

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Граков Федор Николаевич

Должность: Исполняющий обязанности директора Института агроинженерии

Дата подписания: 15.09.2024 18:39:37

Уникальный программный ключ:

654718f633077684ab957bcdde1f6e02b861f463

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИНСТИТУТ АГРОИНЖЕНЕРИИ ФГБОУ ВО ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГАУ**

УТВЕРЖДАЮ

И.о директора института агроинженерии

 Н.Г. Корнешук

«23»мая 2024 г.

Кафедра «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов»

Рабочая программа дисциплины

**ФТД.03 СХЕМОТЕХНИКА ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Направленность Электрооборудование и электротехнологии

Уровень высшего образования – бакалавриат

Квалификация – бакалавр

Форма обучения - очная, заочная

Челябинск  
2024

Рабочая программа дисциплины «Схемотехника вторичных источников электропитания» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 23.08.2017 г. № 813. Рабочая программа предназначена для подготовки бакалавра по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленность – Электрооборудование и электротехнологии...

Настоящая рабочая программа дисциплины составлена в рамках основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) и учитывает особенности обучения при инклюзивном образовании лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидов.

Составители:

кандидат технических наук, доцент

В.Н. Левинский

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры  
«Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов»

«14» мая 2024 г. (протокол №9).

Зав. кафедрой «Энергообеспечение и  
автоматизация технологических процессов»,  
доктор технических наук, профессор

В.М. Попов

Рабочая программа дисциплины одобрена методической комиссией  
Института агроинженерии

«21» мая 2024 г. (протокол №5).

Председатель методической комиссии  
Института агроинженерии ФГБОУ ВО Южно-  
Уральский ГАУ, доктор педагогических наук,  
доцент

Н.Г. Корнешук

Директор Научной библиотеки



И.В. Шатрова

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП	4
1.1.	Цель и задачи дисциплины	4
1.2.	Компетенции и индикаторы их достижений	4
2.	Место дисциплины в структуре ОПОП	5
3.	Объем дисциплины и виды учебной работы	5
3.1.	Распределение объема дисциплины по видам учебной работы	5
3.2.	Распределение учебного времени по разделам и темам	6
4.	Структура и содержание дисциплины, включающее практическую подготовку	8
4.1.	Содержание дисциплины	8
4.2.	Содержание лекций	14
4.3.	Содержание лабораторных занятий	15
4.4.	Содержание практических занятий	15
4.5.	Виды и содержание самостоятельной работы обучающихся	16
5.	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	17
6.	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	18
7.	Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины	18
8.	Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины	18
9.	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	18
10.	Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	19
11.	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	19
	Приложение. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации обучающихся	21
	Лист регистрации изменений	33

# 1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

## 1.1. Цель и задачи дисциплины

### Цель дисциплины

Бакалавр по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия должен быть подготовлен к решению задач профессиональной деятельности следующих типов: производственно-технологический, проектный.

Цель дисциплины – сформировать у студентов систему фундаментальных знаний, необходимых для последующей подготовки бакалавра, способного к эффективному решению практических задач сельскохозяйственного производства, а также способствующих дальнейшему развитию личности.

Задачи дисциплины:

– изучить основные требования и стандарты, используемые при проектировании вторичных источников электропитания (ИВЭП); усвоить теоретические положения по расчету трансформаторов, дросселей, линейных и импульсных стабилизаторов, а также критерии и условия выбора элементной базы;

– изучить приемы, методы диагностики и особенности применения вторичных источников электропитания на животноводческих, птицеводческих и перерабатывающих сельскохозяйственных предприятиях.

## 1.2. Компетенции и индикаторы их достижений

ПКР-8. Способен участвовать в проектировании систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Формируемые ЗУН	
ИД-1. ПКР-8 Участует в проектировании систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	знания	Обучающийся должен знать: схемотехнику источников вторичного электропитания систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий – (ФТД. 03-3.1)
	умения	Обучающийся должен уметь: применять схемотехнику источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий - (ФТД. 03-У.1)
	навыки	Обучающийся должен владеть: приемами схемотехники источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий - (ФТ Д. 01-Н.1)

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Схемотехника вторичных источников электропитания» относится к факультативам основной профессиональной образовательной программы бакалавриата.

## 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы (ЗЕТ), 72 академических часа (далее часов).

Дисциплина изучается:

- очная форма обучения в 7 семестре;
- заочная форма обучения на 4 курсе.

### 3.1. Распределение объема дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Количество часов	
	по очной форме обучения	по заочной форме обучения
<b>Контактная работа (всего), в том числе практическая подготовка*</b>	<b>28</b>	<b>16</b>
Лекции (Л)	14	8
Практические занятия (ПЗ)	14	8
Лабораторные занятия (ЛЗ)	0	-
<b>Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	<b>44</b>	<b>52</b>
<b>Контроль</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>72</b>

### 3.2. Распределение учебного времени по разделам и темам

#### Очная форма обучения

№ темы	Наименование разделов и тем	Всего часов	в том числе				
			контактная работа			СР	контроль
			Л	ЛЗ	ПЗ		
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Общие положения проектирования и применения вторичных источников электропитания							
1.1.	Общие вопросы проектирования устройств электропитания	6	2	-	1	3	-
1.2.	Классификация вторичных источников электропитания	4	1	-	1	3	-
1.3.	Трансформаторы и дроссели, использующиеся в схемах вторичных источников электропитания и их расчет	8	1	-	1	6	-
Раздел 2. Выпрямительные устройства в схемах вторичных источников электропитания							
2.1.	Общие схемы и классификация выпрямительных устройств	6	1	-	1	4	-
2.2.	Расчет выпрямителей с различными типами нагрузок и форм напряжения	6	1	-	1	4	-
2.3.	Расчет выпрямителей источников питания без гальванической развязки и высокочастотных выпрямителей	6	1	-	1	4	-
Раздел 3. Сглаживающие фильтры и стабилизаторы напряжения вторичных источников электропитания							
3.1.	Назначение, устройство и классификация сглаживающих фильтров и стабилизаторов напряжения	6	1	-	1	4	-
3.2.	Расчет и выбор сглаживающих фильтров различных типов	8	2	-	2	4	-
3.3.	Расчет и выбор стабилизаторов напряжения для вторичных источников электропитания.	8	2	-	2	4	-

Раздел 4. Устройства управления вторичных источников электропитания							
4.1.	Функциональные узлы и элементы источников электропитания и их схемотехника	6	1	-	1	4	-
4.2.	Схемы управления импульсными источниками электропитания	7	1	-	2	4	-
	Контроль	-	-	-	-	-	-
	<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>44</b>	<b>-</b>

### Заочная форма обучения

№ темы	Наименование разделов и тем	Всего часов	в том числе				
			контактная работа			СР	контроль
			Л	ЛЗ	ПЗ		
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Общие положения проектирования и применения вторичных источников электропитания							
1.1.	Общие вопросы проектирования устройств электропитания	6	1	-	1	4	-
1.2.	Классификация вторичных источников электропитания	6	1	-	1	4	-
1.3.	Трансформаторы и дроссели, используемые в схемах вторичных источников электропитания и их расчет	12	1	-	1	10	-
Раздел 2. Выпрямительные устройства в схемах вторичных источников электропитания							
2.1.	Общие схемы и классификация выпрямительных устройств	6	1	-	1	4	-
2.2.	Расчет выпрямителей с различными типами нагрузок и форм напряжения	6	1	-	1	4	-
2.3.	Расчет выпрямителей источников питания без гальванической развязки и высокочастотных выпрямителей	7	-	-	1	6	-

Раздел 3. Сглаживающие фильтры и стабилизаторы напряжения вторичных источников электропитания							
3.1.	Назначение, устройство и классификация сглаживающих фильтров и стабилизаторов напряжения	6	1	-	1	4	-
3.2.	Расчет и выбор сглаживающих фильтров различных типов	6	1	-	1	4	-
3.3.	Расчет и выбор стабилизаторов напряжения для вторичных источников электропитания.	4	-	-	-	4	-
Раздел 4. Устройства управления вторичных источников электропитания							
4.1.	Функциональные узлы и элементы источников электропитания и их схемотехника	5	1	-	-	4	-
4.2.	Схемы управления импульсными источниками электропитания	4	-	-	-	4	-
	Контроль	4	-	-	-	-	4
	<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>52</b>	<b>4</b>

#### 4. Структура и содержание дисциплины, включающее практическую подготовку

Практическая подготовка при реализации учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей) организуется путем проведения практических занятий, практикумов, лабораторных работ и иных аналогичных видов учебной деятельности, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка может включать в себя отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

##### 4.1. Содержание дисциплины

###### Раздел 1. Общие положения проектирования и применения вторичных источников электропитания

###### Введение

Программой предмета «Схемотехника вторичных источников электропитания» предусматривается изучение схемотехнических решений в области источников вторичного электропитания, режимами и особенностями работы отдельных элементов в них. Формирование профессиональных навыков анализа схем источников вторичного электропитания и путей распространения помех в них.

###### 1.1. Общие вопросы проектирования устройств электропитания

Для работы большинства электронных устройств необходимо наличие одного или нескольких источников питания (ИП) постоянного тока.



Все ИП можно разделить на две группы: источники первичного электропитания и источники вторичного электропитания. РЭА может иметь в своем составе: ИП первой группы; ИП второй группы; ИП первой и второй групп одновременно.

Источники первичного электропитания. К данной группе ИП относятся:

- 1) химические источники тока (гальванические элементы, батареи и аккумуляторы);
- 2) термобатареи;
- 3) термоэлектронные преобразователи;
- 4) фотоэлектрические преобразователи (солнечные батареи);
- 5) топливные элементы;
- 6) биохимические источники тока;
- 7) атомные элементы;
- 8) электромашинные генераторы.

Химические источники тока (ХИТ) широко используются для питания маломощных устройств и аппаратуры, требующей автономного питания. Батареи и аккумуляторы являются также вспомогательными и(или) резервными источниками энергии в устройствах, питающихся от сети переменного тока. Выходное напряжение таких источников практически не содержит переменной составляющей (пульсаций), но в значительной степени зависит от величины тока, отдаваемого в нагрузку, и степени разряда. Поэтому в устройствах, критичных к напряжению питания, химические источники тока используются совместно со стабилизаторами напряжения.

Термобатареи состоят из последовательно соединенных термопар. Термобатареи используются в качестве ИП малой мощности, например для питания радиоприемников. В простейшем виде термоэлектрический генератор представляет собой батарею термопар, у которых одни концы спаев нагреваются, а другие имеют достаточно низкую температуру, благодаря чему создается термо-ЭДС и во внешней цепи протекает ток. Каждая термопара может состоять из двух разнородных полупроводников или из проводника и полупроводника.

Электромашинные генераторы преобразуют механическую энергию в электрическую. Они делятся на генераторы постоянного и переменного тока. Машины переменного тока могут быть как однофазными, так и многофазными. Наиболее широкое применение нашли трехфазные синхронные и асинхронные генераторы, действие которых основано на использовании вращающегося магнитного поля. В синхронных машинах процесс преобразования энергии происходит при синхронной частоте, то есть, когда частота вращения ротора равна частоте вращения магнитного поля. В асинхронных машинах процесс преобразования энергии происходит при асинхронной частоте, то есть, когда частота вращения ротора отличается от частоты вращения магнитного поля.

Источники вторичного электропитания. Они представляют собой функциональные узлы РЭА или законченные устройства, использующие энергию, получаемую от системы электроснабжения или источника первичного электропитания и предназначенные для организации вторичного электропитания радиоаппаратуры.

1.2. Структурные схемы вторичных источников питания. Вторичные источники питания представляют собой функциональные узлы РЭА или законченные устройства, использующие энергию, получаемую от системы электроснабжения или источника первичного электропитания и предназначенные для организации вторичного электропитания радиоаппаратуры.

Классификация источников вторичного электропитания. Источники вторичного электропитания можно классифицировать по следующим параметрам:

- 1) По типу питающей цепи:
  - 1.1) ИП, использующие электрическую энергию, получаемую от однофазной сети переменного тока;
  - 1.2) ИП, использующие электрическую энергию, получаемую от трехфазной сети переменного тока;
  - 1.3) ИП, использующие электрическую энергию автономного источника постоянного тока.

- 2) По напряжению на нагрузке:
  - 2.1) ИП низкого (до 100В) напряжения;
  - 2.2) ИП среднего (от 100 до 1000В) напряжения;
  - 2.3) ИП высокого (свыше 1000В) напряжения.
- 3) По мощности нагрузки:
  - 3.1) ИП малой мощности (до 100Вт);
  - 3.2) ИП средней мощности (от 100 до 1000Вт);
  - 3.3) ИП большой мощности (свыше 1000Вт).
- 4) По роду тока нагрузки:
  - 4.1) ИП с выходом на переменном токе;
  - 4.2) ИП с выходом на постоянном токе;
  - 4.3) ИП с выходом на переменном и постоянном токе.
- 5) По числу выходов:
  - 5.1) одноканальные ИП, имеющие один выход постоянного или переменного тока;
  - 5.2) многоканальные ИП, имеющие два или более выходных напряжений.
- 6) По стабильности напряжения на нагрузке:
  - 6.1) стабилизированные ИП;
  - 6.2) нестабилизированные ИП.

Примечание: к вторичным источникам питания (вторичным элементам) принято относить также аккумуляторы, хотя деление ХИТ на первичные и вторичные условно (аккумуляторы могут использоваться и для однократного разряда).

1.3. Трансформаторы и дроссели, используемые в схемах вторичных источников электропитания и их расчет

В большинстве ИП используют один или несколько трансформаторов. СТ в источнике питания решает две основные задачи: преобразование переменных напряжений и обеспечение гальванической развязки между питающей сетью и нагрузкой. Бестрансформаторные источники питания ставят схему под высокое напряжение по отношению к внешнему заземлению, например, водопроводным трубам и системам центрального отопления. Это создает потенциальную опасность, главным образом, для человека, эксплуатирующего устройство. При проектировании ИП целесообразно выбирать готовые унифицированные трансформаторы. Отечественной промышленностью выпускаются следующие основные типы трансформаторов питания:

- 1) анодные (ТА) и накальные (ТН);
- 2) анодно-накальные (ТАН);
- 3) для питания устройств на полупроводниковых (ТПП);
- 4) силовые (ТС).

При выборе СТ необходимо учитывать следующие основные моменты:

1) мощность СТ должна быть не менее мощности, потребляемой нагрузкой (необходимо предусмотреть некоторый запас);

2) напряжение первичной обмотки (с учетом подключения ее выводов) должно соответствовать напряжению питающей сети,

3) в стабилизированных ИП напряжение вторичной обмотки должно быть таким, чтобы на входе стабилизатора минимальное значение постоянного напряжения превышало значение выходного напряжения (минимум на 3–5В). Это связано с тем, что, во-первых, на линейном стабилизаторе должно быть падение напряжения 0,6 – 3В, во-вторых, возможны периодические «просадки» напряжения питающей сети. В тоже время запас по напряжению не должен быть большим, так как в этом случае уменьшается КПД источника питания за счет увеличения бесполезно рассеиваемой мощности линейным стабилизатором;

4) при необходимости регулирования выходного напряжения можно использовать СТ с несколькими вторичными обмотками.

## **Раздел 2. Выпрямительные устройства в схемах вторичных источников электропитания**

## 2.1 Общие схемы и классификация выпрямительных устройств

Выбор той или иной схемы источника напряжения вторичного питания обусловлен параметрами питающей сети, требованиями к выходным электрическим параметрам, конструктивными особенностями устройства, температурным диапазоном работы, сроком службы, гарантированной надежностью и перечнем разрешенных к применению или имеющихся в распоряжении разработчика элементов. Выбор схемы, удовлетворяющей поставленным требованиям, является задачей, имеющей множество решений.

В зависимости от мощности, напряжения, допустимой пульсации и т. д. применяются различные схемы выпрямления.

**Однополупериодная схема** является простейшей схемой выпрямителя. Из-за низкого коэффициента использования выпрямительного трансформатора полной величины коэффициента пульсации (сглаживание пульсации осуществляется включенной на выход выпрямителя емкостью или П-образным СРС-фильтром). Эта схема, хотя и применяется в некоторых случаях для выпрямленных напряжений до нескольких сотен вольт, при токах в нагрузке до 10 мА и нежестких требованиях (десятые доли процента) к пульсации широкого распространения не получила.

**Двухполупериодная схема** с выводом средней точки дает несколько больший коэффициент использования выпрямительного трансформатора и меньшую по сравнению со схемой однополупериодного выпрямителя пульсацию вдвое большей частоты тока питающей сети. Двухполупериодный выпрямитель применяют для получения выпрямленных напряжений до нескольких сотен вольт при токах нагрузки до нескольких сотен миллиампер.

Фильтр выпрямителя может быть как с емкостной (ток нагрузки до 200 – 300 мА), так и с индуктивной реакцией. При высоких напряжениях в двухполупериодных выпрямителях часто применяют двуханодные кенотроны. Для получения выпрямленных напряжений в несколько десятков вольт при токах нагрузки до нескольких десятков миллиампер целесообразно применение двухполупериодной схемы с полупроводниковыми вентилями. По сравнению с однофазной мостовой схемой здесь получается выигрыш в количестве вентилях.

## 2.2. Расчет выпрямителей с различными типами нагрузок и форм напряжения

Выпрямительный элемент в схеме выпрямителя включается между источником переменного напряжения и нагрузкой. Основное правило для отпириания и запириания диода - отпириание диода возможно при условии, если потенциал анода будет больше потенциала катода. Напряжение на активной нагрузке имеет сложную форму; содержит одну постоянную и ряд гармонических составляющих тока. Такую форму напряжения удобнее представлять в виде ряда с помощью преобразования Фурье. Для нагрузки важна постоянная составляющая в выпрямленном напряжении. Из переменных составляющих во внимание принимается первая гармоника, так как она имеет наибольшую амплитуду и наименьшую частоту. В схеме однополупериодного выпрямителя гармоника пульсирует с частотой  $f_p = f_c$ . Выводы по выпрямителю с активной нагрузкой: 1) Наблюдается преобладание переменной составляющей над постоянной, то есть коэффициент пульсаций больше единицы; 2) частота пульсаций равна частоте сети, следовательно, схема ОПВ даёт очень низкое качество выпрямления; 3) уровень постоянной составляющей в выпрямленном напряжении очень низкий: для получения необходимой величины  $U_0$  требуется в «л» раз большее напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора, следовательно, габариты трансформатора завышены. При работе выпрямителя на ёмкостную или индуктивную нагрузку происходит сглаживание выходного сигнала. Для этого схемы выпрямительных устройств дополняют фильтрами низких частот. Простейшие фильтры нижних частот – это конденсаторы и индуктивности. Или, в случае применения сложных фильтров, их комбинации. Но, даже в случае применения сложного фильтра, характер нагрузки будет определять первый элемент в его схеме. Назначение конденсатора в схеме выпрямителя – сглаживание пульсаций в выпрямленном напряжении.

2.3. Расчет выпрямителей источников питания без гальванической развязки и высокочастотных выпрямителей. Высокочастотные выпрямители для работы с транзисторными преобразователями строятся по тем же схемам, которые были рассмотрены

ранее. Однако в этом случае имеются некоторые особенности их работы: напряжение на входе выпрямителя не гармоническое, а имеет одну из форм. При питании выпрямителей напряжением повышенной частоты очень заметными становятся инерционные свойства диодов. При резком изменении напряжения на входе выпрямителя диоды теряют вентиляльные свойства на некоторое время, зависящее от скорости их включения или выключения. Все это приводит к изменению характеристик выпрямителей, что должно учитываться при их проектировании и эксплуатации.

### **Раздел 3. Сглаживающие фильтры и стабилизаторы напряжения вторичных источников электропитания**

3.1 Назначение, устройство и классификация сглаживающих фильтров и стабилизаторов напряжения. Напряжение на выходе любого выпрямителя всегда пульсирующее и содержит постоянную и переменную составляющую напряжения. Для сглаживания пульсаций применяют сглаживающие фильтры (СФ) – устройства, предназначенные для подавления пульсаций выпрямленного напряжения до уровня, при котором происходит нормальная работа потребителя. СФ бывают активные и пассивные. Простейшим СФ является, конденсатор, включаемый параллельно нагрузке. Также можно поставить катушку индуктивности (дроссель), но уже последовательно с нагрузкой, а можно комбинировать. Емкостный фильтр. Емкостный сглаживающий фильтр представляет собой конденсатор, включенный параллельно нагрузке. Индуктивный фильтр — это катушка индуктивности (дроссель), включенная последовательно с нагрузкой. При протекании тока через индуктивность происходит накопление энергии. Затем энергия выделяется в нагрузку и т. д. Другими словами, индуктивность не пропускает переменной составляющей в нагрузку, тогда как постоянная составляющая беспрепятственно проходит через индуктивность. Чаще емкостной и индуктивный фильтр комбинируют и получают так называемый LC-фильтр. Помимо LC-фильтров существуют RC-фильтры. У них меньше габариты и масса, нет паразитных магнитных полей, но и максимальный ток нагрузки такого фильтра очень низкий – 10-15 мА. Стабилизатором напряжения (СТН) называют устройство, поддерживающее с определенной точностью неизменным напряжение на нагрузке. Другими словами, стабилизатор напряжения – это устройство, на выходе которого напряжение остается неизменным при воздействии дестабилизирующих факторов. Стабилизаторы бывают параметрические (ПСН) и компенсационные (КСН). Параметрический стабилизатор наиболее простой. Его работа основана на свойствах полупроводникового диода, а точнее на одной из его разновидностей – стабилитрона.

3.2. Расчет и выбор сглаживающих фильтров различных типов. Фильтры предназначены для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения до величины, приемлемой по условиям эксплуатации данного устройства (нагрузки). Важным показателем фильтра является коэффициент сглаживания. Если пренебречь потерями в фильтре и считать, что среднее значение выпрямленного напряжения до и после фильтра равны ( $U_{вх} = U_{вых}$ ), коэффициент сглаживания будет равен коэффициенту фильтрации. Диапазон требуемых коэффициентов пульсаций выходного напряжения  $K_{п.вых}$  для различного рода устройств колеблется от 0,001 до 0,5. При выборе схемы и параметров фильтра, кроме  $K_{сг}$  необходимо также учитывать характер нагрузки и условия ее работы. Так, например, если выпрямитель служит для питания коллекторных цепей усилителя низкой частоты, работающего в режиме В или АВ, необходимо предусмотреть, чтобы выходное сопротивление фильтра было минимальным для токов частот в пределах частотного диапазона усилителя. В противном случае в усиливаемом сигнале появятся искажения. Необходимо также исключить возможные перенапряжения и броски тока, обусловленные переходными процессами в фильтре при изменениях нагрузки. Все фильтры делятся на две группы: фильтры с пассивными RLC-элементами и фильтры с активными элементами. RLC-фильтры простые и надежные в эксплуатации, однако, их вес и габариты при питании радиоэлектронной аппаратуры могут существенно сказываться на общем весе и габаритах выпрямителя, а также питаемой аппаратуры. Это связано со значительными габаритами реактивных элементов конденсаторов и дросселей. При этом в результате насыщения сердечника дросселя постоянной

составляющей выпрямленного тока индуктивность его уменьшается, и фильтрующие свойства фильтра ухудшаются. Негативное влияние на питаемую аппаратуру могут оказывать магнитные поля рассеяния дросселя, выполненного с воздушным зазором. Фильтры с активными элементами (транзисторами) не содержат сглаживающих дросселей и поэтому не имеют перечисленных недостатков. Кроме этого в транзисторных фильтрах применяются конденсаторы значительно меньшей емкости, чем емкости конденсаторов в аналогичных по параметрам фильтрах с пассивными элементами. В настоящее время фильтры с активными элементами как самостоятельные функциональные узлы встречаются редко. Это обусловлено тем, что задачу сглаживания пульсаций успешно решают стабилизаторы напряжения, выполненные на активных элементах.

### 3.3. Расчет и выбор стабилизаторов напряжения для вторичных источников питания.

Параметры стабилизаторов напряжения позволяют сравнивать их по качеству работы, выбирать те, которые удовлетворяют требованиям эксплуатации электронных устройств. К таким параметрам относят: номинальное выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$ , диапазон изменения входного напряжения  $U_{\text{вх.мин}}$  и  $U_{\text{вх.мах}}$ , диапазон изменения тока нагрузки  $I_{\text{вх.мин}}$  и  $I_{\text{вх.мах}}$ , коэффициент полезного действия  $\eta$ , коэффициент стабилизации напряжения  $K_{\text{ст}}$ , коэффициент сглаживания пульсаций  $K_{\text{ст}}$ , коэффициент нестабильности по напряжению  $K_{\text{нU}}$  и коэффициент нестабильности по току  $K_{\text{нI}}$ , и быстродействие. Кроме эксплуатационных используются также расчетные параметры, которые необходимы при проектировании стабилизаторов с заданными свойствами. К таким параметрам относят: дифференциальное выходное сопротивление  $r_{\text{ст}}$ , температурный коэффициент напряжения ТКН, напряжение шумов  $U_{\text{ш}}$ , временной дрейф выходного напряжения  $\Delta U_{\text{т}}$  и некоторые другие. Номинальное напряжение стабилизации  $U_{\text{вых}}$  – это выходное напряжение стабилизатора при нормальных условиях его эксплуатации (определенное входное напряжение, заданный ток нагрузки, установленная температура окружающей среды). Если стабилизатор позволяет регулировать выходное напряжение, то задается диапазон его изменения  $U_{\text{вых.мин}}$  и  $U_{\text{вых.мах}}$ . Диапазон изменения входного напряжения позволяет установить пределы изменения напряжения на входе стабилизатора, при которых сохраняются точностные свойства стабилизатора. Коэффициент полезного действия стабилизатора  $\eta_{\text{ст}}$  – это отношение мощности, отдаваемой в нагрузку  $P_{\text{н}}$ , к мощности  $P_{\text{пот}}$ , потребляемой от первичного источника питания. Коэффициент стабилизации напряжения  $K_{\text{ст}}$  – это отношение относительного изменения входного напряжения к относительному изменению выходного напряжения.

## Раздел 4. Устройства управления вторичных источников электропитания

### 4.1. Функциональные узлы и элементы источников электропитания и их схемотехника.

Функциональные узлы источников вторичного электропитания. Неуправляемые выпрямители, принципиальные схемы расчет. Выпрямители с умножением напряжения. Увеличение мощности диодов путем параллельного их включения и выравнивания рассеиваемой мощности. Повышение обратного напряжения путем последовательного включения диодов. Способы ограничения импульсов тока через выпрямитель при включении вторичного источника электропитания в сеть. Управляемые выпрямители и тиристорные регуляторы переменного напряжения источника вторичного электропитания. Сглаживающие фильтры источников вторичного электропитания, выполненных на пассивных компонентах. Регулирующие элементы непрерывных стабилизаторов напряжения. Ключевые элементы импульсных стабилизаторов и магнитоуправляемых полупроводниковых преобразователей. Схемы управления ключевыми элементами. Обеспечение квазиоптимальной «траектории» переключения транзисторов.

4.2. Схемы управления импульсными источниками электропитания. Импульсные стабилизаторы напряжения (DC-DC конвертеры). Интегральные микросхемы этого класса представляет собой набор функциональных элементов, предназначенный для построения импульсных стабилизаторов повышающего, понижающего или инверсного типа. Так, например, на микросхеме MAX638 фирмы Maxim достаточно просто может быть реализован понижающий импульсный стабилизатор. Микросхема MAX638 поддерживает постоянный уровень выходного напряжения +5В (без внешнего делителя напряжения). При

подключении внешнего резистивного делителя получается достаточно простой импульсный стабилизатор регулируемого положительного напряжения. МАХ638 имеет встроенный генератор, работающий на постоянной частоте 65 кГц. Причем дифференциальный усилитель рассогласования либо подключает, либо отключает импульсы управления затвором МОП - транзистора в соответствии с выходным напряжением. КПД схемы примерно равен 85% и практически не зависит от входного напряжения. Стабилизатор может быть использован, например, для преобразования напряжения автомобильной аккумуляторной батареи (от +12 В) в напряжение + 5 В, для питания различных маломощных устройств (максимальный выходной ток 100 мА). Часть ИМС этого класса, например, 1156ЕУ1 (аналог А78S40), 1156ЕУ5 (аналог МС34063А), являются универсальными, пригодными для построения импульсных стабилизаторов любого типа – повышающих, понижающих и инвертирующих. С их помощью, например, несложно выполнить двуполярный импульсный источник питания, который может быть использован для питания схем с операционными усилителями, большинство из которых питается двуполярным напряжением. Преобразователи напряжения с переключаемыми конденсаторами. Принцип действия преобразователя с переключаемыми конденсаторами представлена упрощенная схема ИМС ICL7662 фирмы Intersil с двумя внешними конденсаторами С1 и С2. Микросхема ICL7662 имеет внутренний генератор и несколько ключей на МОП-транзисторах. Входная и выходная пары ключей управляются в противофазе. Если входная пара ключей замкнута транзисторы в проводящем состоянии), С1 заряжается до напряжения  $U_{вх}$ . Затем во время второго полупериода следования управляющих прямоугольных импульсов конденсатор С1 отсоединяется от входа и подключается к выходу (но с противоположной полярностью). Конденсатор С2 при этом заряжается и имеет отрицательный потенциал относительно земли. Нетрудно заметить, что, организовав несколько иной порядок переключения ключей, можно осуществить повышение выходного напряжения по отношению к входному. Достоинством преобразователей на переключаемых конденсаторах является малое число внешних элементов и отсутствие индуктивностей.

## 4.2. Содержание лекций

### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование лекций	Количество часов	Практическая подготовка
1.	Предмет «Схемотехника вторичных источников электропитания», основные понятия, определения. Структурные схемы вторичных источников электропитания.	1	+
2.	Трансформаторы и дроссели, использующиеся в схемах вторичных источников электропитания и их расчет. Классификация выпрямительных устройств.	2	+
3.	Схемотехника импульсных источников питания. Критерии выбора, входные и выходные параметры.	2	+
4.	Расчет различных типов выпрямителей для вторичных устройств электропитания при различных нагрузках.	2	+

5.	Методы повышения КПД вторичных источников электропитания. Синхронное выпрямление.	2	+
6.	Назначение, устройство и расчет сглаживающих фильтров и стабилизаторов напряжения вторичных источников электропитания.	2	+
7.	Устройства управления вторичных источников электропитания	3	+
	<b>Итого</b>	<b>14</b>	<b>10%</b>

### Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование лекций	Количество часов	Практическая подготовка
1.	Предмет «Схемотехника вторичных источников электропитания», основные понятия, определения. Структурные схемы вторичных источников электропитания.	1	+
2.	Трансформаторы и дроссели, используемые в схемах вторичных источников электропитания и их расчет. Классификация выпрямительных устройств.	1	+
3.	Схемотехника импульсных источников питания. Критерии выбора, входные и выходные параметры.	1	+
4.	Расчет различных типов выпрямителей для вторичных устройств электропитания при различных нагрузках.	1	+
5.	Методы повышения КПД вторичных источников электропитания. Синхронное выпрямление.	1	+
6.	Назначение, устройство и расчет сглаживающих фильтров и стабилизаторов напряжения вторичных источников электропитания.	1	+
7.	Устройства управления вторичных источников электропитания	3	+
	<b>Итого</b>	<b>8</b>	<b>10%</b>

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия не предусмотрены учебным планом

#### 4.4. Содержание практических занятий Очная форма обучения

№ п/п	Наименование практических занятий	Количество часов	Практическая подготовка
1.	Изучение и расчет нерегулируемого выпрямителя и умножителя напряжения.	2	+
2.	Изучение и расчет регулируемого тиристорного выпрямителя.	2	+
3.	Изучение линейного и импульсного стабилизаторов напряжения.	2	+
4.	Изучение и расчет емкостных и индуктивных сглаживающих фильтров.	2	+
5.	Изучение и расчет активных сглаживающих фильтров.	2	+
6.	Изучение и расчет импульсного источника электропитания	2	+
7.	Расчет синхронного выпрямителя	2	+
	Итого	14	70%

#### Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование практических занятий	Количество часов	Практическая подготовка
1.	Изучение и расчет нерегулируемого выпрямителя и умножителя напряжения.	1	+
2.	Изучение и расчет регулируемого тиристорного выпрямителя.	1	+
3.	Изучение линейного и импульсного стабилизаторов напряжения.	1	+
4.	Изучение и расчет емкостных и индуктивных сглаживающих фильтров.	1	+
5.	Изучение и расчет активных сглаживающих фильтров.	1	+
6.	Изучение и расчет импульсного источника электропитания	2	+
7.	Расчет синхронного выпрямителя	1	+
	Итого	8	70%

#### 4.5. Виды и содержание самостоятельной работы обучающихся

##### 4.5.1. Виды самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы обучающихся	Количество часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Подготовка к практическим занятиям	40	48



Подготовка к промежуточной аттестации	4	4
<b>Итого</b>	<b>44</b>	<b>52</b>

#### 4.5.2. Содержание самостоятельной работы обучающихся

##### **Очная форма обучения**

№ п/п	Наименование тем и вопросов	Количество часов
1.	Изучение мостовой двухполупериодной схемы выпрямления	4
2.	Изучение несимметричной схемы удвоения напряжения и схемы умножения напряжения	4
3.	Изучение мостовой схемы трехфазного выпрямителя	4
4.	Изучение линейного стабилизатора напряжения на интегральных микросхемах	6
5.	Изучение импульсного стабилизатора напряжения постоянного тока	4
6.	Управляемые полупроводниковые вентили-тиристоры	4
7.	Параллельное и последовательное соединение диодов	4
8.	Методы построения ИВЭП, повышающие КПД	6
9.	Синхронное выпрямление	8
	<b>Итого</b>	<b>44</b>

##### **Заочная форма обучения**

№ п/п	Наименование тем и вопросов	Количество часов
1.	Изучение мостовой двухполупериодной схемы выпрямления	4
2.	Изучение несимметричной схемы удвоения напряжения и схемы умножения напряжения	4
3.	Изучение мостовой схемы трехфазного выпрямителя	4
4.	Изучение линейного стабилизатора напряжения на интегральных микросхемах	6
5.	Изучение импульсного стабилизатора напряжения постоянного тока	8
6.	Управляемые полупроводниковые вентили-тиристоры	6
7.	Параллельное и последовательное соединение диодов	4
8.	Методы построения ИВЭП, повышающие КПД	6
9.	Синхронное выпрямление	10
	<b>Итого</b>	<b>52</b>

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Учебно-методические разработки имеются в Научной библиотеке ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ:

1. Схемотехника вторичных источников электропитания [Электронный ресурс] : метод. указ для самостоятельной работы студентов очной и заочной формы обучения [направлений 35.03.6 Агроинженерия, профили: Электрооборудование и электротехнологии, Электротеплообеспечение муниципальных образований, Электрооборудование и автоматизация технологических процессов, Электроснабжение предприятий; 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Электроснабжение] / сост. Р. В. Банин ; Южно-Уральский ГАУ,

Институт агроинженерии .— Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2018 .— 41 с. . : ил. — Библиогр.: с. 39-41 (34 назв.).— Доступ из локальной сети: <http://nb.sursau.ru:8080/localdocs/emash/103.pdf>

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Для установления соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС ВО разработан фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине. Фонд оценочных средств представлен в Приложении.

## **7. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины**

Основная и дополнительная учебная литература имеется в Научной библиотеке и электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

### **Основная:**

1. Антонов, С. Н. Проектирование электроэнергетических систем [Электронный ресурс] / С.Н. Антонов; Е.В. Коноплев; П.В. Коноплев. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2014 – 101 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277453>.

2. Ванурин, В. Н. Электрические машины / В. Н. Ванурин. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-507-44500-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/230381>.

3. Суворин, А. В. Монтаж и эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения : учебное пособие / А. В. Суворин. — Красноярск : СФУ, 2018. — 400 с. — ISBN 978-5-7638-3813-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117768>.

### **Дополнительная:**

1. 1. Объем и нормы испытаний электрооборудования [Электронный ресурс]. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2008.- 240 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57318>

2. Бурьков, Д.В. Применение IT-технологий в электроэнергетике: Mathcad, Matlab (Simulink), NI Multisim : [16+] / Д.В. Бурьков, Н.К. Полуянович ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. – 127 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577648>

## **8. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины**

1. Единое окно доступа к учебно-методическим разработкам <https://юургау.рф>
2. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. Университетская библиотека ONLINE <http://biblioclub.ru>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Учебно-методические разработки имеются в Научной библиотеке и электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ:

Схемотехника вторичных источников электропитания [Электронный ресурс] : метод. указ для самостоятельной работы студентов очной и заочной формы обучения [направлений 35.03.6 Агроинженерия, профили: Электрооборудование и электротехнологии, Электротеплообеспечение муниципальных образований, Электрооборудование и автоматизация технологических процессов, Электроснабжение предприятий; 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Электроснабжение] / сост. Р. В. Банин ; Южно-Уральский ГАУ, Институт агроинженерии. — Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2018. — 41 с.: ил. — Библиогр.: с. 39-41 (34 назв.).— Доступ из локальной сети: <http://nb.sursau.ru:8080/localdocs/emash/103.pdf>.

## **10. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

В Научной библиотеке с терминальных станций предоставляется доступ к базам данных:

- Техэксперт (информационно-справочная система ГОСТов).
- My TestX Pro11.

Программное обеспечение:

Операционная система специального назначения «Astra Linux Special Edition» с офисной программой LibreOffice, MyTestXPro 11.0, nanoCAD Электро версия 10.0 локальная, nanoCAD Отопление версия 10.0 локальная, PTC MathCAD Education - University Edition, Мой Офис Стандартный, 1С: Предприятие 8. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях, Windows 10 Home Single Language 1.0.63.71, APM WinMachine 15, Microsoft Windows PRO 10 Russian Academic OLP 1License NoLevel Legalization GetGenuine, Microsoft OfficeStd 2019 RUS OLP NL Acdmc, КОМПАС 3D v19, КОМПАС 3D v18, КОМПАС 3D v17, 1С: Университет ПРОФ 2.1, 1С: Колледж ПРОФ, Kaspersky Endpoint Security, Microsoft Windows Server CAL 2012 Russian Academic OPEN 1 License User CAL, Microsoft Win Starter 7 Russian Academic Open 1 License No Level Legalization Get Genuine, Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License NoLevel, Виртуальный учебный стенд «Электромонтаж» (СПО), MOODLE, «Наш Сад» Кристалл (версия 10).

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Учебные аудитории для проведения занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения. Помещения для самостоятельной работы обучающихся**

Помещение для самостоятельной работы 454080, Челябинская обл., г. Челябинск, проспект Ленина, 75, главный корпус, аудитория №303.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типов, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации,

оснащенная оборудованием и техническими средствами для выполнения лабораторных работ 454080, Челябинская обл., г. Челябинск, ул. Красная, 38, учебный корпус, аудитории 310э.

**Перечень оборудования и технических средств обучения**

Ауд. 303 НОУТБУК HP 615 (VC289EA) RM76/2G/320/DVDR W/HD3200/DOS/15.6;  
ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР В КОМПЛЕКТЕ: системный блок Pentium E 5400 2.7GHZ,  
жесткий диск 250 Gb, монитор 19" LCD, клавиатура, мышь – 30 шт.; ПРИНТЕР CANON LBP-  
1120 лазерный; Экран с электроприводом; ПРИНТЕР CANON LBP-1120 лазерный; ИК ПУЛЬТ  
ДУ ДЛЯ ЭКРАНА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ; КОЛОНКИ 5+1 SVEN ИНО.

Ауд. 114э Стенд, инв. № 3391, стенд лабораторный инв. № ОУ0000009311

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации  
обучающихся

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Компетенции и их индикаторы, формируемые в процессе освоения дисциплины	23
2. Показатели, критерии и шкала оценивания индикаторов достижения сформированности компетенций	23
3. Типовые контрольные задания и (или) иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций в процессе освоения дисциплины	24
4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций	24
4.1. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в процессе практической подготовки	25
4.1.1. Опрос на практическом занятии	25
4.1.2. Оценивание отчета по лабораторной работе	26
4.1.3. Тестирование	26
4.2. Процедуры и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации	28
4.2.1. Зачет	28
4.2.2. Экзамен	32

**1. Компетенции и их индикаторы, формируемые в процессе освоения дисциплины ПКР-8. Способен участвовать в проектировании систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Формируемые ЗУН		
	знания	умения	навыки
ИД-1. ПКР-8 Участвует в проектировании систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	Обучающийся должен знать: схемотехнику источников вторичного электропитания систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий – (ФТД. 03-3.1)	Обучающийся должен уметь: применять схемотехнику источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий - (ФТД. 03-У.1)	Обучающийся должен владеть: приемами схемотехники источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий - (ФТД. 03-Н.1)

**2. Показатели, критерии и шкала оценивания индикаторов достижения компетенций**

Формируемые ЗУН	Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине			
	Недостаточный уровень	Достаточный уровень	Средний уровень	Высокий уровень
ФТД.03-3.1	Обучающийся не знает схемотехнику источников вторичного электропитания систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	Обучающийся слабо знает схемотехнику источников вторичного электропитания систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	Обучающийся с незначительными ошибками и отдельными пробелами знает схемотехнику источников вторичного электропитания систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	Обучающийся с требуемой степенью полноты и точности знает схемотехнику источников вторичного электропитания систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий
ФТД.03-У.1	Обучающийся не умеет применять схемотехнику источников вторичного электропитания в	Обучающийся слабо умеет применять схемотехнику источников вторичного электропитания в	Обучающийся умеет использовать знания о том, как обосновать и применять схемотехнику	Обучающийся умеет использовать знания о том, как обосновать и применять схемотехнику

	системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий
ФТД.03-Н.1	Обучающийся не владеет приемами схемотехники источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	Обучающийся слабо владеет приемами схемотехники источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	Обучающийся с небольшими затруднениями владеет приемами схемотехники источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий	Обучающийся свободно владеет приемами схемотехники источников вторичного электропитания в системах электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий

### **3. Типовые контрольные задания и (или) иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций в процессе освоения дисциплины**

Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, содержатся в учебно-методических разработках, приведенных ниже.

1. Основы электробезопасности [Электронный ресурс]: методические указания для самостоятельной работы по безопасности жизнедеятельности для обучающихся очного и заочного образования / сост. А.В. Зайнишев, Н.Я. Николаев. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. – 134 с. Режим доступа: <http://nb.sursau.ru:8080/localdocs/bzh/27.pdf>.

2. Оказание первой помощи при несчастных случаях на производстве [Электронный ресурс]: методические указания для самостоятельной работы по безопасности жизнедеятельности для обучающихся очного и заочного образования / сост. А.В. Зайнишев, Н.Я. Николаев. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. – 55 с. Режим доступа: <http://nb.sursau.ru:8080/localdocs/bzh/29.pdf>.

### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций**

В данном разделе методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих базовый этап формирования компетенций по дисциплине «Электрическая безопасность», приведены применительно к каждому из используемых видов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.



## 4.1. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости

### 4.1.1. Опрос на практическом занятии

Ответ на практическом занятии используется для оценки качества освоения обучающимся основной профессиональной образовательной программы по отдельным вопросам и/или темам дисциплины. Темы и планы занятий (см. методразработку п.3) заранее сообщаются обучающимся. Ответ оценивается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

№	Оценочные средства	Код и наименование индикатора компетенции
	Типовые контрольные задания и (или) иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций в процессе освоения дисциплины	
1.	Преимущества и недостатки однополупериодной схемы выпрямления.	ИД-1. ПКР-8 Участвует в проектировании систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий
2	Характер нагрузки, включенной на выходе выпрямителя на форму тока в схеме выпрямителя.	
3	Система условных графических и буквенных обозначений элементов электрических функциональных и принципиальных источников вторичного электропитания	
4	Показатели надежности, характеризующие работоспособность источника вторичного электропитания	

Критерии оценки ответа (табл.) доводятся до сведения обучающихся в начале занятий. Оценка объявляется обучающемуся непосредственно после ответа.

Шкала	Критерии оценивания
Оценка 5 (отлично)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся полно усвоил учебный материал;</li> <li>- проявляет навыки анализа, обобщения, критического осмысления и восприятия информации, навыки описания основных физических законов, явлений и процессов;</li> <li>- материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология;</li> <li>- показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации;</li> <li>- продемонстрировано умение решать задачи;</li> <li>- могут быть допущены одна–две неточности при освещении второстепенных вопросов.</li> </ul>
Оценка 4 (хорошо)	<p>ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5», но при этом имеет место один из недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в усвоении учебного материала допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа;</li> <li>- в решении задач допущены незначительные неточности.</li> </ul>
Оценка 3 (удовлетворительно)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;</li> <li>- имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, описании физических законов, явлений</li> </ul>

	и процессов, решении задач, исправленные после нескольких наводящих вопросов; - неполное знание теоретического материала; обучающийся не может применить теорию в новой ситуации.
Оценка 2 (неудовлетворительно)	- не раскрыто основное содержание учебного материала; - обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; - допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, в описании физических законов, явлений и процессов, решении задач, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.

#### 4.1.2. Оценивание отчета по лабораторной работе

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

#### 4.1.3. Тестирование

Тестирование используется для оценки качества освоения обучающимся основной профессиональной образовательной программы по отдельным темам или разделам дисциплины. Тест представляет собой комплекс стандартизированных заданий, позволяющий упростить процедуру измерения знаний и умений обучающихся. Обучающимся выдаются тестовые задания с формулировкой вопросов и предложением выбрать один правильный ответ из нескольких вариантов ответов.

№	Оценочные средства	Код и наименование индикатора компетенции
	Типовые контрольные задания и (или) иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций в процессе освоения дисциплины	
1.	<p><b>1. На сколько групп можно разделить все источники питания (ИП) постоянного тока?</b></p> <p>1) Все (ИП) постоянного тока можно разделить на две группы: а) источники первичного электропитания; в) источники вторичного электропитания.</p> <p>2) Все (ИП) постоянного тока можно разделить на три группы: а) химические; в) электромеханические; с) фотоэлектрические.</p> <p>3) Все (ИП) постоянного тока можно разделить на четыре группы: а) химические; в) электромеханические; с) фотоэлектрические; д) биохимические.</p> <p>4) Все (ИП) постоянного тока на группы не делятся.</p> <p><b>2. Как определяется КПД выпрямителя?</b></p> <p>1) Как отношение выходного значения постоянного тока к действующему значению входного переменного тока.</p> <p>2) Отношением полезной (выходной) мощности постоянного тока к суммарной мощности на входе выпрямителя.</p> <p>3) Отношением амплитудного значения первой гармоники напряжения к номинальному значению постоянной составляющей в выпрямленном напряжении.</p> <p>4) По отношению действующего значения напряжения пульсаций на нагрузке к номинальному значению постоянной составляющей напряжения.</p> <p><b>3. В какой из схем выпрямления меньше величина пульсаций выходного напряжения?</b></p> <p>1) В однополупериодной схеме выпрямления.</p>	ИД-1. ПКР-8 Участвует в проектировании систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий

№	Оценочные средства	Код и наименование индикатора компетенции
	<p>Типовые контрольные задания и (или) иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций в процессе освоения дисциплины</p> <p>2) В двухполупериодной схеме выпрямления. 3) В однофазной мостовой схеме выпрямления. 4) В трехфазной мостовой схеме выпрямления.</p> <p><b>4. Для чего применяются сглаживающие фильтры?</b> 1) Для повышения коэффициента мощности (<math>\cos\phi</math>) выпрямителя. 2) Сглаживающие фильтры в схемах выпрямления не применяются. 3) Для сглаживания пульсаций напряжения на выходе выпрямителя. 4) Для защиты полупроводниковых диодов от пробоя.</p> <p><b>5. Какие фильтры называются Г – образными?</b> 1) Фильтры содержащие индуктивность (L) и ёмкость (C). Индуктивность включается параллельно нагрузке, а ёмкость последовательно с нагрузкой. 2) Фильтры содержащие индуктивность (L) и ёмкость (C). Индуктивность включается последовательно с нагрузкой, а ёмкость параллельно нагрузке. 3) Г – образные фильтры в схемах выпрямления не используются из-за больших массогабаритных показателей. 4) Фильтры содержащие индуктивность (L) и активное сопротивление (R). Индуктивность включается параллельно нагрузке, а активное сопротивление последовательно с нагрузкой.</p> <p><b>6. В чем преимущество транзисторных фильтров перед LC-фильтрами?</b> 1) Незначительная зависимость параметров от температуры и тока нагрузки. 2) Меньшие пульсации выходного напряжения. 3) Высокий КПД. 4) Простота и меньшие массогабаритные показатели.</p> <p><b>7. Принцип работы параметрического стабилизатора напряжения?</b> 1) Его работа основана на изменении сопротивления регулирующего элемента в зависимости от величины управляющего сигнала. 2) Его работа основана на свойствах стабилитрона, поддерживать неизменной величину выходного напряжения при значительных изменениях тока нагрузки. 3) Работа основана на изменениях параметров полупроводниковых элементов, входящих в схему стабилизатора. 4) Принцип реализован за счет каскадного включения стабилитронов.</p> <p><b>8. Преимущества импульсных источников питания по сравнению с линейными источниками?</b> 1) Высокий КПД и высокая удельная мощность. 2) Простота конструкции. 3) Высокая надёжность работы. 4) Низкая стоимость.</p> <p><b>9. Какими способами может производиться регулирование выходного напряжения выпрямителей?</b> 1) Регулирование с помощью трансформаторов или</p>	

№	Оценочные средства	Код и наименование индикатора компетенции
	Типовые контрольные задания и (или) иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций в процессе освоения дисциплины	
	автотрансформаторов. 2) Регулирование с помощью дросселей насыщения. 3) Регулирование с помощью управляемых выпрямителей (тиристоров). <b>4) Регулирование с помощью всех перечисленных выше способов.</b>  <b>10. Преимущества аккумуляторной батареи перед гальваническими элементами и батареями?</b> 1) Высокая стабильность величины выходного напряжения. 2) Большая удельная электрическая ёмкость и вследствие этого меньшая стоимость. <b>3) Возможность многократного использования и вследствие этого меньшая стоимость единицы получаемой энергии.</b> 4) Большая долговечность при хранении.	

По результатам тестирования студенту выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Критерии оценки ответа студента (табл.) доводятся до сведения студентов до начала тестирования. Результат тестирования объявляется студенту непосредственно после его сдачи.

Шкала	Критерии оценивания (% правильных ответов)
Оценка 5 (отлично)	80-100
Оценка 4 (хорошо)	70-79
Оценка 3 (удовлетворительно)	50-69
Оценка 2 (неудовлетворительно)	менее 50

## 4.2. Процедуры и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 4.2.1. Зачет

Зачет является формой оценки качества освоения обучающимся основной профессиональной образовательной программы по разделам дисциплины. По результатам зачета обучающемуся выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено»; оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» в случае дифференцированного зачета.

Зачет проводится по окончании чтения лекций и выполнения лабораторных (практических) занятий. Зачет принимается преподавателями, проводившими лабораторные (практические) занятия, или читающими лекции по данной дисциплине. В случае отсутствия ведущего преподавателя зачет принимается преподавателем, назначенным распоряжением заведующего кафедрой. С разрешения заведующего кафедрой на зачете может присутствовать преподаватель кафедры, привлеченный для помощи в приеме зачета.

Присутствие на зачете преподавателей с других кафедр без соответствующего распоряжения ректора, проректора по учебной и воспитательной работе и молодежной политике, заместителя директора института по учебной работе не допускается.

Форма(ы) проведения зачета (*устный опрос по билетам, письменная работа, тестирование и др.*) определяются кафедрой и доводятся до сведения обучающихся в начале семестра.

Для проведения зачета ведущий преподаватель накануне получает в секретариате директората зачетно-экзаменационную ведомость, которая возвращается в секретариат после окончания мероприятия в день проведения зачета или утром следующего дня.

Во время зачета обучающиеся могут пользоваться с разрешения ведущего преподавателя справочной и нормативной литературой, другими пособиями и техническими средствами.

Время подготовки ответа в устной форме при сдаче зачета должно составлять не менее 20 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа - не более 10 минут.

Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины.

Качественная оценка «зачтено», внесенная в зачетно-экзаменационную ведомость, является результатом успешного усвоения учебного материала.

Результат зачета выставляется в зачетно-экзаменационную ведомость в день проведения зачета в присутствии самого обучающегося. Преподаватели несут персональную ответственность за своевременность и точность внесения записей о результатах промежуточной аттестации в зачетно-экзаменационную ведомость.

Если обучающийся явился на зачет и отказался от прохождения аттестации в связи с неподготовленностью, то в зачетно-экзаменационную ведомость ему выставляется оценка «не зачтено».

Неявка на зачет отмечается в зачетно-экзаменационной ведомости словами «не явился».

Нарушение дисциплины, списывание, использование обучающимися неразрешенных печатных и рукописных материалов, мобильных телефонов, коммуникаторов, планшетных компьютеров, ноутбуков и других видов личной коммуникационной и компьютерной техники во время зачета запрещено. В случае нарушения этого требования преподаватель обязан удалить обучающегося из аудитории и проставить ему в ведомости оценку «не зачтено».

Обучающимся, не сдавшим зачет в установленные сроки по уважительной причине, индивидуальные сроки проведения зачета определяются заместителем директора института по учебной работе.

Обучающиеся, имеющие академическую задолженность, сдают зачет в сроки, определяемые Университетом. Информация о ликвидации задолженности отмечается в экзаменационном листе.

Допускается с разрешения заместителя директора института по учебной работе досрочная сдача зачета с записью результатов в экзаменационный лист.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья могут сдавать зачеты в сроки, установленные индивидуальным учебным планом. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

Процедура проведения промежуточной аттестации для особых случаев изложена в «Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по ОПОП бакалавриата, специалитета и магистратуры» ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

№	Оценочные средства	Код и наименование индикатора компетенции
	Типовые контрольные задания и (или) иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих сформированность компетенций в процессе освоения дисциплины	
1.	Привести структурную схему линейного вторичного источника электропитания с нерегулируемым выпрямителем.	ИД-1. ПКР-8 Участствует в проектировании систем электрификации и автоматизации технологических процессов и объектов инфраструктуры
2.	Пояснить принцип действия и устройство силового трансформатора, и его назначение в схеме источника вторичного электропитания.	
3.	Дать определение выпрямителя, привести структурную	

	схему нерегулируемого (неуправляемого) выпрямителя.	сельскохозяйственных предприятий
4.	Привести схему однофазного мостового выпрямителя. Пояснить его назначение, принцип работы и характеристики.	
5.	Привести схему однофазного однополупериодного выпрямителя.	
6.	Привести схему двухфазного двухполупериодного выпрямителя.	
7.	Привести схемы трёхфазных выпрямителей.	
8.	Назвать способы уменьшения пульсаций выпрямителей.	
9.	Привести схемы фильтров, используемых в выпрямителях.	
10.	Назвать основные области применения выпрямителей и умножителей напряжения.	
11.	Изобразить схемы симметричного и несимметричного удвоителей напряжения, пояснить назначение элементов и принцип работы.	
12.	Изобразить схему несимметричного умножителя напряжения на. Объяснить, какое влияние на работу схемы оказывают входящие в нее элементы?	
13.	Изобразить схему несимметричного умножителя напряжения.	
14.	Привести структурную схему регулируемого выпрямителя, использующего автотрансформатор с отводами обмотки. Пояснить принцип работы схемы.	
15.	Привести схему регулируемого выпрямителя с дросселем насыщения.	
16.	Привести структурную схему регулируемого выпрямителя с управляемыми вентилями. Пояснить принцип работы схемы.	
17.	Объяснить работу тиристорного регулируемого выпрямителя на примере простейшей схемы на одном тиристоре.	
18.	Привести схему и объяснить принцип работы двухфазного регулируемого выпрямителя на двух тиристорах.	
19.	Привести схемы и объясните принцип работы мостовых регулируемых выпрямителей.	
20.	Назвать виды и области применения стабилизаторов напряжения.	
21.	Назвать основные характеристики стабилизаторов напряжения.	
22.	Изобразить схему параметрического стабилизатора напряжения, объяснить принцип его работы.	
23.	Изобразить схему простейшего компенсационного стабилизатора, объяснить принцип его работы, назвать его достоинства и недостатки.	
24.	Привести схемы двухкаскадного и мостового параметрических стабилизаторов напряжения, назвать достоинства данных схем.	
25.	Объяснить, как осуществляется температурная стабилизация параметрических схем?	
26.	Привести структурные схемы последовательного и параллельного компенсационных стабилизаторов напряжения. Охарактеризовать их.	
27.	Привести схему последовательного компенсационного стабилизатора на двух транзисторах.	
28.	Привести схему последовательного компенсационного стабилизатора с дифференциальным усилителем постоянного	

	тока.	
29.	Привести схему последовательного компенсационного стабилизатора с операционным усилителем.	
30.	Привести схему параллельного стабилизатора на двух транзисторах.	
31.	Привести схемы защиты стабилизаторов от короткого замыкания в нагрузке.	
32.	Объяснить, почему стабилизатор напряжения назван параметрическим?	
33.	Объяснить, каким образом можно изменить схему стабилизатора, чтобы получить коэффициент стабилизации по напряжению гораздо больше 50?	
34.	Объяснить, каким образом можно изменить схему стабилизатора, чтобы стабилизировать уровень напряжения $0,7 \div 1,5$ В?	
35.	Объяснить, каким образом можно изменить схему стабилизатора, чтобы стабилизировать напряжение большее, чем допускает один стабилитрон?	
36.	Объяснить, каким образом можно изменить схему стабилизатора, чтобы стабилизировать напряжение меньшее, чем допускает один стабилитрон (случай стабилизации нестандартного напряжения)?	
37.	Объяснить, как влияет на протяжённость рабочего участка ВАХ (для стабилизации) величина сопротивления балластного резистора?	
38.	Назвать способы повышения коэффициента стабилизации? Предложить конкретные схемы таких стабилизаторов.	
39.	Объяснить, можно ли в схеме стабилизатора в качестве балластного резистора использовать полевой транзистор? Как при этом следует включать транзистор, чтобы использовать только сопротивление канала? Крутой или пологий участок стоковой ВАХ должен использоваться? Какое преимущество приобретает схема стабилизатора при использовании полевого транзистора?	
40.	Объяснить, за счёт чего стабилитрон имеет способность держать на своих зажимах постоянное напряжение?	
41.	Какую дополнительную функцию должна выполнять схема стабилизатора, чтобы можно было задать рабочую точку стабилитрона в таком месте на ВАХ, где ток стабилитрона примерно равен $I_{ст} \approx I_{ст. Мин}$ ? Выигрывает ли при этом схема стабилизатора по такому параметру как КПД?	

Шкала и критерии оценивания ответа обучающегося представлены в таблице.

Шкала	Критерии оценивания
Оценка «зачтено»	знание программного материала, усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины, правильное решение инженерной задачи (допускается наличие малозначительных ошибок или недостаточно полное раскрытие содержание вопроса или погрешность непринципиального характера в ответе на вопросы).
Оценка «не зачтено»	пробелы в знаниях основного программного материала, принципиальные ошибки при ответе на вопросы.

#### 4.2.2. Экзамен

Экзамен не предусмотрен учебным планом

