполюсника. Уравнения четырехполюсника с гиперболическими функциями.	2
2.2.11	Расчет цепей при несинусоидальных периодических напряжениях и токах.	1
<i>Итого: 3 семестр</i>		17 <sub>√</sub>
<i>Четвертый семестр</i>		
2.2.12	Расчет трехфазных цепей.	3
2.2.13	Классический метод расчета переходных процессов в линейных электрических цепях.	2
2.2.14	Операторный метод расчета переходных процессов в линейных электрических цепях. Способы перехода от операторных изображений к оригиналам.	4
2.2.15	Первичные и вторичные параметры электрических цепей с распределенными параметрами. Фазовая скорость. Длина волны.	2
2.2.16	Анализ режимов работы различных видов линий с распределенными параметрами. Использование четвертьволновых отрезков в линии без потерь.	6
<i>Итого: 4 семестр</i>		17 <sub>√</sub>
<i>Пятый семестр</i>		
2.2.17	Графический метод расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока. Метод двух узлов.	2
2.2.18	Аналитические методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока.	2
2.2.19	Расчет магнитных цепей с постоянными МДС.	4

2.2.20	Графический метод расчета нелинейных электрических цепей переменного тока.	2
2.2.21	Аналитический расчет нелинейных электрических цепей переменного тока (методы гармонического баланса, гармонической линеаризации, эквивалентных синусоид, кусочно-линейной аппроксимации, последовательных приближений).	6
<i>Итого: 5 семестр</i>		16 <sub>✓</sub>
<i>Всего за три семестра</i>		50 <sub>✓</sub>

### 2.3. Лабораторные занятия

№ п/п	Содержание занятий	Объем в часах
<i>Третий семестр</i>		
2.3.1	Вводное занятие. Электрическая цепь постоянного тока и ее элементы.	4
2.3.2	Исследование простой электрической цепи постоянного тока с одним источником энергии.	2
2.3.3	Исследование разветвленной электрической цепи постоянного тока с двумя источниками энергии.	4
2.3.4	Исследование электрической цепи постоянного тока методом эквивалентного генератора.	2
2.3.5	Особенности передачи энергии по линии передачи постоянного тока.	2
2.3.6	Электрическая цепь синусоидального тока и ее элементы.	2
2.3.7	Исследование цепи синусоидального тока с резистором и конденсатором.	2
2.3.8	Исследование цепи синусоидального тока с резистором и индуктивной катушкой.	2
2.3.9	Исследование цепи синусоидального тока с последовательным соединением индуктивной катушки и конденсатора. Резонанс напряжений.	2
2.3.10	Исследование цепи синусоидального тока с параллельным соединением индуктивной катушки и конденсатора. Резонанс токов.	2
2.3.11	Исследование разветвленной электрической цепи синусоидального тока.	4
2.3.12	Исследование электрической цепи синусоидального тока с индуктивно-связанными катушками.	2
2.3.13	Исследование электрической цепи с источником несинусоидального периодического напряжения.	4
<i>Итого: 3 семестр</i>		34 <sub>✓</sub>
<i>Четвертый семестр</i>		
2.3.14	Исследование схем соединения фаз трехфазного источника энергии.	2
2.3.15	Исследование трехфазной цепи при соединении фаз источника и однофазного приемника треугольником.	2
2.3.16	Исследование трехфазной цепи при соединении фаз источника и неоднородного приемника треугольником.	2
2.3.17	Исследование трехфазной цепи при соединении фаз источника и однофазного приемника звездой.	2
2.3.18	Исследование трехфазной цепи при соединении фаз источника и неоднородного приемника звездой.	4

2.3.19	Исследование трехфазной четырехпроводной цепи при соединении фаз источника и приемника звездой ( $Z_{nN} > 0$ ).	2
2.3.20	Измерение мощности в трехфазных цепях с симметричной нагрузкой.	2
2.3.21	Измерение мощности в трехфазных цепях с несимметричной нагрузкой.	2
2.3.22	Исследование трехфазной цепи методом симметричных составляющих.	4
2.3.23	Исследование переходных процессов в цепи постоянного тока с индуктивной катушкой.	2
2.3.24	Исследование переходных процессов в цепи постоянного тока с конденсатором.	2
2.3.25	Исследование переходных процессов в цепи с последовательным соединением резистора, индуктивной катушки и конденсатора.	4
2.3.26	Исследование переходных процессов в разветвленных электрических цепях постоянного тока с двумя реактивными элементами.	2
2.3.27	Исследование переходных процессов в электрических цепях с «некорректными» начальными условиями.	2
<i>Итого: 4 семестр</i>		17 ✓
<i>Пятый семестр</i>		
2.3.28	Исследование простейшей нелинейной цепи постоянного тока.	2
2.3.29	Исследование разветвленной нелинейной цепи постоянного тока методом двух узлов.	2
2.3.30	Исследование параметрического стабилизатора постоянного напряжения.	2
2.3.31	Исследование индуктивной катушки с ферромагнитным сердечником.	2
2.3.32	Исследование нелинейной электрической цепи переменного тока методом эквивалентных синусоид.	4
2.3.33	Исследование феррорезонанса напряжений.	2
2.3.34	Исследование феррорезонанса токов.	2
<i>Итого: 5 семестр</i>		16 ✓
<i>Всего за три семестра</i>		67 ✓

## 2.4. Расчетно-графическая работа

### *Третий семестр:*

Расчет линейных электрических цепей постоянного и однофазного синусоидального тока.

### *Четвертый семестр*

Расчет трехфазных цепей.

Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях

### *Пятый семестр*

Расчет магнитных цепей с постоянными МДС.

Расчет нелинейных цепей переменного тока в установившемся режиме работы.

### 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	литература	форма контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<p><b>ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ</b></p> <p>Основные этапы развития электротехники и ее теоретических основ. Краткий исторический очерк развития науки об электрических и магнитных явлениях и их практическом применении. Тесная связь теоретических исследований с практическими задачами электротехники.</p> <p>Предмет дисциплины «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ), ее построение, связь со смежными и специальными дисциплинами, место в общей системе электротехнического образования инженера.</p> <p>Физические явления в электрических цепях. Научные абстракции, принимаемые в теории электрических цепей, их практическое значение и границы применимости.</p> <p>Активные и пассивные электрические цепи. Цепи с распределенными и сосредоточенными параметрами. Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи. Элементы электрических цепей, их параметры, характеристики.</p> <p>Схемы электрических цепей. Топологические понятия схе-</p>	4			Плакаты	[1] [3] [4] [6]	Устный опрос, экзамен

	<p>мы электрической цепи. Граф цепи. Матрицы соединений, контуров и сечений электрических цепей.</p> <p>Принцип непрерывности электрического тока. Виды электрического тока. Электродвижущая сила (ЭДС) и электрическое напряжение. Закон Ома и законы Кирхгофа. Закон электромагнитной индукции. Потокосцепление. ЭДС самоиндукции и взаимной индукции. Закон полного тока.</p> <p>Условные положительные направления ЭДС и токов в элементах цепи и напряжений на их зажимах. Схемы замещения и характеристики источников электрической энергии. Источники ЭДС и источники тока. Режимы работы электрической цепи.</p>						
2	<p><b>ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b></p> <p>Расчет цепи при последовательном, параллельном и смешанном соединении участков (ветвей). Эквивалентные преобразования в электрических цепях. Расчет сложных электрических цепей методом эквивалентных преобразований. Метод пропорциональных величин. Энергетический баланс в цепи постоянного тока. Потенциальная диаграмма.</p> <p>Методы контурных токов и узловых потенциалов. Принцип наложения и метод наложения.</p> <p>Теорема взаимности. Теорема компенсации. Линейные соотношения в электрических цепях.</p> <p>Метод эквивалентного генератора.</p> <p>Передача энергии от активного двухполюсника нагрузке. Особенности передачи энергии по линии передачи.</p>	6			Плакаты	[3] [4] [6]	Устный опрос, экзамен
3	<p><b>ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ОДНОФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА</b></p>	14			Плакаты	[4] [5]	Устный опрос, экзамен

Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Их параметры: амплитуда, период, частота, начальная фаза, разность фаз. Действующее и среднее значения синусоидальных ЭДС, напряжений и токов. Представление синусоидальных электрических величин в виде тригонометрических функций, графиков, осциллограмм, а также в виде векторов на комплексной плоскости. Векторная диаграмма.

Символическое изображение синусоидальных ЭДС, напряжений и токов комплексными числами. Комплексная амплитуда. Комплекс действующего значения. Закон Ома и законы Кирхгофа в комплексной форме записи. Операции с комплексными числами.

Активное сопротивление  $R$ , индуктивность  $L$  и емкость  $C$  в цепи синусоидального тока; осциллограммы напряжения и тока. Мгновенная мощность и колебания энергии в цепи синусоидального тока. Средняя (активная) мощность.

Реальный конденсатор и реальная индуктивная катушка в цепи синусоидального тока. Последовательная и параллельная схемы замещения участков цепи, содержащих  $R$ ,  $L$  и  $C$  элементы. Комплексное сопротивление и комплексная проводимость. Треугольники сопротивлений и проводимостей.

Активная, реактивная и полная мощности. Треугольник мощностей. Выражение мощности в комплексной форме записи. Измерение активной, реактивной и полной мощностей.

О применимости методов расчета цепей постоянного тока к расчету цепей синусоидального тока. Символический метод расчета цепей синусоидального тока. Баланс активных и реактивных мощностей. Векторная лучевая диаграмма токов и топографическая диаграмма напряжений.

Резонансные режимы работы двухполосников.

Резонанс напряжений; условие, признаки, способы получения. Частотные характеристики, резонансные кривые.

Резонанс токов; условие, признаки, способы получения. Частотные характеристики, резонансные кривые. Коэффициент мощ-

	<p>ности; способы его повышения.</p> <p>Практическое значение резонанса в электрических цепях.</p> <p>Электрические цепи с индуктивно-связанными элементами. Взаимная индуктивность, коэффициент связи. Расчет цепей с последовательным и параллельным соединением индуктивно-связанных элементов.</p> <p>Трансформатор с линейными характеристиками. Расчет, векторная диаграмма, вносимые сопротивления. Идеальный трансформатор. «Развязывание» индуктивно-связанных цепей.</p> <p>Передача энергии от активного двухполюсника нагрузке. Согласующий трансформатор.</p> <p>Падение и потеря напряжения в линии передачи энергии.</p>						
4	<p><b>ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ</b></p> <p>Определение понятия «четыреполюсник».</p> <p>Формы записи уравнений пассивного четырехполюсника и связь между ними. Вывод уравнений в А-форме. Определение коэффициентов А-формы записи уравнений четырехполюсника.</p> <p>Т- и П-схемы замещения пассивного четырехполюсника.</p> <p>Способы соединения четырехполюсников. Характеристические параметры. Постоянная передачи и единицы измерения затухания.</p> <p>Уравнения четырехполюсника, записанные через гиперболические функции.</p>	4			Плакаты		Устный опрос, экзамен
5	<p><b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПРИ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЭДС, НАПРЯЖЕНИЯХ И ТОКАХ</b></p> <p>Изображение несинусоидальных периодических величин в виде ряда Фурье. Некоторые свойства периодических кривых, обладающих симметрией. Расчет токов и напряжений в цепях с несинусоидальными источниками энергии.</p> <p>Среднее и действующее значения несинусоидальных периодических величин. Активная, реактивная и полная мощности в цепи несинусоидального тока. Мощность искажений.</p> <p>Замена несинусоидальных периодических токов и напряжений</p>	6			Плакаты	[4] [6] [22]	Устный опрос, экзамен

	эквивалентными синусоидами. Зависимость формы кривой тока от характера тока нагрузки в цепях с несинусоидальными источниками энергии.						
6	<p><b>ТРЕХФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ</b></p> <p>Трехфазная симметричная система ЭДС. Принцип работы и способы соединения фаз простейшего трехфазного источника энергии. Фазные и линейные напряжения и токи. Классификация трехфазных приемников. Основные схемы соединения трехфазных цепей.</p> <p>Расчет симметричных и несимметричных режимов в трехфазных цепях с различными схемами соединения источника и приемника. Активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы. Баланс активных и реактивных мощностей.</p> <p>Симметричные составляющие трехфазной несимметричной системы величин. Некоторые свойства трехфазных цепей в отношении симметричных составляющих токов и напряжений. Сопротивление симметричной трехфазной цепи для токов различных последовательностей. Определение токов в симметричной цепи. Расчет цепи с несимметричной нагрузкой и несимметричным участком в линии методом симметричных составляющих.</p> <p>Высшие гармоники в трехфазных цепях.</p>	12			Плакаты	[4] [6]	Устный опрос, экзамен
7	<p><b>ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА</b></p> <p>Понятие о переходных процессах в линейной электрической цепи. Причины возникновения и сущность переходных процессов. Установившийся и свободный процессы. Законы коммутации. Начальные условия.</p> <p>Классический метод расчета переходных процессов. Порядок составления и методы решения дифференциальных уравнений электрической цепи. Принужденные и свободные составляющие токов и напряжений. Расчет переходных процессов классическим методом в простых цепях. Включение <math>RL</math>- и <math>RC</math>-цепи на постоян-</p>	14			Плакаты	[4] [6]	Устный опрос, экзамен



	<p>ное напряжение. Короткое замыкание <math>RL</math>- и <math>RC</math>-цепи. Включение реальной индуктивной катушки на синусоидальное напряжение.</p> <p>Характер свободного процесса в цепях 1-го порядка. Короткое замыкание цепи с последовательным соединением <math>R, L</math> и <math>C</math>-элементов. Характер переходного процесса в цепях 2-го порядка.</p> <p>Операторный метод расчета. Основные положения и порядок расчета. Закон Ома и законы Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения. Определение операторных изображений токов и напряжений. Способы перехода от операторных изображений к оригиналам.</p>					
8	<p><b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ (ЛИНИИ) С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ</b></p> <p>Основные понятия и определения. Уравнения однородной линии с распределенными параметрами. Анализ установившегося синусоидального режима в однородной линии. Постоянная распространения; волновое сопротивление. Падающие и отраженные волны в линии. Фазовая скорость; длина волны; коэффициент отражения.</p> <p>Разновидности линий с распределенными параметрами: линия с согласованной нагрузкой; линия без искажений; линия без потерь. Использование четвертьволновых отрезков в линии без потерь.</p> <p>Бегущие, стоячие и смешанные электромагнитные волны в линии без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Аналогия между уравнениями линии с распределенными параметрами и уравнениями четырехполюсника.</p>	8			Плакаты	Устный опрос, экзамен
9	<p><b>НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b></p> <p>Понятия о нелинейных элементах и свойствах нелинейных электрических цепей. Классификация нелинейных элементов; их характеристики. Общая характеристика методов расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока.</p>	6			Плакаты	[2] [4] [6] Устный опрос, экзамен

	<p>Графический метод расчета цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением нелинейных элементов. Применение метода эквивалентного генератора и метода двух узлов для расчета нелинейных цепей постоянного тока. Аналитический метод расчета.</p> <p>Статическое и дифференциальное сопротивления. Замена нелинейного резистора эквивалентным линейным или комбинацией линейного сопротивления и ЭДС. Расчет нелинейных цепей постоянного тока итерационным методом (методом последовательных приближений).</p> <p>Стабилизатор тока. Параметрический стабилизатор напряжения.</p>					
10	<p><b>МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТОДВИЖУЩИМИ СИЛАМИ</b></p> <p>Основные понятия и величины, характеризующие магнитное поле. Ферромагнитные материалы и их характеристики. Разновидности магнитных цепей. Роль ферромагнитных материалов в магнитной цепи. Основные допущения, используемые при анализе и расчете магнитных цепей.</p> <p>Закон полного тока. Закон Ома и законы Кирхгофа для магнитных цепей. Аналогии между магнитными цепями с постоянными МДС и нелинейными электрическими цепями постоянного тока.</p> <p>Расчет неразветвленных магнитных цепей (прямая и обратная задача). Расчет разветвленных магнитных цепей. Расчет магнитных цепей с постоянными магнитами.</p>	4			Плакаты	Устный опрос, экзамен
11	<p><b>НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА</b></p> <p>Общая характеристика нелинейных активных сопротивлений, индуктивных катушек с ферромагнитными сердечниками и конденсаторов. Типы характеристик нелинейных элементов. Основные преобразования, осуществляемые с помощью нелинейных электрических цепей. Общая характеристика методов анализа и расчета</p>	14			Плакаты	Устный опрос, экзамен

	<p>нелинейных электрических цепей переменного тока.</p> <p>Графический метод расчета по характеристикам нелинейных элементов для мгновенных значений. Нелинейные элементы как причина появления высших гармоник в цепях переменного тока. Аналитические методы расчета. Метод гармонического баланса. Метод гармонической линеаризации. Метод эквивалентных синусоид. Метод кусочно-линейной аппроксимации.</p> <p>Цепи с нелинейными индуктивными катушками с ферромагнитными сердечниками. Эквивалентные параметры и схема замещения катушки. Векторная диаграмма.</p> <p>Резонансные явления в нелинейных цепях. Феррорезонанс напряжений. Феррорезонанс токов. Феррорезонансные стабилизаторы напряжения.</p> <p>Цепи переменного тока с выпрямителями.</p>						
12	<p><b>ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ</b></p> <p>Общая характеристика переходных процессов в нелинейных цепях. Включение катушки со стальным сердечником на постоянное напряжение. Включение катушки со стальным сердечником на синусоидальное напряжение.</p>	4			Плакаты		Устный опрос, экзамен
13	<p><b>ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ</b></p> <p>Закон полного тока, закон электромагнитной индукции, теорема Гаусса и постулат Максвелла, принципы непрерывности магнитного потока и электрического тока в дифференциальной форме. Полная система уравнений электромагнитного поля.</p>	4			Плакаты	[2]	Устный опрос, экзамен

#### 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

##### 4.1. Основная литература

1. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т. 1.- Л.: Энергоиздат, 1981.- 536 с.
2. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т. 2.- Л.: Энергоиздат, 1981.- 416 с.
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Высш. школа, 1984. – 559 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Высш. школа, 1996. - 638 с.
5. Теоретические основы электротехники /А.Е.Каплянский, А.П.Лысенко, Л.С.Полотовский. – М.: Высш. школа, 1972.- 448 с.
6. Основы теории цепей /Г.В.Зевеке и др. – М.:Энергоатомиздат,1989.- 527 с.
7. Прянишников В.А. Теоретические основы электротехники: Курс лекций.- С.Петербург: КОРОНА, 2004. – 366 с.
8. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. – М.: Высш. школа, 1978.-231 с
9. Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники : учебник для вузов / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин. Т.1,2,3 - 5-е изд. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2004. – 512 с.
10. Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники : учебник для вузов / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин. Т.1,2,3 - 5-е изд. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2006. – 431 с.
11. Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники : учебник для вузов / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин. Т.1,2,3 - 5-е изд. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2009. – 532 с.

##### 4.2. Дополнительная литература

12. Сборник задач по теоретическим основам электротехники / Под ред. Л.А. Бессонова. – М.: Высш. школа, 1980. – 472 с.
13. Сборник задач и упражнений по теоретическим основам электротехники /Под ред. П.А.Ионкина. – М.: Энергоиздат, 1982.- 768 с.
14. Сборник задач по теоретическим основам электротехники / Под ред. Л.А. Бессонова. – М.: Высш. школа, 1988. – 543 с.
15. Задачник по теории линейных электрических цепей / М.Р. Шебес, М.В. Каблукова. – М.: Высш. школа, 1990. – 543 с.
16. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. – М.: Высш. школа,1990. – 400 с.
17. Сборник задач по теоретическим основам электротехники / Под ред. Л.А. Бессонова. – М.: Высш. школа, 2000. – 472 с.
18. Теоретические основы электротехники: Методические указания и контрольные задания для студентов технических специальностей вузов / Л. А. Бессонов [и др.]- 3-е изд., испр. - Москва: Высшая школа, 2003. - 159с.

## 4.3. Учебно-методические комплексы

19. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Теоретические основы электротехники». Часть I. «Электрические цепи постоянного и однофазного переменного тока». Для студентов специальностей: 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»; 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»; 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» (Авторы Соленков В.В., Козлов А.В., Шабловский Я.О.). – Гомель, ГГТУ, 2012.

URI: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2203>

20. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Теоретические основы электротехники». Часть II. «Трёхфазные электрические цепи переменного тока и переходные процессы в линейных электрических цепях». Для студентов специальностей: 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»; 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»; 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» (Авторы Соленков В.В., Козлов А.В.). – Гомель, ГГТУ, 2013.

URI: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2472>

21. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Теоретические основы электротехники». Часть III «Нелинейные электрические и магнитные цепи». Для студентов специальностей: 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»; 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»; 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» (Авторы Соленков В.В., Козлов А.В., Шабловский Я.О.). – Гомель, ГГТУ, 2013.

URI: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2855>

4.4. Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения

22. М/ук. №2444. Практическое пособие к лабораторным работам по разделу «Цепи постоянного тока» курса ТОЭ для студ. спец. Т01.01.08 и Т11.02.01. Часть 1. – Гомель: ГГТУ, 1999.

23. М/ук. №2495. «Цепи однофазного переменного тока». Практическое пособие к лабораторным работам курса ТОЭ для студ. электротех. спец. Часть 2. – Гомель: ГГТУ, 2000.

24. М/ук. №3237. «Цепи несинусоидального периодического тока». Практическое пособие по выполнению лабораторных работ по курсу ТОЭ для студ. электротех. спец. – Гомель: ГГТУ, 2006.


25. М/ук. №2616. «Трёхфазные электрические цепи». Практическое пособие к лабораторным работам курса ТОЭ для студ. электротех. спец. Часть 4. – Гомель: ГГТУ, 2001.

26. М/ук. №3247. «Переходные процессы в линейных электрических цепях». Практическое пособие к лабораторным работам курса ТОЭ «Переходные

- процессы в линейных электрических цепях» для студ. электротех. спец. – Гомель: ГГТУ, 2006.
27. М/ук. №2643. «Нелинейные электрические цепи постоянного тока». Практическое пособие к лабораторным работам курса ТОЭ для студ. электротех. спец. Часть 6. – Гомель: ГГТУ, 2002.
  28. М/ук. №2834. «Нелинейные цепи переменного тока». Практическое пособие к лабораторным работам курса ТОЭ для студ. электротех. спец. Часть 7. – Гомель: ГГТУ, 2003.
  29. М/ук №2850. «Электрические цепи постоянного тока». Практикум по курсу ТОЭ для студ. электротех. спец. Часть 1. – Гомель: ГГТУ, 2003.
  30. М/ук. №3612. «Электрические цепи постоянного, однофазного синусоидального и несинусоидального тока». Практикум по курсу ТОЭ для студ. электротех. спец. Часть 1. – Гомель, ГГТУ, 2008.
  31. М/ук. №3905. «Трехфазные электрические цепи». Практикум по курсу ТОЭ для студ. электротех. спец. Часть 2. – Гомель, ГГТУ, 2010.
  32. М/ук. №3935. «Цепи с распределенными параметрами». Практикум по курсу ТОЭ для студ. электротех. спец. Часть 2. – Гомель, ГГТУ, 2010.
  33. М/ук. №3434. Лабораторный практикум по курсу «Информационно-измерительная техника» для студ. спец. 1-43 01 03 и 1-53 01 05. – Гомель, ГГТУ, 2007.
  34. М/ук. №3483. Лабораторный практикум по курсу «Информационно-измерительная техника» для студ. спец. 1-43 01 03 и 1-53 01 05. – Гомель, ГГТУ, 2007.

*Список литературы сверен Ю.В. / Дранько М.В.*

## 5. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
«Переходные процессы в электроэнергетических системах»	«Электроснабжение»	нет 	<p style="text-align: center;"> <i>утвердили</i>  <i>17.09.2014, пр. №2</i> </p>
«Релейная защита и автоматика систем электроснабжения»			
«Электрические машины»			

Зав. кафедрой



В.В.Кротенок

Библиотека ГТУ