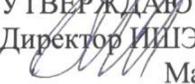


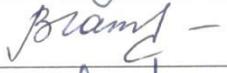
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИИЭ

 Матвеев А.С.
 «29» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная

Силовая электроника	
Направление подготовки/ специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Образовательная программа (направленность (профиль))	Инжиниринг электропривода и электрооборудования
Специализация	Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат
Курс	3 семестр 6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	5
Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции 10
	Практические занятия 8
	Лабораторные занятия 6
	ВСЕГО 24
Самостоятельная работа, ч 156	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа) Курсовой проект	
ИТОГО, ч 180	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, диф. зачет, КП	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ ИИЭ
---------------------------------	--	---------------------------------	----------------

И.о. зав. каф. – руководителя отделения на правах кафедры		Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП		Воронина Н.А.
Преподаватель		Однокопылов Г.И.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	И.ОПК(У)-3.3	Анализирует режимы работы электронных устройств различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик для построения электротехнических систем	ОПК(У)-3.3В3	Владеет навыками расчета силовых электронных преобразователей
				ОПК(У)-3.3У3	Умеет использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию и испытаниям устройств силовой электроники
				ОПК(У)-3.333	Знает принципы построения, методы расчета и анализа, параметры и характеристики силовых электронных преобразователей электрической энергии
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	И.ОПК(У)-5.1	Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	ОПК(У)-5.1В2	Владеет опытом работы с приборами и установками для экспериментальных исследований
				ОПК(У)-5.1У2	Умеет проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов
				ОПК(У)-5.132	Знает типовые стандартные измерительные приборы, устройства, аппараты, программные средства, используемые при экспериментах

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД1	Формулировать задачи в области силовой электроники, анализировать их и решать с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	И.ОПК(У)-3.3 И.ОПК(У)-5.1
РД2	Расчислять и проектировать устройства силовой электроники и их компоненты.	И.ОПК(У)-3.3 И.ОПК(У)-5.1
РД3	Планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния	И.ОПК(У)-3.3 И.ОПК(У)-5.1

	устройств силовой электроники.	
РД 4	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области силовой электроники.	И.ОПК(У)-3.3 И.ОПК(У)-5.1
РД 5	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области силовой электроники.	И.ОПК(У)-3.3 И.ОПК(У)-5.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности ¹	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Ведение	РД1	Лекции	1
Раздел (модуль) 2. Элементная база силовых полупроводниковых преобразователей	РД1, РД2, РД4	Лекции	1
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 3. Выпрямители	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	1
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	3
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 4. Силовые сглаживающие фильтры	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	1
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 5. Инверторы	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	1
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 6. Преобразователи частоты	РД1, РД2, РД4	Лекции	1
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	22
Раздел (модуль) 7. Импульсные преобразователи постоянного тока	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	1
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	22
Раздел (модуль) 8. Импульсные регуляторы переменного напряжения	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	1
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	22
Раздел (модуль) 9. Системы управления и защиты преобразователей	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	1
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	22
Раздел (модуль) 10.	РД1, РД2,	Лекции	1

Применение полупроводниковых преобразователей в электромеханических системах	РД4	Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	22

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение

Роль и место силовой электроники в электротехнике и электроэнергетике, примеры систем силовой электроники.

Темы лекций:

1. Роль и место силовой электроники в электротехнике и электроэнергетике.

Раздел 2. Элементная база силовых полупроводниковых преобразователей

Характеристики и параметры силовых полупроводниковых приборов. Определение силового полупроводникового прибора. Предельные показатели силовых приборов. Динамические параметры силовых приборов и их частотные диапазоны. Современное состояние элементной базы. Создание силовых модулей и комбинированных приборов. Необходимость группового соединения приборов. Особенности последовательного соединения полупроводниковых вентиляй, способы выравнивания напряжения. Особенности параллельного соединения полупроводниковых вентиляй, способы выравнивания токов и мощностей в приборах. Электрические конденсаторы, резисторы, индуктивности.

Темы лекций:

2. Элементная база силовых полупроводниковых преобразователей.

Темы практических занятий:

1. Анализ элементной базы силовых полупроводниковых преобразователей.

Раздел 3. Выпрямители

Однофазные неуправляемые выпрямители. Выпрямители: общие определения, понятия, классификация, терминология. Структурная обобщённая схема выпрямителя, виды и особенности нагрузок. Работа однофазных неуправляемых выпрямителей на R -нагрузку: принцип действия, временные диаграммы работы элементов. Расчётные соотношения для выбора вентиляй и трансформатора. Пульсность схем, коэффициент пульсаций.

Трёхфазные неуправляемые выпрямители. Работа трёхфазной нулевой и мостовой схемы на активную нагрузку: принцип действия, временные диаграммы работы элементов, основные расчётные соотношения в схеме. Способы соединения обмоток трёхфазных трансформаторов.

Особенности работы выпрямителей на смешанные виды нагрузок. Виды и типы смешанных нагрузок. Влияние различных нагрузок на работу вентиляй и трансформаторов. Понятие об идеально сглаженном токе. Особенности работы выпрямителей на нагрузку с противоЭДС.

Управляемые выпрямители (УВ). Определение УВ. Способы регулирования выпрямленного напряжения. Принцип работы УВ с регулированием в самом выпрямителе. Понятие и определение угла регулирования (управления) – α . Особенности работы тиристорных в УВ. Работа однофазного УВ на R -, RL -нагрузку и противоЭДС: принцип действия, временные диаграммы работы, основные расчётные соотношения. Определение регулировочной характеристики и ее математическое и графическое представление. Понятие о предельных углах регулирования Энергетические показатели выпрямителей и способы их улучшения.

Темы лекций:

3. Неуправляемые выпрямители.
4. Управляемые выпрямители.

Темы практических занятий:

2. Расчёт выпрямительных устройств.

3. Расчет энергетических показателей выпрямителей.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование неуправляемых выпрямителей.
2. Исследование управляемых выпрямителей.

Раздел 4. Силовые сглаживающие фильтры

Сглаживающие фильтры. Пульсации выпрямленного напряжения. Коэффициенты пульсаций и сглаживания. Сглаживающие фильтры: определение, назначение, классификация. Основные показатели сглаживающих фильтров. Дроссель как фильтр. Г-образные LC-фильтры. Фильтры с резонансными ветвями. Многозвенные фильтры. Влияние фильтров на работу выпрямителя и его внешнюю характеристику.

Темы лекций:

5. Силовые сглаживающие фильтры.

Темы практических занятий:

4. Расчёт силовых сглаживающих фильтров.

Названия лабораторных работ:

3. Исследование различных схем силовых сглаживающих фильтров.

Раздел 5. Инверторы

Ведомые сетью (зависимые) *инверторы*. Работа УВ на нагрузку с противо-ЭДС и L -ограничением. Изменение полярности ЭДС. Возможность работы схемы при $\alpha > 90^\circ$. Понятие об инвертирование энергии через выпрямитель. Переход из выпрямительного режима работы в инверторный режим. Определение зависимого (ведомого) инвертора и угла опережения β . Регулировочная (сквозная) характеристика УВ. Условие срыва инвертирования (опрокидывание инвертора). Понятие предельного угла инвертирования. Ограничительные характеристики инвертора.

Автономные инверторы. Автономные инверторы: определение, назначение, требования к автономным инверторам. Проблема автономного инвертора. Искусственная коммутация однооперационных тиристоров. Классификация автономных инверторов.

Автономные инверторы тока (АИТ). Работа однофазной параллельной схемы АИТ: построение схемы, работа элементов, переходные процессы при R -нагрузке, временные диаграммы напряжений и токов. Схемное время восстановления запирающих свойств тиристоров. Требование емкостного (опережающего) характера выходного тока АИТ (угол опережения β). Особенности процессов и форм токов при конечном значении L_d . Работа АИТ на R - L -нагрузку. Введение в схему АИТ отсекающих и возвратных диодов. Последовательный и последовательно-параллельный АИТ. Характеристики АИТ и их значение. Области применения.

Резонансные инверторы (РИ). Особенности работы и построения РИ. Последовательный и параллельный РИ. Закрытый и открытый входы РИ. Работа однофазной типовой схемы последовательного инвертора: режимы работы, временные диаграммы при $\omega_0 \geq \omega_u$, главные характеристики и показатели схемы, определение критической величины R_n . Недостатки однотактных схем. Области применения РИ.

Автономные инверторы напряжения (АИН). Определение и особенности работы АИН, необходимость использования полностью управляемых вентилях. Работа однофазной схемы на R - L нагрузку. Основные показатели АИН. Главный недостаток АИН. Работа трехфазной схемы АИН на R - L нагрузку: выбор угла проводимости вентиля, временные диаграммы формирования фазного и линейного напряжений при подключении нагрузки, как звездой, так и треугольником.

Темы лекций:

6. Зависимые и автономные инверторы. Автономные инверторы тока.
7. Резонансные инверторы. Автономные инверторы напряжения.

Темы практических занятий:

5. Расчёт инверторов, ведомых сетью.
6. Расчет энергетических показателей зависимых инверторов.
7. Расчет автономных инверторов тока.

Названия лабораторных работ:

4. Исследование зависимых инверторов.
5. Исследование автономных инверторов.

Раздел 6. Преобразователи частоты

Преобразователи частоты (ПЧ). Определение и назначение ПЧ. Классификация ПЧ по принципу действия. Структурные и функциональные схемы ПЧ, их основные особенности. Выбор типа автономного инвертора для ПЧ со звеном постоянного тока. Примеры применения ПЧ в электротехнике.

Темы лекций:

8. Преобразователи частоты.

Раздел 7. Импульсные преобразователи постоянного тока

Регуляторы постоянного тока. Аналоговые (непрерывные) регуляторы напряжения, их недостатки и неприменимость в силовой технике. Принцип работы импульсного регулятора (преобразователя) напряжения постоянного тока, его преимущества и недостатки. Методы широтно-импульсного регулирования и их сравнительный анализ. Вольтопонижающая схема регулятора: принцип действия, временные диаграммы работы элементов. Вольтоинвертирующая и вольтоповышающая схемы ШИР, регулировочные характеристики.

Темы лекций:

9. Импульсные регуляторы постоянного напряжения.

Темы практических занятий:

8. Расчёт импульсных преобразователей постоянного тока.

Названия лабораторных работ:

6. Исследование импульсных преобразователей постоянного тока.

Раздел 8. Импульсные регуляторы переменного напряжения

Регуляторы переменного напряжения. Назначение регуляторов напряжения. Регулирование переменного напряжения с помощью тиристоров и симисторов. Фазовый, амплитудный (ступенчатый) и амплитудно-фазовый методы регулирования. Схемы бесконтактных регуляторов.

Темы лекций:

10. Импульсные регуляторы переменного напряжения.

Темы практических занятий:

9. Расчёт импульсных регуляторов переменного тока.

Раздел 9. Системы управления и защиты преобразователей

Структуры и методы управления. Назначение систем управления (СУ) и основные требования к ним. Общая характеристика цепей управления силовых приборов. Построение СУ выпрямителями и зависимыми инверторами: импульсно-фазовый и вертикальный методы управления. Структурные схемы СУ выпрямителями. СУ для автономных инверторов и регуляторов напряжения. Особенности построения СУ для ШИР постоянного напряжения на силовых транзисторах. Определение, назначение, построение и работа модулятора длительности. Принцип релейного метода регулирования.

Темы лекций:

11. Системы управления и защиты преобразователей.

Темы практических занятий:

10. Расчет системы управления и защиты устройств силовой электроники.

Раздел 10. Применение полупроводниковых преобразователей в электромеханических системах
--

Электропривод. Управление машинами постоянного тока. Управление асинхронными машинами. Управление синхронными машинами. Устройства электропитания.

Темы лекций:

12. Применение полупроводниковых преобразователей в электромеханических системах.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. **Петрович, Виталий Петрович.** Силовая электроника: учебное пособие / В. П. Петрович, А. В. Глазачев; НИ ТПУ, ИДО. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — 219 с. — Текст: электронный. - URL:

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C293031>

(дата обращения: 26.03.2018)

2. **Онищенко, Георгий Борисович.** Силовая электроника. Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения: учебное пособие / Г. Б. Онищенко, О. М. Соснин. – Москва: Инфра-М, 2016. – 122 с.: ил. – Высшее образование – Бакалавриат. – Библиогр.: с. 86.. – ISBN 978-5-16-011120-9.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C33853>
2 (дата обращения: 26.03.2018)

3. **Семенов, Борис Юрьевич.** Силовая электроника: от простого к сложному. Импульсные источники электропитания. Перспективная элементная база. Основы инженерного проектирования. Практические конструкции. Необходимая информация

на виртуальном CD-ROM / Б. Ю. Семенов. – 2-е изд., испр.. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2016. – 416 с.: ил. – Компоненты и технологии. – Библиогр.: с. 411-412. — Текст: электронный. - URL:
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C343837>
(дата обращения: 26.03.2018)

Дополнительная литература:

1. **Сукер, Кит.** Силовая электроника: руководство разработчика : пер. с англ. / К. Сукер. – Москва: Додэка – XXI, 2007. – 252 с.: ил. – Силовая электроника. – Предметный указатель: с. 247-251. — Текст: электронный. - URL:

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C147274> (дата обращения: 26.03.2018)

2. **Розанов, Юрий Константинович.** Силовая электроника: учебник/ Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк: учебник / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. – 632 с.: ил. – Библиогр.: с. 616-620. — Текст: электронный. - URL:

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C143561>
(дата обращения: 26.03.2018)

3. **Зиновьев, Геннадий Степанович.** Силовая электроника: учебное пособие для бакалавров / Г. С. Зиновьев; Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). – 5-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2015. – 667 с.: ил. – Бакалавр. Углублен-ный курс. – Библиогр.: с. 632-642. – Предметный указатель: с. 649-654. – Англо-русский технический словарь: с. 655-660.

6.2. Информационное и программное обеспечение:

Электронный курс «Режимы работы силовых полупроводниковых преобразователей» - <http://stud.lms.tpu.ru>

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. <http://www.power-e.ru> – Журнал «Силовая электроника».
2. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/index.htm> – Статьи по силовой электронике.
3. <http://avtprom.ru/archive> – Журнал «Автоматизация в промышленности».
4. <http://www.elektro-journal.ru/archive> – Журнал «Электро» – Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность.
5. Электронные компоненты: ежемесячный журнал. – М.: 2003. Схема доступа: <http://www.elcp.ru>
6. <http://www.platan.ru> – каталог электронных компонентов/

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Google Chrome
2. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic
3. NI Multisim 14 Education (установлено на var.tpu.ru)
4. PTC Mathcad 15 Academic Floating (установлено на var.tpu.ru)
5. Document Foundation LibreOffice

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 101	Комплект оборудования для проведения занятий: Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 140 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 345	Комплект оборудования для проведения занятий: Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 260	Комплект оборудования для проведения занятий: Компьютер - 7 шт.; Стенд "Автоматика на основе программируемого контроллера" АПК1-С-К - 3 шт.; Лабораторный стенд "Силовая электроника-ведомые сетью преобразователи" - 2 шт.; Стенд Силовая электроника-автономные преобразователи СЭ1-А-С-К - 1 шт. ;Стенд "Датчики технологических параметров" ДТП1-С-Р - 3 шт.; Стенд "Силовая электроника-автономные преобразователи" СЭ1-А-С-К - 3 шт.; Стенд "Силовая электроника - ведомые сетью преобразователи" - 1 шт.; Стенд "Релейно-контактное управление асинхронными двигателями" - 2 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Инжиниринг электропривода и электрооборудования» по специализации «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (прием 2018 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Профессор ОЭЭ		Однокопылов Г.И.

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол №7 от 22.06.2018 г.).

И.о. зав. кафедрой – руководителя отделения
на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

 /А.С. Ивашутенко/

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ ИШЭ (протокол)
2018/2019 учебный год	1. Изменена система оценивания	от 27.08.2018 г. № 4/1
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание дисциплины 4. Обновлен список литературы	от 27.06.2019 г. № 6
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание дисциплины 4. Обновлен список литературы	От 25.06.2020г. №6