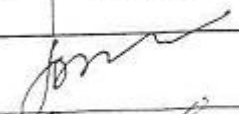
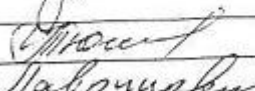
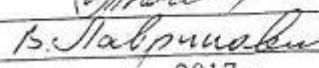


УТВЕРЖАЮ  
 Директор института  
 (Завьялов В.М.)  
 «17» 05 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
 БАЗОВАЯ

Высоковольтные испытательные установки и измерения

Направление (специальность) ООП	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
Номер кластер			
Профиль (-и) подготовки (специализация, программа)	Высоковольтные электроэнергетика и электротехника		
Квалификация	Бакалавр		
Базовый учебный план приема (год)	2017		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	5		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения		
Лекции, ч	40		
Практические занятия, ч	48		
Лабораторные занятия, ч	24		
Контактная (аудиторная) работа (ВСЕГО), ч	112		
Самостоятельная работа, ч	68		
ИТОГО, ч	180		
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	Кафедра «Электроэнергетические системы»
Заведующий кафедрой			Сулайманов А.О.
Руководитель ООП			Тютева П.В.
Преподаватель			Навинович В.А.

2017 г.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного состава компетенций (результатов освоения) для подготовки к профессиональной деятельности (в соответствии с п. 3).

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

Дисциплина «Высоковольтные испытательные установки и измерения» относится к блоку 1. "Дисциплины учебного плана ООП 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»: вариативная часть. Вариативный междисциплинарный профессиональный модуль «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника»".

### **Пререквизиты:**

1. Техника высоких напряжений
2. Электротехническое материаловедение

### **Кореквизиты:**

1. Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины (модуля) направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов освоения ООП), в т.ч. в соответствии с ФГОС ВО и профессиональными стандартами (табл.1):

Таблица 1

## Составляющие результатов освоения ООП

Результаты освоения ООП	Компетенции по ФГОС, СУОС	Составляющие результатов освоения					
		Код	Владение опытом	Код	Умения	Код	Знания
По профилям подготовки							
Р7. Применение фундаментальных знаний	УК-1, УК-2, УК-3, УК-4, ОПК-1, ОПК-2	V.7.1	методов математического и физического моделирования режимов, процессов, состояний объектов электроэнергетики и электротехники	У.7.1	применять методы математического анализа при проведении научных исследований и решении прикладных задач в профессиональной сфере	3.7.1	основных понятий и содержание классических разделов высшей математики (аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, теорий вероятности, математической статистики, функций комплексного переменного и численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений)
		V.7.2	анализа физических явлений в электрических устройствах, объектах и системах	У.7.2	выявлять физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и выполнять применительно к ним простые технические расчеты	3.7.2	основных физических явлений и законов механики, электротехники, органической и неорганической химии теплотехники, оптики, ядерной физики и их математическое описание
		V.7.3	критического восприятия информации; методами оценки экономических показателей применительно к объектам профессиональной деятельности	У.7.3	самостоятельно анализировать социально-политическую и научную литературу; планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого анализа решать практические задачи экономического характера в сфере профессиональной деятельности;	3.7.3	основные направления философии, методы и приемы философского анализа проблем; основные закономерности развития России и её роль в истории человечества и в современном мире; лексический минимум иностранного языка общего и профессионального характера, основные положения экономической науки;

Р10. Исследования.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15	В.10.1	работы с приборами и установками для экспериментальных исследований	У.10.1	проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов в области электроэнергетики и электротехники	3.10.1	типовых стандартных приборов, устройств, аппаратов, программных средств, используемых при экспериментальных исследованиях
		В.10.2	экспериментальных режимов работы технических устройств и объектов электроэнергетики и электротехники; математической обработки результатов и составления научно-технических отчетов	У.10.2	анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; планировать эксперименты для решения определенной задачи профессиональной деятельности	3.10.2	основных методов экспериментальных исследований объектов и систем электроэнергетики и электротехники;
Р11. Инженерная практика.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-11, ПК-13, ПК-18	В.11.1	использования прикладных программ и средствами автоматизированного проектирования при решении инженерных задач электроэнергетики и электротехники	У.11.1	рассчитывать режимы работы электроэнергетических и электротехнических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры, схемы электроэнергетических и электротехнических объектов	3.11.1	инструментария для решения задач проектного и исследовательского характера в сфере профессиональной деятельности по электроэнергетике и электротехнике
		В.11.2	применения современных методов разработки ресурсо- и энергосберегающих и экологически чистых технологий использования электроэнергии	У.11.2	рационально использовать сырьевые, энергетические и другие виды ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах	3.11.2	основных способов выработки электроэнергии; технологии производства электроэнергии на тепловых, атомных, гидравлических, ветряных электростанциях; нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии

В результате освоения дисциплины (модуля) студентом должны быть достигнуты следующие результаты (табл. 2):

Таблица 2

*Планируемые результаты обучения по дисциплине*

№ п/п	Результат
РД7	Применение соответствующих гуманитарных, социально-экономических, математических, естественно-научных и инженерных знаний, компьютерных технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем
РД10	Умение планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики, интерпретировать данные и делать выводы
РД11	Применение современных методов и инструментов практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### **Раздел 1. Основные положения курса**

Роль энергетики в научно-техническом развитии общества. Проблемы передачи электроэнергии. Роль испытаний изоляции в обеспечении надежности высоковольтных установок и высоковольтного оборудования. Работы российских ученых в области высоковольтной техники.

##### **Раздел 2. Методы и устройства для получения и регулирования высоких переменных напряжений промышленной частоты**

Высоковольтные испытательные трансформаторы. Назначение, особенности работы, устройство и конструктивное исполнение испытательных трансформаторов. Выбор испытательного трансформатора, схемы включения трансформаторов при испытании высоковольтной изоляции. Каскадное соединение испытательных трансформаторов. Проблемы создания каскадных схем при получении сверхвысоких напряжений. Питание первичных обмоток трансформаторов в каскадных схемах через переходные трансформаторы и по автотрансформаторной схеме. Особенности, достоинства и недостатки таких схем. Эксплуатационно-технические возможности и принципиальное конструктивное исполнение каскадов трансформаторов. Методы регулирования напряжения на зажимах первичных обмоток трансформаторов и каскадов трансформаторов. Необходимость регулирования напряжения и требования к устройствам для регулирования напряжения. Реостатный способ регулирования, трансформаторы с переменным коэффициентом регулирования, трансформаторы с подвижным сердечником, индукционные регуляторы. Назначение, устройство, эксплуатационно-технические возможности, область применения.

##### **Раздел 3. 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. Классификация схем, сравнительные характеристики выходного напряжения, тока. Однополупериодные, двухполупериодные однофазные и трехфазные схемы. Работа установок, область применения, форма и величина выходного напряжения. Способ снижения пульсаций выходного напряжения. Схемы выпрямления с удвоением и утроением напряжения. Работа таких установок, величина и форма выходного напряжения. Область применения. 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. Принципиальное конструктивное исполнение и область применения каскадных генераторов.

**Название лабораторных работ:**

1. Исследование схем выпрямления.

**Раздел 4. Методы и устройства получения высоких импульсных напряжений**

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.

**Название лабораторных работ:**

1. Исследование схем умножения.

**Раздел 5. Методы и устройства для получения коммутационных импульсов напряжения**

Назначение коммутационных импульсов, их форма и величина напряжения. Электрические схемы установок с использованием испытательных трансформаторов и генераторов импульсных напряжений. Принцип устройства генераторов коммутационных импульсов, их работа, величина и форма напряжения. Эксплуатационно-технические возможности, принципиальное конструктивное исполнение.

**Раздел 6. Методы и устройства для испытания выключателей на отключающую способность**

Назначение испытаний выключателей на отключающую способность. Колебательные контуры. Принцип работы колебательного контура, назначение элементов электрической схемы, технические возможности.

**Название лабораторных работ:**

1. Профилактические испытания высоковольтного вакуумного выключателя.

**Раздел 7. 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. Устройство, принцип измерения, требования к измерительным разрядникам для обеспечения минимальных погрешностей при измерении. Методики измерения различных видов напряжения шаровыми разрядниками. Делители напряжения. Назначение, классификация, требования к делителям. Делители для измерения постоянных, переменных и импульсных напряжений. Схемы замещения, анализ возможных погрешностей и основные пути их снижения. Принципиальное конструктивное исполнение. Влияние схемы подключения делителя к осциллографу на погрешность измерения напряжения. Измерение больших импульсных токов. Классификация и область применения измерительных устройств. Активные шунты, устройство, анализ погрешностей при измерении шунтами и пути их снижения. Специальные трансформаторы тока (пояс Роговского). Схемы включения пассивных элементов на выходе трансформатора тока. Условие малоискажающей записи сигнала с выхода трансформатора тока. Конструктивное исполнение «пояса Роговского».

**Название лабораторных работ:**

1. Калибровка высоковольтного киловольтметра с помощью шарового разрядника.
2. Калибровка высоковольтного делителя напряжения с помощью шарового разрядника.

**5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в видах и формах, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

*Основные виды и формы самостоятельной работы*

<b>Виды самостоятельной работы</b>	<b>Объем времени, ч</b>
Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса	10
Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку	10
Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ	8
Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям	10
Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах	10
Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме	10
Подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к зачету, экзамену	10
Итого	68

## **6. Оценка качества освоения дисциплины**

Оценка качества освоения дисциплины (модуля) в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации студентов Томского политехнического университета».

Максимальное количество баллов по дисциплине (модулю) в семестре – 100 баллов, в т.ч.:

- в рамках текущего контроля – 60 баллов,
- за промежуточную аттестацию (экзамен/зачет) – 40 баллов.

Оценка качества освоения дисциплины (модуля) производится по результатам оценочных мероприятий.

Оценочные мероприятия текущего контроля по разделам и видам учебной деятельности приведены в Приложении «Календарный рейтинг-план изучения дисциплины (модуля)».

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

### **7.1. Методическое обеспечение**

Основная литература:

1. 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.. – Библиогр.: с. 50.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C210863>

2. Бочаров, Юрий Николаевич. Техника высоких напряжений. Высоковольтные испытания и измерения: учебное пособие / Ю. Н. Бочаров, С. М. Дудкин, В. В. Титков; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ). – Санкт-Петербург: Изд-во СПбПУ, 2013. – 210 с.: ил.. – Приоритетный национальный проект "Образование". – Библиогр.: с. 208-209.. – ISBN 978-5-7422-4019-8

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C318263>

3. Техника высоких напряжений: учебник / И. М. Богатенков [и др.]; под ред. Г. С. Кучинского. – Екатеринбург: АТП, 2015. – 606 с.: ил.. – Библиогр.: с. 598-600.. – ISBN 5-283-04757-2.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C318176>

Дополнительная литература:

1. 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.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C34086>

2. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения / М. Бейер [и др.]; под ред. В. П. Ларионова. – Москва:



Энергоатомиздат, 1989. – 555 с.. – ISBN 5283024601.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C34076>

3. Леонтьев, Юрий Николаевич. Руководство к лабораторным работам "Испытательные установки высокого напряжения, техника эксперимента" / Ю. Н. Леонтьев. – Томск: Изд-во ТПИ, 1989. – 89 с.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C34102>

4. Кондра, Борис Николаевич. Высоковольтные испытательные установки: учебное пособие / Б. Н. Кондра; Киевский политехнический институт (КПИ). – Киев: УМКВО, 1989. – 52 с..

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C274800>

## **7.2. Информационное обеспечение**

Internet-ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>

Используемое лицензионное программное обеспечение:

1. MS Word, MS Excel, MathCAD, MathLab

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Основное материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) представлено в табл. 4.

Таблица 4

### *Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)*

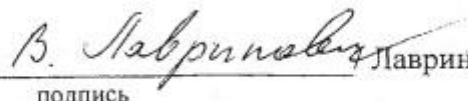
№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, компьютерных классов, учебных лабораторий, объектов для проведения практических занятий с перечнем основного оборудования	Адрес (местоположение), с указанием корпуса и номера аудитории
1	<i>Учебная аудитория для проведения лекционных занятий. Специализированная лекционная:</i> Проектор Epson EB-915W, моноблок MSI Wind Top, экран, лицензионные программы: MS Word, MS Excel, MS PowerPoint.	634034 г. Томская область, г. Томск, улица Усова, д.7, учебный корпус №8, аудитория 328
2	<i>Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий. Высоковольтный зал № 1:</i> Лабораторная установка «Высоковольтная изоляция»: мост переменного тока P5026; образцовый воздушный конденсатор P5023; прибор контроля влажности ПКВ - 13; мегомметр; трансформатор напряжения НТМИ-10; электронный счётчик импульсов ПС-10000; стенд испытания защитных средств (боты, перчатки, коврики); Установки переменного и постоянного тока на напряжение 110 кВ – 2 шт; Высоковольтные делители напряжения переменного и постоянного тока на 110 кв – 4 шт; Осциллографы быстродействующие типа «Tektronix» – 2 шт; Испытательная установка для определения электрической прочности жидкостей на 90 кВ типа АИМ – 90; Лабораторная установка «Генератор импульсных токов» на напряжение 50 кВ, ток 50 кА; Электростатический киловольтметр на напряжение до 75 кв – 2 шт; Установка для измерения диэлектрических потерь в электрической изоляции». Установка для изучения высоковольтного коронного разряда – 2 шт.	634034 г. Томская область, г. Томск, улица Усова, д.7, учебный корпус №8, аудитория 071
3	<i>Учебная аудитория для проведения практических занятий. Компьютерные классы</i> – компьютеры на базе Intel E2220, Intel G2020, Intel E7500, Celeron 440 – 15 шт.; лицензионные программы. MS Word, MS Excel, MathCAD	634034 г. Томская область, г. Томск, улица Усова, д.7, учебный корпус №8, аудитория 119-121, 126
4	<i>Аудитория для самостоятельной работы. Компьютерные классы</i> – компьютеры на базе Intel E2220, Intel G2020, Celeron 440 – 32 шт.; лицензионные программы. MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, Mathcad, MatLAB, Electronic workbench Pro.	634034 г. Томская область, г. Томск, улица Усова, 7, учебный корпус №8, аудитория 127

Базовая рабочая программа составлена на основе Общей характеристики  
ООП ТПУ по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(приема 2017 г.).

Программа одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_ ЭЭС \_\_\_\_\_  
(протокол № 22 от « 22 » 05 2017 г.).

Автор:

Профессор кафедры ЭЭС



Лавринович В.А. /

подпись

Рецензент:

Доцент кафедры ЭЭС



/ Юшков А.Ю. /

подпись