

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИЭ

А.С. Матвеев
« 29 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Силовая электроника			
Направление подготовки/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Электротехника		
Специализация	Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	5
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	5		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	72	
Самостоятельная работа, ч			108
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 ИШЭ
И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения на правах кафедры			А.С. Ивашутенко
Руководитель ООП			П.В. Тютеева
Преподаватель			Г.И. Однокопылов

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического, экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Р7, Р11	ОПК(У)-2.В18	Владеет опытом работы с приборами и установками для экспериментальных исследований
			ОПК(У)-2.У21	Умеет проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов
			ОПК(У)-2.325	Знает типовые стандартные измерительные приборы, устройства, аппараты, программные средства, используемые при экспериментах
ОПК(У)-3	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	Р7, Р11	ОПК(У)-3.В6	Владеет навыками расчета силовых электронных преобразователей
			ОПК(У)-3.У7	Умеет использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию и испытаниям устройств силовой электроники
			ОПК(У)-3.38	Знает принципы построения, методы расчета и анализа, параметры и характеристики силовых электронных преобразователей электрической энергии

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы (элективная дисциплина).

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.		ОПК(У)-3
РД 2	Рассчитывать и проектировать устройства силовой электроники и их компоненты.		ОПК(У)-3
РД 3	Планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния устройств силовой электроники.		ОПК(У)-2
РД 4	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области силовой электроники.		ОПК(У)-2
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.		ОПК(У)-3

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	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Ведение	РД1	Лекции	2
Раздел (модуль) 2. Элементная база силовых полупроводниковых преобразователей	РД1, РД2, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 3. Выпрямители	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	4
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 4. Силовые сглаживающие фильтры	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 5. Инверторы	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	4
		Практические занятия	12
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 6. Преобразователи частоты	РД1, РД2, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 7. Импульсные преобразователи постоянного тока	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 8. Импульсные регуляторы переменного напряжения	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 9. Системы управления и защиты преобразователей	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 10. Применение полупроводниковых преобразователей в электромеханических системах	РД1, РД2, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12

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 вентилях, способы выравнивания напряжения. Особенности параллельного соединения полупроводниковых вентилях, 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 вентилях 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 вентилях 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 тиристоров 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 инвертировании 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 $\omega_0 \geq \omega_y$, 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.

Тематики курсового проекта

1. Рассчитать бестрансформаторный источник постоянного тока (со звеном высокой частоты) по следующим данным: $U_1=220\text{В}$; $U_n=(0-24)\text{В}$; $P_n=150\text{Вт}$; коэффициент стабилизации выходного напряжения $K_{ст}=5\%$.
2. Рассчитать импульсный стабилизатор переменного тока со звеном высокой частоты (ВЧ) по следующим данным: $U_1=220\text{В}$. Нестабильность $\pm 20\%$; $U_n=220\text{В}$ с нестабильностью $\pm 2\%$; мощность нагрузки $P_n=500\text{Вт}$.
3. Рассчитать ИППТ повышающе - понижающего типа с последовательным ключевым элементом. $U_1=60\text{В} \pm 20\%$; $U_n=120\text{В} \pm 5\%$; $P_n=200\text{Вт}$.

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 В. П. Силовая электроника : учебное пособие / В. П. Петрович, А. В. Глазачев; НИ ТПУ, ИДО. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — 219 с.
2. Розанов, Ю.К.. Силовая электроника : учебник / Розанов Ю.К. / Рябчицкий М.В. / Кваснюк А.А.. — Москва: МЭИ, 2016. — Схема доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010235.html> (дата обращения: 26.04.2017)

Дополнительная литература:

1. Сукер, К. . Силовая электроника. Руководство разработчика [Электронный ресурс] / Сукер К. . — Москва: ДМК Пресс, 2010. — 252 с.. — Книга из коллекции ДМК Пресс - Инженерно-технические науки.. — Схема доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60995 (дата обращения: 26.04.2017)
2. Зиновьев, Геннадий Степанович. Силовая электроника : учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс] / Г. С. Зиновьев. — 5-е изд.. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2012. — 1 Мультимедиа CD-ROM. —

Бакалавр. Базовый курс. —Бакалавр. Углубленный курс. —Электронные учебники издательства Юрайт. — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2426.pdf>

6.2. Информационное и программное обеспечение:

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

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. Mathcad 15 (установлено var.tpu.ru)
2. NI Multisim 14 Education (установлено var.tpu.ru)
3. Google Chrome;
4. Microsoft Office Standard Russian Academic;
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, 7 328	Комплект оборудования для проведения занятий: Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 98 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 331	Комплект оборудования для проведения занятий: Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 98 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 348	Комплект оборудования для проведения занятий: Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования,	Комплект оборудования для проведения занятий:

	консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 306	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 50 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
5.	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: Стенд "Релейно-контактное управление асинхронными двигателями" - 2 шт.; Стенд "Силовая электроника - ведомые сетью преобразователи" - 1 шт.; Лабораторный стенд "Силовая электроника-ведомые сетью преобразователи" - 2 шт.; Стенд Силовая электроника-автономные преобразователи СЭ1-А-С-К - 1 шт.; Стенд "Автоматика на основе программируемого контроллера" АПК1-С-К - 3 шт.; Стенд "Силовая электроника-автономные преобразователи" СЭ1-А-С-К - 3 шт.; Стенд "Датчики технологических параметров" ДТП1-С-Р - 3 шт.; Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест; Шкаф для документов - 5 шт.; Компьютер - 7 шт.

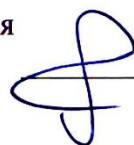
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электротехника» по специализации «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (прием 2017 г., очная форма)

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Профессор ОЭЭ, д.т.н.		Г.И. Однокопылов

Программа одобрена на заседании кафедры Электропривода и электрооборудования ЭНИН (протокол от 16. 05 . 2017 г. № 9).

И.о. заведующего 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. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем	от 22.06.2018 г. № 7
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