

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»  
Профиль «Промышленная электроника»  
РПД Б1.В.14 «Преобразовательная техника»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора  
по учебно-методической работе  
филиала ФГБОУ ВО  
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске  
В.В. Рожков  
«28» 08 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Преобразовательная техника**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль: «Промышленная электроника»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года 11 месяцев

Форма обучения: заочная

Год набора: 2019

Смоленск

Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки России от «19» сентября 2017 г. № 927

**Программу составил:**

Заведующий кафедрой

«Электроники и микропроцессорной техники»

д-р техн. наук, доцент


  
\_\_\_\_\_

Якименко Игорь Владимирович  
ФИО

«26» июня 2019 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроники и микропроцессорной техники» «28» июня 2019 г., протокол № 11

**Зам. заведующего кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:**

  
\_\_\_\_\_

Смолин Владимир Алексеевич  
ФИО

«02» июля 2019 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе с ЛОВЗ и инвалидами**

  
\_\_\_\_\_

Зуева Елена Владимировна  
ФИО

« 02 » июля 2019 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** является подготовка обучающихся к научно-исследовательской деятельности по направлению бакалавриата 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачи:** изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Преобразовательная техника» относится к обязательной части программы.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Б1.В.05 «Высокочастотные электронные устройства», Б2.В.02(П) «Технологическая (проектно-технологическая) практика», Б1.В.09 «Основы микропроцессорной техники», Б1.В.13 «Силовые узлы устройств промышленной электроники», Б2.В.03(Н) «Научно-исследовательская работа»

Перечень дисциплин, знания, умения и навыки, которых формируются параллельно с данной дисциплиной: Б1.В.ДВ.04.01 «Сигнальные процессоры», Б1.В.ДВ.04.02 «Программируемые логические интегральные схемы».

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной: Б3.01 «Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы».

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-2 Способен аргументировано выбрать и реализовать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1 Способен аргументировано выбрать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	<i>Знает:</i> Как аргументировано выбрать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения <i>Умеет:</i> Аргументировано выбрать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения <i>Владеет:</i> Методами аргументированного выбора эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

	<p><i>ПК-2.2 Способен реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения</i></p>	<p><i>Знает: Как реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения</i></p> <p><i>Умеет: Реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения</i></p> <p><i>Владеет: Методами реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения</i></p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
 Профиль «Промышленная электроника»  
 РПД Б1.В.14 «Преобразовательная техника»



#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Структура дисциплины:

Индекс	Наименование	Форма контроля							з.е.		-	Итого акад. часов						Курс 5									
		Экзамен	Зачет	Зачет с оц.	КР	Контр.	Реферат	РГР	Экспертное	Факт.		Часов в з.е.	Экспертное	По плану	Контакт. часы	СР	Контроль	Сессия 3									
																		з.е. на курсе	Итого	Лек.	Лаб.	Пр	КРП	СР	Контроль	Формы контр.	
Б1.В.14	Преобразовательная техника	5							5	5	36	180	180	12	159	9	5	180	4	8			159	9	э		

##### ОБОЗНАЧЕНИЯ:

##### Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз — экзамен;

ЗаО — зачет с оценкой;

За — зачет;

##### Виды работ:

Контакт. — контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. — лекционные занятия;

Лаб. — лабораторные работы;

Пр. — практические занятия;

КРП — курсовая работа (курсовой проект);

РГР — расчетно-графическая работа (реферат);

СР — самостоятельная работа студентов;

з.е. — объем дисциплины в зачетных единицах.

**Содержание дисциплины:**

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание		
1	лекционные занятия 2 шт. по 2 часа (4 часа): <b>Тема 1. Импульсные регуляторы постоянного напряжения.</b> 1.1 Регулятор первого типа (понижающий), второго типа (повышающий), третьего типа (инвертирующий). Принцип работы, временные диаграммы. Регулировочные и внешние характеристики импульсных преобразователей с непосредственной связью. Последовательно-параллельный преобразователь, конвертеры Кука и SEPIC. Метод усреднения в пространстве состояний. Построение непрерывной модели импульсного преобразователя. <b>Тема 2. Синтез систем управления импульсных регуляторов напряжения.</b> 1.2 Ручная и машинная линеаризации непрерывной модели импульсного преобразователя. Передаточные характеристики импульсного преобразователя как объекта управления. Система управления по выходному напряжению. Двухконтурные системы управления.		
2	лабораторные работы 2 шт. по 4 часа (8 часов): 2.1 Исследование импульсного регулятора. 2.2 Автономный инвертор напряжения.		
3	практические занятия отсутствуют.		
4	расчетно-графическая работа и курсовое проектирование отсутствуют.		
5	самостоятельная работа студентов:		
	5.1. Изучение материалов лекций	час.	139
	5.2. Подготовка к практическим занятиям	-	
	5.3. Подготовка к лабораторным работам		20
	5.4. Расчетно-графическая работа	-	
	<b>Всего:</b>		<b>159</b>
	5.5. Подготовка к экзамену		36

**Текущий контроль:** Письменный контрольный опрос по изученному теоретическому материалу и полученным практическим навыкам проводится на практических и лабораторных занятиях.

**5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Лекции	Интерактивная лекция (лекция-визуализация). Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине.
2.	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений.
3.	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий индивидуально. Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде). Допуск к лабораторной работе.
4.	Консультации по курсовой работе (курсовому проекту)	Индивидуальные и групповые консультации.
5.	Самостоятельная работа сту-	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к

	дентов (внеаудиторная)	ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине).
6.	Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен)	Технология устного опроса.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – экзамен.

### Перечень вопросов к экзамену

1. Понижающий регулятор. Принцип работы, внешняя и регулировочная характеристики.
2. Повышающий регулятор. Принцип работы, внешняя и регулировочная характеристики.
3. Инвертирующий регулятор. Принцип работы, внешняя и регулировочная характеристики.
4. Последовательно-параллельный регулятор. Принцип работы, внешняя и регулировочная характеристики.
5. Система управления dc-dc преобразователя с обратной связью по напряжению. Структурная схема, принцип работы.
6. Система управления dc-dc преобразователя с обратной связью по пиковому току. Структурная схема, принцип работы.
7. Система управления dc-dc преобразователя с обратной связью по среднему току. Структурная схема, принцип работы.
8. Однофазный однополупериодный выпрямитель с активной и активно-емкостной нагрузками. Принцип работы, временные диаграммы.
9. Однофазный однополупериодный выпрямитель с активной и активно-индуктивной нагрузками. Принцип работы, временные диаграммы.
10. Однофазный неуправляемый двухполупериодный выпрямитель со средней точкой с активной и активно-емкостной нагрузками. Принцип работы, временные диаграммы.
11. Однофазный управляемый двухполупериодный выпрямитель со средней точкой с активной нагрузкой. Принцип работы, временные диаграммы.
12. Умножители напряжения: удвоитель напряжения, параллельная и последовательная схемы умножения.
13. Трехфазный выпрямитель со средней точкой. Принцип работы, временные диаграммы, внешняя характеристика.
14. Трехфазный мостовой выпрямитель. Принцип работы, временные диаграммы, внешняя характеристика.
15. Автономные инверторы: мостовой, полумостовой, со средней точкой.
16. Ведомые сетью инверторы.

### Типовые задачи

#### Тема 1. Импульсные регуляторы постоянного напряжения.

1.1 Построить непрерывную модель понижающего регулятора с непосредственной связью в режиме непрерывного тока дросселя.

#### Тема 2. Синтез систем управления импульсных регуляторов напряжения.

2.1 Провести ручную линеаризацию усредненной системы уравнений импульсного регулятора в окрестности стационарного режима. Получить в аналитическом виде переда-



точные характеристики «коэффициент заполнения – ток дросселя», «ток дросселя – выходное напряжение», коэффициент заполнения – выходное напряжение».

2.2 Определить частоты расположения нулей и полюсов заданной передаточной функции импульсного регулятора:

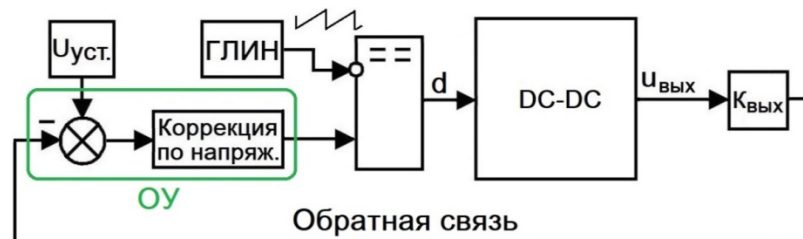
$$f(p) = \frac{0.01 \cdot p + 1.4 \cdot 10^4}{p + 760}$$

2.3 Построить асимптотические логарифмические частотные характеристики по заданной передаточной функции:

$$f(p) = \frac{5.4 \cdot 10^4 \cdot p + 7.7 \cdot 10^7}{p^2 + 3338 \cdot p + 1.3 \cdot 10^8}$$

2.4 Определить запасы устойчивости по амплитуде и фазе для импульсного преобразователя, охваченного отрицательной обратной связью по выходному напряжению. Выходное напряжение преобразователя равно 15 В, коэффициент  $K_{\text{вых}}$  равен 2.5/15, напряжение на выходе ГЛИН нарастает от 0 до 3 В. Передаточная характеристика «коэффициент заполнения – выходное напряжение» преобразователя имеет вид:

$$f(p) = \frac{1.9 \cdot 10^4 \cdot p + 8.1 \cdot 10^9}{p^2 + 2834 \cdot p + 4.5 \cdot 10^8}$$



Структурная схема замкнутой системы управления dc-dc-преобразователем с обратной связью по напряжению

### Тема 3. Однофазные неуправляемые выпрямители.

3.1 Рассчитать среднее значение выпрямленного напряжения однофазного неуправляемого выпрямителя в различных случаях:

а. мостовая схема выпрямления, активная нагрузка, действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора равно 24 В;

б. схема выпрямления с выводом нуля трансформатора, активная нагрузка, действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора равно 36 В;

в. схема выпрямления с выводом нуля трансформатора, активно-индуктивная нагрузка (выпрямленный ток непрерывен), действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора равно 48 В;

г. мостовая схема выпрямления, выпрямитель питается от сети ~220В/50Гц без трансформатора, активно-емкостная нагрузка, емкость конденсатора 470 мкФ, сопротивление нагрузки 100 Ом.

### Тема 4. Многофазные выпрямители.

4.1 Определить действующее значение тока в линейных проводах симметричной трехфазной цепи по схеме треугольник для следующих значений параметров:  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ,  $R_{\text{ф}} = 20 \text{ Ом}$ . Построить векторную диаграмму фазных и линейных токов.

### Тема 5. Управляемые выпрямители.

5.1 Вычислите действующее значение фазных токов и коэффициент мощности в схеме трехфазного мостового выпрямителя с R-нагрузкой, если амплитуда входного фазного



напряжения равна 250 В, его частота – 50 Гц, сопротивление нагрузки 10 Ом, угол управления 30°.

### Тема 6. Инверторы.

6.1 Автономный инвертор напряжения с активно-индуктивной нагрузкой. Входное напряжение инвертора 100 В, индуктивность дросселя 47 мкГн, сопротивление нагрузки 10 Ом, коэффициент заполнения 0.5, частота коммутации 50 Гц. Определить действующее значение и амплитуду основной гармоники напряжения на нагрузке.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок — «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено» (далее — пятибалльная система).

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Учебная аудитория для лабораторных работ, выполняемых в компьютерном классе, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в ЭИОС филиала.

**Программное обеспечение:** Matlab, MathCad, Micro-Cap.

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

### для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

**для глухих и слабослышащих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

**для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**для слепых и слабовидящих:**

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

**для глухих и слабослышащих:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

**для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература.**

1. Розанов, Ю.К. Силовая электроника: учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчинский, А.А. Кваснюк. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

2. Воронин, П. А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / П. А. Воронин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005.

3. Электрические и электронные аппараты: учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. П. А. Курбатова. – М.: Издательство Юрайт, 2016.

4. Справочник по силовой электронике / Ю.К. Розанов, П.А. Воронин, С.Е. Рывкин, Е.Е. Чаплыгин; под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014.

5. Мелешин В.И., Овчинников Д.А. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии. – М.: Техносфера, 2011.

#### **Дополнительная литература.**

1. Анучин, А.С. Системы правления электроприводов: учебник для вузов / А. С. Анучин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015.

2. Бурман, А. П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учеб. пособие / А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012.

3. Зиновьев, Г.С. Основы силовой электроники. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.

4. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008.

5. Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink: учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2013.

#### **Список авторских методических разработок.**

Материалы по дисциплине «Преобразовательная техника» расположены на сайте кафедры: <https://sites.google.com/site/kafeimt/bakalavriat-2018/pt>

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер измене- ния	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изме- нения в данный экземпляр	Дата внесения изме- нения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	изме- ненных	замене- ных	новых	аннулиро- ванных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10