

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
А.В. Бурмистров
« 11 » 09. 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.16 «Силовая электроника»

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль подготовки: «Электропривод и автоматика»

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Институт, факультет: Институт управления, автоматизации и информационных технологий, факультет управления и автоматизации

Кафедра-разработчик рабочей программы: «Электропривода и электротехники»

Курс: третий; семестр: пятый

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия	-	-
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	45	1,25
Самостоятельная работа, в т.ч. курсовая работа	162	4,5
Форма аттестации - экзамен, курсовая работа	27	0,75
Всего	252	7

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 955 от 03.09.2015 по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» по профилю подготовки «Электропривод и автоматика», на основании учебного плана для начала подготовки 2018 г.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

Доцент



Цвенгер И.Г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭиЭ протокол от 03.09.2018 г. № 1

Зав. кафедрой, профессор

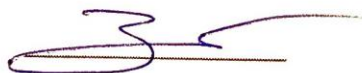


Макаров В.Г.

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии ФУА
от 10.09.2018 г. № 1

Председатель комиссии, профессор



Р.Н. Зарипов

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Силовая электроника» являются:

- а) получение теоретических и практических знаний в области силовой полупроводниковой преобразовательной техники;
- б) овладение знаниями о функциональных возможностях и особенностях применения силовых полупроводниковых преобразователей в автоматизированном электроприводе;
- в) овладение навыками расчета и выбора основных элементов силовых полупроводниковых преобразователей.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Силовая электроника» относится к базовой части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской, производственно-технологической, организационно-управленческой, проектно-конструкторской видов деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Силовая электроника» бакалавр по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Математика;
- б) Физика;
- в) Электроника.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Силовая электроника» могут быть использованы в следующих дисциплинах:

- а) Системы управления электроприводов;
- б) Электропривод в современных технологиях.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Силовая электроника» могут быть использованы при прохождении производственной практики и выполнении выпускных квалификационных работ, могут быть использованы в

научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

1. ПК-1 - способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике;
2. ПК-2 - способность обрабатывать результаты экспериментов;
3. ПК-7 - готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

- ◆ основные схемы эффективного преобразования формы и параметров электроэнергии;
- ◆ современные методы расчета и анализа основных характеристик и параметров преобразовательных схем;
- ◆ основные стандарты графического представления элементов, узлов и устройств преобразовательной техники;

2) Уметь:

- ◆ грамотно эксплуатировать современные стандартные преобразовательные устройства, в том числе, в составе (комплектных) электроприводов;
- ◆ проектировать с использованием стандартных и нестандартных элементов, узлов и блоков преобразователи параметров электроэнергии с заданными характеристиками;
- ◆ разбираться в электрических схемах и пользоваться современными электронными и полупроводниковыми измерительными и вычислительными приборами.

3) Владеть:

- ◆ навыками расчета и проектирования силовых преобразователей для электроприводов постоянного и переменного тока, силовых фильтров;

- ♦ типовыми структурами и параметрами информационного канала электроприводов;
- ♦ особенностями расчета силовой части управляемого выпрямителя и электропривода.

4. Структура и содержание дисциплины «Силовая электроника»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Семинар (Практические занятия)	Лабораторные работы	СРС	
1	Элементы	5	2	-	10	20	Опрос при сдаче лаб. работ, тесты, курсовая работа
2	Выпрямители	5	4	-	10	20	Опрос при сдаче лаб. работ, тесты, курсовая работа
3	Инверторы	5	4	-	10	42	Опрос при сдаче лаб. работ, тесты, курсовая работа
4	Преобразователи напряжения	5	2	-	10	20	Опрос при сдаче лаб. работ, тесты, курсовая работа
5	Преобразователи частоты	5	2	-	-	20	Опрос при сдаче лаб. работ, тесты, курсовая работа
6	Фильтры	5	2	-	5	20	Опрос при сдаче лаб. работ, тесты, курсовая работа
7	Стабилизаторы напряжения и тока	5	2	-	-	20	Опрос при сдаче лаб. работ
Всего			18	-	45	162	
Форма аттестации							Экзамен, курсовая работа

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Элементы	2	Введение. Силовые ключи. Гибридные силовые схемы. Трансформаторы. Элементы защиты.	Значение курса для техники и для народного хозяйства. Назначение и классификация устройств преобразовательной техники. Назначение и классификация силовых диодов. Назначение и классификация тиристоров. Транзисторные ключи. Гибридные силовые схемы. Назначение и классификация трансформаторов. Назначение и классификация реакторов. Назначение и классификация	ПК-1, ПК-2, ПК-7

				конденсаторов. Назначение и классификация резисторов. Элементы защиты по току. Элементы для ограничения перенапряжений.	
2	Выпрямители	4	Выпрямители тока, однофазные, многофазные. Управляемые выпрямители тока.	Классификация и структурные схемы выпрямителей тока. Однофазные выпрямители тока. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Учет неидеальности вентилей и трансформатора. Однофазная нулевая схема выпрямления. Однофазная мостовая схема выпрямления. Сравнение однофазных схем выпрямления. Многофазные выпрямители тока. Трехфазная нулевая схема и ее разновидности. Трехфазная мостовая схема. Сравнение многофазных схем выпрямления. Управляемые выпрямители тока. Режимы работы выпрямителей. Регулировочные характеристики идеального управляемого выпрямителя при активно-индуктивной нагрузке. КПД выпрямителя. Гармонические составляющие в выпрямленном напряжении и первичном токе. Коэффициент мощности выпрямителя. Пути улучшения энергетических показателей выпрямителей и уменьшения их вредного влияния на питающую сеть.	ПК-1, ПК-2, ПК-7
3	Инверторы	4	Инверторы тока и напряжения. 120 и 180 градусная коммутация.	Классификация инверторов. Ведомые инверторы. Понятие о направлении потока мощности. Переход от выпрямительного к инверторному режиму. Регулировочные и внешние характеристики ведомого инвертора. Условия устойчивой работы инвертора. Классификация и принципы построения автономных инверторов. Автономные инверторы напряжения на тиристорах. Автономные инверторы напряжения (АИН) на транзисторах и запираемых тиристорах. Однофазные транзисторные АИН. Трехфазный мостовой АИН. Регулирование напряжения в трехфазных АИН. Формирование фазных токов. Характеристики АИН с ШИМ. Регулировочные характеристики АИН с ШИМ. Внешние характеристики трехфазного мостового АИН. Энергетические характеристики трехфазного мостового АИН с ШИМ.	ПК-1, ПК-2, ПК-7
4	Преобразователи напряжения	2	Непосредственные ППН. Понижающий	Классификация преобразователей постоянного напряжения (ППН).	ПК-1, ПК-2, ПК-7

			ППН. Повышающий ППН. Инвертирующий ППН.	Непосредственные ППН. Понижающий ППН. Повышающий ППН. Инвертирующий ППН. Регулировочные, внешние и энергетические характеристики нереверсивных понижающих ППН. Рекуперирующие нереверсивные ППН. Схема и способы управления реверсивными ППН. Работа реверсивного ППН на активно-индуктивную нагрузку при симметричном управлении. Работа реверсивного ППН на активно-индуктивную нагрузку при несимметричном управлении. Внешние характеристики реверсивных ППН. Реверсивный двухключевой ППН.	
5	Преобразователи частоты	2	Двухзвенные преобразователи частоты. Непосредственные преобразователи частоты.	Классификация и принципы построения преобразователей частоты. Двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ) функциональные схемы ДПЧ. ДПЧ на основе управляемого выпрямителя и АИН. ДПЧ на основе неуправляемого выпрямителя и АИН с ШИМ. Рекуперирующий ДПЧ на основе ОПН. Рекуперирующие ДПЧ на основе инверторов тока. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). Принцип действия НПЧ.	ПК-1, ПК-2, ПК-7
6	Фильтры	2	Фильтры. Назначение и классификация.	Фильтры. Назначение и классификация. Входные фильтры. Сглаживающие фильтры. Выходные фильтры переменного тока. Защита от перенапряжений при ШИМ-сигналах.	ПК-1, ПК-2, ПК-7
7	Стабилизаторы напряжения и тока	2	Общая характеристика и классификация источников вторичного электропитания (ИВЭП). Принципы построения ИВЭП.	Стабилизаторы напряжения и тока. Общая характеристика и классификация источников вторичного электропитания (ИВЭП). Принципы построения ИВЭП. ИВЭП. Регулируемые и нерегулируемые двухзвенные ППН. ИВЭП. Неуправляемые выпрямители с корректором коэффициента мощности. Устройства, улучшающие энергетические показатели и качество электрической энергии. Энергетические показатели и качество электрической энергии.	ПК-1, ПК-2, ПК-7
Всего		18			

6. Содержание практических занятий

Целью практического занятия является формирование у студента практических умений и навыков — профессиональных (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в профессиональной деятельности) или учебных (умений решать учебные задачи, необходимые в последующей учебной деятельности).

Проведение практических занятий рабочим планом не предусмотрено.

7. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные работы выполняются с целью освоение лекционного материала, касающегося силовых полупроводниковых преобразователей. Выработки бакалаврами определенных умений, связанных с созданием алгоритмов управления силовыми ключами. Выработки навыков, связанных с умением использовать систему PSpice для моделирования полупроводниковых преобразователей.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лабораторного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Элементы	10	Построение динамических характеристик силовых ключей.	Исследование динамических характеристик силовых ключей.	ПК-1, ПК-2, ПК-7
2	Выпрямители	10	Неуправляемые выпрямители. Управляемые выпрямители	Исследование динамических характеристик и принципа работы выпрямителей	ПК-1, ПК-2, ПК-7
3	Инверторы	10	Инверторы тока и напряжения	Изучение работы инверторов тока и напряжения со 120 и 180 градусной коммутацией	ПК-1, ПК-2, ПК-7
4	Преобразователи напряжения	10	Преобразователи напряжения	Изучение работы понижающего, повышающего и инвертирующего ППН.	ПК-1, ПК-2, ПК-7
6	Фильтры	5	Источники питания.	Изучение влияния фильтров на качество питающих напряжения и тока.	ПК-1, ПК-2, ПК-7
Всего		45			

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории кафедры с использованием специального оборудования, компьютерной техники и специализированного программного обеспечения.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Элементы	20	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы	ПК-1, ПК-2, ПК-7
2	Выпрямители	20	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы	ПК-1, ПК-2, ПК-7
3	Инверторы	42	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы	ПК-1, ПК-2, ПК-7
4	Преобразователи напряжения	20	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы	ПК-1, ПК-2, ПК-7
5	Преобразователи частоты	20	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы	ПК-1, ПК-2, ПК-7
6	Фильтры	20	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы	ПК-1, ПК-2, ПК-7
7	Стабилизаторы напряжения и тока	20	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы	ПК-1, ПК-2, ПК-7
Всего		162		

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Силовая электроника» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о рейтинговой системе «КНИТУ».

Обучаемый должен быть аттестован в каждой контрольной точке оценивания. Согласно учебному плану по дисциплине «Силовая электроника» предусмотрен экзамен и курсовая работа.

Значения текущего рейтинга по дисциплине выставляются преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий (исходя из максимальной оценки 100 баллов).

Система рейтинга по дисциплине «Силовая электроника»

Виды работ	Мин. Оценка	Макс. оценка	Итоговая оценка
Лабораторная работа (всего 5 работ)	3 балла	5 баллов	Минимум $5 \times 3 = 15$ баллов Максимум $5 \times 5 = 25$ баллов
Тестирование (всего 7 тестов)	3 балла	5 баллов	Минимум $7 \times 3 = 21$ балл Максимум $7 \times 5 = 35$ баллов
Экзамен	24 балла	40 баллов	Минимум – 24 балла Максимум – 40 баллов
Итого			Минимум 60 баллов Максимум 100 баллов

Оценка курсовой работы

Цифровое и словесное выражение оценки	Выражение в баллах	Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций
5 (отлично)	От 87 до 100 баллов	Освоен превосходный уровень компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-7
4 (хорошо)	От 73 до 87 баллов	Освоен продвинутый уровень компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-7
3 (удовлетворительно)	От 60 до 73 баллов	Освоен пороговый уровень компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-7

10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

11.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Силовая электроника» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Электроника и преобразовательная техника. Т. 2: Электронная преобразовательная техника [Электронный ресурс] : учебник: в 2 т. / А.Т. Бурков. - М. : УМЦ ЖДТ, 2015. – 307с.	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890357977.html Доступ с любой точки интернета после регистрации по IP-адресам КНИТУ
2. Электронные устройства электромеханических систем [Учебники] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 551300, 654500 "Электромеханика, электротехника и электротехнологии" .— 2-е изд., стереотип. — М. : Академия, 2006 .— 269, [3] с.	26 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Макаров В.Г. Моделирование и исследование электроприводов. Ч.1. Разомкнутые системы электропривода. Казань, Казан. гос. технол. ун-т, 2005. – 260 с.	81 экз. в УНИЦ КНИТУ
4. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в <i>MatLab</i> 6.0: Учеб. пособие - СПб.: КОРОНА принт, 2001. - 320 с.	29 экз. в УНИЦ КНИТУ
5. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. – М.:МЭИ, 2003. – 224с.	27 экз. в УНИЦ КНИТУ

11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Володин В. Я. LTspice: компьютерное моделирование электронных схем: Практическое руководство / Володин В.Я. - СПб:БХВ-Петербург, 2010. - 391 с.	ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/go.php?id=350908 Доступ с любой точки интернета после регистрации по IP-адресам КНИТУ
2. Нарышкин, Александр Кириллович. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие для студ. вузов радиотехн. спец. — М.: Академия, 2006 .— 317 с.	25 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink [Электронный ресурс] / Черных И.В. - М. : ДМК Пресс, 2007. – 288с.	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940743951.html Доступ с любой точки интернета после регистрации по IP-адресам КНИТУ

4. Электроника [Методические пособия] : метод. указ. к лабор. работам / Казан. гос. технол. ун-т ; сост. Д.Д. Михайлов, А.Н. Миляшов, А.В. Васильев [и др.] .— Казань, 2008 .— 44 с.

В ЭБ УНИЦ
http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-XXX-Mixailow_Elektronika_metukaz.pdf
Доступ по IP-адресам КНИТУ
+15 экз. в УНИЦ КНИТУ

11.3. Электронные источники информации

1. ЭВС «Консультант студента» [http:// www.studentlibrary.ru/](http://www.studentlibrary.ru/)
2. ЭВС «Znanium.com» <http://znanium.com/>
3. Электронный каталог УНИЦ <http://ruslan.kstu.ru/>

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



12. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные и технические средства.

1. Лекционные занятия:

1.1. комплект электронных презентаций/слайдов,

1.2. аудитория, оснащенная презентационной техникой (экран, компьютер/ноутбук).

2. Лабораторные работы:

2.1. компьютерный класс,

2.2. презентационная техника (экран, компьютер/ноутбук),

2.3. пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы), а также специального назначения PSpice,

2.4. шаблоны отчетов по лабораторным работам.

3. Прочее

3.1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером/ноутбуком с доступом в Интернет,

13. Образовательные технологии.

Количество часов в интерактивной форме составляет 36 часов от общего количества аудиторных часов, из них лабораторных занятий – 36 часов.

Форма проведения лекции – «проблемная лекция», «лекция-визуализация», «лекция с разбором конкретных ситуаций», лабораторных занятий – работа в малых группах.

В рамках изучения дисциплины «Силовая электроника» применяются следующие современные образовательные технологии:

1. технология дифференцированного и проблемного обучения;

2. технология визуализации учебной информации (макеты натуральных образцов электротехнических устройств, раздаточные материалы);

3. информационные технологии (работа в среде программы “PSpice”, “Workbench”, “Excel”, “Microsoft Power Point” при выполнении практических работ, подготовки докладов, презентаций).