

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИШЭ  
 Матвеев А.С.  
«30» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

| <b>Высоковольтные испытательные установки и измерения</b> |                                                          |           |            |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------|------------|
| Направление подготовки/<br>специальность                  | <b>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</b>       |           |            |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль))   | <b>Электроэнергетика</b>                                 |           |            |
| Специализация                                             | <b>Высоковольтные электроэнергетика и электротехника</b> |           |            |
| Уровень образования                                       | высшее образование - бакалавриат                         |           |            |
| Курс                                                      | <b>4</b>                                                 | семестр   | <b>8</b>   |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)            | <b>3</b>                                                 |           |            |
| Виды учебной деятельности                                 | Временной ресурс                                         |           |            |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                      | Лекции                                                   | <b>11</b> |            |
|                                                           | Практические занятия                                     | <b>22</b> |            |
|                                                           | Лабораторные занятия                                     | <b>22</b> |            |
|                                                           | <b>ВСЕГО</b>                                             | <b>55</b> |            |
| Самостоятельная работа, ч                                 |                                                          |           | <b>53</b>  |
| <b>ИТОГО, ч</b>                                           |                                                          |           | <b>108</b> |

|                                                                            |                                                                                     |                              |                |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|
| Вид промежуточной аттестации                                               | <b>Экзамен</b>                                                                      | Обеспечивающее подразделение | <b>ОЭЭ ИШЭ</b> |
| И.о. заведующего кафедрой –<br>руководителя отделения<br>на правах кафедры |  | Ивашутенко А.С.              |                |
| Руководитель ООП                                                           |  | Шестакова В.В.               |                |
| Преподаватель                                                              |  | Юшков А.Ю.                   |                |

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                                                                                                                                                            | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                  | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                     | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                               | Код                                                         | Наименование                                                                                                |
| ПК(У) - 4.      | Способен контролировать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт по имеющейся технической документации | И.ПК(У)-4.2.                      | Применяет методы и технические средства для испытаний и диагностики электроустановок и аппаратов различных типов | ПК(У)-4.2В1                                                 | Владеет навыками применения базовых методов диагностики высоковольтной изоляции                             |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-4.2У1                                                 | Умеет прогнозировать ресурс электрической прочности изоляции оборудования высокого напряжения               |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-4.2З1                                                 | Знает устройство и конструктивное исполнение высоковольтной изоляции                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-4.2В2                                                 | Владеет навыками работы с высоковольтными испытательными установками                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-4.2У2                                                 | Умеет собирать испытательные схемы для проверки высоковольтного оборудования и электротехнических изделий   |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-4.2З2                                                 | Знает методику определения технического состояния высоковольтного оборудования и электротехнических изделий |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к 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                                          | Применяет методы и технические средства для испытаний и диагностики высоковольтного электрооборудования | И.ПК(У)-4.2.                     |
| РД 2                                          | Собирать испытательные схемы для проверки высоковольтного оборудования и электротехнических изделий     | И.ПК(У)-4.2.                     |
| РД 3                                          | Проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов            | И.ПК(У)-4.2.                     |

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 1. Введение. Методы и устройства для получения и регулирования высоких переменных напряжений промышленной частоты | РД 1, РД 2, РД 3                             | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                          |                                              | Практические занятия      | 6                 |
|                                                                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 8                 |
| Раздел 2. Методы и устройства получения высоких напряжений выпрямленного тока                                            | РД 1, РД 2, РД 3                             | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                                          |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 10                |
|                                                                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 15                |
| Раздел 3. Методы и устройства получения высоких импульсных напряжений                                                    | РД 1, РД 2, РД 3                             | Лекции                    | 3                 |
|                                                                                                                          |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                                                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 15                |
| Раздел 4. Измерение высоких напряжений и больших импульсных токов                                                        | РД 1, РД 2, РД 3                             | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                          |                                              | Практические занятия      | 8                 |
|                                                                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 15                |

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Введение. Методы и устройства для получения и регулирования высоких переменных напряжений промышленной частоты**

Основные положения курса. Роль энергетики в научно-техническом развитии общества. Проблемы передачи электроэнергии. Роль испытаний изоляции в обеспечении надежности высоковольтных установок и высоковольтного оборудования.

Регуляторы напряжения. Высоковольтные испытательные трансформаторы. Назначение, особенности работы, устройство и конструктивное исполнение испытательных трансформаторов. Выбор параметров. Конструкция трансформаторов. Каскадные схемы включения трансформаторов. Особенности эксплуатации.

##### **Темы лекций:**

1. Проблемы передачи электроэнергии. Роль испытаний изоляции в обеспечении надежности высоковольтных установок и высоковольтного оборудования. Работы российских ученых в области высоковольтной техники. Высоковольтные испытательные трансформаторы. Назначение, особенности работы, устройство и конструктивное исполнение испытательных трансформаторов. Выбор параметров испытательных трансформаторов.

##### **Темы практических занятий:**

1. Основные показатели надежности электротехнического оборудования.  
2. Выбор высоковольтного трансформатора для испытательных установок.  
3. Общий метод расчета емкости и напряженности электрического поля простейших систем конденсаторов.

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Вводное занятие. Устройство лабораторных стендов и правила техники безопасности. Требования к отчетам по лабораторным работам.

##### **Раздел 2. Методы и устройства получения высоких напряжений выпрямленного тока**

Общая характеристика методов получения высокого напряжения постоянного тока.

Элементы установок для получения высокого напряжения выпрямленного тока. Высоковольтные выпрямители, основные сравнительные характеристики. Электронные, ионные и полупроводниковые вентили, их устройство, принцип работы, технические возможности. Схемы выпрямления напряжения переменного тока. Способ снижения пульсаций выходного напряжения. Схемы выпрямления с удвоением и утроением напряжения. Каскадный генератор постоянного тока. Электрическая схема, принцип каскадного умножения напряжения. Величина и форма напряжения на выходе каскадного генератора на холостом ходу и при работе на нагрузку. Пульсация и падение напряжения, пути снижения пульсации и падения напряжения на выходе генератора.

**Темы лекций:**

1. Общая характеристика методов получения высокого напряжения постоянного тока. Элементы установок для получения высокого напряжения выпрямленного тока.
2. Методы регулирования напряжения на зажимах первичных обмоток трансформаторов и каскадов трансформаторов. Необходимость регулирования напряжения и требования к устройствам для регулирования напряжения.

**Темы практических занятий:**

1. Выбор вентиля для схем умножения высокого напряжения.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование схем выпрямления. Однополупериодная однофазная схема выпрямления. Двухполупериодная мостовая схема выпрямления (схема Герца).
2. Исследование схем выпрямления. Трехфазная однополупериодная схема выпрямления. Трехфазная двухполупериодная схема выпрямления (схема Ларионова).
3. Исследование схем умножения. Однополупериодная схема выпрямления с удвоением напряжения. Двухполупериодная схема выпрямления с удвоением напряжения. Однокаскадная схема удвоения напряжения. Однополупериодная схема выпрямления с утроением напряжения.
4. Определение собственного времени включения и отключения высоковольтного выключателя.

|                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Методы и устройства получения высоких импульсных напряжений</b> |
|------------------------------------------------------------------------------|

Форма испытательного «грозового» импульса напряжения. Назначение и принцип получения импульсных напряжений. Схема замещения зарядного и разрядного контуров одноступенчатого генератора импульсных напряжений (ГИН). Анализ зарядного контура для определения параметров зарядного контура. Анализ разрядного контура. Связь параметров «грозового» испытательного импульса с параметрами разрядного контура. ГИН для получения сверхвысоких импульсных напряжений. Электрическая схема многоступенчатого ГИН. Назначение элементов схемы, работа ГИН. Форма выходного напряжения, устранение колебаний напряжений, вызванных наличием индуктивности и «паразитной» емкости разрядного контура ГИН. Конструктивное исполнение ГИН и основные сравнительные характеристики ГИН.

**Темы лекций:**

1. ГИН, назначение и принцип получения импульсных напряжений. Конструктивное исполнение и основные сравнительные характеристики ГИН. Связь параметров «грозового» испытательного импульса с параметрами разрядного контура.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет основных параметров генератора грозовых напряжений (ГИН).
2. Решение задач на тему: «Электрические импульсы и их источники».

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование принципа работы ГИН. Получение стандартного грозового

импульса и срезанной волны.

2. Исследование работы каскадного генератора постоянного тока.

#### **Раздел 4. Измерение высоких напряжений и больших импульсных токов**

Краткий обзор существующих методов, их возможности и основные требования к измерительным устройствам. Электростатические киловольтметры, емкостно-выпрямительные схемы измерения. Принцип устройства, работа и область применения. Шаровые измерительные разрядники. Делители напряжения. Назначение, классификация, требования к делителям. Делители для измерения постоянных, переменных и импульсных напряжений.

##### **Темы лекций:**

1. Шаровые измерительные разрядники, электростатические киловольтметры, делители напряжения. Принцип устройств, работа и область применения.

##### **Темы практических занятий:**

1. Решение задач на тему: «Основные параметры ГИТ».
2. Расчет резистивного делителя напряжения.
3. Характеристики электрического поля и общий метод расчета емкости и напряженности электрического поля простейших систем конденсаторов.

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Калибровка электростатического вольтметра с помощью шарового измерительного разрядника.

#### **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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, отчетов, расчетно-графических работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

#### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

###### **Основная литература:**

1. Важов, В. Ф. Техника высоких напряжений : учебник / В.Ф. Важов, В.А. Лавринович. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 262 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/8530. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniy.com/catalog/product/1086750> (дата обращения: 19.06.2019)
2. 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. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010174.html> (дата обращения: 19.06.2019). - Режим доступа : по подписке.
3. Лавринович, Валерий Александрович. Высоковольтные испытательные установки и измерения : учебное пособие / В. А. Лавринович ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 98 с.: ил.. - Текст : непосредственный

###### **Дополнительная литература:**

1. Хренников, А. Ю. Высоковольтное электротехническое оборудование в электроэнергетических системах: диагностика, дефекты, повреждаемость, мониторинг : учеб. пособие / А.Ю. Хренников. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 186 с. — (Высшее образование: Магистратура). — [www.dx.doi.org/10.12737/textbook\\_5d0c6b71495137.62422666](http://www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5d0c6b71495137.62422666). - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/982407> (дата обращения: 19.06.2019)
2. Шваб, Адольф. Измерения на высоком напряжении: Измерительные приборы и способы измерения : пер. с нем. / А. Шваб. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Энергоатомиздат, 1983. — 264 с. - Текст : непосредственный
3. Бочаров, Юрий Николаевич. Техника высоких напряжений : учебное пособие для академического бакалавриата / Ю. Н. Бочаров, С. М. Дудкин, В. В. Титков; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). — Москва: Юрайт, 2016. — 265 с.: ил.. — Текст : непосредственный
4. Техника высоких напряжений : учебник / И. М. Богатенков [и др.]; под ред. Г. С. Кучинского. — Екатеринбург: АТП, 2015. — 606 с.: ил.. — Текст : непосредственный

## **6.2. Информационное и программное обеспечение**

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.

## 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:<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 345                    | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 346                    | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 46 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634050, Томская область, г. Томск, ул. Усова, 7, 071 | Генератор импульсных напряжений на 1 МВ с блоком питания; М-03 Метеостанция - 1 шт.; Киловольтметр С-100- 1 шт.; Кабины лабораторные - 1 шт.; Выдвижной элемент шкафа КМ-1КФ с вакуумным выключателем ВВ/TEL-10-20/1000 УХЛ2 - 1 шт.; Кассетный выкатной элемент КВЭ/TEL-10-31.5/160 У2-200 - 1 шт.; Выкатной элемент Ячейки К-Х11 ТУ 34 - 1 шт.; Выдвижной элемент шкафа КМ-1КФ с вакуумным выключателем ВВ/TEL-10-20/1000 УХЛ2 - 1 шт.; Стенд лабораторный – 1 шт.; Осциллограф Uni-T UTD2025CL<br>Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроэнергетика» / специализация «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (прием 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность             | Степень, звание | ФИО           |
|-----------------------|-----------------|---------------|
| Доцент ОЭЭ            | к.т.н.          | Юшков А.Ю.    |
| Старший преподаватель |                 | Старцева Е.В. |

Программа одобрена на заседании отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 27 июня 2019 г. № 6).

И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения  
на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

 / Ивашутенко А.С./

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| <b>Учебный год</b>    | <b>Содержание /изменение</b>                                                                                               | <b>Обсуждено на заседании ОЭЭ</b> |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 2020/2021 учебный год | 1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.                                        | От 25.06.2020 г.<br>№ 6           |
| 2021/2022 учебный год | 1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.<br>2.Обновлено программное обеспечение | От 11.05.2021 г.<br>№ 6/1         |
| 2022/2023 учебный год | 1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.                                        | От 29.06.2022 г.<br>№ 6           |