

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»**  
**в г. Апатиты**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ДВ.8.1 Испытательные и электрофизические установки**

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

**основной профессиональной образовательной программы**  
**по направлению подготовки**

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**  
**направленность (профиль) «Высоковольтные электроэнергетика и**  
**электротехника»**

(код и наименование направления подготовки  
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

**высшее образование – бакалавриат**

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –  
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

**бакалавр**

квалификация

**заочная**

форма обучения

**2016**

год набора

**Составитель:**

Данилин А.Н., канд. техн. наук,  
доцент кафедры физики, биологии и  
инженерных технологий

Утверждено на заседании кафедры физики,  
биологии и инженерных технологий  
(протокол № 1 от «24» января 2017 г.)

Зав. кафедрой



Николаев В.Г.

подпись

**1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** – Целью изучения дисциплины является инженерная подготовка студентов в области испытаний изоляции оборудования высокого напряжения, методов получения высоких напряжений и больших токов в электрофизических установках. Большое внимание уделяется физическим процессам, протекающим в установках, а также нормативным требованиям к изменению во времени амплитуд генерируемых напряжений и токов.

В результате освоения курса дисциплины обучающиеся должны:

**знать** методы проведения типовых испытаний высоковольтного оборудования и аппаратов электроэнергетики и уметь пользоваться нормативными документами по проведению испытаний;

**знать** схемы, устройства и параметры различных типов испытательных и электрофизических установок высокого напряжения и их основные конструктивные элементы;

**знать** предельно достижимые параметры генераторов высокого напряжения и различных типов накопителей энергии - источников больших импульсных токов;

**уметь** составлять схемы замещения генераторов напряжения и тока, рассчитывать параметры схем замещения разрядных цепей, согласовывать параметры установок и нагрузок;

**владеть** теоретическими и практическими способами метрологического сопровождения проведения высоковольтных испытаний и электрофизических исследований процессов, связанных с большими энергиями;

**владеть** навыками эксплуатации и обслуживания высоковольтных электрофизических и испытательных установок.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

– способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)

– способностью обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2);

– способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса (ПК-8).

## **3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.**

«Испытательные и электрофизические установки» является дисциплиной по выбору. Содержание дисциплины включает изучение схем испытательных установок высокого напряжения, принципа их работы, изучение способов измерения напряжений и токов при высоком напряжении.

## **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.  
(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час.)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ						
4	7	4	144	4	-	6	10	-	134	-	-	-
4	8	3	108	-	-	-	-	-	99	-	9	Экзамен
<b>Итого:</b>		<b>7</b>	<b>252</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>233</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	<b>Экзамен</b>

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.**

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС
		ЛК	ПР	ЛБ			
1.	Высоковольтные испытания изоляционных конструкций.	1	-	-	1	-	16
2.	Высоковольтные испытательные установки промышленной частоты.	1	-	-	1	-	16
3.	Установки выпрямленного напряжения.	1	-	-	1	-	16
4.	Генераторы импульсов высокого напряжения.	1	-	-	1	-	16
5.	Генераторы коммутационных перенапряжений.	-	-	1	1	-	16
6.	Высокочастотные резонансные трансформаторы.	-	-	1	1	-	16
7.	Высоковольтные импульсные трансформаторы.	-	-	1	1	-	16
8.	Высоковольтные импульсные конденсаторы.	-	-	1	1	-	16
9.	Генераторы импульсных токов.	-	-	1	1	-	16
10.	Генераторы мощных наносекундных импульсов.	-	-	1	1	-	16

11.	Электромагнитная совместимости при эксплуатации высоковольтных испытательных и электрофизических установок.	-	-	-	-	-	17
12.	Измерение высоких напряжений.	-	-	-	-	-	16
13.	Измерения импульсных токов.	-	-	-	-	-	20
14.	Цифровая техника для проведения высоковольтных измерений.	-	-	-	-	-	20
	Итого:	4	-	6	10	-	233
	<b>Экзамен</b>						

### **Содержание курса «Испытательные и электрофизические установки»**

#### 1. Высоковольтные испытания изоляционных конструкций.

Обзор задач и методов высоковольтных испытаний. Поисковые, контрольные, профилактические и послеремонтные испытания. Методы испытаний. Нормы и установки для испытаний электрической прочности изоляции. Электрическая прочность изоляционных конструкций. Статистические характеристики электрической прочности изоляции. Оценка электрической прочности многоэлементных изоляционных конструкций. Методики определения вероятности пробоя или перекрытия изоляционных конструкций.

#### 2. Высоковольтные испытательные установки промышленной частоты.

Требования к качеству испытательных напряжений. Испытательные установки промышленной частоты. Структура и принятые схемы испытательных установок. Высоковольтные испытательные трансформаторы. Схемы замещения испытательных трансформаторов. Схемы включения испытательных трансформаторов. Каскадные испытательные трансформаторы. Регуляторы напряжения испытательных установок.

#### 3. Установки выпрямленного напряжения. Основные соотношения и К.П.Д. установок выпрямленного напряжения. Основные схемы выпрямителей. Многофазные выпрямители. Уровень пульсаций выпрямительных установок. Схемы умножения выпрямленного напряжения. Каскадные генераторы выпрямленного тока. Схемы зарядного удвоенного напряжения. Параметры и конструкции каскадных генераторов. Электростатические генераторы выпрямленного напряжения.

#### 4. Генераторы импульсов высокого напряжения. Генераторы импульсных напряжений. Стандартные формы испытательных импульсов высокого напряжения. Принцип работы генераторов импульсного напряжения (ГИН) Аркадьева-Маркса. Заряд конденсаторов ГИН. Схемы замещения при разряде ГИН. Упрощенная разрядная цепь ГИН и расчет ее параметров. Инвертирование импульсов ГИН. Управляемая коммутация ГИН. Конструкции и параметры ГИН.

#### 5. Генераторы коммутационных перенапряжений. Формы и параметры импульсов коммутационных перенапряжений. Схемы генерирования импульсов напряжения колебательной формы. Комбинированные и каскадные генераторы коммутационных напряжений, принцип работы, параметры. Схемы и принцип работ генераторов типа ГАКИН.

#### 6. Высокочастотные резонансные трансформаторы. Измерительные трансформаторы. Трансформаторы Тесла, схема, основные уравнения. Коэффициент связи, критические режимы работы трансформаторов Тесла. Конструкции и параметры испытательных установок на основе трансформатора Тесла.

#### 7. Высоковольтные импульсные трансформаторы. Назначение и области применения импульсных трансформаторов. Основные уравнения импульсных трансформаторов со стальным сердечником. Эквивалентная схема импульсного трансформатора при формировании фронта и вершины импульса. Электромагнитные процессы в сердечнике импульсного трансформатора, потери в обмотках и сердечнике. Режимы включения

импульсного трансформатора, согласование с нагрузкой. Конструкции высоковольтных импульсных трансформаторов.

8. Высоковольтные импульсные конденсаторы. Специальные требования к высоковольтным импульсным конденсаторам. Изоляция импульсных конденсаторов. Нарушения изоляции, частичные разряды. Индуктивность импульсных конденсаторов и методы ее снижения. Потери энергии в импульсных конденсаторах. Типы импульсных конденсаторов и их конструкции.

9. Генераторы импульсных токов. Генераторы импульсных испытательных токов. Назначение генераторов импульсных токов (ГИТ). Принципиальная схема генераторов больших импульсных токов. Эквивалентные схемы ГИТ. Схемные и технические методы снижения индуктивности ГИТ. Потери энергии в ГИТ. Схемы ГИТ с замыкателем нагрузки (кrouборы). Генераторы мощных наносекундных импульсов.

10. Генераторы мощных наносекундных импульсов.

11. Электромагнитная совместимости при эксплуатации высоковольтных испытательных и электрофизических установок. Источники помех при проведении испытаний и исследований на высоковольтных установках. Выполнение разрядных контуров. Особенности выполнения измерительных схем. Согласование нагрузки, делителей и линий задержки. Принципы подавления высокочастотных полей высоковольтных импульсных генераторов на измерительные системы. Способы экранирования и заземления. Способы защиты от наводок, вызываемых сетью 50 Гц. Режекторные фильтры.

12. Измерение высоких напряжений. Принятые способы измерений на низких напряжениях. Источники постоянных высоких напряжений. Измерение высоких напряжений. Осциллографирование быстро изменяющихся высоких напряжений и больших токов. Шаровые измерительные разрядники. Измерения высоких напряжений стрелочными и цифровыми приборами с добавочными резисторами. Измерительные конденсаторы. Делители напряжения: резистивные, емкостные и комбинированные. Демпфирование делителей напряжения. Конструкции делителей.

13. Измерения импульсных токов. Измерение импульсных токов. Требования к измерительным шунтам. Коаксиальные и мостовые шунты. Выбор и конструкции шунтов. Мостовые шунты. Трансформаторы тока на основе поясов Роговского.

14. Цифровая техника для проведения высоковольтных измерений. Блок-схемы устройств преобразования импульсных аналоговых сигналов в цифровой. Применение помехоустойчивых оптико-волоконных линий в высоковольтных измерениях. Датчики и измерительные приборы на основе эффекта Холла. Нетрадиционные измерения высоких напряжений.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **а) основная литература:**

1. Лысаков А. А. Электротехнология: курс лекций: учебное пособие - Ставропольский государственный аграрный университет, 2013, 124 с. -- [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=277459](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=277459)
2. Приборы физической электроники. Учеб. пособие для студентов вузов./ под ред. А.И. Астайкина. - М.: Высшая школа, 2008 (11 экз.)

### **б) дополнительная литература:**

1. Бочаров Ю. Н. Техника высоких напряжений: учебное пособие - Издательство Политехнического университета, 2013 , 265 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=363032](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=363032)

2. Головков А.А. и др. Генераторы высоких и сверхвысоких частот. Учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов. - М.: Изд-во "Высшая школа", 2003 (8 экз.)
3. Титков В. В. Физические основы техники высоких напряжений, сильных магнитных полей и токов: учебное пособие - Издательство Политехнического университета, 2011, 185 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=362996](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=362996)
4. Карпова И. М. Компьютерные технологии в науке и производстве: Расчет физических полей в электроэнергетике: учебное пособие - Издательство Политехнического университета, 2010, 212 с.- [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=362979](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=362979)
5. Привалов Е. Е. Электробезопасность. В 3-х ч. Ч. 3. Защита от напряжения прикосновения и шага: учебное пособие - Агрус, 2013, 156 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=232924](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=232924)

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);

- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);

- лаборатория информационных технологий (оснащена компьютерными столами, стульями, мультимедийным проектором, экраном проекционным, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета).

### **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

1. Microsoft Windows.
2. Microsoft Office / LibreOffice.

### **7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

ЭБС «Издательство Лань»[Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;

ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн»[Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

### **7.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ**

1. Электронная база данных Scopus.

### **7.4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс  
<http://www.consultant.ru/>
2. Электронный справочник "Информио" для высших учебных заведений  
<http://www.informio.ru/>

### **8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ**

Не предусмотрено.

### **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.