

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Председатель ученого совета ФЭСУ

\_\_\_\_\_ А.В. Бурковский  
 (подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Силовая электроника**

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

**Закреплена за кафедрой:** электропривода, автоматики и управления в технических системах

**Для направленности подготовки (специальности) 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника"**

(код, наименование)

**Профили:** электропривод и автоматика

(название профиля по УП)

**Часов по УП: 180 Часов по РПД: 180**

**Часов по УП (без учета часов на экзамены): 167 Часов по РПД: 167**

**Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: 6**

**Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: 6**

**Часов на самостоятельную работу по УП 151 (90 %)**

**Часов на самостоятельную работу по РПД: 151 (90%)**

**Общая трудоемкость в ЗЕТ: 5;**

**Виды контроля в семестрах (на курсах):** Экзамены - 6; Зачеты –5 ; Курсовые проекты-6; Курсовые работы.

**Форма обучения:** заочная (ускоренное обучение на базе СПО);

**Срок обучения:** 4 года .

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 10		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции									4	4	2	2					6	6
Лабораторные									4	4	4	4					8	8
Практические									2	2							2	2
Ауд. занятия									10	10	6	6					16	16
Сам. работа									65	65	86	86					151	151
<b>Итого</b>									<b>75</b>	<b>75</b>	<b>92</b>	<b>92</b>					<b>167</b>	<b>167</b>

**Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 г. №955.**

**Программу составил:** \_\_\_\_\_ к.т.н., Муконин А.К.  
(подпись, ученая степень, ФИО)

**Рецензент (ы):** \_\_\_\_\_ Трубецкой В.А.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направленности 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", профили: электропривод и автоматика.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2016 г.

Зав. кафедрой ЭАУТС \_\_\_\_\_ В.Л. Бурковский

Председатель МКНП \_\_\_\_\_ А.В. Тикунов

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью изучения дисциплины является изучение элементной базы силовой электроники, устройства, принципа действия и характеристик диодных и тиристорных выпрямителей, широтно-импульсных преобразователей, инверторов и преобразователей частоты.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	знание характеристик силовых полупроводниковых вентилях, диодов, тиристоров, транзисторов;
1.2.2	знание основных схем и принципа действия выпрямителей, широтно-импульсных преобразователей, автономных инверторов напряжения и преобразователей частоты;
1.2.3	знание методов экспериментального исследования силовых электронных устройств.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1		код дисциплины в УП: Б.1.В.ОД.5
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>		
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь подготовку по математике, физике, электронике, теоретическим основам электротехники.		
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее</b>		
Б1.В.ДВ.15	Преобразовательная техника	
Б1.В.ОД.10	Моделирование электроприводов	
Б1.В.ОД.15	Теория электропривода	

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование компетенции	
1	2
ОПК-3	Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей
	Знать физические принципы работы, параметры и характеристики силовых электронных устройств
	Уметь выполнять схемы силовых электронных устройств согласно требованиям ЕСКД
ПК-1	Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике
	Знать основные элементы силовых электронных устройств
	Владеть навыками исследования электронных устройств с помощью измерительных приборов
ПК-2	Способность обрабатывать результаты экспериментов
	Знать современное состояние и тенденции в развитии элементной базы силовой электроники

	Уметь формулировать результаты выполненных экспериментальных исследований
	Владеть методами анализа силовых электронных устройств; современными средствами оформления результатов эксперимента в своей предметной области

### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	основные элементы силовых электронных устройств
3.1.2	физические принципы работы, параметры и характеристики силовых электронных устройств
3.1.3	современное состояние и тенденции в развитии элементной базы силовой электроники
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	выполнять схемы силовых электронных устройств согласно требованиям ЕСКД
3.2.2	формулировать результаты выполненных экспериментальных исследований
3.2.3.	осуществлять экспериментальные исследования по заданной методике
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	методами анализа силовых электронных устройств; современными средствами оформления результатов эксперимента в своей предметной области
3.3.2	навыками исследования электронных устройств с помощью измерительных приборов

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Общие сведения о силовых электронных устройствах	5	1-3	0,5	-	-	11	
2	Основные элементы силовых электронных устройств	5	4-11	0,5	-		28	
3	Выпрямители	5,6	12,-18,25-40	3	2	4	56	
4	Широтно-импульсные преобразователи постоянного тока	6	25-27	0,5	-	2	10,5	
5	Инверторы и преобразователи частоты	6	28-36	1,5	-	2	31,5	
6	Применение силовых электронных устройств в электроприводе	6	37-40		-		14	
Итого				6	2	8	151	167

#### 4.1 Лекции

Неделя	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1	2	3	4
<b>5,6 семестры</b>			
<b>3. Выпрямители</b>		<b>4</b>	
20	3.1. Общие сведения о выпрямителях, обобщенная схема выпрямителя. Принцип выпрямления, однополупериодный выпрямитель	1	–
20	3.2. Однополупериодный выпрямитель с разными нагрузками.	1	-
20	3.3. Однофазный мостовой выпрямитель. Сравнение схем выпрямления.	2	-
<b>4. Широтно-импульсные преобразователи (ШИП) постоянного напряжения.</b>		<b>0,5</b>	-
42	4.1. Нереверсивный ШИП. 4.2. Однофазный мостовой ШИП. Проблема обеспечения генераторных режимов.	0,5	-
<b>5. Инверторы и преобразователи частоты</b>		<b>1,5</b>	-
42	5.2. Автономные инверторы. 5.2.1. Общие сведения. Понятие об инверторах тока и напряжения. 5.2.2. Однофазный нулевой автономный инвертор (АИН).	0,5	-
42	5.2.3. Однофазный нулевой АИН с широтно-импульсной 5.2.4. Однофазный мостовой АИН. 5.2.5. Трехфазный нулевой АИН. 5.2.6. Трехфазный мостовой АИН.	0,5	-
42	5.3. Преобразователи частоты. 5.3.1. Преобразователи частоты с непосредственной связью. 5.3.2. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного напряжения.	0,5	-
<b>Итого часов</b>		<b>6</b>	

#### 4.2. Лабораторные работы

Неделя	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
<b>5,6 семестры</b>		<b>8</b>		
24	Инструктаж по технике безопасности. Лабораторная работа №1 “Исследование диодных выпрямителей	2	1,5	Проверка результатов исследования

32	Лабораторная работа №2 “Исследование двухполупериодного тиристорного преобразователя	2	1,5	Проверка результатов исследования
34	Лабораторная работа №3 “Исследование широтно-импульсного преобразователя”	2	1,5	Проверка результатов исследования
36	Лабораторная работа №4 “Исследование автономного инвертора напряжения	2	1,5	Проверка результатов исследования

### 4.3 Практические занятия

Неделя	Наименование занятия	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)
<b>5 семестр</b>		<b>2</b>	
30	Мостовые выпрямители	2	1

### 4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	2	3	4
<b>5,6 семестры</b>			<b>151</b>
1	Принцип импульсного регулирования потока энергии и обобщенная структура преобразовательного устройства ( ПУ). Классификация ПУ.		3,5
2,3	Основные показатели и характеристики преобразовательных устройств.		7,5
4	Общие сведения об электронных ключах. 2.1.1. Основные определения, параметры и классификация, вольт-амперные характеристики, область безопасной работы.		3,5
5-9	2.1.2. Силовые диоды, силовые транзисторы (биполярные, МОП, IGBT).	Выборочная проверка	17,5
10, 11	2.1.3. Тиристоры (однооперационные, запираемые, оптронные), модули, сравнение электронных ключей		7
12,13	3.1. Общие сведения о выпрямителях, обобщенная схема выпрямителя. Принцип выпрямления, однополупериодный выпрямитель. Основные параметры выпрямителей. Классификация выпрямителей.		7
14,15	3.2. Однополупериодный выпрямитель с разными нагрузками. 3.3. Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средней точкой.	Проверка контрольных работ	7

16,17	3.3. Однофазный мостовой выпрямитель. 3.4. Трехфазный нулевой выпрямитель.	Проверка контрольных работ	7
18	3.6. Трехфазный мостовой выпрямитель. Сравнение схем выпрямления	Проверка контрольных работ	5
25-27	4.1. Нереверсивный ШИП. 4.2. Однофазный мостовой ШИП. Проблема обеспечения генераторных режимов. Курсовое проектирование	Проверка контрольных работ	16
28-31	5.1. Инверторы, ведомые сетью. Принцип действия, схемы характеристики.		
	5.2. Автономные инверторы. 5.2.1. Общие сведения. Понятие об инверторах тока и напряжения. 5.2.2. Однофазный нулевой автономный инвертор (АИН). Курсовое проектирование	выборочная проверка	21
32-36	5. 5.2.3. Однофазный нулевой АИН с широтно-импульсной 2.4. Однофазный мостовой АИН. 5.2.5. Трехфазный нулевой АИН. 5.2.6. Трехфазный мостовой АИН. Курсовое проектирование	Защита курсового проекта	27
37-40	6.1. Управление двигателями постоянного тока (ДПТ). Применение тиристорных выпрямителей для управления ДПТ. . 6.2. Управление двигателями переменного тока. 6.2.1. Управление асинхронным двигателем с помощью тиристорного регулятора напряжения. 6.2.2. Разомкнутое частотное управление двигателями переменного тока. Курсовое проектирование	Защита курсового проекта	22

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	<b>В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:</b>
5.1	<b>Информационные лекции;</b>
5.2	<b>лабораторные работы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– подготовка к выполнению лабораторных работ,</li> <li>– выполнение лабораторных работ,</li> <li>– защита выполненных работ;</li> </ul>
5.3	<b>самостоятельная работа студентов:</b>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение теоретического материала,</li> <li>– подготовка к лекциям и лабораторным работам,</li> <li>– работа с учебно-методической литературой,</li> <li>– оформление конспектов лекций, подготовка отчетов,</li> <li>– подготовка к текущему контролю успеваемости, к экзамену;</li> </ul>
5.5	<b>консультации</b> по всем вопросам учебной программы.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Паспорт компетенций для текущего контроля для РПД

Разделы дисциплины	Объект контроля	Форма контроля	Метод контроля
1	2	3	4
Введение. Общие сведения о силовых электрических устройствах	Основные понятия и определения силовой электроники. Принцип импульсного регулирования потока энергии.	Опрос	Устный
Основные элементы силовых электрических цепей	Силовые диоды (общего назначения, быстросовмещающиеся, диоды Шоттки), силовые транзисторы, тиристоры .	Защита лабораторных работ	Письменный Устный
Выпрямители	Принцип выпрямления, основные параметры выпрямителей. Основные схемы выпрямителей.	Защита лабораторных работ	Письменный Устный
Широтно-импульсные преобразователи постоянного тока	Нереверсивный ШИП. Однофазный мостовой ШИП.	Защита лабораторных работ	Письменный Устный
Инверторы и преобразователи частоты.	Инверторы, ведомые сетью. Автономные инверторы.	Защита лабораторных работ	Устный
Применение силовых электронных устройств в электроприводе	Применение тиристорных выпрямителей для управления ДПТ. Управление двигателями переменного тока.	Защита лабораторных работ	Устный

Полная спецификация оценочных средств, объектов, форм, методов контроля, контрольных материалов в привязке к формируемым компетенциям и критериев оценки приводится в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к рабочей программе

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<b>7.1 Рекомендуемая литература</b>				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год из- дания. Вид издания	Обеспе- ченность
1	2	3	4	5
<b>7.1.1. Основная литература</b>				
7.1.1.1	Зайцев А.И.	Силовая промышленная электроника/: Учеб. пособие/ А.И. Зайцев, А.С. Плехов. – Воронеж: Научная книга, 2008. – 251 с.	2008 печат.	1
<b>7.1.2. Дополнительная литература</b>				
7.1.2.1	Дегтярев А.В.	Преобразовательные устройства в электроприводе. Учеб. пособие/ А.В. Дегтярев, А.Г. Кроз: Воронеж:	1991 печат.	1
<b>7.1.3. Методические разработки</b>				
7.1.3.1	Муконин А.К., Ревнев С.С., Трубецкой В.А.	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/ ГО-УВПО “Воронежский государственный технический университет”; сост. А.К. Муконин, С.С. Ревнев, В.А. Трубецкой. Воронеж, 2006. 28 с.	2006 печат.	1
7.1.3.2	Муконин А.К., 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.	2013 печат.	1
7.1.3.3	Муконин А.К., Медведев В.А.	Исследование выпрямителей и усилителя: методические указания к лабораторным работам № 1,2 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.	2013 печат.	1

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<b>8.1</b>	<b>Специализированная лекционная аудитория</b> , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
<b>8.2</b>	<b>Специализированная учебная лаборатория</b> для исследования электротехнических и электронных устройств

Паспорт фонда оценочных средств для текущего контроля  
и промежуточной аттестации

Раздел дисциплины	Код формируемой компетенций	Объект контроля	Форма и методика контроля	Контрольные материалы
1. Введение. Общие сведения о силовых электронных устройствах	ОПК3	Знание функций силовых электрических устройств.	Устный опрос на лекции	Вопросы к экзамену
2. Основные элементы силовых электронных устройств	ОПК3	Знание основных требований к силовым электронным устройствам	Отчет по лабораторным работам Устный опрос на занятиях	Контрольные вопросы к лабораторным работам № 1,2 Вопросы к зачету с оценкой
3. Выпрямители	ПК1, ПК2	Знание устройства и характеристик выпрямителей	Отчет по лабораторным работам Устный опрос на занятиях	Контрольные вопросы к лабораторным работам № 3-5 Вопросы к экзамену
4. Широтно-импульсные преобразователи постоянного тока	ПК1, ПК2	. Знание устройства и характеристик широтно-импульсных преобразователей	Отчет по лабораторным работам Устный опрос на занятиях	Контрольные вопросы к лабораторной работе № 6 Вопросы к экзамену
5. Инверторы и преобразователи частоты.	ПК1, ПК2	Знание устройства и характеристик инверторов и преобразователей частоты	Отчет по лабораторной работе  Устный опрос на занятиях	Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7 Вопросы к экзамену
6. Применение силовых электронных устройств в электроприводе	ПК1, ПК2		Отчет по лабораторной работе  Устный опрос на занятиях	Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7

### Критерии оценки при сдаче экзамена:

Цифра	Словесное выражение	Описание
5	Отлично	Ответ студента полный и правильный. Студент способен обобщить материал, сделать собственные выводы, выразить свое мнение, привести иллюстрирующие примеры
4	Хорошо	Ответ студента правильный, но неполный. Не приведены иллюстрирующие примеры, обобщающее мнение студента недостаточно четко выражено
3	Удовлетворительно	Ответ правилен в основных моментах, нет иллюстрирующих примеров, нет собственного мнения студента, есть ошибки в деталях и/или они просто отсутствуют
2	Неудовлетворительно	В ответе существенные ошибки в основных аспектах темы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой дисциплины «Силовая электроника»**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания	Обеспеченность
<b>1. Основная литература</b>				
1	2	3	4	5
Л1.1	Зайцев А.И.	Силовая промышленная электроника/: Учеб. пособие/ А.И. Зайцев, А.С. Плехов. – Воронеж: Научная книга, 2008. – 251 с.	2008 печат.	1
<b>2. Дополнительная литература</b>				
Л2.1	Дегтярев А.В.	Преобразовательные устройства в электроприводе. Учеб. пособие/ А.В. Дегтярев, А.Г. Кроз: Воронеж:	1991 печат.	1
<b>3. Методические разработки</b>				
Л3.1	Муконин А.К., Ревнев С.С., Трубецкой В.А.	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.	2006 печат.	1
Л3.2	Муконин А.К., 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.	2013 печат.	1
Л3.3	Муконин А.К., Медведев В.А.	Исследование выпрямителей и усилителя: методические указания к лабораторным работам № 1,2 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.	2013. печат.	1

Заведующий кафедрой ЭАУТС \_\_\_\_\_ Бурковский В.Л.

Директор НБ ВГТУ \_\_\_\_\_ Буковшина Т.И.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Фонд оценочных средств

#### Вопросы к экзамену по дисциплине "Силовая электроника"

1. Назначение, области применения и основные виды преобразователей энергии.
2. Обобщённая схема преобразователей энергии и принцип импульсного регулирования потока энергии.
3. Основные показатели качества преобразователей энергии.
4. Полупроводниковый диод. Вольтамперная характеристика, влияние температуры.
5. Биполярные транзисторы. Устройство и характеристики.
6. Полевые транзисторы. Устройство и характеристики.
7. IGBT – транзисторы и модули.
8. Тиристоры. Устройство и характеристики.
9. Обобщённая схема выпрямителя. Основные характеристики выпрямителей.
10. Однополупериодный управляемый выпрямитель с резистивной нагрузкой.
11. Однополупериодный управляемый выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой.
12. Однополупериодный управляемый выпрямитель с нулевым диодом.
13. Двухполупериодный управляемый выпрямитель со средней точкой с резистивной нагрузкой.
14. Двухполупериодный управляемый выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой.
15. Понятие о коммутационном сопротивлении. Внешние характеристики выпрямителя.
16. Инверторный режим работы выпрямителей.
17. Однофазный мостовой управляемый выпрямитель.
18. Трёхфазный нулевой управляемый выпрямитель.
19. Трёхфазный мостовой управляемый выпрямитель.
20. Реверсивные выпрямители с совместным управлением.
21. Реверсивные выпрямители с отдельным управлением.
22. Нереверсивный широтно-импульсный регулятор напряжения.
23. Реверсивный широтно-импульсный регулятор напряжения с противофазной коммутацией.
24. Реверсивный широтно-импульсный регулятор напряжения с однополярной ШИМ.
25. Обобщённая структура преобразователя с промежуточным звеном постоянного напряжения. Обеспечение тормозных режимов.
26. Регуляторы переменного напряжения.
27. Однофазный мостовой АИН.
28. Нулевые схемы АИН.
29. Трёхфазный мостовой АИН.
30. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного напряжения.
31. Непосредственные преобразователи частоты.

