

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, очно-заочная, заочная

Санкт-Петербург  
2016


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

Протокол № 4 от «25» апреля 2014 г.

Программа актуализирована и продлена на 2014/2018 учебный год  
(приложение).

Заведующий кафедрой «Электрическая тяга»

«25» апреля 2014 г.

  
\_\_\_\_\_ А.М. Евстафьев


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

Протокол № 1 от «29» августа 2014 г.

Программа актуализирована и продлена на 2014/2018 учебный год  
(приложение).

Заведующий кафедрой «Электрическая тяга»

«29» августа 2014 г.

  
\_\_\_\_\_ А.М. Евстафьев

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

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

Программа актуализирована и продлена на 201     /201     учебный год  
(приложение).

Заведующий кафедрой «Электрическая тяга»

«     » \_\_\_\_\_ 201     г.

\_\_\_\_\_ А.М. Евстафьев

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

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

Протокол № 5 от «22» ноября 2016 г.

Заведующий кафедрой

«Электрическая тяга»

«22» ноября 2016 г.



А.М. Евстафьев

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП

«22» ноября 2016 г.

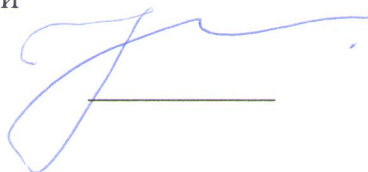


А.М. Евстафьев

Председатель методической комиссии

факультета «Транспортные и  
энергетические системы»

«22» ноября 2016 г.



В.В. Никитин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС, 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 **профессионально-специализированные компетенций (ПСК)**, соответствующих виду профессиональной деятельности, на который ориентирована программа специалитета:

- 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)	108	108
В том числе:		
– лекции (Л)	36	36

– практические занятия (ПЗ)	36	36
– лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	45	45
Контроль	27	27
Форма контроля знаний	Э, КР	Э, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	180/5	180/5

Для очно-заочной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
Контактная работа (по видам учебных занятий)	54	54
В том числе:		
– лекции (Л)	18	18
– практические занятия (ПЗ)	18	18
– лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	63	63
Контроль	63	63
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)	14	14
В том числе:		
– лекции (Л)	6	6
– практические занятия (ПЗ)	4	4
– лабораторные работы (ЛР)	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
1.	Содержание предмета «Силовая электроника»	– определение и структура дисциплины «Силовая электроника»; – история развития электроники

2.	Классификация электронных приборов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– классификация электронных приборов</li> <li>– вакуумные электронные приборы</li> <li>– газонаполненные электронные приборы</li> <li>– полупроводниковые приборы</li> </ul>
3.	Основы теории проводимости	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные постулаты и гипотезы теории строения атома;</li> <li>– энергетические уровни атомов и их расщепление;</li> <li>– зонная теория проводимости ;</li> <li>– зонная модель проводимости проводников;</li> <li>– зонная модель проводимости изоляторов;</li> <li>– зонная модель проводимости полупроводников.</li> </ul>
4.	Проводимость полупроводников	<ul style="list-style-type: none"> <li>– собственная проводимость полупроводников;</li> <li>– примесная (электронная и дырочная) проводимость полупроводников;</li> <li>– дрейф и диффузия носителей заряда</li> </ul>
5.	Электрические переходы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– классификация электрических переходов;</li> <li>– электронно-дырочный (p-n) переход;</li> <li>– переходы металл-полупроводник;</li> <li>– электрические свойства переходов</li> <li>– вольтамперная характеристика p-n перехода и её аналитическое выражение;</li> <li>– виды пробоев p-n перехода</li> <li>– способы получения p-n перехода.</li> </ul>
6.	Полупроводниковые диоды	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определение и условные обозначения полупроводникового диода;</li> <li>– свойства и разновидности полупроводниковых диодов;</li> <li>– конструкция слаботочных и силовых полупроводниковых диодов;</li> <li>– вольтамперная характеристика полупроводникового диода и методы её аппроксимации;</li> <li>– кусочно-линейная модель вольтамперной характеристики диода и её параметры;</li> <li>– применение выпрямительных диодов;</li> <li>– специальные типы диодов (стабилитрон, диод Шоттки, туннельный диод, варикап, светодиод, фотодиод, фотоэлемент, оптрон, магнитодиод);</li> <li>– маркировка отечественных и зарубежных</li> </ul>

		<p>силовых и слаботочных диодов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– групповое соединение диодов.</li> </ul>
7.	Транзисторы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– классификация транзисторов;</li> <li>– условное обозначение транзисторов на электрических схемах;</li> <li>– принцип действия биполярного транзистора;</li> <li>– разновидности биполярных транзисторов</li> <li>– основные статические характеристики биполярных транзисторов;</li> <li>– схемы включения биполярных транзисторов в электрические цепи;</li> <li>– режимы работы биполярных транзисторов;</li> <li>– принцип усиления электрических сигналов;</li> <li>– разновидности униполярных(полевых) транзисторов;</li> <li>– принцип действия униполярных (полевых) транзисторов;</li> <li>– основные характеристики униполярных транзисторов;</li> <li>– схемы включения униполярных транзисторов в электрические цепи;</li> <li>– биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT);</li> <li>– работа транзисторов (IGBT) в ключевом режиме;</li> <li>– управление биполярными транзисторами с изолированным затвором</li> </ul>
8.	Тиристоры	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определение тиристора;</li> <li>– разновидности и условные обозначения тиристоров;</li> <li>– принцип действия тиристора;</li> <li>– схема замещения тиристора и её параметры;</li> <li>– вольтамперная характеристика однооперационного тиристора;</li> <li>– особенности конструкции силовых тиристоров;</li> <li>– основные параметры тиристоров;</li> <li>– маркировка слаботочных и силовых тиристоров;</li> <li>– групповое соединение тиристоров;</li> </ul>



		– защитные цепи тиристоров;
9.	Элементы Холла и полупроводниковые резисторы	– принцип действия и конструкция датчиков тока и напряжения на основе элементов Холла; – варисторы: принцип действия, применение.
10.	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, IGBTмодули. – маркировка силовых модулей
11.	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 раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС
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	6	8	8	6
7	Транзисторы	8	8	8	8
8	Тиристоры	6	6	8	6
9	Элементы Холла и полупроводниковые резисторы	2	4	4	2
10	Интегральные полупроводниковые приборы	2	6	6	1
11	Тепловой режим работы силовых полупроводниковых приборов	2	2	–	–
<b>Итого</b>		<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>45</b>

Для очно-заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	Содержание предмета «Силовая электроника»	–	–	–	4
2	Классификация электронных приборов	2	2	–	4
3	Основы теории проводимости	2	2	–	4
4	Проводимость полупроводников	2	2	–	6
5	Электрические переходы	2	2	4	6
6	Полупроводниковые диоды	4	2	6	8
7	Транзисторы	2	2	2	10
8	Тиристоры	4	2	6	10
9	Элементы Холла и полупроводниковые резисторы	–	2	–	4
10	Интегральные полупроводниковые приборы	–	2	–	7
11	Тепловой режим работы силовых полупроводниковых приборов				
<b>Итого</b>		18	18	18	63

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС
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
<b>Итого</b>		6	4	4	157

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Перечень учебно-методического обеспечения
1.	Содержание предмета «Силовая электроника»	1. Бурков А.Т. Электроника и преобразовательная техника: учебник для ВУЗов железнодорожного транспорта: в 2 т. Т.1: Электроника- М.: УМЦ по образованию на железн. транспорте, 2015 г, - 480 с.  2. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника: учебник для ВУЗов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2007 г, - 632
2.	Классификация электронных приборов	
3.	Основы теории проводимости	
4.	Проводимость полупроводников	
5.	Электрические переходы	
6.	Полупроводниковые диоды	
7.	Транзисторы	
8.	Тиристоры	
9.	Элементы Холла и полупроводниковые резисторы	
10.	Интегральные полупроводниковые приборы	
11.	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 «Силовая электроника» является неотъемлемой частью рабочей программы и представлен отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры «Электрическая тяга» 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: учебник для ВУЗов железнодорожного транспорта: в 2 т. Т.1: Электроника- М.: УМЦ по образованию на железн. транспорте, 2015 г, - 480 с.

8.2. Перечень дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи. Семейства, характеристики, применение. М.: ИД «Додэка-XXI», 2005 г. – 384 с.;
2. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2003 г.
3. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М: Техносфера, 2005 г., - 362 с.
4. Чаки Ф., Герман И., Ипшич И. и др. Пер с англ. Силовая электроника: примеры и расчеты. М.: Энергоиздат, 1982 г., - 384 с.
5. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника: учебник для ВУЗов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2007 г, - 632 с.
6. Мазнев А.С., Плакс А.В., Евстафьев А.М., Изварин М.Ю. Расчёт широтно- импульсного преобразователя напряжения. Методические указания к курсовой работе.- С.-Пб, ПГУПС, 2004г., -45с.

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

3. 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 обеспечивает проведение всех видов учебных занятий, предусмотренных учебным планом по данному направлению и соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Она содержит:

– помещения для проведения лекционных и практических занятий

(занятий семинарского типа), курсового проектирования, укомплектованных специализированной учебной 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 учебно-наглядные материалы в виде презентаций, которые обеспечивают тематические иллюстрации в соответствии с рабочей программой дисциплины;

– помещения для проведения групповых и индивидуальных консультаций;

– помещения для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

– помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.

Разработчик программы:

доцент

«17» ноября 20 16 г.



В.А. Васильев