

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

ФТД.01 Внутренние перенапряжения в электрических  
сетях

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО

Направленность (профиль)

21.05.04 специализация N 10 "Электрификация и автоматизация горного  
производства"

Форма обучения

заочная

Год набора

2019

Красноярск 2023

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ канд. техн. наук, доцент, **Меньшиков В.А.**

\_\_\_\_\_ должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Курс «Внутренние перенапряжения в электрических сетях» является основой циклов специальных электротехнических курсов по специализации «Электрификация и автоматизация горных работ».

Целью преподавания дисциплины является изучение условий работы высоковольтного оборудования и требований к его изоляции, причин возникновения грозовых перенапряжений, коммутационных перенапряжений, перенапряжений в режиме однофазного замыкания на землю и их воздействие на изоляцию высоковольтного оборудования.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты ознакомятся с классификаций внешних и внутренних перенапряжений, причинами их возникновения, изучить методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений, методы и устройства, предназначенные для ограничения внутренних перенапряжений.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПСК-10.1: способностью и готовностью создавать и эксплуатировать электротехнические системы горных предприятий, включающие в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных и горно-строительных работ, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций</b>	
ПСК-10.1: способностью и готовностью создавать и эксплуатировать электротехнические системы горных предприятий, включающие в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных и горно-строительных работ, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций	Виды электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий и основные факторы воздействующие на электрооборудование закрытого и рудничного исполнения электрических сетей открытых, подземных, горных и горно-строительных работ. Электрические характеристики внутренней изоляции, причины старения изоляции и методы испытания изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий, включающих в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных работ. Классификацию внутренних перенапряжений и причины их возникновения, методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и методы и устройства их эффективного ограничения в электротехнических системах горных предприятий, включающих в себя комплектное

	<p>электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных работ.</p> <p>Определять вид электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий и основные факторы воздействующие на электрооборудование закрытого и рудничного исполнения электрических сетей открытых, подземных, горных и горно-строительных работ.</p> <p>Определять электрические характеристики внутренней изоляции и причины ее старения, применять методы для испытания изоляции используемой в электротехнических системах горных предприятий, включающих в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных работ.</p> <p>Классифицировать внутренние перенапряжения и причины и возникновения, применять методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и методы их эффективного ограничения в электротехнических системах горных предприятий, включающих в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных работ.</p> <p>Навыками по определению отдельных видов электрической изоляции и факторов воздействующих на электрооборудование закрытого и рудничного исполнения электрических сетей открытых, подземных, горных и горно-строительных работ.</p> <p>Навыками по измерению электрических характеристик внутренней изоляции, по испытанию электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий, включающих в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных работ.</p> <p>Навыками по применению методов для оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и их эффективного ограничения в электротехнических системах горных предприятий, включающих в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных работ.</p>
	<p><b>ПСК-10.2: способностью и готовностью создавать и эксплуатировать системы защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок</b></p>

<p>ПСК-10.2: способностью и готовностью создавать и эксплуатировать системы защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок</p>	<p>Виды электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий и основные факторы воздействующие на системы защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p> <p>Электрические характеристики внутренней изоляции, причины старения изоляции и методы испытания изоляции, используемой в системах защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p> <p>Классификацию внутренних перенапряжений и причины их возникновения, методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и методы и устройства их эффективного ограничения в системах защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p> <p>Определять вид электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий и основные факторы воздействующие на системы защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p> <p>Определять электрические характеристики внутренней изоляции и причины ее старения, применять методы для испытания изоляции используемой в системах защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p> <p>Классифицировать внутренние перенапряжения и причины и возникновения, применять методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и методы их эффективного ограничения в системах защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p> <p>Навыками по определению отдельных видов электрической изоляции и факторов воздействующих на системы защиты и автоматики с</p>
---	---

	<p>искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p> <p>Навыками по измерению электрических характеристик внутренней изоляции, по испытанию электрической изоляции, используемой в системах защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p> <p>Навыками по применению методов для оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и их эффективного ограничения в системах защиты и автоматики с искробезопасными цепями управления, а также комплексы обеспечения электробезопасности и безопасной эксплуатации технологических установок.</p>
<p><b>ПСК-10.3: способностью создавать и эксплуатировать электромеханические комплексы машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащищенного исполнения, и их системы управления</b></p>	

<p>ПСК-10.3: способностью создавать и эксплуатировать электромеханические комплексы машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащищенного исполнения, и их системы управления</p>	<p>Виды электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий и основные факторы воздействующие на электромеханические комплексы машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p> <p>Электрические характеристики внутренней изоляции, причины старения изоляции и методы испытания изоляции, используемой в электромеханических комплексах машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p> <p>Классификацию внутренних перенапряжений и причины их возникновения, методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и методы и устройства их эффективного ограничения в электромеханических комплексах машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p> <p>Определять вид электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий и основные факторы воздействующие на электромеханические</p>
	<p>комплексы машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p> <p>Определять электрические характеристики внутренней изоляции и причины ее старения, применять методы для испытания изоляции используемой в электромеханических комплексах машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p> <p>Классифицировать внутренние перенапряжения и причины и возникновения, применять методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и методы их эффективного ограничения в электромеханических комплексах машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного</p>

	<p>взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p> <p>Навыками по определению отдельных видов электрической изоляции и факторов воздействующих на электромеханические комплексы машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p> <p>Навыками по измерению электрических характеристик внутренней изоляции, по испытанию электрической изоляции, используемой в электромеханических комплексах машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p> <p>Навыками по применению методов для оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и их эффективного ограничения в электромеханических комплексах машин и оборудования горных предприятий, включая электроприводы, преобразовательные устройства, в том числе закрытого и рудничного взрывозащитного исполнения, и их системы управления.</p>
<p><b>ПСК-10.4: способностью и готовностью создавать и эксплуатировать системы автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства</b></p>	

<p>ПСК-10.4: способностью и готовностью создавать и эксплуатировать системы автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства</p>	<p>Виды электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий и основные факторы воздействующие на системы автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p> <p>Электрические характеристики внутренней изоляции, причины старения изоляции и методы испытания изоляции, используемой в системах автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p> <p>Классификацию внутренних перенапряжений и причины их возникновения, методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и методы и устройства их эффективного ограничения в системах автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p> <p>Определять вид электрической изоляции, используемой в электротехнических системах горных предприятий и основные факторы воздействующие на системы автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p> <p>Определять электрические характеристики</p>
	<p>внутренней изоляции и причины ее старения, применять методы для испытания изоляции используемой в системах автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p> <p>Классифицировать внутренние перенапряжения и причины и возникновения, применять методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и методы их эффективного ограничения в системах автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p> <p>Навыками по определению отдельных видов электрической изоляции и факторов воздействующих на системы автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p> <p>Навыками по измерению электрических характеристик внутренней изоляции, по испытанию электрической изоляции, используемой в системах автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p> <p>Навыками по применению методов для оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений и их эффективного ограничения в системах автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.</p>

#### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	Семестр					
		1	2	3	4	5	6

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Виды электрической изоляции и напряжения, воздействующие на изоляцию</b>									
	1. Общая характеристика внешней изоляции	0,5							
	2. Общая характеристика внутренней изоляции	0,5							
	3. Электрическая прочность газовых промежутков, коронный разряд на линиях электропередач, разряд в воздухе вдоль поверхности твердого диэлектрика, линейные и аппаратные изоляторы, изоляция воздушных линий электропередач и распределительных устройств, изоляционные конструкции оборудования высокого напряжения							35	
<b>2. Электрические характеристики внутренней изоляции, старение изоляции</b>									
	1. Длительная прочность электрической изоляции	0,5							
	2. Кратковременная прочность электрической изоляции	0,5							
	3. Определение срока службы внутренней изоляции			1					

4. Частичные разряды в бумажно-масляной изоляции, в маслобарьерной изоляции, в газовых барьерах, тепловое старение и увлажнение внутренней изоляции, тепловой пробой внутренней изоляции, электрический пробой внутренней изоляции, электрическая прочность масляных, вакуумных и элегазовых промежутков								18	
<b>3. Испытание изоляции</b>									
1. Система контроля качества изоляционных конструкций и испытание изоляции повышенным напряжением	0,5								
2. Метод частичных разрядов для оценки изоляции и неразрушающие методы контроля изоляции	0,5								
3. Контроль изоляции по тангенсу диэлектрических потерь, методы контроля с использованием явления абсорбции, анализ трансформаторного масла	0,5								
4. Метод частичных разрядов, тепловизорный метод, ультрафиолетовый метод, метод испытания повышенным напряжением, тангенс угла диэлектрических потерь изоляции, электрический пробой масла, влажность масла, распределенные газы в масле								18	
<b>4. Классификация внутренних перенапряжений и причины их возникновения</b>									
1. Коммутационные перенапряжения и причины их возникновения	1,5								
2. Перенапряжения в сетях 6-10 кВ при дуговых однофазных замыканиях на землю	1								
3. Коммутационные перенапряжения в режиме однофазного замыкания на землю	0,5								
4. Резонансные и феррорезонансные перенапряжения	0,5								

5. Физические основы возникновения коммутационных перенапряжений, эффект среза тока в вакуумной и элегазовой изоляции, физические основы возникновения перенапряжений при дуговых однофазных замыканиях на землю. Гипотеза Петерсена, гипотеза Петерса и Слепяна. Теория Джуварлы, теория Белякова. Феррорезонанс напряжения и тока.							18	
<b>5. Методы оценки и прогнозирования внутренних перенапряжений</b>								
1. Методы оценки и прогнозирования коммутационных перенапряжений	0,5							
2. Методы оценки и прогнозирования в режиме дугового однофазного замыкания на землю в сети 6-10 кВ	0,5							
3. Методы прогнозирования феррорезонансных перенапряжений	0,5							
4. Оценка коммутационных перенапряжений			2					
5. Оценка перенапряжений при дуговых однофазных замыканиях на землю			1					
6. Оценка феррорезонансных перенапряжений			0,5					
7. Метод оценки коммутационных перенапряжений по эмпирическим кривым, метод оценки коммутационных перенапряжений с помощью высших гармоник, универсальный метод оценки коммутационных перенапряжений, метод оценки дуговых перенапряжений в сети с изолированным, с компенсированным, с комбинированным и резистивным режимом нейтрали, метод оценки феррорезонансных перенапряжений по эмпирическим кривым							20	
<b>6. Методы и устройства ограничения внутренних перенапряжений</b>								

1. Методы и устройства эффективного ограничения коммутационных перенапряжений	0,5							
2. Методы и устройства эффективного ограничения перенапряжений в режиме дугового однофазного замыкания на землю	0,5							
3. Методы и устройства ограничения перенапряжений при возникновении коротких замыканий в сетях 6-10 кВ	0,5							
4. Методы и устройства эффективного ограничения феррорезонансных перенапряжений	0,5							
5. Трансформация перенапряжений и средство их ограничения	0,5							
6. Выбор и обоснование рациональных устройств защиты от коммутационных перенапряжений			0,5					
7. Выбор и обоснование рациональных методов и устройств защиты от дуговых перенапряжений			0,5					
8. Выбор и обоснование рациональных методов и устройств защиты от феррорезонансных перенапряжений			0,5					
9. Выбор нелинейных ограничителей перенапряжения, RC-гасителей, гасителей-компенсаторов, косинусных конденсаторов для ограничения коммутационных перенапряжений. Определение мест установки средств защиты от коммутационных перенапряжений, влияние кабельной линии на коммутационные перенапряжения, выбор дугогасящих реакторов для компенсации емкостной составляющей тока ОЗЗ, определение параметров резистора для заземления нейтрали сети через резистор, обоснование комбинированного режима нейтрали							14	

Bcero	11		6				123	
-------	----	--	---	--	--	--	-----	--

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С., Ларионов В.П. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учеб. для электроэнерг. спец. вузов(Москва: Энергоатомиздат).
2. Дмоховская Л.Ф., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С., Разевиг Д.В., Рябкова Е.Я., Разевиг Д.В. Техника высоких напряжений: учеб. для студентов электротехн. и электроэнергет. спец. вузов(Москва: Энергия).
3. Кадомская К. П., Костенко М. В., Левинштейн М. Л., Ефремов И. А., Тиходеев Н. Н., Тиходеев Н. Н. Перенапряжения и защита от них в воздушных и кабельных электропередачах высокого напряжения: учебник(Ленинград: Наука, Ленингр. отд-ние).
4. Меньшиков В.А., Кузьмин С. В. Методология исследования коммутационных перенапряжений в системах электроснабжения промышленных предприятий напряжением 6 (10) кВ и разработка мероприятий и средств по их ограничению: дис. ... канд. техн. наук (Красноярск).
5. Заварыкин Б. С., Кузьмин Р. С., Меньшиков В. А., Павлов В. В., Кручек О. А. Электроснабжение открытых горных работ: учебное пособие для студентов вузов по спец. "Горное дело"(Красноярск: СФУ).
6. Герасимов А. И., Кузьмин С. В. Проектирование электроснабжения цехов обогатительных фабрик: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению (специальности) "Горное дело" (специализация "Электрификация и автоматизация горного производства")(Красноярск: СФУ).
7. Степанчук К. Ф., Тиняков Н. А. Техника высоких напряжений: учеб. пособие для электроэнерг. спец. вузов(Минск: Вышэйшая школа).
8. Серов В. И., Щуцкий В. И., Ягудаев Б. М., Докукин А. В. Методы и средства борьбы с замыканиями на землю в высоковольтных системах горных предприятий(Москва: Наука).
9. Титков В. В. Перенапряжения и молниезащита(Москва: Лань").
10. Важов В.Ф., Лавринович В.А. Техника высоких напряжений: Учебник (Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М").
11. Зархи И. М., Мешков С.М., Халилов Ф.Х., Ефимова Б. В. Внутренние перенапряжения в сетях 6-35кВ(Ленинград: Наука).
12. Майнагашев Р. А., Кузьмин С. В. Коммутационные перенапряжения в распределительных сетях 6 кв шахт и рудников и способ их эффективного ограничения: дис. ... канд. техн. наук(Красноярск).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. 1.MathCad
2. 2.MATLAB
3. 3.Multisim
4. 4.Office

#### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. <http://www.kontakt-saratov.ru> - низковольтная и высоковольтная вакуумная коммутационная аппаратура, распределительные устройства;
2. <http://www.kontaktor.ru> - низковольтные автоматические выключатели, РУНН, низковольтные комплектные устройства;
3. <http://www.abs-holdings.ru> - устройства компенсации реактивной мощности;
4. <http://www.electrocomplex.ru/> вакуумная коммутационная аппаратура, комплектное распределительное устройство 6-10 кВ.
5. <http://www.elektrozavod.ru/> ячейки КРУ, КРУ для комплектных распределительных устройств 6, 10, 20 кВ, комплектные трансформаторные подстанции типа КТПП, КТПСН и КТП.
6. <http://www.tavrida.ru/> Распределительное и коммутационное оборудование, комплектные трансформаторные подстанции 6(10) - 35 кВ, Ограничители перенапряжений 6(10) - 110 кВ.
7. <http://www.promen.energy-journals.ru/> журнал «Промышленная энергетика»
8. <http://energetik.energy-journals.ru> журнал «Энергетик»
9. <http://elst.energy-journals.ru> журнал «Электрические станции»

#### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Помещения для проведения лекционных, практических занятий укомплектованы необходимой специализированной учебной мебелью и техническими средствами для представления учебной информации студентам. Лабораторные работы проводятся на специализированных стендах.