ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I»

(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Электрическая тяга»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

*дисциплины*

«СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» (Б1.В.ДВ.4.1)

для специальности

23.05.03 «Подвижной состав железных дорог»

по специализации

«Электрический транспорт железных дорог»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург

2018

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры «Электрическая тяга»

Протокол № \_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 201 \_\_ г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Заведующий кафедрой «Электрическая тяга» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | А.М. Евстафьев |
| «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 201 \_\_ г. |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО |  |  |
| Руководитель ОПОП | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | А.М. Евстафьев |
| «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 201 \_\_ г. |  |  |
| Председатель методической комиссии факультета «Транспортные и энергетические системы» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Д.Н. Курилкин |
| «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 201 \_\_ г. |  |  |
|  |  |  |

**1. Цели и задачи дисциплины**

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным «17» октября 2016 г., приказ № 1295 по специальности 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог», по специализации «Электрический транспорт железных дорог», по дисциплине «Силовая электроника».

Целью изучения дисциплины «Силовая электроника» является обучение студентов основам анализа процессов в полупроводниковых приборах в нормальных и аварийных режимах; навыкам самостоятельной работы с полупроводниковыми приборами, принципам моделирования полупроводниковых приборов на ЭВМ.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

* изучение основ теории проводимости в металлах, диэлектриках, полупроводниках;
* изучение проводимости в чистых и примесных полупроводниках;
* изучение процессов при образовании электронно-дырочных переходов и переходов металл-полупроводник;
* изучение методов получения электрических переходов;
* изучение конструкции и свойств полупроводниковых приборов с одним (диоды), двумя (транзисторы) и тремя (тиристоры) переходами;
* изучение конструкции и свойств униполярных и гибридных (IGBT) транзисторов.
* изучение способов применения силовых полупроводниковых приборов в схемах преобразователей электрического подвижного состава.

**2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы**

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются: приобретение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

* основы теории проводимости;
* способы получения электронно дырочных переходов;
* вольт-амперную характеристику p-n перехода и её аналитическое выражение;
* виды полупроводниковых приборов, их основные характеристики и параметры, режимы работы полупроводниковых приборов.

**уметь**:

* производить выбор полупроводниковых приборов при проектировании схем преобразователей электроэнергии.

**владеть**:

* методами расчета характеристик полупроводниковых приборов и устройств на их основе;
* способами математического моделирования схем на основе полупроводниковых приборов.

Приобретенные знания, умения, навыки и/или опыт деятельности, характеризующие формирование компетенций, осваиваемые в данной дисциплине, позволяют решать профессиональные задачи, приведенные в соответствующем перечне по видам профессиональной деятельности в п. 2.4 основной профессиональной образовательной программы (ОПОП).

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих **общепрофессиональных компетенций (ОПК)**, соответствующих виду профессиональной деятельности, на который ориентирована программа специалитета:

* способностью использовать знания о современной физической картине мира и эволюции Вселенной, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы (ОПК-2);
* способностью демонстрировать знания характеристик и условий эксплуатации электронных преобразователей для электроподвижного состава, применять устройства преобразования электрической энергии на подвижном составе железных дорог, включая методы и средства их диагностирования, технического обслуживания и ремонта, владением методами анализа электромагнитных процессов в статических преобразователях тяговых электроприводов, методами расчета и проектирования преобразовательных устройств подвижного состава, а также методами их технического обслуживания и ремонта (ПСК-3.5).

Область профессиональной деятельности обучающихся, освоивших данную дисциплину, приведена в п. 2.1 ОПОП.

Объекты профессиональной деятельности обучающихся, освоивших данную дисциплину, приведены в п. 2.2 ОПОП.

**3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина «Силовая электроника» (Б1.В.ДВ.4.1) относится к вариативной части и является дисциплиной по выбору.

**4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Для очной формы обучения:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид учебной работы** | **Всего часов** | **Семестр** |
| **5** |
| Контактная работа (по видам учебных занятий)  В том числе:   * лекции (Л) * практические работы (ПР) * лабораторные работы (ЛР) | 96  32  32  32 | 96  32  32  32 |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 48 | 48 |
| Контроль | 36 | 36 |
| Форма контроля знаний | Э, КР | Э, КР |
| Общая трудоемкость: час / з.е. | 180/5 | 180/5 |

Для заочной формы обучения:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид учебной работы** | **Всего часов** | **Курс** |
| **4** |
| Контактная работа (по видам учебных занятий)  В том числе:   * лекции (Л) * практические работы (ПР) * лабораторные работы (ЛР) | 14  6  4  4 | 14  6  4  4 |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 157 | 157 |
| Контроль | 9 | 9 |
| Форма контроля знаний | Э, КР | Э, КР |
| Общая трудоемкость: час / з.е. | 180/5 | 180/5 |

**5. Содержание и структура дисциплины**

5.1 Содержание дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование раздела дисциплины** | **Содержание раздела** |
|  | Содержание предмета «Силовая электроника» | * + определение и структура дисциплины «Силовая электроника»;   + история развития электроники |
|  | Классификация электронных приборов | * + классификация электронных приборов   + вакуумные электронные приборы   + газонаполненные электронные приборы   + полупроводниковые приборы |
|  | Основы теории проводимости | * основные постулаты и гипотезы теории строения атома; * энергетические уровни атомов и их расщепление; * зонная теория проводимости; * зонная модель проводимости проводников; * зонная модель проводимости изоляторов; * зонная модель проводимости полупроводников. |
|  | Проводимость полупроводников | * собственная проводимость полупроводников; * примесная (электронная и дырочная) проводимость полупроводников; * дрейф и диффузия носителей заряда. |
|  | Электрические переходы | * классификация электрических переходов; * электронно-дырочный (p-n) переход; * переходы металл-полупроводник; * электрические свойства переходов; * вольтамперная характеристика p-n перехода и её аналитическое выражение; * виды пробоев p-n перехода; * способы получения p-n перехода. |
|  | Полупроводниковые диоды | * определение и условные обозначения полупроводникового диода; * свойства и разновидности полупроводниковых диодов; * конструкция слаботочных и силовых полупроводниковых диодов; * вольтамперная характеристика полупроводникового диода и методы её аппроксимации; * кусочно-линейная модель вольтамперной характеристики диода и её параметры; * применение выпрямительных диодов; * специальные типы диодов (стабилитрон, диод Шоттки, туннельный диод, варикап, светодиод, фотодиод, фотоэлемент, оптрон, магнитодиод); * маркировка отечественных и зарубежных силовых и слаботочных диодов; * групповое соединение диодов. |
|  | Транзисторы | * классификация транзисторов; * условное обозначение транзисторов на электрических схемах; * принцип действия биполярного транзистора; * разновидности биполярных транзисторов * основные статические характеристики биполярных транзисторов; * схемы включения биполярных транзисторов в электрические цепи; * режимы работы биполярных транзисторов; * принцип усиления электрических сигналов; * разновидности униполярных(полевых) транзисторов; * принцип действия униполярных (полевых) транзисторов; * основные характеристики униполярных транзисторов; * схемы включения униполярных транзисторов в электрические цепи; * биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT); * работа транзисторов (IGBT) в ключевом режиме; * управление биполярными транзисторами c изолированным затвором. |
|  | Тиристоры | * определение тиристора; * разновидности и условные обозначения тиристоров; * принцип действия тиристора; * схема замещения тиристора и её параметры; * вольтамперная характеристика однооперационного тиристора; * особенности конструкции силовых тиристоров; * основные параметры тиристоров; * маркировка слаботочных и силовых тиристоров; * групповое соединение тиристоров; * защитные цепи тиристоров. |
|  | Элементы Холла и полупроводниковые резисторы | * принцип действия и конструкция датчиков тока и напряжения на основе элементов Холла; * варисторы: принцип действия, применение. |
|  | Интегральные полупроводниковые приборы | * классификация интегральных полупроводниковых приборов и их условные обозначения; * операционные усилители; * микросхемы с логическими функциями; * микропроцессоры; * силовые модули: диодные сборки, тиристорно-диодные модули, IGBT модули; * маркировка силовых модулей. |
|  | Тепловой режим работы силовых полупроводниковых приборов | * необходимость охлаждения; * конструкция охладителей силовых полупроводниковых приборов; * расчет тепловых сопротивлений и теплового режима. |

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

| **№ п/п** | **Наименование разделов дисциплины** | **Л** | **ПР** | **ЛР** | **СРС** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| 1 | Содержание предмета «Силовая электроника» | 2 | – | – | 2 |
| 2 | Классификация электронных приборов | 2 | – | – | 4 |
| 3 | Основы теории проводимости | 2 | – | – | 4 |
| 4 | Проводимость полупроводников | 2 | – | – | 6 |
| 5 | Электрические переходы | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 6 | Полупроводниковые диоды | 4 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | Транзисторы | 6 | 6 | 6 | 8 |
| 8 | Тиристоры | 6 | 6 | 8 | 6 |
| 9 | Элементы Холла и полупроводниковые резисторы | 2 | 4 | 4 | 2 |
| 10 | Интегральные полупроводниковые приборы | 2 | 6 | 6 | 4 |
| 11 | Тепловой режим работы силовых полупроводниковых приборов | 2 | 2 | – | – |
| **Итого** | | **32** | **32** | **32** | **48** |

Для заочной формы обучения:

| **№ п/п** | **Наименование разделов дисциплины** | **Л** | **ПР** | **ЛР** | **СРС** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| 1 | Содержание предмета «Силовая электроника» | – | – | – | 6 |
| 2 | Классификация электронных приборов |  | – | – | 10 |
| 3 | Основы теории проводимости | – | – | – | 10 |
| 4 | Проводимость полупроводников | – | – | – | 16 |
| 5 | Электрические переходы | – | – | – | 16 |
| 6 | Полупроводниковые диоды | 2 | 2 | 2 | 24 |
| 7 | Транзисторы | 2 | 2 | 2 | 24 |
| 8 | Тиристоры | 2 | – | – | 30 |
| 9 | Элементы Холла и полупроводниковые резисторы | – | – | – | 10 |
| 10 | Интегральные полупроводниковые приборы | – | – | – | 9 |
| 11 | Тепловой режим работы силовых полупроводниковых приборов | – | – | – | 2 |
| **Итого** | | **6** | **4** | **4** | **157** |

**6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Наименование раздела дисциплины** | **Перечень учебно-методического обеспечения** |
|  | Содержание предмета «Силовая электроника» | 1. Бурков, А.Т. Электроника и преобразовательная техника. Том 1: Электроника. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: УМЦ ЖДТ, 2015. – 480 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/79994>  2. Бурков, А.Т. Электроника и преобразовательная техника. Том 2: Электронная преобразовательная техника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. – М.: УМЦ ЖДТ, 2015. – 307 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/79995>  3. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника: учебник для ВУЗов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007 г. – 632 с. |
|  | Классификация электронных приборов |
|  | Основы теории проводимости |
|  | Проводимость полупроводников |
|  | Электрические переходы |
|  | Полупроводниковые диоды |
|  | Транзисторы |
|  | Тиристоры |
|  | Элементы Холла и полупроводниковые резисторы |
|  | Интегральные полупроводниковые приборы |
|  | Тепловой режим работы силовых полупроводниковых приборов |

**7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств по дисциплине является неотъемлемой частью рабочей программы и представлен отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, нормативно-правовой документации и других изданий, необходимых для освоения дисциплины**

8.1. Перечень основной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Бурков, А.Т. Электроника и преобразовательная техника. Том 1: Электроника. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: УМЦ ЖДТ, 2015. – 480 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/79994>

2. Бурков, А.Т. Электроника и преобразовательная техника. Том 2: Электронная преобразовательная техника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. – М.: УМЦ ЖДТ, 2015. – 307 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/79995>

8.2. Перечень дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Устройства силовой электроники железнодорожного подвижного состава [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: УМЦ ЖДТ, 2011. – 471 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/6067>

2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М: Техносфера, 2006 г. – 627 с.

3. Чаки Ф., Герман И., Ипшич И. и др. Пер с англ. Силовая электроника: примеры и расчеты. М.: Энергоиздат, 1982 г. – 384 с.

4. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника: учебник для ВУЗов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007 г. – 632 с.

5. Мазнев А.С., Плакс А.В., Евстафьев А.М., Изварин М.Ю. Расчёт широтно-импульсного преобразователя напряжения. Методические указания к курсовой работе. – СПб: ПГУПС, 2004. – 45 с.

8.3 Перечень нормативно-правовой документации, необходимой для освоения дисциплины

1. ГОСТ 2.730-73 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые. Издание (апрель 2010 г.) с Изменениями N 1, 2, 3, 4, утвержденными в июле 1980 г., апреле 1987 г., марте 1989 г., июле 1991 г. (ИУС 10-80, 7-87, 6-89, 10-91), Поправкой (ИУС 3-91). Сб. ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2010 г.

2. ГОСТ 2.710-81. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. Сб. ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2010 г.

8.4 Другие издания, необходимые для освоения дисциплины

При освоении данной дисциплины другие издания не используются.

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru/> (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).

2. Электронно-библиотечная система «Лань». [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>

**10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины с помощью учебно-методического обеспечения, приведенного в разделах 6, 8 и 9 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем (см. фонд оценочных средств по дисциплине).

По итогам текущего контроля по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. фонд оценочных средств по дисциплине).

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- технические средства (компьютерная техника и средства связи (персональные компьютеры, проектор, интерактивная доска, видеокамеры, акустическая система и т.д.);

- методы обучения с использованием информационных технологий (компьютерное тестирование, демонстрация мультимедийных материалов, компьютерный лабораторный практикум и т.д.);

- перечень Интернет-сервисов и электронных ресурсов (поисковые системы, электронная почта, профессиональные, тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн-энциклопедии и справочники, электронные учебные и учебно-методические материалы).

Дисциплина обеспечена необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения, установленного на технических средствах, размещенных в специальных помещениях и помещениях для самостоятельной работы.

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом по специальности 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог».

Материально-техническая база содержит помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (настенным экраном с дистанционным управлением, маркерной доской, считывающим устройством для передачи информации в компьютер, мультимедийным проектором и другими информационно-демонстрационными средствами).

В случае отсутствия в аудитории технических средств обучения для предоставления учебной информации используется переносной проектор и маркерная доска (стена).

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий в виде презентаций (плакатов), которые обеспечивают тематические иллюстрации в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Лаборатории, необходимые для реализации программы специалитета, оснащены соответствующим лабораторным оборудованием.

* Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Разработчик программы: |  |  |
| к.т.н., доцент | C:\Users\ПГУПС\Desktop\Васильев.JPG\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В.А. Васильев |
| «23» апреля 2018 г. |  |  |