

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  Бурковский А.В.  
«31» августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**«Силловые преобразователи»**

**Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах**

**Профиль Управление и информатика в технических системах**

**Квалификация выпускника бакалавр**

**Нормативный период обучения 4 года**

**Форма обучения очная**

**Год начала подготовки 2021**

Автор программы

 /Муконин А.К./

Заведующий кафедрой  
Электропривода,  
автоматики и управления в  
технических системах

 /Бурковский В.Л./

Руководитель ОПОП

 /Мурзинов Ю.В./

Воронеж 2021

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Обеспечение подготовки к инженерной деятельности по анализу и разработке силовых преобразователей электрической энергии, а также формирование готовности к разработке и испытаниям программно-аппаратных управляющих комплексов; способности настраивать управляющие средства и комплексы с использованием соответствующих инструментальных и вычислительных средств; готовности осуществлять проверку технического состояния оборудования и его аттестацию; производить установку и настройку программного и метрологического обеспечения систем автоматизации и управления; способности разрабатывать инструкции по настройке и проведению испытаний технического оборудования и программного обеспечения.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

- изучение принципа действия, параметров и режимов работы элементов силовых схем преобразователей электроэнергии;
- изучение методов анализа, математического и компьютерного моделирования преобразователей электроэнергии;
- изучение топологии схемы силовой части, принципа работы, электромагнитных процессов во всех основных преобразователях электроэнергии;
- изучение принципов построения и особенностей физической реализации цифровых систем управления преобразователями электроэнергии.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Силовые преобразователи» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Силовые преобразователи» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, по выполнению экспериментов и оформлению результатов исследований, осуществлять подготовку проектов планов и программ проведения этих работ.

ПК-5 - Способен к разработке отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований
	Уметь проводить эксперименты и оформлять результаты исследований
	Владеть способностью осуществлять подготовку проектов планов и программ проведения экспериментальных работ
ПК-5	Знать отдельные разделы проекта автоматизированных систем управления технологическими процессами
	Уметь разрабатывать проект на различных стадиях
	Владеть способностью разрабатывать проект автоматизированных систем управления технологическими процессами

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Силовые преобразователи» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	54	54
<b>Курсовой проект</b>	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Неуправляемые выпрямители тока	Однофазные неуправляемые выпрямители. Выпрямители трехфазного тока. Работа выпрямителя	6	2	6	8	22

		на активное сопротивление и индуктивность. Работа выпрямителя на активное сопротивление и емкость. Работа выпрямителя на встречную ЭДС. Коммутация тока, внешние характеристики выпрямителей средней и большой мощности.						
2	Управляемые выпрямители тока	Однофазные управляемые выпрямители. Трехфазные управляемые выпрямители. Высшие гармонические в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока выпрямителей. Сглаживающие фильтры.	6	2	6	8	22	
3	Импульсные преобразователи постоянного тока	Импульсные преобразователи постоянного тока на базе полностью управляемых силовых транзисторов (IGBT) и тиристоров (GTO, IGCT) с широтно-импульсной модуляцией.	6	2	6	8	22	
4	Автономные инверторы	Инверторы, ведомые сетью. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Автономные инверторы. Анализ влияния методов управления на качество преобразованной энергии.	6	4	6	10	26	
5	Принципы построения систем управления вентильными преобразователями	Цифровые системы импульсно-фазового управления. Примеры схемной реализации цифровых систем импульсно-фазового управления выпрямителями.	6	4	6	10	26	
6	Вентильные компенсаторы неактивных составляющих полной мощности	Общие положения и определения. Устройства компенсации реактивной мощности со скалярным управлением. Устройства компенсации реактивной мощности с векторным управлением.	6	4	6	10	26	
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>144</b>	

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Укажите перечень лабораторных работ

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 6 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта:

1. Исследование неуправляемых выпрямителей.
2. Исследование управляемых выпрямителей.
3. Исследование импульсного понижающего преобразователя постоянного напряжения.
4. Исследование автономного инвертора тока.
5. Исследование системы управления тиристорным выпрямителем.
6. Исследование активного фильтра гармоник.

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь проводить эксперименты и оформлять результаты исследований	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способностью осуществлять подготовку проектов планов и программ проведения экспериментальных работ	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	Знать отдельные разделы проекта автоматизированных систем управления технологическими процессами	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь разрабатывать проект на различных стадиях	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способностью разрабатывать проект автоматизированных систем управления технологическими процессами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	Знать обработку и анализ научно-технической	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных

	информации и результатов исследований					ответов
	Уметь проводить эксперименты и оформлять результаты исследований	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способностью осуществлять подготовку проектов планов и программ проведения экспериментальных работ	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	Знать отдельные разделы проекта автоматизированных систем управления технологическими процессами	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь разрабатывать проект на различных стадиях	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способностью разрабатывать проект автоматизированных систем управления технологическими процессами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

#### *Задание 1*

Отметьте правильный ответ.

Какие схемы выпрямления однофазного переменного тока применяются на отечественных ЭПС?

- 1) двухполупериодная с нулевым выводом;
- 2) двухполупериодная мостовая;
- 3) с нулевым выводом и мостовая;
- 4) однополупериодная.

### **Задание 2**

Отметьте правильный ответ.

Коэффициент пульсации - это отношение к среднему значению тока  $i$  или напряжения  $U$

- 1) первой гармоники  $i$  или  $U$ ;
- 2) второй гармоники  $i$  или  $U$ ;
- 3) первой и второй гармоники  $i$  или  $U$ ;
- 4) третьей гармоники  $i$  или  $U$ .

### **Задание 3**

Отметьте правильный ответ.

Зависит ли период коммутации от

- 1) тока нагрузки выпрямителя  $I_d$ ;
- 2) индуктивности анодной цепи вентилей  $x_a$ ;
- 3) тока нагрузки  $I_d$  и индуктивности  $x_a$ .

### **Задание 4**

Отметьте правильный ответ.

Внешняя характеристика выпрямителя – это зависимость среднего выпрямленного напряжения от

- 1) тока нагрузки  $I_d$ ;
- 2) угла регулирования  $\alpha$ ;
- 3) тока нагрузки  $I_d$  и угла регулирования  $\alpha$ .

### **Задание 5**

Отметьте правильный ответ.

Выпрямленное напряжение снижается при увеличении тока нагрузки из-за:

- 1) падения напряжения в вентилях;
- 2) падения напряжения от коммутации;
- 3) падения напряжения в активных сопротивлениях трансформатора и цепи выпрямленного тока;
- 4) падения напряжения в вентилях, от коммутации и в активных сопротивлениях трансформатора и цепи выпрямленного тока.

### **Задание 6**

Отметьте правильный ответ.

Регулировочная характеристика – это зависимость среднего выпрямленного напряжения от

- 1) угла регулирования  $\alpha$ ;
- 2) тока нагрузки  $I_d$ ;
- 3) тока нагрузки  $I_d$  и угла регулирования  $\alpha$ .

### **Задание 7**

Отметьте правильный ответ.

Коэффициент искажения тока – это отношение действующего значения первой гармоники тока  $I_1(1)$  к

- 1) полусумме действующих значений токов первичной и вторичной обмоток трансформатора;
- 2) действующему значению тока первичной обмотки (включая все высшие гармоники);
- 3) действующему значению тока первичной обмотки (исключая все высшие гармоники).

### **Задание 8**

Отметьте правильный ответ.

Коэффициент мощности зависит от:

- 1) коэффициента искажения тока;
- 2) косинуса угла сдвига фаз между действующими значениями первой гармонической составляющей тока первичной обмотки  $I_1(1)$  и напряжения питания выпрямителя;
- 3) коэффициента искажения тока и косинуса угла сдвига фаз между действующими значениями первой гармонической составляющей тока первичной обмотки  $I_1(1)$  и напряжения питания выпрямителя;

### **Задание 9**

Отметьте правильный ответ.

На отечественных ЭПС применяются тиристоры с критической скоростью нарастания прямого напряжения:

- 1) 50 – 100 В/мкс.
- 2) 110 – 190 В/мкс;
- 3) 200 В/мкс.

### **Задание 10**

Отметьте правильный ответ.

Некоторые виды транзисторов называют биполярными, потому что

- 1) их действие основано на поведении двух видов носителей заряда;
- 2) к их выводам прикладывается напряжение двух полярностей;
- 3) через внешние выводы протекают токи разных направлений;
- 4) внутренние  $p-n$  переходы включены встречно.

## **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

### **Задание 1**

Отметьте правильный ответ.

В каких пределах должен изменяться угол регулирования для 100-процентного управления напряжением в симметричном управляемом мостовом однофазном выпрямителе с активно-индуктивной нагрузкой:

- 1)  $0-\pi/2$ ;
- 2)  $0-\pi$ ;
- 3)  $0-3\pi/2$ ;
- 4)  $0-2\pi$ .

### Задание 2

Отметьте правильный ответ.

В каких пределах должен изменяться угол регулирования для 100-процентного управления напряжением в симметричном управляемом мостовом однофазном выпрямителе с активной нагрузкой:

- 1)  $0-\pi/4$ ;
- 2)  $0-3\pi/2$ ;
- 3)  $0-\pi/6$ ;
- 4)  $0-\pi$ .

### Задание 3

Отметьте правильный ответ.

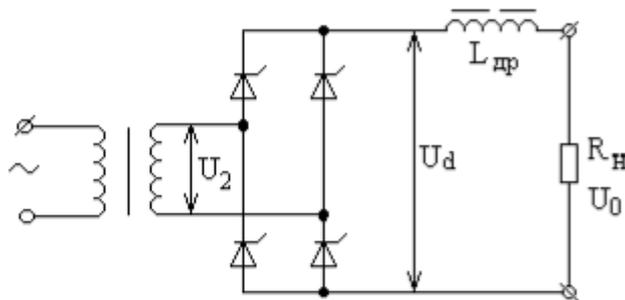
В каких пределах должен изменяться угол регулирования для 100-процентного управления напряжением в несимметричном управляемом мостовом однофазном выпрямителе с активно-индуктивной нагрузкой:

- 1)  $0-\pi/2$ ;
- 2)  $0-\pi$ ;
- 3)  $0-\pi/6$ ;
- 4)  $0-2\pi$ .

### Задание 4

Отметьте правильный ответ.

Как называется схема управляемого выпрямителя, изображенного на рисунке:

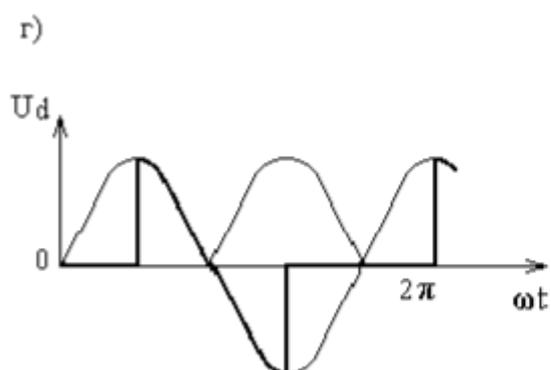
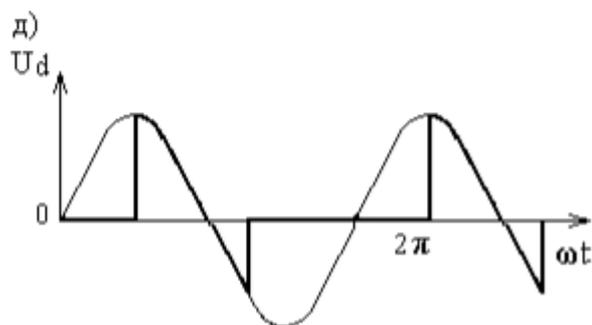
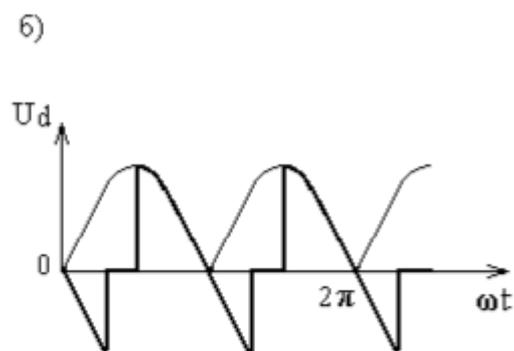
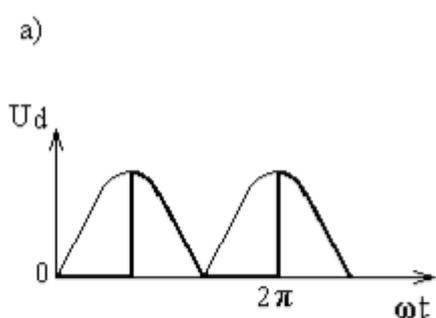


- 1) несимметричный управляемый мостовой однофазный выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой;
- 2) симметричный управляемый мостовой однофазный выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой;
- 3) несимметричный управляемый мостовой однофазный выпрямитель с активной нагрузкой;
- 4) симметричный управляемый мостовой однофазный выпрямитель с активной нагрузкой.

### Задание 5

Отметьте правильный ответ.

Какая форма напряжения на нагрузке имеет место в симметричном управляемом мостовом однофазном выпрямителе при активной нагрузке и  $\alpha = \pi/2$ :



### Задание 6

Отметьте правильный ответ.

Преобразователи постоянного напряжения используются как экономичные и компактные источники...

- 1) постоянного тока;
- 2) высокого напряжения;
- 3) высокой мощности.

### Задание 7

Отметьте правильный ответ.

Коэффициент стабилизации – это...

- 1) отношение относительного изменения силы тока на входе к относительному изменению силы тока на выходе стабилизатора;
- 2) отношение относительного изменения напряжения на входе к относительному изменению напряжения на выходе стабилизатора;
- 3) отношение относительного изменения напряжения на выходе к относительному изменению напряжения на входе стабилизатора;
- 4) отношение относительного изменения силы тока на выходе к относительному изменению силы тока на входе стабилизатора.

### Задание 8

Отметьте правильный ответ.

Мостовая схема ...

- 1) двухполупериодная;
- 2) однополупериодная;
- 3) трехполупериодная;
- 4) четырехполупериодная.

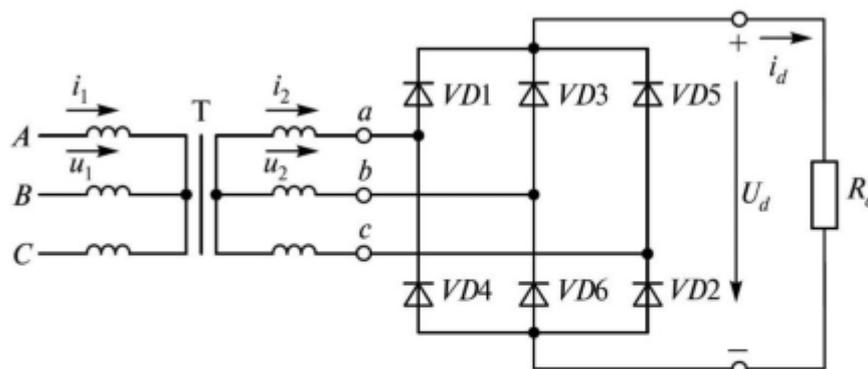
### Задание 9

Отметьте правильный ответ.

Какой коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения имеет трехфазный мостовой выпрямитель:

- 1) 0,667;
- 2) 1,571;
- 3) 0,057;
- 4) 0,251.

### Задание 10



Отметьте правильный ответ.

На схеме представлен:

- 1) трехфазный выпрямитель с нулевой точкой;
- 2) трехфазный мостовой выпрямитель;
- 3) двухполупериодный выпрямитель с нулевой точкой;
- 4) двухполупериодный мостовой выпрямитель.

## 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

### Задание 1

Определить для управляемого однофазного мостового выпрямителя с активной нагрузкой среднее значение напряжения на нагрузке  $U_d$  при  $\alpha = 60^\circ$ , если при  $\alpha = 0$   $U_d = 100$  В.

Варианты ответов:

- 1) 141 В;
- 2) 50 В;
- 3) 70,9 В;
- 4) 75 В.

### **Задание 2**

Определить для управляемого однофазного мостового выпрямителя с активно-индуктивной нагрузкой среднее значение напряжения на нагрузке  $U_d$  при  $\alpha = 60^\circ$ , если при  $\alpha = 0$   $U_d = 100$  В.

Варианты ответов:

- 1) 25 В;
- 2) 85 В;
- 3) 50 В;
- 4) 140 В.

### **Задание 3**

Определить для управляемого однофазного мостового выпрямителя с активно-индуктивной нагрузкой среднее значение напряжения на нагрузке  $U_d$  при  $\alpha = 90^\circ$ , если при  $\alpha = 0$   $U_d = 100$  В.

Варианты ответов:

- 1) 15 В;
- 2) 0 В;
- 3) 70 В;
- 4) 100 В.

### **Задание 4**

Определить для однополупериодного выпрямителя с активной нагрузкой среднее значение тока в нагрузке  $I_d$ , если максимальное значение тока вторичной обмотки трансформатора  $I_{2m} = 10$  А.

Варианты ответов:

- 1) 31,8 А;
- 2) 25,2 А;
- 3) 3,18 А;
- 4) 2,5 А.

### **Задание 5**

Определить для однополупериодного выпрямителя с активной нагрузкой амплитуду основной гармоники выпрямленного напряжения, если среднее значение выпрямленного напряжения на нагрузке  $U_d = 30$  В.

Варианты ответов:

- 1) 34,6 В;
- 2) 47,1 В;
- 3) 26,7 В;
- 4) 51,4 В.

### **Задание 6**

Определить для двухполупериодного выпрямителя с активной нагрузкой среднее значение напряжения на нагрузке  $U_d$ , если максимальное значение напряжения вторичной обмотки трансформатора  $U_{2m} = 40$  В.

Варианты ответов:

- 1) 31,2 В;
- 2) 25,4 В;
- 3) 18,6 А;
- 4) 56,8 А.

### **Задание 7**

Определить для двухполупериодного выпрямителя с активной нагрузкой амплитуду основной гармоники выпрямленного напряжения, если среднее значение выпрямленного напряжения на нагрузке  $U_d = 50$  В.

Варианты ответов:

- 1) 52,7 В;
- 2) 47,5 В;
- 3) 63,4 В;
- 4) 33,5 В.

### **Задание 8**

Определить для трехфазного мостового выпрямителя с активной нагрузкой среднее значение тока через диод  $I_d$ , если среднее значение тока в нагрузке  $I_d = 100$  А.

Варианты ответов:

- 1) 50,0 А;
- 2) 125,8 А;
- 3) 33,3 А;
- 4) 75,0 А.

### **Задание 9**

Определить для трехфазного мостового выпрямителя с активной нагрузкой частоту пульсаций выпрямленного напряжения, если частота питающей сети  $f_c = 50$  Гц.

Варианты ответов:

- 1) 300 Гц;
- 2) 50 Гц;
- 3) 100 Гц;
- 4) 250 Гц.

### **Задание 10**

Определить для трехфазного мостового выпрямителя с активной нагрузкой среднее значение выпрямленного напряжения на нагрузке  $U_d$ , если амплитуда фазного напряжения вторичной обмотки трансформатора  $U_{2m} = 311$  В.

Варианты ответов:

- 1) 622 В;
- 2) 514 В;
- 3) 220 В;
- 4) 380 В.

## **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

## **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Вентильный преобразователь: определение, классификация, область применения.

2. Силовые диоды: устройство, принцип работы, основные параметры, ВАХ, классификация, условия безопасной работы, область применения.

3. Силовые тиристоры: устройство, принцип работы, основные параметры, ВАХ, классификация, условия безопасной работы, область

применения.

4. Транзисторы: устройство, принцип и режимы работы, основные параметры, ВАХ (входные и выходные), классификация, область применения.

5. Ключевой режим работы транзистора: условия возникновения, ВАХ, применение.

6. Защищенный транзисторный ключ: схема, назначение элементов, применение.

7. Современные тенденции интеграции силовых полупроводниковых приборов. Гибридный силовой модуль.

8. Требования к системам защиты ПП ЭЭ.

9. Принцип работы самовосстанавливающегося предохранителя. Его основные достоинства и недостатки по сравнению с быстродействующими плавкими предохранителями.

10. Разновидности элементов для ограничения перенапряжений.

11. Основные преимущества, недостатки и области применения основных элементов защиты от перенапряжений.

12. Методика анализа и расчета электромагнитных процессов в ВП.

13. Математическая и компьютерная модели ВП.

14. Деление ПП в ВП по длительности во времени. Примеры процессов в схемах ВП.

15. Основные программные средства расчета и моделирования электромагнитных процессов в ВП. Преимущества и недостатки пакета Matlab Simulink и SPICE-систем (MicroCAP).

16. Неуправляемые выпрямители тока: назначение, классификация, структурная схема и ее вариации.

17. Разновидности нагрузки выпрямителя. Примеры промышленных установок для каждого вида.

18. Однофазные неуправляемые выпрямители тока: основные разновидности силовых схем, принцип работы, входные и выходные параметры, основные соотношения между ними.

19. Учет неидеальности вентиля и трансформатора в однофазных неуправляемых выпрямителях тока. Внешняя характеристика.

20. Сравнительный анализ однофазных схем выпрямления по основным показателям. Области применения различных схем однофазных выпрямителей.

21. Многофазные неуправляемые выпрямители тока: основные разновидности силовых схем, принцип работы, входные и выходные параметры, основные соотношения между ними.

22. Сравнительный анализ многофазных схем выпрямления по основным показателям. Области применения различных схем многофазных выпрямителей.

23. Режимы работы управляемого выпрямителя тока. Угол проводимости вентиля.

24. Угол управления а управляемым выпрямителем тока. Зависимость диапазона изменения угла управления, необходимого для полного

регулирования выпрямленного напряжения.

25. Регулировочная характеристика: порядок получения, зависимость формы от параметров схемы и режима работы выпрямителя.

26. Коммутация вентилей в ВП. Угол коммутации. Влияние индуктивного сопротивления рассеивания трансформатора и активного сопротивления обмоток на коммутацию при изменении мощности трансформатора?

27. Граничный ток и граничный угол, их зависимость от параметров схемы выпрямления.

28. КПД выпрямителя, его зависимость от тока нагрузки и глубины регулирования.

29. Коэффициент пульсаций, параметры, от которых зависит его величина. Гармонический состав входного тока выпрямителя.

30. Коэффициент мощности и выпрямителя, параметры, от которых зависят их величины. Последствия их уменьшения.

31. Преимущества и недостатки полупроводниковых выпрямителей по сравнению с электромашинными преобразователями (в отношении энергетических характеристик).

32. Пути улучшения  $\cos \phi$  выпрямителя. Принципы действия схем, повышающих коэффициент мощности.

33. Почему нельзя обеспечить опережающий угол сдвига при естественной коммутации?

34. Пути улучшения коэффициента пульсаций. Преимущества и недостатки условно двенадцатифазной схемы.

35. Принцип работы и характерные особенности компенсационных выпрямителей.

36. Метод анализа и расчета электромагнитных процессов в компенсационных выпрямителях.

37. Особенности коммутации силовых вентилей в компенсационных выпрямителях.

38. Статические характеристики и энергетические показатели компенсационных выпрямителей.

39. Инверторы: определение, классификация, область применения каждого из типов.

40. Изменение направления потока мощности и условие перехода от выпрямительного к инверторному режиму. Угол опережения.

41. Внешние и регулировочные характеристики ведомого инвертора в режиме непрерывного тока.

42. Внешние и регулировочные характеристики ведомого инвертора в режиме прерывистого тока.

43. Ограничительная характеристика и опрокидывание ведомого инвертора.

44. Отличия совместного и отдельного управления вентильными комплектами реверсивного преобразователя. Различия силовых схем при отдельном и совместном управлении.

45. Система импульсно-фазового управления (СИФУ): назначение,

принцип работы, классификация, принципы управления, достоинства и недостатки различных типов СИФУ.

46. Основные элементы многоканальной синхронной СИФУ и их функционально-назначение.

47. Требования, предъявляемые к СИФУ преобразователя. Формы управляющих импульсов, применяющихся в СИФУ.

48. Сдвоенные импульсы управления в СИФУ трехфазным мостовым выпрямителем: основные достоинства и недостатки, способы получения.

49. Преимущества и недостатки СИФУ с «пакетными» импульсами управления, условия применения.

50. Зависимость вида регулировочных характеристик СУ и преобразователя вместе с СУ. Преимущества и недостатки СИФУ с пилообразным и косинусоидальным формами опорного напряжения.

51. Микропроцессорные СИФУ (СУЭП): особенности работы и построения, преимущества и недостатки. Последствия перехода на микропроцессорные СУЭП.

52. Управляемые выпрямители напряжения (УВН): отличие от выпрямителей тока, особенности силовой схемы и принцип работы, способы регулирования напряжения. Преимущества и недостатки УВН относительно выпрямителей тока.

53. Обратимые преобразователи напряжения АИН-УВН: назначение, силовая схема, энергетические преимущества, условия применения.

54. Схемы управления УВН при ШИМ. Достоинства и недостатки СУ с ШИМ.

55. Схемы управления УВН при релейно-токовом регулировании. Достоинства и недостатки СУ с релейно-токовым регулированием.

56. Стабилизаторы напряжения: назначение, основные параметры, классификация, структурные схемы, области применения.

57. Непрерывные и импульсные стабилизаторы постоянного напряжения: принцип действия, особенности построения, сравнительные преимущества и недостатки.

58. Показатели качества ЭЭ и энергетические показатели. Классификация устройств, повышающих энергетические показатели и качество ЭЭ.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент

набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Однофазные неуправляемые выпрямители. Выпрямители трехфазного тока. Работа выпрямителя на активное сопротивление и индуктивность. Работа выпрямителя на активное сопротивление и емкость. Работа выпрямителя на встречную ЭДС. Коммутация тока, внешние характеристики выпрямителей средней и большой мощности.	ПК-1, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
2	Однофазные управляемые выпрямители. Трехфазные управляемые выпрямители. Высшие гармонические в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока выпрямителей. Сглаживающие фильтры.	ПК-1, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
3	Импульсные преобразователи постоянного тока на базе полностью управляемых силовых транзисторов (IGBT) и тиристоров (GTO, IGCT) с широтно-импульсной модуляцией.	ПК-1, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Инверторы, ведомые сетью. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Автономные инверторы. Анализ влияния методов управления на качество преобразованной энергии.	ПК-1, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
5	Цифровые системы импульсно-фазового управления. Примеры схемной реализации цифровых систем импульсно-фазового управления выпрямителями.	ПК-1, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
6	Общие положения и определения. Устройства компенсации реактивной мощности со скалярным управлением. Устройства компенсации реактивной мощности с векторным управлением.	ПК-1, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении

промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Зайцев А.И. Силовая промышленная электроника: учеб. пособие / А.И. Зайцев, А.С. Плехов, А.С. Кожин. - Нижний Новгород: ФГБОУ ВПО "Нижегородский государственный технический университет", 2014. - 281 с.

2. Попков О.З. Основы преобразовательной техники: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / О.З. Попков. - Электрон. текстовые данные. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 200 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33149.html>. - ЭБС «IPRbooks».

3. Семенов Б.Ю. Силовая электроника. Профессиональные решения [Электронный ресурс] / Б.Ю. Семенов. - Электрон. текстовые данные. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2011. - 416 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65414.html>. - ЭБС «IPRbooks».

4. Герасимов М.И. Цифровая электроника в устройствах управления: учеб. пособие / М.И. Герасимов. - Воронеж: ВГТУ, 2013. - 129 с.

5. Герасимов М.И. Цифровая схемотехника в устройствах управления: учеб. пособие [Электронный ресурс] / М.И. Герасимов. - Воронеж: ВГТУ, 2013. - 198 с.

6. Герасимов М.И. Функциональные узлы цифровой электроники: лабораторный практикум: учеб. пособие [Электронный ресурс] / М.И. Герасимов, И.А. Болдырев, А.С. Кожин. - Воронеж: ВГТУ, 2018. - 80 с.

7. Муконин А.К. Методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине "Приводы роботов" для студентов специальности 220402 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной форм обучения / ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А.К. Муконин, С.С. Ревнев, В.А. Трубецкой. Воронеж, 2006. - 28 с.

8. Медведев В.А. Исследование выпрямителей и усилителя: методические указания к лабораторным работам № 5, 6 по дисциплине "Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем" для студентов направления 150700.62 "Машиностроение" (профиль "Оборудование и технология сварочного производства") очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. В.А. Медведев, А.К. Муконин. Воронеж, 2013. - 33 с.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая**

**перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

### **Лицензионное ПО**

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic

- Компас-График LT;
- MatLAB;
- Adobe Acrobat Reader
- SMath Studio;
- Internet explorer.

### **Свободное ПО**

- Skype
- Open Office

### **Отечественное ПО**

- «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»»
- Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиат-интернет»»
- Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ)
- Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>
- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>
- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru>
- Единая система конструкторской документации. URL: [https://standartgost.ru/0/2871-edinaya\\_sistema\\_konstruktorskoy\\_dokumentatsii](https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoy_dokumentatsii)
- Национальная электронная библиотека. URL: [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
- All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>
- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>

- Библиотека Адрес ресурса: WWER <http://lib.wwer.ru/>
- Каталог электротехнического оборудования. URL: <https://electro.mashinform.ru;>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

**Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная проекционной аппаратурой.

2. **Специализированная учебная лаборатория** для исследования силовых преобразователей электрической энергии.

3. **Дисплейный класс**, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторных работ.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Силовые преобразователи» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков моделирования в системе MATLAB R2013b. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом

занятие	лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.