

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Нововоронежский политехнический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(НВПИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДЕНА:

Руководителем НВПИ НИЯУ МИФИ


Е.Н. Булатова
« 14 » марта 2023г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретические основы электротехники»

Направление подготовки: 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Нововоронеж 2023 г.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 кредитов, 360 часов

<i>Контактная работа</i>	<u>148</u>	<i>часов</i>
лекции	<u>68</u>	часов
практические занятия	<u>64</u>	часа
лабораторные работы	<u>16</u>	часов

Самостоятельная работа **131** ***час***

Контроль **81** ***час***

Форма отчетности:

экзамен 3,4 семестры

Курсы: 2

Семестры: 3,4

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование понятий и приобретение навыков студентами в области анализа, синтеза и моделирования электрических цепей и электромагнитных явлений, а также умения применять формальные методы расчета к исследованию физических явлений в электротехнических устройствах и электроэнергетических системах.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение электромагнитных явлений и их прикладного применения для создания, передачи и распределения электроэнергии, для решения проблем современной электротехники, электромеханики, электроники, автоматики, информационно-измерительной и вычислительной техники;

- освоение принципов построения моделей электромагнитных явлений и процессов, методов формализации и алгоритмизации;

- приобретение навыков в решении задач в области электротехники традиционными методами и средствами вычислительной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теоретические основы электротехники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-4 - Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин

В результате изучения дисциплины студент должен:

З-ОПК-1 Знать принципы функционирования и применения современных информационных технологий;

З-ОПК-4 Знать: методику расчетов режимов работы электрических цепей и электрических машин; методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока;

У-ОПК-1 Уметь применять информационные технологии для решения профессиональных задач;

У-ОПК-4 Уметь: контролировать и анализировать режимы работы электрооборудования с учетом заданных параметров и характеристик;

В-ОПК-1 Владеть навыками использования современных информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности;

В-ОПК-4 Владеть: способами регулирования заданных параметров режимов работы; навыками анализа и моделирования

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теоретические основы электро-техники» составляет 10 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		3	4
Аудиторные занятия (всего)	148	64	84
В том числе:			
Лекции	68	32	36
Практические занятия (ПЗ)	64	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	-	16
Самостоятельная работа	131	44	87
Курсовая работа	-		-
Часы на контроль	81	36	45
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	360	144	216
зач.ед.	10	4	6

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего. час
-------	-------------------	--------------------	------	-----------	-----------	-----	------------

1	Цепи постоянного тока	<p>Электрическая энергия и ее использование. Основные этапы развития науки об электрических и магнитных явлениях. Предмет курса ТОЭ, его построение, связь со смежными и специальными дисциплинами. Научные абстракции, применяемые в теории электрических цепей: активные и пассивные элементы. Линейные и нелинейные электрические цепи. Электрическое напряжение и электродвижущая сила (ЭДС). Понятие электрического потенциала. Источники ЭДС и источники тока. Схемы электрических цепей. Закон Ома для участка и полной цепи. Законы Кирхгофа. Потенциальная диаграмма</p> <p>Эквивалентные преобразования электрических цепей: преобразование сопротивлений звезда-треугольник: последовательное соединение источников ЭДС; перенос ЭДС через узел.</p> <p>Методы расчета разветвленных цепей: непосредственно по законам Кирхгофа; метод контурных токов. Принцип и метод наложения; принцип линейности.</p> <p>Метод узловых потенциалов (напряжений); метод двух узлов; примеры расчетов. Метод эквивалентного генератора (активного двухполюсника). Сравнительная оценка основных методов расчета разветвленных цепей.</p>	8	8	-	10	26
---	-----------------------	--	---	---	---	----	----

		Теорема компенсации. Принцип взаимности. Баланс мощностей. Примеры. Коэффициент полезного действия. Компенсация реактивной мощности. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии).					
2	Цепи однофазного синусоидального тока	<p>Получения синусоидальной ЭДС. Основные понятия: период, угловая частота, фаза, начальная фаза, разность фаз. Мгновенное, действующее и среднее значения синусоидальных напряжений и токов.</p> <p>Применение комплексных чисел к расчету линейных цепей с синусоидальными токами и напряжениями. Показательная, тригонометрическая и алгебраическая формы записи комплексных величин. Изображение синусоидальных токов и напряжений в комплексной форме.</p> <p>Элементы R, L и C в цепи синусоидального тока. Временные и векторные диаграммы. Углы сдвига фаз. Активные и реактивные сопротивления. Последовательное соединение R, L, C. Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивления. Треугольники напряжений и сопротивлений.</p> <p>Параллельное соединение R, L, C. Активная, реактивная, полная и комплексная проводимости. Треугольники тока и проводимостей.</p> <p>Анализ цепей синусоидального тока по мгновенным значениям.</p> <p>Анализ разветвленных цепей синусоидального тока комплексным методом (алгоритм расчета комплексным методом). Метод законов Кирхгофа, контурных токов, узловых потенциалов, эквивалентного генератора. Примеры.</p> <p>Построение векторных диаграмм.</p> <p>Топографические диаграммы. Влияние изменения параметров на режим в цепи. Примеры.</p> <p>Мощность и энергия в цепях переменного тока. Мгновенная, активная, реактивная и полная мощности. Треугольник мощностей. Комплексная мощность. Баланс мощностей. Измерение мощности ваттметром. Коэффициент мощности.</p> <p>Компенсация реактивной мощности. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии). Коэффициент полезного действия.</p> <p>Общее условие резонанса. Резонанс напряжений и резонанс токов. Резонансные частоты и добротность. Частотные характеристики. Примеры. Резонанс в сложном соединении.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Частотные характеристики цепей при последовательном и параллельном соединении реактивных LC - элементов. Практическое значение резонанса в электротехнических и электрохимических системах и устройствах.</i></p> <p>Явление электромагнитной индукции. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи. Расчет цепей при наличии в них индуктивно-связанных катушек. Последовательное соединение индуктивно-связанных катушек. Экспериментальное определение одноименных зажимов. Запись уравнений для цепей со взаимной индуктивностью.</p> <p>Идеальный трансформатор. Линейный трансформатор. Схемы замещения трансформатора.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Параллельное соединение индуктивно-связанных катушек.</i></p>	14	14	-	14	42

3	Трехфазные цепи	<p>Многофазные цепи и системы и их классификация. Получение трехфазной системы ЭДС (трехфазный генератор). Схемы соединения фаз генератора. Преимущества трехфазных цепей. Получение вращающегося магнитного поля. Принцип действия асинхронных и синхронных машин. Схемы соединения фаз нагрузки. Линейные и фазные токи и напряжения. Основные соотношения в симметричной трехфазной цепи.</p> <p>Расчет трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах при полнофазных и неполнофазных схемах соединения нагрузки звездой и треугольником. Векторные диаграммы. Примеры. Активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы. Измерение активной мощности трехфазной цепи.</p> <p>Метод симметричных составляющих. Анализ трехфазных цепей методом симметричных составляющих.</p>	10	10	-	20	40
4	Цепи с несинусоидальными токами и напряжениями	<p>Источники периодического несинусоидального режима в цепи. Аналитическое представление входных периодических несинусоидальных ЭДС. Понятия об амплитудно-частотном и фазо-частотном спектрах.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Величины и коэффициенты, характеризующие несинусоидальный режим. Состав гармоник при наличии симметрии форм кривых входного воздействия.</i></p> <p>Алгоритм расчета установившегося режима при несинусоидальных периодических воздействиях. Применение комплексного метода расчета режимов в электрических цепях. Мощность в цепи периодического несинусоидального тока. Коэффициент мощности. Высшие гармоники в трехфазных цепях.</p>	4	4	4	12	24
5	Четырехполосники и фильтры	<p>Основные понятия и определения. Различные виды уравнений пассивного четырехполосника. А-форма уравнений четырехполосника и ее особенности. Взаимосвязи форм уравнений четырехполосника. Аналитический и экспериментальный способы определения коэффициентов. Эквивалентные схемы замещения четырехполосников. Характеристические параметры: постоянная передачи, коэффициенты затухания и фазы симметричного четырехполосника. Характеристическое сопротивление четырехполосника. Активные управляемые четырехполосники. Соединения четырехполосников. Запись уравнений Кирхгофа для цепей с четырехполосниками.</p> <p>Электрические фильтры. Назначение, принцип работы, классификация. k - фильтры низкой и высокой частоты. Применение уравнений симметричного четырехполосника к расчету параметров фильтров. Полосовые и заграждающие фильтры. Многочастотные фильтры.</p> <p>Понятие об активных фильтрах. Фильтры Чебышева и Баттерворта.</p>	6	6	2	8	22
6	Переходные процессы	<p>Переходные процессы в линейных электрических цепях. Условия существования переходных процессов. Законы коммутации. Переходный процесс в RL, RC цепях</p> <p>Классический метод расчета переходных процессов. Общий алгоритм расчета переходного режима классическим методом. Обобщенные законы коммутации. Примеры расчетов.</p> <p>Переходный процесс в RLC цепи. Включение на постоянную и синусоидальную ЭДС. Свободная и принужденная (установившаяся) составляющие режима.</p>	8	6	4	12	30

		<p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Включение на синусоидальную ЭДС RC цепи.</i> Операторный метод расчета переходных процессов. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Формула разложения для определения оригинала функции. Алгоритм операторного метода расчета переходного процесса. Примеры. Передаточные функции. Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением состояния цепи.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> Переходная функция. Расчет переходного процесса при произвольном входном воздействии. Понятие об интеграле Дюамеля. Цифровой сигнал в линейной цепи.</p> <p><i>Дифференцирующие и интегрирующие цепи.</i></p>					
7	Нелинейные электрические и магнитные цепи постоянного и переменного тока	<p>Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Понятия об элементах и свойствах нелинейных цепей. Классификация нелинейных элементов. Вольтамперные характеристики нелинейных элементов. Статическое и дифференциальное сопротивления. Модели нелинейных элементов. Основные свойства и методы расчета нелинейных электрических цепей при постоянных токах: графический, графоаналитический. Последовательное, параллельное соединение нелинейных элементов. Метод двух узлов.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения: Смешанное соединение нелинейных элементов.</i></p> <p>Численные методы расчета нелинейных цепей. Аппроксимация вольтамперных характеристик функциями, полиномами, сплайнами. Составление уравнений нелинейной цепи. Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Расчет сложных нелинейных цепей. Понятие устойчивости нелинейной цепи постоянного тока.</p> <p>Магнитные цепи постоянного тока. Основные понятия, характеристики и уравнения, применяемые при расчете магнитных цепей. Ферромагнитные материалы и их свойства. Формальная аналогия законов и уравнений магнитных и электрических нелинейных цепей. Законы Кирхгофа и Ома для магнитных цепей.</p> <p>Метод двух узлов расчета характеристик магнитных цепей. Численные методы расчета. Магнитные цепи с постоянными магнитами. Энергия магнитного поля постоянного магнита. Примеры расчета.</p> <p>Нелинейные электрические цепи переменного тока. Особенности расчета режимов нелинейных цепей при переменных токах и напряжениях. Общая характеристика графических, графоаналитических и аналитических методов расчета. Методы расчета нелинейных цепей переменного тока: точные и приближенные. Расчет по мгновенным значениям. Метод гармонической линеаризации (по действующим значениям). Понятие о методе гармонического баланса. Резонансные явления в нелинейных цепях переменного тока: феррорезонанс напряжений и токов. Общий случай расчета методом гармонической линеаризации. Катушка с ферромагнитным сердечником. Эквивалентные параметры, схемы замещения и векторные диаграммы катушки со стальным сердечником и нелинейного трансформатора. Метод кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик элементов. Схемы с диодами. Управляемые нелинейные элементы: тиристор. Включение на емкостную и индуктивную нагрузки. Особенности</p>	10	8	6	12	36

		работы. Примеры расчета. Схемы с транзисторами. Транзистор как коммутатор в схемах управления бесконтактными двигателями постоянного тока.						
8	Цепи с распределенными параметрами	Цепи с распределенными параметрами. Примеры цепей с распределенными параметрами; передача энергии и информации. Критерии распределенности параметров элементов электротехнических и электро-механических устройств. Погонные (первичные) параметры линий передачи. Телеграфные уравнения. Установившееся состояние цепи с распределенными параметрами при синусоидальных сигналах; телеграфные уравнения в комплексной форме. Решение телеграфных уравнений. Падающие и отраженные волны. Коэффициент отражения. Линия как четырехполюсник. Неискажающая линия. Линия без потерь. Бегущие и стоячие волны. Согласование нагрузки с длинной линией. Самостоятельное изучение: Переходные процессы в электрических цепях с распределенными параметрами. Передача импульсной информации по линии.	4	4	-	8	16	
9	Теория электромагнитного поля	Электромагнитное поле как единство электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла - полная система уравнений электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Уравнения Максвелла в статике. Электростатическое поле и его уравнения. Безвихревой характер электростатического поля. Потенциал электрического поля. Уравнения Лапласа и Пуассона. Проводники в электрическом поле. Граничные условия электростатического поля. Расчет емкостей. Потенциальные и емкостные коэффициенты, частичные емкости. Емкость двухпроводной линии. Энергия электростатического поля. Силы в электрическом поле. Уравнения электрического поля постоянных токов. Граничные условия. Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем. Электрическое поле растекания токов, сопротивление растекания, расчет заземлителя. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Дифференциальная форма закона Ома, 2-го закона Кирхгофа и закона Джоуля-Ленца.</i> Магнитное поле постоянного тока. Основные уравнения. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока и его применение к расчету простейших магнитных полей. Векторный магнитный потенциал. Векторное уравнение Пуассона. Аналогия с электростатическим полем. Выражение магнитного потока через векторный потенциал. Скалярный магнитный потенциал. Уравнение Лапласа. Энергия магнитного поля. Расчет собственной и взаимной индуктивности. Силы в магнитном поле; расчет сил. Переменное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры среды. Переменное электромагнитное поле в диэлектрике. Плоская электромагнитная волна и скорость ее распространения в диэлектрике. Переменное электромагнитное поле в проводящей среде. Плоская электромагнитная волна; длина волны; затухание волны. Явление поверхностного эффекта. Активное и внутреннее индуктивное сопротивления проводов. Сопротивление провода при проявлении поверхностного эффекта. Электромагнитное экранирование.	4	4	-	35	43	
Итого		Экзамены:	81	68	64	16	131	360

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 «Анализ линейных электрических цепей при несинусоидальных ЭДС и токах».

Лабораторная работа № 2 «Четырехполюсник».

Лабораторная работа № 3 «Переходные процессы в линейных электрических цепях».

Лабораторная работа № 4 «Явление феррорезонанса в нелинейной электрической цепи переменного тока».

Лабораторная работа № 5 «Исследование цепей постоянного тока с нелинейными элементами».

Лабораторная работа № 6 «Нелинейные элементы с кусочно-линейной ВАХ в цепях переменного тока».

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно–методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети факультета и кафедры и находится в режиме свободного доступа для студентов.

Лаборатория электротехники и электроники

Мультимедиа-проектор TOSIBA

Ноутбук SAMSUNG;

Экран;

Стол ученические – 15 шт.;

Стулья ученические – 30 шт.;

Стол преподавателя;

Стул преподавателя.

Модульный учебный лабораторный стенд «Электрические цепи и основы электроники» ГалСен® ЭЦОЭ2-С-Р

7. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Бессонов, Лев Алексеевич. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи [Текст] : учебник для вузов : допущено МО РФ. - 11-е изд., испр. и доп. - Москва : Гардарики, 2006 (Можайск : Можайский полиграф. комбинат, 2005). - 701 с. : ил. - ISBN 5-8297-0159-6 : 361-90.

2. Исследование электрических цепей: лабораторный практикум: учеб. пособие / Т.В. Попова, Ж.А. Ген. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2015. 250 с.

3. Теоретические основы электротехники: типовые задания и примеры решения: учеб. пособие / Т.В. Попова, Ж.А. Ген, А.М. Щербаков. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. 114 с.

4. Анализ режимов работы трехфазных цепей с учетом влияния высших гармоник: Руководство по выполнению курсовой работы: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (2,0 Мб) / Т.В. Попова, Ж.А. Ген, О.А. Киселёва. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цв. – Систем. требования : ПК 500 и выше ; 256 Мб ОЗУ ; Windows XP ; SVGA с разрешением 1024x768; (Adobe Acrobat) ; CD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана.

5. Теоретические основы электротехники : учебник / И. Я. Лизан, К. Н. Маренич, И. В. Ковалева [и др.]. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 628 с. — ISBN 978-5-9729-0663-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — <https://www.iprbookshop.ru/114971.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Петренко, Ю. В. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи постоянного и переменного тока : учебное пособие / Ю. В. Петренко. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 60 с. — ISBN 978-5-7782-3539-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91446.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Петренко, Ю. В. Теоретические основы электротехники. Переходные процессы в линейных электрических цепях : учебное пособие / Ю. В. Петренко. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 84 с. — ISBN 978-57782-2812-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91546.html>. — Режим доступа: для авторизир.

пользователей

8. Петренко, Ю. В. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи с распределенными параметрами : учебное пособие / Ю. В. Петренко. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 64 с. — ISBN 978-5-7782-3876-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99223.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

9. Зонов, В. Н. Теоретические основы электротехники. Электрические и магнитные цепи постоянного тока : учебное пособие / В. Н. Зонов, П. В. Зонов, Ю. Б. Ефимова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2020. — 80 с. — ISBN 978-5-7782-4090-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98742.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

10. Баринов, И. Н. Сборник задач для углубленного изучения курса «Теоретические основы электротехники» : учебное пособие / И. Н. Баринов, В. Н. Енин, С. С. Николаев. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 72 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/31245.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

11. Нейман, В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 1. Линейные электрические цепи постоянного тока : учебное пособие / В. Ю. Нейман. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-1796-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45172.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

12. Нейман, В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 2. Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока : учебное пособие / В. Ю. Нейман. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2009. — 150 с. — ISBN 978-5-7782-1225-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45173.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

13. Нейман, В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 3. Четырехполюсники и трехфазные цепи : учебное пособие / В. Ю. Нейман. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 144 с. — ISBN 978-5-7782-1547-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45174.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

14. Нейман, В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 4. Линейные электрические цепи несинусоидального тока :

учебное пособие / В. Ю. Нейман. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 182 с. — ISBN 978-5-7782-1821-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45175.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

15. Дудченко, О. Л. Теоретические основы электротехники : учебно-методическое пособие / О. Л. Дудченко. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2017. — 60 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/78528.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.