

УТВЕРЖДАЮ
Директор ЭНИН
В.М. Завьялов
« 26 » 02 2016 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ
УСТАНОВКИ И ИЗМЕРЕНИЯ**

Направление ООП - 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль подготовки – «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника»
Квалификация (степень) – Бакалавр
Базовый учебный план приема 2016 г.
Курс – 4; семестр - 7
Количество кредитов - 6
Код дисциплины – Б1.ВМ5.5.2

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	40 час.
Практические занятия, ч	48 час.
Лабораторные занятия, ч	24 час.
Аудиторные занятия, ч	112 час.
Самостоятельная работа, ч	104 час.
ИТОГО, ч	216 час.

Вид промежуточной аттестации: экзамен
Обеспечивающее подразделение : каф. «Электроэнергетические системы»

Заведующий кафедрой А.О. Сулайманов к.т.н., доцент А.О. Сулайманов

Руководитель ООП П.В. Тютева к.т.н., доцент П.В. Тютева

Преподаватель В.А. Лавринович к.т.н., проф. В.А. Лавринович

2016 г.

1. Цели освоения модуля (дисциплины)

Основными целями дисциплины являются:

- формирование знаний о принципах действия, устройстве и эксплуатации высоковольтного энергетического оборудования, принципах конструирования, разработки энергетического оборудования высокого напряжения;
- формирование знаний об особенностях эксплуатации изоляции высоковольтной техники;
- знакомство с общими принципами профилактики и диагностики состояния электрооборудования.

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся умений и навыков эксплуатации изоляции высоковольтной техники; формирование знаний о формах математического описания установившихся режимов энергосистем, способах задания исходной информации, алгоритмах решения оптимизационных задач.

В результате освоения данной дисциплины обеспечивается достижение целей 1, 3, 6 и 7 основной образовательной программы «Электроэнергетика и электротехника»:

- выпускники будут обладать общенаучными и инженерными знаниями, практическими навыками и универсальными компетенциями, гарантирующими высокое качество их подготовки к профессиональной деятельности в области электроэнергетики и электротехники);
- выпускники станут гармонично развитыми личностями, лидерами в командной работе, готовыми действовать и побеждать в условиях конкурентной среды;
- выпускники будут демонстрировать сплочённость и приверженность воспитанной в университете корпоративной культуре свободы и открытости, интеграции академических ценностей и предпринимательских идей, соблюдению профессиональной этики и социальной ответственности;
- выпускники будут демонстрировать стремление и способность к непрерывному образованию, совершенствованию и превосходству в профессиональной среде через участие в профессиональных сообществах, осуществление наставнической и рационализаторской деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Высоковольтные испытательные установки и измерения» относится к профессиональной части вариативной части базового учебного плана по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Дисциплине «Высоковольтные испытательные установки и измерения» предшествует освоение дисциплины (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

Б1.М2.2 Математика 2.1, Б1.М2.6 Физика 2.1, Б1.ВМ4.13.1 Техника высоких напряжений.

КОРЕКВИЗИТЫ: Б1.ВМ4.15.1 Учебно-исследовательская работа студентов.

3. Результаты освоения дисциплины (модуля)

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины «Высоковольтные испытательные установки и измерения» направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1. Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественнонаучные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчёта и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>	3.1.1	основные направления философии, методы и приёмы 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;	У.1.1	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;	В.1.1	критического восприятия информации; методами оценки экономических показателей применительно к объектам профессиональной деятельности
	3.1.2	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)	У.1.2	применять методы математического анализа при проведении научных исследований и решении прикладных задач в профессиональной сфере	В.1.2	методов математического и физического моделирования режимов, процессов, состояний объектов электроэнергетики и электротехники
	3.1.3	основных физических явлений и законов механики, электротехники, органической и неорганической химии теплотехники, оптики, ядерной физики и их математическое описание	У.1.3	выявлять физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и выполнять применительно к ним простые технические расчеты	В.1.3	анализа физических явлений в электрических устройствах, объектах и системах
Р4. Уметь планировать и	3.4.1	типовых стандартных приборов, устройств, аппаратов,	У.4.1	проводить эксперименты по заданным методикам с	В.4.1	работы с приборами и установками для экспериментальных

проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.		программных средств, используемых при экспериментальных исследованиях		последующей обработкой и анализом результатов в области электроэнергетики и электротехники		исследований
	3.4.2	основных методов экспериментальных исследований объектов и систем электроэнергетики и электротехники;	У.4.2	анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; планировать эксперименты для решения определенной задачи профессиональной деятельности	В.4.2	экспериментальных исследований режимов работы технических устройств и объектов электроэнергетики и электротехники; математической обработки результатов и составления научно-технических отчетов
Р8. Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники</i> .	3.8.1	основных методов, способов и средств получения, хранения и переработки информации	У.8.1	применять компьютерную технику и информационные технологии в своей профессиональной деятельности	В.8.1	использования современных технических средства и информационных технологий в профессиональной области
	3.8.2	государственного языка, моральных, правовых, культурных и этических норм, принятых в различных сферах общественной жизни	У.8.2	логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; готовностью к использованию одного из иностранных языков	В.8.2	аргументированного письменного изложения собственной точки зрения; навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, практического анализа, логики различного рода рассуждений; навыками критического восприятия информации

В результате освоения дисциплины «Высоковольтные испытательные установки и измерения» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
Р1	Применять знания электротехники для решения задач проектирования, расчета и испытания электрических устройств, объектов и систем.
Р4	Уметь планировать и проводить экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик электрических высоковольтных установок, интерпретировать данные и делать выводы.
Р8	Использовать современные технические средства и компьютерные для коммуникации, презентации, составления отчетов в электротехнике.

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.

Практические занятия:

1. Основные показатели надежности электротехнического оборудования
2. Выбор высоковольтного трансформатора для испытательных установок

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.

Практические занятия:

1. Выбор вентиля для схем умножения высокого напряжения.
2. Расчет каскадного генератора.

Лабораторные работы:

1. Исследование схем выпрямления.
2. Исследование схем умножения.

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.

Практические занятия:

1. Расчет генератора грозовых напряжений (ГИН).

Лабораторные работы:

1. Исследование схем выпрямления.
2. 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.

Лабораторные работы:

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. Подключение делителей к осциллографу. 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».

Практические занятия:

1. Расчет резистивного делителя напряжения.

Лабораторные работы:

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

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- опережающую самостоятельную работу;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;

- подготовку к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- подготовку к экзамену.
Творческая самостоятельная работа включает:
- выполнение курсового проекта;
- исследовательскую работу и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- защита лабораторных работ в соответствии графиком выполнения;
- представление результатов индивидуальных домашних работ в форме реферата и презентации;
- ответы на контрольные вопросы;
- опрос студентов на лабораторных занятиях.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

- вопросы входного контроля;
- контрольные вопросы, задаваемых при выполнении и защите лабораторных работ;
- контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий,
- вопросы для самоконтроля;
- вопросы итоговой аттестации.

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита лабораторных работ	РД4
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели	РД1, РД8
Опрос студентов на практических занятиях	РД1, РД8

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости,

промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация экзамен(зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на Экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

В соответствии с календарным планом выполнения курсового проекта:

- текущая аттестация производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (защита проекта) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно – методическое и информационное обеспечение дисциплины

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, 2011. - 98 с.
2. Техника высоких напряжений : учебник / И. М. Богатенков, Ю. Н. Бочаров, Н. И. Гумерова и др.; Под ред. Г. С. Кучинского. – Издательство АПО, Екатеринбург, 2015. - 608 с.: ил.. -Библиогр.: с. 598-600.. - ISBN 5-283-04757-1.

Дополнительная литература

3. Шваб А. Измерения на высоком напряжении. – М.: Энергоиздат, 1983. -264 с.
4. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения / М. Бейер [и др.]; под ред. В. П. Ларионова. - Москва: Энергоатомиздат, 1989. - 555 с.. - ISBN 5283024601.
5. 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.
6. Леонтьев, Юрий Николаевич. Руководство к лабораторным работам " Испытательные установки высокого напряжения, техника эксперимента" / Ю. Н. Леонтьев. - Томск: Изд-во ТПИ, 1989. - 89 с..
7. Кондра, Борис Николаевич. Высоковольтные испытательные установки: учебное пособие / Б. Н. Кондра; Киевский политехнический институт (КПИ). — Киев: УМКВО, 1989. — 52 с..

10. Материально – техническое обеспечение дисциплины

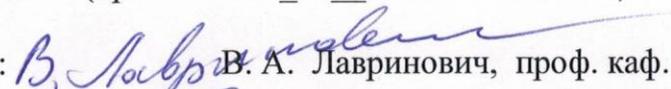
Лабораторные работы проводятся в специализированных учебных лабораториях; компьютеры подключены к сети учебного корпуса ЭНИН с выходом в Internet; используются программные комплексы «Mathcad». Практические занятия проводятся в компьютерных классах.

Лекции читаются в учебных аудиториях с использованием технических средств; материалы лекций представлены в виде презентаций в Power Point.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Комплекс лабораторных работ по курсу «Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения»	8 уч. корпус, 071 ауд.
2.	Специализированные аудитории для проведения лекционных и практических занятий	8 корпус

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» подготовки бакалавров по профилю «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника».

Программа одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетические системы» ЭНИН (протокол № 10 от 10.02. 2016 г.)

Автор:  В. А. Лавринович, проф. каф. ЭЭС

Рецензент:  М.Т. Пичугина, доц.каф.ЭЭС