**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Кафедра: **промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **5**
Семестр: **9**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 9 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Курсовой проект | 4 | 4 | часов |
| Самостоятельная работа | 251 | 251 | часов |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 20 | 20 | часов |
| Контрольные работы | 4 | 4 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 9 | 9 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 288 | 288 | часов |
| | | 8 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр | Количество |
|---|---|---|
| Экзамен | 9 | |
| Курсовой проект | 9 | |
| Контрольные работы | 9 | 2 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 80945

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Ознакомить студентов с современными достижениями в области силовой электроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучить способы преобразования параметров электрической энергии и схемотехнику реализации этих способов.

2. Ознакомиться с принципами расчета элементов силового преобразователя и их проектирования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.03.04.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов | Знает принципы конструирования трансформаторов, инверторов, непосредственных преобразователей |
| | ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов | Умеет проводить оценочные расчеты КПД, габаритной мощности электронных приборов |
| | ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем | Владеет навыками разработки принципиальных и монтажных электрических схем силовых преобразователей |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Согласована на портале № 80945

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 9 семестр |
| **Контактная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 28 | 28 |
| Курсовой проект | 4 | 4 |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 20 | 20 |
| Контрольные работы | 4 | 4 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, всего** | 251 | 251 |
| Выполнение курсового проекта | 59 | 59 |
| Написание отчета по курсовому проекту | 50 | 50 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 90 | 90 |
| Подготовка к контрольной работе | 52 | 52 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 9 | 9 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 288 | 288 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 8 | 8 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Контр. раб. | Курс. пр. | СРП, ч. | Сам. раб., ч | Всего часов (без промежуточной аттестации) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | | | | |
| 1 Введение. Непосредственные преобразователи постоянного напряжения. | 4 | 4 | 4 | 44 | 56 | ПК-3 |
| 2 Автономные инверторы. | | | 4 | 42 | 46 | ПК-3 |
| 3 Транзисторные ключи и переключатели.. | | | 3 | 42 | 45 | ПК-3 |
| 4 Преобразовательные ячейки со звеном повышенной частоты. | | | 3 | 41 | 44 | ПК-3 |
| 5 Однотактные преобразователи. | | | 3 | 41 | 44 | ПК-3 |
| 6 Квазирезонансные преобразователи. | | | 3 | 41 | 44 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 4 | 4 | 20 | 251 | 279 | |
| Итого | 4 | 4 | 20 | 251 | 279 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины | СРП, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | |

Согласована на портале № 80945

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Введение. Непосредственные преобразователи постоянного напряжения. | Преобразователь понижающего типа. Входной фильтр. Схема с неполной глубиной модуляции. Многофазный преобразователь. Схемы для управления электродвигателями. Преобразователи повышающего и инвертирующего типов. Комбинированные схемы непосредственных преобразователей. Активная коррекция коэффициента мощности. Пример построения автономной системы электроснабжения. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Автономные инверторы. | Классификация автономных транзисторных инверторов. Однофазный мостовой инвертор напряжения. Формирование выходного напряжения. Однофазный мостовой инвертор тока. Трехфазные инверторы напряжения. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Транзисторные ключи и переключатели.. | Силовые транзисторные ключи. Транзисторные переключатели. | 3 | ПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| 4 Преобразовательные ячейки со звеном повышенной частоты. | Алгоритмы управления преобразовательными ячейками. Структуры многозонных регуляторов напряжения на основе преобразовательных ячеек. | 3 | ПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| 5 Однотактные преобразователи. | Особенности перемагничивания импульсных трансформаторов. Прямоходовые преобразователи. Обратноходовые преобразователи. | 3 | ПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| 6 Квазирезонансные преобразователи. | Структуры построения квазирезонансных преобразователей. | 3 | ПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| Итого за семестр | | 20 | |
| Итого | | 20 | |

### 5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.
Таблица 5.3 – Контрольные работы

| № п.п. | Виды контрольных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | |
| 1 | Контрольная работа | 2 | ПК-3 |
| 2 | Контрольная работа с автоматизированной проверкой | 2 | ПК-3 |
| Итого за семестр | | 4 | |
| Итого | | 4 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

Согласована на портале № 80945

### 5.5. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект)

Содержание самостоятельной работы и ее трудоемкость, а также формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание самостоятельной работы и ее трудоемкость в рамках выполнения курсового проекта

| Содержание самостоятельной работы в рамках выполнения курсового проекта | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| **9 семестр** | | |
| Выбор темы курсовой работы. Подбор и изучение литературы (нормативных актов, монографий, пособий, статей и практических материалов). Составление плана работы, ее написание, представление работы научному руководителю, получение рецензии и устранение указанных недостатков. | 4 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 4 | |
| Итого | 4 | |

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Расчет входного сетевого выпрямителя и фильтра.
2. Корректор коэффициента мощности.
3. Устройство контроля напряжения питающей сети.
4. Расчет параметров аккумуляторной батареи.
5. Выбор и расчет схемы силового инвертора.

### 5.7. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | | |
| 1 Введение. Непосредственные преобразователи постоянного напряжения. | Выполнение курсового проекта | 10 | ПК-3 | Курсовой проект |
| | Написание отчета по курсовому проекту | 9 | ПК-3 | Отчет по курсовому проекту |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 15 | ПК-3 | Тестирование, Экзамен |
| | Подготовка к контрольной работе | 10 | ПК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 44 | | |

Согласована на портале № 80945

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Автономные инверторы. | Выполнение курсового проекта | 9 | ПК-3 | Курсовой проект |
| | Написание отчета по курсовому проекту | 8 | ПК-3 | Отчет по курсовому проекту |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 15 | ПК-3 | Тестирование, Экзамен |
| | Подготовка к контрольной работе | 10 | ПК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 42 | | |
| 3 Транзисторные ключи и переключатели.. | Выполнение курсового проекта | 10 | ПК-3 | Курсовой проект |
| | Написание отчета по курсовому проекту | 9 | ПК-3 | Отчет по курсовому проекту |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 15 | ПК-3 | Тестирование, Экзамен |
| | Подготовка к контрольной работе | 8 | ПК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 42 | | |
| 4 Преобразовательные ячейки со звеном повышенной частоты. | Выполнение курсового проекта | 10 | ПК-3 | Курсовой проект |
| | Написание отчета по курсовому проекту | 8 | ПК-3 | Отчет по курсовому проекту |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 15 | ПК-3 | Тестирование, Экзамен |
| | Подготовка к контрольной работе | 8 | ПК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 41 | | |

Согласована на портале № 80945

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 Однотактные преобразователи. | Выполнение курсового проекта | 10 | ПК-3 | Курсовой проект |
| | Написание отчета по курсовому проекту | 8 | ПК-3 | Отчет по курсовому проекту |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 15 | ПК-3 | Тестирование, Экзамен |
| | Подготовка к контрольной работе | 8 | ПК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 41 | | |
| 6 Квазирезонансные преобразователи. | Выполнение курсового проекта | 10 | ПК-3 | Курсовой проект |
| | Написание отчета по курсовому проекту | 8 | ПК-3 | Отчет по курсовому проекту |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 15 | ПК-3 | Тестирование, Экзамен |
| | Подготовка к контрольной работе | 8 | ПК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 41 | | |
| Итого за семестр | | 251 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 9 | | Экзамен |
| Итого | | 260 | | |

### 5.8. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Курс. пр. | Конт.Раб. | СРП | Сам. раб. | |
| ПК-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту, Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

Согласована на портале № 80945

1. Кобзев А. В. Энергетическая электроника : Учебное пособие / Кобзев А. В., Коновалов Б. И., Семенов В. Д., Мишуров В. С. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2021. – 182 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Баховцев, И. А. Микропроцессорные системы управления устройствами силовой электроники: структуры и алгоритмы: : учебное пособие / И. А. Баховцев. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 219 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/118272.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Мишуров В. С. Энергетическая электроника. Методические указания по организации самостоятельной работы: Методические указания / Мишуров В. С. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2021. – 19 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

2. Мишуров В. С. Энергетическая электроника. Методические указания по выполнению курсового проекта: Методические указания / Мишуров В. С. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2021. – 189 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

3. Мишуров В. С. Энергетическая электроника: Учебно-методическое пособие / Мишуров В. С., Семенов В. Д. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2021. – 177 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

### 7.4. Иное учебно-методическое обеспечение

1. Мишуров В.С. Энергетическая электроника [Электронный ресурс]: электронный курс / В.С. Мишуров. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2021. (доступ из личного кабинета студента) .

### 7.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов

Согласована на портале № 80945

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.
Описание имеющегося оборудования:
- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники с микрофоном - 6 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.
Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows;

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Согласована на портале № 80945

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение. Непосредственные преобразователи постоянного напряжения. | ПК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Курсовой проект | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| 2 Автономные инверторы. | ПК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Курсовой проект | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| 3 Транзисторные ключи и переключатели.. | ПК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Курсовой проект | Примерный перечень тематик курсовых проектов |

Согласована на портале № 80945

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Преобразовательные ячейки со звеном повышенной частоты. | ПК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Курсовой проект | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| 5 Однотактные преобразователи. | ПК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Курсовой проект | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| 6 Квазирезонансные преобразователи. | ПК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Курсовой проект | Примерный перечень тематик курсовых проектов |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |

Согласована на портале № 80945

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Укажите величину коэффициента формы синусоидального напряжения
   a) 1,11
   b) 1,0
   c) 2,22
2. Укажите величину коэффициента формы прямоугольного напряжения
   a) 1,11
   b) 1,0
   c) 2,22
3. Укажите величину коэффициента амплитуды синусоидального напряжения

Согласована на портале № 80945

a) 1,0
b) 1,11
c) 1,41

4. Укажите величину коэффициента амплитуды прямоугольного напряжения
   a) 1,0
   b) 1,11
   c) 1,41
5. Укажите величину коэффициента искажения прямоугольного тока
   a) 0,9
   b) 0,707
   c) 1,0
6. Что называется коэффициентом формы?
   a) отношение действующего значения электрической величины к среднему
   b) отношение среднего значения электрической величины к действующему
   c) отношение среднего значения электрической величины к максимальному
7. Что называется коэффициентом амплитуды?
   a) отношение максимального значения периодической функции к действующему
   b) отношение действующего значения периодической функции к среднему
   c) отношение максимального значения периодической функции к среднему
8. Что называется коэффициентом искажения?
   a) отношение действующего значения основной гармоники периодической функции к действующему значению всей функции
   b) отношение среднего значения периодической функции к максимальному
   c) отношение среднего значения периодической функции к действующему
9. Что называется коэффициентом гармоник?
   a) отношение действующего значения высших гармоник периодической функции к действующему значению основной гармоники
   b) отношение среднего значения функции к действующему
   c) отношение действующего значения функции к среднему
10. Что называется действующим значением функции?
    a) интеграл от квадрата функции за период
    b) интеграл от функции за период
    c) интеграл от функции за полупериод
11. Англоязычная аббревиатура ZCS обозначает:
    a) Мягкая коммутация с переключением транзистора при нулевом токе
    b) Мягкая коммутация с переключением транзистора при нулевом напряжении
    c) Мягкая коммутация с переключением транзистора при нулевой мощности
12. Компаратор служит для определения
    a) Моментов равенства двух напряжений
    b) Степени запаздывания одного сигнала относительно другого
    c) Разности двух напряжений
13. Мостовой выпрямитель является:
    a) двухполупериодным;
    b) однополупериодным;
    c) выпрямителем с удвоением напряжения
14. Скважностью называют:
    a) отношение периода импульса к длительности импульса
    b) отношение длительности импульса к периоду
    c) отношение периода импульса к длительности паузы
15. Силовые преобразовательные инверторы это устройства:
    a) преобразования переменного напряжения в постоянное
    b) преобразования импульсного напряжения в постоянное
    c) преобразования постоянного напряжения в переменное
16. Коэффициент гармоник это:
    a) отношение действующего значения высших гармоник к действующему значению основной гармоники;
    b) отношение максимального к действующему значению;

Согласована на портале № 80945

c) отношение действующего значения основной гармоники к действующему значению всей кривой;

17. В зависимости от характера коммутируемого сигнала электронные ключи разделяют на
    a) цифровые
    b) импульсные
    c) аналоговые
18. Амплитудная модуляция это ...
    a) изменение амплитуды сигнала с помощью модулируемого сигнала
    b) изменение амплитуды с помощью частоты сигнала
    c) изменение частоты с помощью амплитуды сигнала
19. Какую функцию выполняет диодный мост в источниках питания?
    a) Сглаживание
    b) Стабилизация
    c) Выпрямление
20. Отрицательная обратная связь в усилителях используется с целью…
    a) повышения стабильности усилителя
    b) повышения коэффициента усилителя
    c) повышения размеров усилителя

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

Приведены примеры типовых заданий из банка экзаменационных тестов, составленных по пройденным разделам дисциплины.

1. Каким напряжением может быть запитан трансформатор?
   а) Постоянным по знаку.
   б) Синусоидальным.
   в) И постоянным, и переменным.
   г) Переменным по знаку любой формы при равенстве положительных и отрицательных вольт-секунд питающего напряжения.
2. На принципиальной электрической схеме устройства должны быть представлены …
   а) блоки.
   б) функциональные узлы.
   в) конкретные элементы.
3. При каком сопротивлении нагрузки выполняется условие непрерывности тока дросселя 10–3 Гн в схеме НПН повышающего типа, если относительная длительность открытого состояния ключа 0,6 при частоте работы преобразователя 20 кГц? Сопротивлением дросселя пренебречь.
4. Определить максимальное значение тока транзистора НПН повышающего типа, работающего на частоте 10 кГц от источника питания с напряжением 40 В при индуктивности дросселя 10–3 Гн, обеспечивая на нагрузке напряжение 50 В при токе нагрузки 0,8 А. Сопротивлением дросселя пренебречь.
5. Определить минимально требуемые электрические параметры диода НПН понижающего типа, обеспечивающего на нагрузке напряжение 60 В при напряжении источника питания 100 В, потребляемом токе 3 А.
6. Трехфазный мостовой инвертор напряжения работает на симметричную активную нагрузку, подключенную по схеме «треугольник». Определить эффективное значение фазного тока, если напряжение питания инвертора E = 200 В, угол управления транзисторами 120 град, сопротивление нагрузки в линиях RAB = RBC = RCA = 24,5 Ом.
7. В схеме НПН инвертирующего типа, обеспечивающего на нагрузке с сопротивлением 95 Ом напряжение 40 В при относительной длительности открытого состояния транзистора 0,6, определить напряжение источника питания, если активное сопротивление дросселя 5 Ом. Ответ округлить с точностью до целочисленного значения.
8. Определить ток, потребляемый трехфазным инвертором напряжения с углами управления
   180º и током 8,165 А линейной нагрузки RAB = RBC = RCA = 10 Ом, соединенной по схеме «треугольник». Потерями пренебречь.
9. В цепь источника питания с напряжением 100 В однофазного мостового инвертора напряжения для защиты транзисторных ключей включен балластный дроссель 0,2 мГн.

Согласована на портале № 80945

Через стойки инвертора протекает сквозной ток длительностью 10 мкс. Во избежание эффекта «накачки» дроссель зашунтирован обратным диодом с падением напряжения в прямом направлении10 В.Определить предельную частоту, при которой отсутствует эффект «накачки» дросселя.

10. Однофазный мостовой инвертор, подключенный к источнику питания с напряжением 100 В, работает на трансформаторную нагрузку с коэффициентом трансформации 5 и сопротивлением нагрузки 40 Ом при наличии несимметрии полупериодов по напряжению 0,4 В.Рассчитать среднее значение тока подмагничивания в инверторе, если частота преобразования 1 кГц, а внутренне сопротивление источника питания 2 Ом.

### 9.1.3. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Расчет входного сетевого выпрямителя и фильтра.
2. Корректор коэффициента мощности.
3. Устройство контроля напряжения питающей сети.
4. Расчет параметров аккумуляторной батареи.
5. Выбор и расчет схемы силового инвертора.

### 9.1.4. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

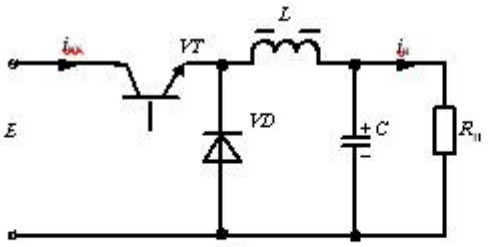
1. Что изучается в курсе «Энергетическая электроника»?
   а) Производство и распределение электрической энергии
   б) Силовые преобразователи параметров электрической энергии на полу-проводниковых ключах
   в) Электрические цепи
   г) Энергетические системы
2. К техническим системам преобразования параметров электрической энергии относятся поколения …
   а) электромагнитных преобразователей.
   б) электромашинных преобразователей.
   в) трансформаторных преобразователей.
   г) трансформаторно-магнитных преобразователей.
   д) трансформаторно-тиристорных преобразователей.
   е) диодных преобразователей.
   ж) транзисторных преобразователей.
   з) транзисторных преобразователей со звеном повышенной частоты.
   и) транзисторных квазирезонансных преобразователей.
3. Для электромагнитных устройств (дросселей, трансформаторов) в диапазоне частот от 50 Гц до 100 кГц при изготовлении сердечников используют магнитные материалы. Расставьте предложенные материалы в порядке повышения рабочей частоты.
   а) Электротехническая сталь толщиной 0,5 мм
   б) Электротехническая сталь толщиной 0,35 мм
   в) Пермаллой толщиной 0,02 мм
   г) Ферриты
4. Каким напряжением может быть запитан трансформатор?
   а) Постоянным по знаку
   б) Синусоидальным
   в) И постоянным, и переменным.
   г) Переменным по знаку любой формы при равенстве положительных и отрицательных вольт-секунд питающего напряжения
5. При понижении частоты питающего напряжения трансформатора при неизменных параметрах сердечника требуется…
   а) увеличить.
   б) оставить без изменений.
   в) уменьшить.
   г) число витков первичной обмотки.
6. На принципиальной электрической схеме устройства должны быть представлены …
   а) блоки.
   б) функциональные узлы.

Согласована на портале № 80945

в) конкретные элементы.

Непосредственный транзисторный преобразователь понижающего типа, работая в режиме непрерывного тока дросселя с индуктивностью $L = 0{,}15$ мГн на частоте $f = 10$ кГц от источника питания с напряжением $E$ = 50 В, обеспечивает на нагрузке напряжение $U_{вых} = 30$ В при токе $I_н = 5$ А.

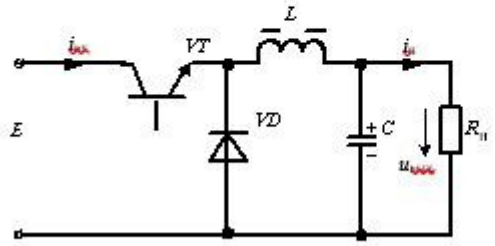
7.




Определить максимальное значение тока транзистора $I_{VTmax}$.

Непосредственный транзисторный преобразователь понижающего типа работает на частоте $f = 16$ кГц в режиме непрерывного тока дросселя с индуктивностью $L = 50$ мкГн, обеспечивая в нагрузке $R_н = 2{,}5$ Ом ток $I_н = 4$ А, при потребляемом токе $I_{вх} = 3{,}2$ А.

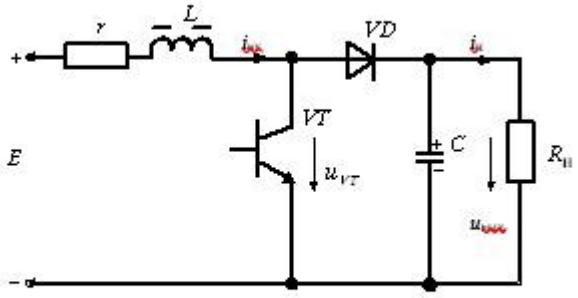
8.




Определить максимальное значение тока дросселя $I_{Lmax}$.

В приведенной схеме ключевого преобразователя $E = 25$В; $R_н = 19$Ом; $\gamma = 0{,}6$; активное сопротивление обмотки дросселя $r = 1$Ом.

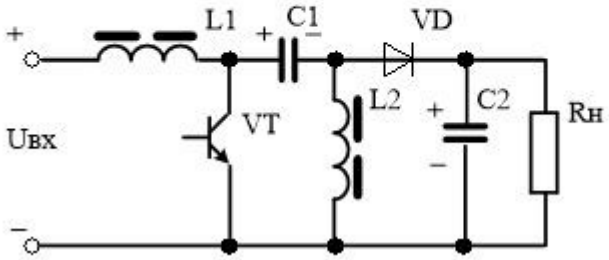
9.




Определить величину напряжения, прикладываемого к транзистору в закрытом состоянии, в предположении, что преобразователь работает в режиме непрерывного тока.

Согласована на портале № 80945

10. Определить величину напряжения на конденсаторе С1 в схеме НПН, выполненного по схеме SEPIC, при напряжении источника питания $E=60$В и относительной длительности открытого состояния транзистора $\gamma = 0,4$.




11. 1.1. Определить максимальное значение тока диода непосредственного транзисторного преобразователя напряжения понижающего типа, если он работает в режиме непрерывного тока дросселя.

| Исходные данные | Вариант | | | |
|---|---|---|---|---|
| | а | б | в | г |
| Напряжение источника питания $E$, В | 40 | 300 | 60 | 100 |
| Напряжение нагрузки $U_н$, В | 30 | 15 | 30 | 20 |
| Ток нагрузки $I_н$, А | 6 | 2 | 4 | 10 |
| Частота коммутации $f$, кГц | 10 | 20 | 5 | 15 |
| Индуктивность дросселя $L$, мГн | 0,5 | 1,5 | 1 | 0,8 |

Привести схему преобразователя. Расчеты иллюстрировать временными диаграммами токов и напряжений.

12. 1.2. В трехфазном мостовом инверторе напряжения с симметричной активной нагрузкой определить среднее значение потребляемого тока, если нагрузка подключена звездой.

| Исходные данные | Вариант | | | |
|---|---|---|---|---|
| | а | б | в | г |
| Напряжение питающей сети $E$, В | 200 | 150 | 100 | 75 |
| Сопротивление нагрузки в фазе $R_ф$, Ом | 20 | 100 | 100 | 75 |
| Угол управления тиристорами $\alpha$, град | 120 | 180 | 120 | 180 |

Привести схему инвертора и временные диаграммы напряжений управления тиристорами ($U_{упр}$) и напряжений на нагрузке ($U_ф$).

### 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль

Согласована на портале № 80945

в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе по дисциплине.

### 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

Согласована на портале № 80945

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 80945

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ
протокол № 24 от « 8 » 11 2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. ТЭО | А.В. Гураков | Согласовано, 4bfa5749-993c-4879-adcf-c25c69321c91 |
| Старший преподаватель, каф. ТЭО | А.В. Гураков | Согласовано, 4bfa5749-993c-4879-adcf-c25c69321c91 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ПрЭ | Б.И. Коновалов | Разработано, 4738474f-1136-4ac9-97dd-b5ec83bcde57 |
| Заведующий кафедрой промышленной электроники (ПрЭ), каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Разработано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |

Согласована на портале № 80945