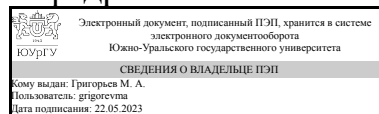


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



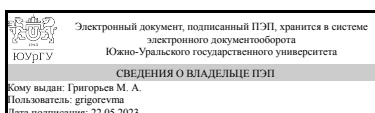
М. А. Григорьев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.М5.02 Схемотехника преобразователей с высокими энергетическими показателями  
**для направления** 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
**уровень** Магистратура  
**магистерская программа** Электроприводы и системы управления электроприводов  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Электропривод, мехатроника и электромеханика

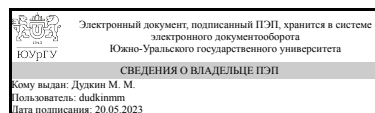
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



М. А. Григорьев

Разработчик программы,  
д.техн.н., доц., профессор



М. М. Дудкин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Основная цель дисциплины состоит в том, чтобы изучить вентильные преобразователи с высокими энергетическими показателями, развить навыки их расчета, анализа и моделирования электромагнитных процессов, синтеза новых схем с повышенными энергетическими показателями. Для осуществления поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи: изучить принципы действия, характеристики, параметры, основы расчета, электромагнитные процессы в вентильных преобразователях с повышенными энергетическими показателями; проводить экспериментальные исследования и моделирование в вентильных преобразователях с повышенными энергетическими показателями; научиться синтезировать и анализировать новые схемы вентильных преобразователей с повышенными энергетическими показателями, обрабатывать результаты экспериментов и оформлять отчет. Новизна курса состоит в том, что в нем большое внимание уделяется изучению вентильных преобразователей, обеспечивающие высокую электромагнитную совместимость преобразователя с питающей сетью, а также устройствам, улучшающие показатели качества электроэнергии в системе электроснабжения, за счет применения новых современных устройств преобразовательной техники, таких как активные выпрямители, матричные преобразователи частоты, активные силовые фильтры-компенсаторы и др.

## Краткое содержание дисциплины

В курсе изучаются вентильные преобразователи с высокими энергетическими показателями для регулируемых электроприводов и технологических установок, а также устройства, позволяющие улучшить качество электроэнергии в системах электроснабжения. Влияние преобразователей на питающую сеть. Энергетические показатели управляемых выпрямителей тока и неуправляемых выпрямителей со сглаживающими фильтрами. Однофазные и трехфазные активные выпрямители напряжения (АВН). Системы управления АВН на основе различных законов импульсной модуляции. Системы фазовой автоподстройки частоты. Высоковольтные двухзвенные преобразователи частоты на базе трехуровневых автономных инверторов напряжения и трехфазных автономных инверторов тока. Матричные преобразователи частоты. Устройства, повышающие качество электроэнергии в системах электроснабжения: конденсаторные батареи, конденсаторно-реакторные компенсаторы, резонансные фильтры, активные силовые фильтры (фильтры-компенсаторы), гибридные фильтры. Большое внимание при изучении курса уделяется лабораторным занятиям, на которых студенты закрепляют теоретические знания, полученные на лекционных занятиях. В течение семестра студенты выполняют лабораторные работы и курсовой проект, проходят тестирование по всем разделам курса. Вид промежуточной аттестации – экзамен.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен принимать организационно-управленческие решения при работе на объектах	Знает: Энергетические показатели выпрямителей, обратимых преобразователей

<p>профессиональной деятельности</p>	<p>напряжения, преобразователей частоты и пути их улучшения.          Умеет: Разрабатывать сложные схемы преобразовательной техники; анализировать сложные электротехнические системы, содержащие различные виды преобразователей и другое оборудование.          Имеет практический опыт: По выбору силовых схем для электропривода и электротехнического оборудования с учетом энерго- и ресурсосбережения; выполнения экспериментальных исследований сложных систем, содержащих различные виды преобразователей и другое оборудование; переоценки накопленных знаний в области силовой электроники.</p>
<p>ПК-3 Способен участвовать в научно-исследовательской работе по видам профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: Принципы действия вентильных преобразователей с повышенными энергетическими показателями и их характеристики; основы расчета схем вентильных преобразователей.          Умеет: Использовать методы спектрального анализа, линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока для расчета переходных и установившихся режимов преобразователей; выбирать параметры элементов силовой схемы преобразователей; рассчитывать режимы работы вентильных преобразователей; анализировать сложные электротехнические системы, содержащие различные виды преобразователей и другое оборудование; снимать характеристики устройств силовой электроники с применением электронных осциллографов и компьютеров .          Имеет практический опыт: Экспериментальных исследований схем силовой электроники по заданной методике, обработки результатов эксперимента; готовности к составлению научно-технического отчета.</p>

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
<p>Нет</p>	<p>Компьютерный инжиниринг электротехнических комплексов и систем,          Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов,          Экспериментальное исследование электроприводов,          Корректирующие устройства и цифровые фильтры в системах электропривода</p>

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	24	24	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	24	24	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5	
Подготовка к защите по лабораторным работам	12	12	
Подготовка к экзамену	19,5	19,5	
Оформление отчетов по лабораторным работам	20	20	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Энергетические характеристики управляемых и неуправляемых выпрямителей тока	12	4	0	8
2	Вентильные преобразователи с высокими энергетическими показателями	28	16	0	12
3	Устройства, повышающие качество электрической энергии в системах электроснабжения	8	4	0	4

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Влияние преобразователей на питающую сеть. Проблема компенсации реактивной мощности и высших гармоник в системе электроснабжения. Составляющие мощностей в силовой электронике. Коэффициент искажения напряжения сети. Энергетические характеристики управляемых выпрямителей тока: КПД, гармонические составляющие в выпрямленном	2

		напряжении и первичном токе, коэффициент мощности, косинус фи.	
2	1	Энергетические характеристики однофазных и трехфазных неуправляемых выпрямителей тока с емкостным фильтром: гармонические составляющие в первичном токе, коэффициент мощности, косинус фи. Двенадцатифазные схемы выпрямителей с последовательным и параллельным включением трехфазных мостов.	2
3	2	Однофазный мостовой активный выпрямитель напряжения (АВН). Выпрямительный и инверторный режим работы. Схемы замещения на этапах коммутации для симметричного закона переключения силовых ключей. Система управления однофазного АВН со стабилизацией выпрямленного напряжения на основе релейно-токового регулирования.	2
4	2	Сетевой (пассивный) фильтр на входе АВН. Законы модуляции в однофазном АВН. Сравнение ШИМ и ЧШИМ. Анализ процессов в однофазном мостовом АВН. Векторные диаграммы в выпрямительном и инверторном режимах. Внешние и энергетические характеристики.	2
5	2	Трехфазный АВН с релейно-токовой системой управления. Однофазная полуостовная схема АВН. Схемы замещения на этапах коммутации. Выбор силовых элементов схемы. Система управления трехфазного АВН со стабилизацией выпрямленного напряжения на основе релейно-токового регулирования. Преимущества и недостатки.	2
6, 7	2	Трехфазный АВН с векторной системой управления. abc, dq, альфа-бетта системы преобразования координат. Функциональная схема АВН с векторной системой управления: режимы потребления (генерации) только активной мощности, режим источника реактивного тока и генерации реактивной мощности. Пространственно-векторная широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Теория пространственного вектора. Таблица базовых векторов. Выражения для расчета коэффициентов модуляции на каждом периоде ШИМ. Функциональная схема пространственно-векторной ШИМ. Регулировочная характеристика АВН. Расчет силовых элементов схемы. Сравнение способов управления АВН. Системы фазовой автоподстройки частоты (однофазные и трехфазные) для синхронизации АВН с напряжением сети. Применение активных выпрямителей в электроприводе. Двухзвенный преобразователь частоты на базе АВН и автономного инвертора напряжения, его преимущества и недостатки.	4
8, 9	2	Высоковольтные двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ) для электроприводов переменного тока. Силовая схема и характеристики высоковольтных преобразователей частоты на базе трехуровневого автономного инвертора напряжения (АИН). Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном трехуровневом АИН: силовая схема, комбинации силовых ключей для стойки фазы А, формирование базовых векторов для первого сектора, таблица базовых векторов, формирование пространственного вектора напряжения во всех сегментах первого сектора, выражения расчета коэффициентов модуляции, функциональная схема микропроцессорной системы управления, временные диаграммы напряжений совместно с системой управления, регулировочная и спектральные характеристики. Сравнение трехфазного двухуровневого (мостового) и трехуровневого АИН.	4
10	2	Высоковольтные двухзвенные преобразователи частоты на основе автономных инверторов тока с управляемым и активным выпрямителями тока на входе: временные диаграммы токов и напряжений, преимущества и недостатки. Пространственно-векторная ШИМ в инверторах тока. Матричные преобразователи частоты: схема, временные диаграммы токов и напряжений, регулировочная характеристика, преимущества и недостатки.	2
11	3	Устройства, повышающие качество электрической энергии в системах электроснабжения: конденсаторные батареи, конденсаторно-реакторные	2

		компенсаторы, резонансные фильтры. Их преимущества и недостатки.	
12	3	Активные силовые фильтры. Последовательная, параллельная и последовательно-параллельная схемы включения. Трехфазный активный фильтр–компенсатор пассивной мощности с релейно-векторной системой управления. Гибридные силовые фильтры.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1, 2	1	Исследование трехфазного управляемого выпрямителя тока в режимах выпрямления и инвертирования в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, характеристик и энергетических показателей трехфазного управляемого выпрямителя тока, выполненного по мостовой схеме, в режимах выпрямления и инвертирования при работе на активно-индуктивную нагрузку с противо-ЭДС. Исследование влияния преобразователя на питающую сеть.	4
3, 4	1	Исследование трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, характеристик и энергетических показателей трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром на выходе. Исследование влияния преобразователя на питающую сеть.	4
5, 6	2	Исследование трехфазного активного выпрямителя напряжения с векторной системой управления в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, характеристик и энергетических показателей трехфазного активного выпрямителя напряжения с векторной системой управления в режимах выпрямления и инвертирования.	4
7, 8	2	Исследование трехфазного трехуровневого автономного инвертора напряжения с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, регулировочных, внешних и энергетических характеристик трехфазного трехуровневого автономного инвертора напряжения (АИН) с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и законом управления $U/f = \text{const}$ при работе на активно-индуктивную нагрузку с ПЭДС (имитация асинхронного электродвигателя).	4
9, 10	2	Исследование трехфазного матричного преобразователя частоты с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, регулировочных, внешних и энергетических характеристик трехфазного матричного преобразователя частоты с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и законом управления $U/f = \text{const}$ при работе на активно-индуктивную нагрузку с ПЭДС (имитация асинхронного электродвигателя).	4
11, 12	3	Исследование трехфазного активного фильтра-компенсатора с релейно-векторной системой управления в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, регулировочных, внешних и энергетических характеристик трехфазного активного фильтра-компенсатора с релейно-векторной системой управления совместно с активно-индуктивной нагрузкой, трехфазным управляемым и неуправляемым выпрямителем тока.	4

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к защите по лабораторным работам	ПУМД: [Осн. лит., 1], с. 211-277, с. 346-388, с. 393-435, с. 450-460, с. 513-518; [Осн. лит., 2], с. 97-154, с. 226-319, с. 325-337; [Осн. лит., 3], с. 287-364, с. 438-466; [Доп. лит., 1], с. 12-103, с. 128-174; [Доп. лит., 2], с. 189-206, с. 212-242, с. 254-268; ЭУМД: [Осн. лит., 1], с. 97-154, с. 226-319, с. 325-347.	1	12
Подготовка к экзамену	ПУМД: [Осн. лит., 1], с. 211-277, с. 346-388, с. 393-460, с. 513-518; [Осн. лит., 2], с. 97-154, с. 226-319, с. 325-337, с. 356-367; [Осн. лит., 3], с. 287-364, с. 438-466; [Доп. лит., 1], с. 12-103, с. 128-174; [Доп. лит., 2], с. 189-206, с. 212-242, с. 254-275; ЭУМД: [Осн. лит., 1], с. 97-154, с. 226-319, с. 325-337, с. 356-367; УМО для СРС [1], с. 5-15; Отечественные и зарубежные журналы по дисциплине: [1], [2], [3].	1	19,5
Оформление отчетов по лабораторным работам	ПУМД: [Осн. лит., 1], с. 211-277, с. 346-388, с. 393-435, с. 450-460, с. 513-518; [Осн. лит., 2], с. 97-154, с. 226-319, с. 325-337; [Осн. лит., 3], с. 287-364, с. 438-466; [Доп. лит., 1], с. 12-103, с. 128-174; [Доп. лит., 2], с. 189-206, с. 212-242, с. 254-268; ЭУМД: [Осн. лит., 1], с. 97-154, с. 226-319, с. 325-337; [Осн. лит., 2], с. 39-72, с. 100-128; [Доп. лит., 4], с. 11-237; УМО для СРС [1], с. 5-11; Профессиональные базы данных и информационные справочные системы: [1], [2]; ПО: [1], [2].	1	20

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	1	Текущий контроль	Отчет ЛР1	0,125	8	По лабораторной работе 1 «Исследование трехфазного управляемого выпрямителя тока в режимах выпрямления и инвертирования» (контроль раздела 1)	экзамен

					<p>студентом индивидуально предоставляется оформленный отчет в установленных срок 2 недели.</p> <p>Оценивается качество оформления, правильность предварительно выполненного домашнего задания, экспериментальных данных, графиков, временных диаграмм, выводов и срок выполнения отчета.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей.</p> <p>1. Качество оформления (оценивается оформление работы согласно требованиям ГОСТ, в том числе наличие подрисуночных надписей, названия таблиц, координатных осей, масштабов, подписей сигналов на временных диаграммах):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- качество оформление работы соответствует требованиям – 1,0 балл;</li> <li>- качество оформление работы частично соответствует требованиям – 0,5 балла;</li> <li>- качество оформление работы не соответствует требованиям – 0 баллов.</li> </ul> <p>2. Правильность выполнения предварительного домашнего задания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правильно выполненное предварительное домашнее задание – 2,0 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 75% – 1,5 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 50% – 1,0 балл;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 25% – 0,5 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено не верно – 0 баллов.</li> </ul> <p>3. Правильность экспериментальных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно – 3 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 75% – 2,25 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 50% – 1,5 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 25% – 0,75 балла;</li> <li>- экспериментальные данные сняты не верно, большая часть графиков или временных диаграмм не построена – 0</li> </ul>	
--	--	--	--	--	--	--



						<p>баллов.</p> <p>4. Правильность выводов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы – 2 балла;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 75% – 1,5 балла;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 50% – 1,0 балл;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 25% – 0,5 балла;</li> <li>- выводы написаны не самостоятельно или неверные – 0 баллов.</li> </ul> <p>5. Срок выполнения отчета:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- за каждую просроченную неделю результирующий балл за работу уменьшается на 1 балл.</li> </ul>	
2	1	Текущий контроль	Отчет ЛР2	0,125	8	<p>По лабораторной работе 2 «Исследование трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром» (контроль раздела 1) студентом индивидуально предоставляется оформленный отчет в установленных срок 2 недели. Оценивается качество оформления, правильность предварительно выполненного домашнего задания, экспериментальных данных, графиков, временных диаграмм, выводов и срок выполнения отчета.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей.</p> <p>1. Качество оформления (оценивается оформление работы согласно требованиям ГОСТ, в том числе наличие подрисовочных надписей, названия таблиц, координатных осей, масштабов, подписей сигналов на временных диаграммах):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- качество оформление работы соответствует требованиям – 1,0 балл;</li> <li>- качество оформление работы частично соответствует требованиям – 0,5 балла;</li> <li>- качество оформление работы не соответствует требованиям – 0 баллов.</li> </ul> <p>2. Правильность выполнения предварительного домашнего задания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правильно выполненное предварительное домашнее задание – 2,0 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 75% – 1,5 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 50% – 1,0 балл;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 25% – 0,5 балла;</li> </ul>	экзамен

					<p>- предварительное домашнее задание выполнено не верно – 0 баллов.</p> <p>3. Правильность экспериментальных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно – 3 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 75% – 2,25 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 50% – 1,5 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 25% – 0,75 балла;</li> <li>- экспериментальные данные сняты не верно, большая часть графиков или временных диаграмм не построена – 0 баллов.</li> </ul> <p>4. Правильность выводов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы – 2 балла;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 75% – 1,5 балла;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 50% – 1,0 балл;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 25% – 0,5 балла;</li> <li>- выводы написаны не самостоятельно или неверные – 0 баллов.</li> </ul> <p>5. Срок выполнения отчета:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- за каждую просроченную неделю результирующий балл за работу уменьшается на 1 балл.</li> </ul>		
3	1	Текущий контроль	Отчет ЛР3	0,125	8	<p>По лабораторной работе 3 «Исследование трехфазного активного выпрямителя напряжения с векторной системой управления» (контроль раздела 2, 3) студентом индивидуально предоставляется оформленный отчет в установленных срок 2 недели.</p> <p>Оценивается качество оформления, правильность предварительно выполненного домашнего задания, экспериментальных данных, графиков, временных диаграмм, выводов и срок выполнения отчета.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей.</p> <p>1. Качество оформления (оценивается оформление работы согласно</p>	экзамен

					<p>требованиям ГОСТ, в том числе наличие подрисуночных надписей, названия таблиц, координатных осей, масштабов, подписей сигналов на временных диаграммах):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- качество оформление работы соответствует требованиям – 1,0 балл;</li> <li>- качество оформление работы частично соответствует требованиям – 0,5 балла;</li> <li>- качество оформление работы не соответствует требованиям – 0 баллов.</li> </ul> <p>2. Правильность выполнения предварительного домашнего задания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правильно выполненное предварительное домашнее задание – 2,0 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 75% – 1,5 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 50% – 1,0 балл;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 25% – 0,5 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено не верно – 0 баллов.</li> </ul> <p>3. Правильность экспериментальных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно – 3 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 75% – 2,25 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 50% – 1,5 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 25% – 0,75 балла;</li> <li>- экспериментальные данные сняты не верно, большая часть графиков или временных диаграмм не построена – 0 баллов.</li> </ul> <p>4. Правильность выводов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы – 2 балла;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 75% – 1,5 балла;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 50% – 1,0 балл;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 25% – 0,5 балла;</li> <li>- выводы написаны не самостоятельно</li> </ul>	
--	--	--	--	--	---	--

						или неверные – 0 баллов. 5. Срок выполнения отчета: - за каждую просроченную неделю результатирующий балл за работу уменьшается на 1 балл.	
4	1	Текущий контроль	Отчет ЛР4	0,125	8	<p>По лабораторной работе 4 «Исследование трехфазного трехуровневого автономного инвертора напряжения с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией» (контроль раздела 2) студентом индивидуально предоставляется оформленный отчет в установленных срок 2 недели.</p> <p>Оценивается качество оформления, правильность предварительно выполненного домашнего задания, экспериментальных данных, графиков, временных диаграмм, выводов и срок выполнения отчета.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей.</p> <p>1. Качество оформления (оценивается оформление работы согласно требованиям ГОСТ, в том числе наличие подрисуночных надписей, названия таблиц, координатных осей, масштабов, подписей сигналов на временных диаграммах):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- качество оформление работы соответствует требованиям – 1,0 балл;</li> <li>- качество оформление работы частично соответствует требованиям – 0,5 балла;</li> <li>- качество оформление работы не соответствует требованиям – 0 баллов.</li> </ul> <p>2. Правильность выполнения предварительного домашнего задания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правильно выполненное предварительное домашнее задание – 2,0 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 75% – 1,5 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 50% – 1,0 балл;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено правильно на 25% – 0,5 балла;</li> <li>- предварительное домашнее задание выполнено не верно – 0 баллов.</li> </ul> <p>3. Правильность экспериментальных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно – 3 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 75% – 2,25 балла;</li> </ul>	экзамен

						<ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 50% – 1,5 балла;</li> <li>- экспериментальные данные, графики, временные диаграммы и расчеты выполнены правильно на 25% – 0,75 балла;</li> <li>- экспериментальные данные сняты не верно, большая часть графиков или временных диаграмм не построена – 0 баллов.</li> </ul> <p>4. Правильность выводов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы – 2 балла;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 75% – 1,5 балла;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 50% – 1,0 балл;</li> <li>- выводы написаны самостоятельно и логически-обоснованы на 25% – 0,5 балла;</li> <li>- выводы написаны не самостоятельно или неверные – 0 баллов.</li> </ul> <p>5. Срок выполнения отчета:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- за каждую просроченную неделю результирующий балл за работу уменьшается на 1 балл.</li> </ul>	
5	1	Текущий контроль	Защита ЛР1	0,125	10	<p>Защита лабораторной работы 1 «Исследование трехфазного управляемого выпрямителя тока в режимах выпрямления и инвертирования» (контроль раздела 1) проводится в форме компьютерного тестирования после выполнения ЛР. Тест состоит из 10 вопросов, позволяющих оценить знания студента по теме лабораторной работы. На ответы отводится 15 минут. Количество попыток 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Правильный ответ на вопрос – 1 балл.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,25 до 0,75 балла в случае 4-х правильных ответов.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,33 до 0,66 балла в случае 3-х правильных ответов.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – 0,5 балла в случае 2-х правильных ответов.</li> <li>- Неправильный ответ на вопрос – 0 баллов.</li> </ul>	экзамен
6	1	Текущий контроль	Защита ЛР2	0,125	10	<p>Защита лабораторной работы 2 «Исследование трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром» (контроль раздела 1) проводится в форме компьютерного</p>	экзамен

						<p>тестирования после выполнения ЛР. Тест состоит из 10 вопросов, позволяющих оценить знания студента по теме лабораторной работы. На ответы отводится 15 минут. Количество попыток 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Правильный ответ на вопрос – 1 балл.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,25 до 0,75 балла в случае 4-х правильных ответов.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,33 до 0,66 балла в случае 3-х правильных ответов.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – 0,5 балла в случае 2-х правильных ответов.</li> <li>- Неправильный ответ на вопрос – 0 баллов.</li> </ul>	
7	1	Текущий контроль	Защита ЛР3	0,125	10	<p>Защита лабораторной работы 3 «Исследование трехфазного выпрямителя напряжения с векторной системой управления» (контроль раздела 2, 3) проводится в форме компьютерного тестирования после выполнения ЛР. Тест состоит из 10 вопросов, позволяющих оценить знания студента по теме лабораторной работы. На ответы отводится 15 минут. Количество попыток 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Правильный ответ на вопрос – 1 балл.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,25 до 0,75 балла в случае 4-х правильных ответов.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,33 до 0,66 балла в случае 3-х правильных ответов.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – 0,5 балла в случае 2-х правильных ответов.</li> <li>- Неправильный ответ на вопрос – 0 баллов.</li> </ul>	экзамен
8	1	Текущий контроль	Защита ЛР4	0,125	10	<p>Защита лабораторной работы 4 «Исследование трехфазного трехуровневого автономного инвертора напряжения с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией» (контроль раздела 2) проводится в форме компьютерного тестирования после выполнения ЛР. Тест состоит из 10 вопросов, позволяющих оценить знания студента по теме лабораторной работы. На ответы отводится 15 минут. Количество попыток 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Правильный ответ на вопрос – 1 балл.</li> <li>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,25 до 0,75 балла в случае 4-х</li> </ul>	экзамен

						<p>правильных ответов.</p> <p>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,33 до 0,66 балла в случае 3-х правильных ответов.</p> <p>- Частично правильный ответ на вопрос – 0,5 балла в случае 2-х правильных ответов.</p> <p>- Неправильный ответ на вопрос – 0 баллов.</p>	
9	1	Бонус	Бонус	-	15	<p>Студент представляет копии документов, подтверждающие победу или участие в предметных олимпиадах по темам дисциплины, а также публикациях по тематике дисциплины.</p> <p>+15 за победу в олимпиаде международного уровня.</p> <p>+10 за победу в олимпиаде российского уровня.</p> <p>+5 за победу в олимпиаде университетского уровня.</p> <p>+1 за участие в олимпиаде, конкурсе, научно-практической конференции, публикацию статьи по тематике дисциплины за каждое мероприятие.</p>	экзамен
10	1	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	20	<p>Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования. Тест состоит из 20 вопросов, позволяющих оценить знания студентов по всем разделам курса. На ответы отводится 30 минут.</p> <p>- Правильный ответ на вопрос – 1 балл.</p> <p>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,25 до 0,75 балла в случае 4-х правильных ответов.</p> <p>- Частично правильный ответ на вопрос – от 0,33 до 0,66 балла в случае 3-х правильных ответов.</p> <p>- Частично правильный ответ на вопрос – 0,5 балла в случае 2-х правильных ответов.</p> <p>- Неправильный ответ на вопрос – 0 баллов.</p>	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>К экзамену допускаются студенты, сдавшие все отчеты по лабораторным работам и прошедшие все тесты по всем разделам курса. Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования. В аудитории находится преподаватель и не более 15 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена студентам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Оценка за экзамен</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>

	<p>рассчитывается по рейтингу обучающегося по дисциплине <math>R_d</math> на основе рейтинга по текущему контролю <math>R_{тек}</math> плюс бонусные баллы <math>R_b</math> (максимум 15) по формуле: <math>R_d = R_{тек} + R_b</math>, где <math>R_{тек} = 0,125 KM1 + 0,125 KM2 + 0,125 KM3 + 0,125 KM4 + 0,125 KM5 + 0,125 KM6 + 0,125 KM7 + 0,125 KM8</math> рассчитывается на основе баллов, набранных обучающимся по результатам текущего контроля с учетом весовых коэффициентов. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (экзамен) для улучшения своего рейтинга, который будет рассчитываться по формуле: <math>R_d = 0,6 R_{тек} + 0,4 R_{па} + R_b</math>, где <math>R_{па}</math> – рейтинг за промежуточную аттестацию. Шкала перевода рейтинга в оценку: «Отлично» – <math>R_d = 85 \dots 100\%</math>; «Хорошо» – <math>R_d = 75 \dots 84\%</math>; «Удовлетворительно» – <math>R_d = 60 \dots 74\%</math>; «Неудовлетворительно» – <math>R_d = 0 \dots 59\%</math>.</p>	
--	---	--

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПК-2	Знает: Энергетические показатели выпрямителей, обратимых преобразователей напряжения, преобразователей частоты и пути их улучшения.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: Разрабатывать сложные схемы преобразовательной техники; анализировать сложные электротехнические системы, содержащие различные виды преобразователей и другое оборудование.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: По выбору силовых схем для электропривода и электротехнического оборудования с учетом энерго- и ресурсосбережения; выполнения экспериментальных исследований сложных систем, содержащих различные виды преобразователей и другое оборудование; переоценки накопленных знаний в области силовой электроники.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3	Знает: Принципы действия вентильных преобразователей с повышенными энергетическими показателями и их характеристики; основы расчета схем вентильных преобразователей.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3	Умеет: Использовать методы спектрального анализа, линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока для расчета переходных и установившихся режимов преобразователей; выбирать параметры элементов силовой схемы преобразователей; рассчитывать режимы работы вентильных преобразователей; анализировать сложные электротехнические системы, содержащие различные виды преобразователей и другое оборудование; снимать характеристики устройств силовой электроники с применением электронных осциллографов и компьютеров .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3	Имеет практический опыт: Экспериментальных исследований схем силовой электроники по заданной методике, обработки результатов эксперимента; готовности к составлению научно-технического отчета.	+	+	+	+					+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины



## Печатная учебно-методическая документация

### а) основная литература:

1. Розанов, Ю. К. Силовая электроника [Текст] учеб. для вузов по направлению. "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 631, [1] с. ил. 25 см.
2. Гельман, М. В. Преобразовательная техника [Текст] учеб. пособие по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" М. В. Гельман, М. М. Дудкин, К. А. Преображенский ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2009. - 423, [1] с. ил. электрон. версия
3. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] учеб. пособ. для вузов. - М.: Высшая школа, 1982. - 496 с. ил.

### б) дополнительная литература:

1. Попков, О. З. Основы преобразовательной техники [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" О. З. Попков. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 199,[1] с. ил.
2. Горбачев, Г. Н. Промышленная электроника Учеб. для энерг. спец. вузов Под ред. В. А. Лабунцова. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 319,[1] с. ил.

### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Электричество теорет. и науч.-практ. журн. Рос. акад. наук, Отделение физ.-техн. проблем энергетики, Федерация энергет. и электротехн. обществ журнал. - М., 1996-
2. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ журнал. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001-
3. Реферативный журнал. Электроника. 23. свод. том Рос. акад. наук, Всерос. ин-т науч. и техн. информ. (ВИНИТИ) реферативный журнал. - М.: ВИНИТИ, 1980-

### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Схемотехника преобразователей с высокими энергетическими показателями: методические указания к самостоятельной работе / сост.: М.В. Гельман, М.М. Дудкин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 17 с.

### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Схемотехника преобразователей с высокими энергетическими показателями: методические указания к самостоятельной работе / сост.: М.В. Гельман, М.М. Дудкин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 17 с.

## Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
---	----------------	--	----------------------------

1	Основная литература	Учебно-методические материалы кафедры	Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2009. - 143 с. <a href="https://aep.susu.ru/assets/53_pt.pdf">https://aep.susu.ru/assets/53_pt.pdf</a>
2	Основная литература	Учебно-методические материалы кафедры	Брылина О.Г., Гельман М.В., Дудкин М.М. Силовая электроника: учебное пособие к виртуальным лабораторным работам. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2012. - 143 с. <a href="https://aep.susu.ru/assets/53_ucposobelek_la">https://aep.susu.ru/assets/53_ucposobelek_la</a>
3	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Дудкин, М. М. Проектирование трехфазного активного фильтра-компенсатора для улучшения качества электроэнергии в системах электроснабжения: учебное пособие к курсовому проектированию по направлению 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" / М. М. Дудкин, А. Н. Шишков, О. Г. Брылина. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2017. - 47 с. <a href="https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000556878&amp;dtype=F&amp;">https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000556878&amp;dtype=F&amp;</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB SimPowerSystems и Simulink. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. М.: ДМК Пресс, 2007. — 288 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/1175">http://e.lanbook.com/book/1175</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФГУ ФИПС(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	526-3 (1)	Компьютерный класс, имеющий 18 оборудованных рабочих мест. Каждое рабочее место оснащено компьютером. Содержит полный комплект программного обеспечения для моделирования процессов силовых вентильных преобразователей в программе MatLab+Simulink. Имеются необходимые аудиовизуальные средства обучения.
Лекции	526-2 (1)	Мультимедийный класс на 50 мест. Оснащен одним компьютером, проектором с экраном, мультимедийными колонками, имеется выход в интернет. На компьютере установлена операционная система Windows, Microsoft Office, MatLab+Simulink.
Самостоятельная работа студента	526-3 (1)	Компьютерный класс имеет 18 персональных компьютеров с выходом в Интернет (ресурсы и фонды библиотек). Открытые коммерческие ресурсы для академического доступа. Отечественные и зарубежные журналы по дисциплине. Научно-техническая информация, содержащая сведения о новых типах электротехнических комплексов. Реестры и бюллетени ФИПС (Научно-техническая информация, содержащая сведения о новых типах полупроводниковых приборов).