

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШНПТ
А.Н. Яковлев
«26» 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

Генерирование и измерение высоковольтных и сильноточных сигналов

Направление подготовки/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Высоковольтная электротехника и сильноточная электроника		
Специализация	Техника и физика высоких напряжений		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		8
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		40
	ВСЕГО		80
Самостоятельная работа, ч			136
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			курсовой проект
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, диф.зачет (КП)	Обеспечивающее подразделение	ОМ ИШНПТ
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель			В.А. Клименов
			А.И. Пушкарев
			Д.В. Жгун

2020г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 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)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК(У)-2.2	Проводит анализ полученных результатов	ОПК(У)-2.2.31	Знает методы анализа результатов работы, пакеты прикладных программ и компьютерной графики
				ОПК(У)-2.2.У1	Умеет выбирать и применять необходимые методы анализа и использовать пакеты прикладных программ
				ОПК(У)-2.2.В1	Владеть навыками обработки полученных результатов с использованием программных пакетов для ЭВМ
ПК(У)-4	Способен решать научные и инженерные задачи наукоемкого производства	И.ПК(У)-4.1	Решает научные и инженерные задачи наукоемкого производства	ПК(У)-4.1.31	Знает основные направления и концепции развития высоковольтной электротехники
				ПК(У)-4.1.У1	Умеет использовать результаты исследований в области высоковольтной электротехники для решения профессиональных задач
				ПК(У)-4.1.В1	Владеет опытом решения задач в сфере профессиональной деятельности
ПК(У)-5	Способен выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности	И.ПК(У)-5.1	Выбирать серийные узлы и сборки оборудования	ПК(У)-5.1.31	Знает состояние современного отечественного и зарубежного электротехнического оборудования и устройств
				ПК(У)-5.1.У1	Умеет выбирать новое оборудование для замены существующего в процессе эксплуатации, оценивать его достоинства и недостатки
				ПК(У)-5.1.В1	Владеет опытом анализа характеристик нового электротехнического оборудования и обоснования его выбора
		И.ПК(У)-5.2	Создает модели процессов и явлений, проводит их расчет и анализ	ПК(У)-5.2.31	Знает физические явления и процессы в высоковольтных электротехнологиях
				ПК(У)-5.2.У1	Умеет применять методы компьютерного моделирования процессов и явлений в высоковольтной электротехнике
				ПК(У)-5.2.В1	Владеет опытом работы в специализированных компьютерных программах для моделирования процессов и явлений в высоковольтной электротехнике
ПК(У)-6	Способен эксплуатировать и обслуживать высоковольтное оборудование научного и технологического назначения	И.ПК(У)-6.1	Участвует в монтажных, наладочных, ремонтных и профилактических видах работ с электротехническим оборудованием для высоковольтных электротехнологий	ПК(У)-6.1.31	Знает схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации высоковольтного электротехнического оборудования различного назначения
				ПК(У)-6.1.У1	Умеет проводить монтажные работы, осуществлять регулировочные и сдаточные испытания экспериментальных и технологических установок
				ПК(У)-6.1.В1	Владеет опытом оценки технического состояния и работы с высоковольтным оборудованием и устройствами для измерения сигналов

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
		И.ПК(У)-6.2	Решает задачи соблюдения безопасности жизнедеятельности на объектах профессиональной деятельности	ПК(У)-6.2.31	Знает нормативную документацию, регламентирующую эксплуатацию оборудования с учетом требований безопасности жизнедеятельности на объектах

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится вариативной 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	
РД 1	Применять знания физических и технологических основ генерирования и измерения высоких напряжений и сильных токов в области профессиональной деятельности	И.ПК(У)-4.1
РД 2	Рассчитывать параметры и проектировать устройства высоковольтной электротехники на современной элементной базе с использование прикладных программных продуктов	И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-5.2
РД 3	Проводить физические эксперименты и использовать их результаты для решения профессиональных задач	И.ПК(У)-6.1 И.ПК(У)-6.2
РД 4	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при экспериментальных исследованиях	И.ОПК(У)-2.2

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. Общие характеристики и области применения различных накопителей энергии	РД1, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	35
Раздел (модуль) 2 Измерение импульсов высокого напряжения и сильного тока	РД1, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	20
Раздел (модуль) 3 Емкостные и индуктивные накопители энергии	Р1, Р2, РД3, Р4	Лекции	2
		Практические занятия	16
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	46

Раздел (модуль) 4 Схемы генерирования наносекундных импульсов	РД1, РД2, РЗ, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	35

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Общие характеристики и области применения различных накопителей энергии

Введение в курс. Мощные импульсные источники питания в энергетике и электрофизики. Общие характеристики и области применения различных накопителей энергии. Томская школа высоковольтников.

Процессы накопления и преобразования энергии: зарядные схемы, переходные процессы в RLC- цепях

Темы лекций:

1. Виды генераторов высоковольтных импульсов их классификация и характеристики.

Темы практических занятий:

1. Зарядные устройства накопителей энергии: регуляторы напряжения, высоковольтные трансформаторы.

2. Зарядные устройства накопителей энергии: схемы выпрямления, схемы выпрямления с умножением напряжения.

Названия лабораторных работ:

1. Изучение характеристик схем выпрямления с умножением напряжения (4 ч)
2. Изучение характеристик ЗУ устройств емкостных накопителей энергии.(4 ч).
3. Исследование работы каскадного генератора постоянного тока (4 ч).

Раздел 2. Измерение импульсов высокого напряжения и сильного тока

Техника электрофизического эксперимента: требования к системе измерения, подключение осциллографа. Устройства для измерения ВН: шаровые разрядники, электростатические киловольтметры и делители напряжения. Принцип работы, конструкция, достоинства и недостатки, области применения. Устройства для измерения сильных токов: токовые шунты и пояс Роговского. Принцип работы, конструкция, достоинства и недостатки, области применения.

Темы лекций:

1. Физические принципы регистрации импульсных высоковольтных и сильноточных сигналов

Темы практических занятий:

1. Устройства для измерения импульсного высокого напряжения.
2. Устройства для измерения сильных импульсных токов.

Названия лабораторных работ:

1. Градуировка делителя импульсных напряжений.
2. Измерение импульсных токов поясом Роговского.

Раздел 3. Емкостные и индуктивные накопители энергии

Принципиальная схема ЕНЭ. Основные элементы ЕНЭ и их характеристики. Коммутаторы для ЕНЭ. Конструктивное исполнение ЕНЭ, требования к компоновке.

Методика расчета параметров схемы Маркса, генераторов импульсных токов.

Индуктивные накопители энергии, прерыватели тока.

Темы лекций:

1. Генераторы на основе емкостных накопителей энергии. Основные схемы.
2. Коммутаторы для ЕНЭ. Принцип действия, классификация.

Темы практических занятий:

1. Основные элементы ЕНЭ их характеристики.
2. Расчет параметров ГИН по схеме Маркса.
3. Расчет и основы конструирования генераторов импульсных токов.
4. Устройство и принципы работы основных типов коммутаторов.
5. Семинар- представление презентаций по характеристикам коммутаторов.
6. Индуктивные накопители энергии (ИНЭ). Прерыватели тока для ИНЭ. Методика расчета ЭВП– прерывателя.
7. Трансформатор Тесла

Названия лабораторных работ:

1. Характеристики ГИН по схеме Маркса
2. Характеристики генератора импульсных токов.
3. Переходные процессы в разрядных контурах ЕНЭ (4 часа)
4. Формирование наносекундных импульсов в ИНЭ при помощи ЭВП–прерывателя тока.
5. Исследований характеристик трансформатора Тесла.

Раздел 3. Схемы генерирования наносекундных импульсов
--

Волновые процессы в длинных линиях. Применение линий с распределенными параметрами для генерирования нс.импульсов. Импульсные трансформаторы, магнитоимпульсные генераторы.

Темы практических занятий:

1. Волновые процессы в длинных линиях.
2. Принципиальные схемы генерирования наносекундных импульсов
3. Формирующие линии: принцип работы, конструкция, методика расчета.
4. Импульсный трансформатор: принцип работы, конструкция, методика расчета.
5. Магнитоимпульсный генератор: принцип работы, конструкция, методика расчета

Названия лабораторных работ:

1. Изучение волновых процессов в длинных линиях
2. Изучение принципа работы кабельных генераторов для формирования нс импульсов.
3. Генерирование и измерение нс импульсов в схемах с формирующими линиями (4 часа).
4. Изучение характеристик импульсного трансформатора.
5. Изучение характеристик магнитоимпульсного генератора

Тематика курсовых проектов (теоретический раздел)

1. Расчет и проектирование генератора импульсных напряжений для испытания изоляции.
2. Расчет и проектирование генератора импульсных токов для электроразрядных технологий.
3. Разработка высоковольтных устройств для генерирования/измерения сигналов по тематике НИРМ

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;
- Выполнение домашних заданий;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсового проекта;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Блум, Х. Схемотехника и применение мощных импульсных устройств / Х. Блум. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 348 с. – ISBN 978-5-94120-191-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60997>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Климов, А.И. Экспериментальные методы в сильноточной электронике: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. И. Климов; Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 8459 KB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2009/m52.pdf> (контент)

Дополнительная литература

1. Бортник И.М., Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебник для вузов / И.М. Бортник и др.; под общ. ред. И.П. Верещагина - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-01017-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010174.html> . - Режим доступа : по подписке.
2. Пичугина, М.Т. Высоковольтная электротехника : учебное пособие [Электронный ресурс] / М. Т. Пичугина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 2.1 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – Заглавие с титульного экрана. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m279.pdf> (контент)
3. Дьяконов, В.П. Сверхскоростная твердотельная электроника / В.П. Дьяконов. –Москва : ДМК Пресс, [б. г.]. – Том 2 : Приборы специального назначения – 2013. –576 с.– ISBN 978-5-94074-926-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/9122> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Персональный сайт преподавателя Жгун Д.В.
<https://portal.tpu.ru/SHARED/j/JGUN/uch>
2. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»
<http://www.studentlibrary.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

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**):

Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Mozilla Firefox ESR; Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 312	Компьютер – 2шт, Проектор - 1 шт., Тумба стационарная - 1 шт.; Шкаф для документов - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 38 посадочных мест;
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 201	ИОМ-100/25 Высоковольтный трансформатор тока - 1 шт.; Осциллограф цифровой запоминающий четырехканальный Tektronix - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 6 посадочных мест
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 202	Учебно-лабораторный стенд для изучения волновых процессов в линиях - 1 шт.; Осциллограф двухканальный PCS500A - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 6 посадочных мест
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего	Генератор импульсных токов ГИТ-50 - 1 шт.; Генератор импульсных токов ГИТ-25 - 1 шт.; Мультиметр цифровой S-line DT830B - 1 шт.; Учебно-лабораторный стенд для изучения работы генератора Маркса (ГИН-1000) - 1 шт.; Пояс Роговского

	контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 301А	CWT Mini(100мм) - 1 шт.; Киловольтметр спектральный цифровой КВЦ-120 до 120кВ кл.0,25 - 1 шт.; Мультимер цифровой В7-40/1 кл0,05 - 1 шт.; Киловольтметр С196 - 1 шт.; Пояс Роговского CWT 1500В/2.5/500(700мм) - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 4 посадочных мест
5.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 301В	2-канальный осциллограф-приставка с гальваноразвязкой АСК-3116 - 1 шт.; Киловольтметр спектральный цифровой КВЦ-120 до 120кВ кл.0,25 - 1 шт.; Мультимер цифровой В7-40/1 кл0,05 - 1 шт.; Автотрансформатор TDGC2-20К 20kVA 80A 0-250V SASSIN 1-фазный - 1 шт.; Генератор длинной искры на основе трансформатора Тесла - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 4 посадочных мест
6.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 20, 007	Исследовательский комплекс радиационно-пучковой обработки материалов и обеззараживания растворов - 1 шт.; Система формирования широкоапертурного электронного пучка с местной биологической защитой и диагностическим оборудованием - 1 шт.; Стабилизатор тока мощн.6кВт - 1 шт.;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Высоковольтная электротехника и силовоточная электроника (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
доцент	Д.В. Жгун

Программа одобрена на заседании Отделения материаловедения (протокол от «01» июля 2019г. №19/1).

Заведующий кафедрой - руководитель отделения
на правах кафедры,
д.т.н., профессор

 / В.А. Клименов/