

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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



УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета радиотехники и электроники  
Небольсин В.А.  
«21» марта 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины**

**«Основы схемотехники силовой электроники»**

**Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология  
электронных средств**

**Профиль Проектирование и технология электронных средств**

**Квалификация выпускника магистр**

**Нормативный период обучения 2 года**

**Форма обучения очная**

**Год начала подготовки 2021**

Автор программы

/Пирогов А.А./

Заведующий кафедрой  
Конструирования и  
производства  
радиоаппаратуры

/Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП

/ Башкиров А.В./

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Изучение базовых схемотехнических решений источников питания.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Обеспечить уровень знаний необходимый для того, что бы обучаемый на основе упрощенного технического задания и используя базовые схемотехнические решения, мог разработать схему источника питания пригодную для моделирования и оптимизации параметров компонентов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы схемотехники источников питания» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы схемотехники источников питания» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Разрабатывать функциональные блоки электронной техники с использованием средств автоматизированного проектирования

ПК-3 - Проектировать модули электропитания с учетом заданных требований

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать схемы основных типов преобразователей напряжения и основные схемотехнические решения используемые при построения источников питания
	уметь выбрать тип преобразователя напряжения и сопутствующие схемные решения для реализации заданного источника питания, читать и анализировать готовые схемы.
	владеть навыками расчета индуктивных элементов с помощью специального программного обеспечения, подбора основных компонентов силового контура, расчета номиналов времязадающих, демпфирующих и регулирующих цепей, навыками работы в программах моделирования электрических схем и программах проектирования печатных плат
ПК-3	знать системотехнику на уровне достаточном для проведения всех необходимых конструкторских расчетов не прибегая к программному обеспечению

	уметь применять электронные компоненты на основе глубоко знания их основных и дополнительных параметров
	владеть навыками подбора основных компонентов силового контура по основным и дополнительным параметрам, оптимизации параметров используемых элементов схемы и применяемых решений для повышения эффективности конечного изделия.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы схемотехники источников питания» составляет 5 з.е.

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

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	112	112
В том числе:		
Лекции	56	56
Практические занятия (ПЗ)	56	56
<b>Самостоятельная работа</b>	41	41
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 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.	СРС	Всего, час
1	Линейные схемы	Основные принципы преобразования электрической энергии. Программное обеспечение для работы. Понятия Базовой схемы и трансформирования напряжения. Ознакомление учащихся с планом работы. Виды преобразования параметров электрической энергии. Способы понижения напряжения. Линейные стабилизаторы. Опорные источники тока и напряжения. Температурная стабилизация. Обратная связь по напряжению и по току. Усилители рассогласования. Способы переноса сигнала управления. Способы переноса сигнала обратной связи по напряжению и току.	14	14	10	38

		Защита от перенапряжения и КЗ. Практические схемы линейных стабилизаторов.				
2	Базовые схемы импульсного преобразования электрической энергии	Три основных типа импульсного преобразования. Понижающий, повышающий, инвертирующий преобразователи. Сопоставление. Методы управления ключами. Способы переноса сигналов у правления и обратной связи. Достоинства и недостатки. Область применимости. Дополнительные типы преобразователей напряжения : SEPIC, восточный ключ, Кука, понижающе—повышающий. Особенности расчета и применения. Эффект нулевых пульсаций тока. Синхронные выпрямители.	14	14	10	38
3	Трансформирование электрической энергии.	Трансформирование электрической энергии. Трансформаторы тока и напряжения. Сигнальные и силовые трансформаторы. Сочетание трансформация с основными типами преобразователей напряжения. Гальванический барьер. Требования к изоляции.	14	14	10	38
4	Однотактные обратноходовой преобразователь напряжения	Однотактные обратноходовые ПН: автогенераторный, классический, квазирезонансный.	14	14	11	39
<b>Итого</b>			<b>56</b>	<b>56</b>	<b>41</b>	<b>153</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 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-2	знать схемы основных типов преобразователей	Активная работа на практических занятиях, ответ не менее чем на	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	напряжения и основные схемотехнические решения используемые при построения источников питания	половину заданных в процессе опроса вопросов	рабочих программах	в рабочих программах
	уметь выбрать тип преобразователя напряжения и сопутствующие схемные решения для реализации заданного источника питания, читать и анализировать готовые схемы.	Решение не менее половины стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками расчета индуктивных элементов с помощью специального программного обеспечения, подбора основных компонентов силового контура, расчета номиналов времязадающих, демпфирующих и регулирующих цепей, навыками работы в программах моделирования электрических схем и программах проектирования печатных плат	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать системотехнику на уровне достаточном для проведения всех необходимых конструкторских расчетов не прибегая к программному обеспечению	Активная работа на практических занятиях, ответ не менее чем на половину заданных в процессе опроса вопросов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять электронные компоненты на основе глубоко знания их основных и дополнительных параметров	Решение не менее половины стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками подбора основных компонентов силового контура по основным и дополнительным	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	параметрам, оптимизации параметров используемых элементов схемы и применяемых решений для повышения эффективности конечного изделия.			
--	--	--	--	--

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 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-2	знать схемы основных типов преобразователей напряжения и основные схемотехнические решения используемые при построения источников питания	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выбрать тип преобразователя напряжения и сопутствующие схемные решения для реализации заданного источника питания, читать и анализировать готовые схемы.	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 навыками расчета индуктивных элементов с помощью специального программного обеспечения, подбора основных компонентов силового контура, расчета номиналов времязадающих, демпфирующих и регулирующих цепей, навыками работы в программах	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

	моделирования электрических схем и программах проектирования печатных плат					
ПК-3	знать системотехнику на уровне достаточном для проведения всех необходимых конструкторских расчетов не прибегая к программному обеспечению	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применять электронные компоненты на основе глубоко знания их основных и дополнительных параметров	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 навыками подбора основных компонентов силового контура по основным и дополнительным параметрам, оптимизации параметров используемых элементов схемы и применяемых решений для повышения эффективности конечного изделия.	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 (типичные 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

1. Выполнить расчет модели линейного стабилизатора на основе заданной топологии и с заданными характеристиками.
2. Выполнить расчет модели импульсного стабилизатора напряжения на основе базовой топологии и с заданными электрическими характеристиками.
3. Выполнить оптимизацию предложенной схемы.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Построение модели линейного стабилизатора на операционном усилителе с заданными параметрами.

2. Построение модели линейного стабилизатора на дискретных элементах

3. Построение модели линейного стабилизатора на TL431 и запуск модели.

4. Построение модели преобразователя на переключающихся конденсаторах: понижающего, повышающего или инвертирующего типа с заданным коэффициентом преобразования.

5. Построение модели преобразователей с магнитным компонентом: повышающего, понижающего или инвертирующего типа для заданного режима работы.

6. Построение модели линейного стабилизатора на основе интегрально стабилизатора с дополнительными функциями: регулирование, выключение.

7. Построение модели импульсного преобразователя на основе линейного стабилизатора.

8. Моделирование схем на таймере 555

9. Моделирование тестовой схемы UC3842.

10. Моделирование схем передачи сигналов обратной связи и управления.

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

1. Нарисовать схему инвертирующего усилителя на ОУ с заданным коэффициентом усиления

2. Нарисовать схему неинвертирующего усилителя на ОУ с заданным коэффициентом усиления

3. Нарисовать схему эмиттерного повторителя

4. Нарисовать схему каскада с общей базой или общим эмиттером.

5. Нарисовать схему усилительного каскада на полевом транзисторе.

6. Схема Дарлингтона, Шиклаи,

7. Каскодное и каскадное включение.

8, Нарисовать дифференциальный каскад.

### **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. Линейный стабилизатор на эмиттерном повторителе

2. Линейный стабилизатор на операционном усилителе

3. Параметрический стабилизатор и температурная стабильность

4. Источники опорного напряжения TL431

5. Основные и дополнительные параметры стабилизаторов

6 линейный стабилизатор на дискретных элементах

7. Двуполярный стабилизатор напряжения

8. Многоканальные стабилизаторы напряжения

9. Возможные способы преобразования электроэнергии

10. Преобразователь на переключающихся конденсаторах

11. Повышающий преобразователь напряжения

12. Понижающий преобразователь напряжения

13. Инвертирующий преобразователь напряжения
14. Мостовой преобразователь напряжения
15. SEPIC
16. Понижающий преобразователь напряжения с двухобмоточным дросселем
17. Трансформаторные схемы управления ключевыми транзисторами
18. Схемы переноса сигнала управления ключевыми элементами
19. Схемы передачи сигнала обратной связи
20. Способы передачи информации о токе
21. Микросхема 555
22. Контроллер UC3842
23. Стабилизатор LM317
24. Схема линейного стабилизатора в ключевом режиме
25. Схемы защиты источника питания и нагрузки
26. КПД и отвод тепла от компонентов.

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

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	Линейные схемы	ПК-2, ПК-3	Тест
2	Базовые схемы импульсного преобразования электрической энергии	ПК-2, ПК-3	Тест
3	Трансформирование электрической энергии.	ПК-2, ПК-3	Тест
4	Однотактные обратноходовой преобразователь напряжения	ПК-2, ПК-3	Тест

### **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.

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

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

1. Уварова, А.С. Проектирование и конструирование электронных средств /А.С.Уварова– Издательство: Горячая Линия - Телеком, 2004 г.-760 с.

2. Иванова, Н.Ю. Романова Е.Б. Инструментальные средства конструкторского проектирования электронных средств /Н.Ю.Иванова, Е.Б.Романова. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 121 с.

3. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радио-электронных устройств (часть 1): учебное пособие /В.А. Кологривов Томск: ТУСУР – 2012. 120 с.:

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4930](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4930)

4. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радио-электронных устройств (часть 2): Учебное пособие / Томск : ТУСУР – 2012. 132 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4929](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4929)

5. Романычева, Э.Т. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА [Текст]: справочное пособие / Э.Т. Романычева, А.К.Иванова, А.С.Куликов, Т.П. Новикова –М.: Радио и связь 1984г.-256 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:**

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru> - единое окно доступа к информационным ресурсам;

<http://www.edu.ru/> - федеральный портал «Российское образование»;  
Образовательный портал ВГТУ;  
<http://www.iprbookshop.ru/> - электронная библиотечная система IPRbooks;  
[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - научная электронная библиотека  
Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:  
<https://docplan.ru/> - бесплатная база ГОСТ.

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

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети Интернет;
- доска магнитно-маркерная;
- мультимедийный проектор на кронштейне;
- экран настенный

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий (компьютерный класс), оснащенная следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 11 шт.;
- принтер цветной лазерный;
- 3D принтер «Альфа-2»;
- доска магнитно-маркерная поворотная

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;
- принтер;
- магнитно-маркерная доска;
- переносные колонки;
- переносной микрофон.

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

По дисциплине «Основы схемотехники источников питания» читаются лекции, проводятся практические занятия.

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 расчета источников питания. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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 занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
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 экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

### 11 Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			