

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»**

**ФАКУЛЬТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета  
энергетики, доцент  
А.А. Шевченко  
«14» апреля 2020 г.



**Рабочая программа дисциплины**

**«Техника высоких напряжений»**

**Направление подготовки**  
**13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

**Направленность подготовки**  
**«Электроснабжение»**

**Уровень высшего образования**  
**Бакалавриат**

**Форма обучения**  
**Очная**

**Краснодар**  
**2020**

Рабочая программа дисциплины «Техника высоких напряжений»  
разработана на основе ФГОС ВО 13.03.02 Электроэнергетика и  
электротехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки  
РФ 28 февраля 2018 г. № 144

Автор:

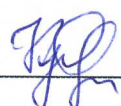
Д-р техн. наук, профессор

 В.В.Тропин

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению  
решением кафедры применения электрической энергии от 16.03.2020 г.,  
протокол № 25.

Заведующий кафедрой

канд. техн. наук, доцент

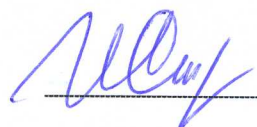
 А.Г. Кудряков

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета  
Энергетики, протокол от 24.04. 2020 г. № 9

Председатель

методической комиссии

канд. техн. наук, профессор

 И.Г. Стрижков

Руководитель

основной профессиональной

образовательной программы

канд. техн. наук, доцент

 А.Г. Кудряков

## **1. Цели освоения дисциплины**

**Целью** освоения дисциплины Б1.В.1.07 «Техника высоких напряжений» является формирование комплекса знаний об организационных, научных и методических основах науки о технике высоких напряжений в электроэнергетике, а также, - формирование у бакалавров навыков, позволяющих решать задачи анализа электрофизических процессах в изоляции электрооборудования, механизмов развития грозových и внутренних перенапряжений, координации изоляции при её проектировании, и проведения испытаний и контроля состояния изоляции.

### **Задачи:**

- изучить основные фундаментальные процессы движения заряженных частиц в диэлектриках, виды изоляции высоковольтного оборудования, методы и способы контроля ее состояния и причины, приводящие к пробое изоляции;
- изучить методы анализа, моделирования и расчета режимов сложных высоковольтных устройств и установок электроэнергетического и электротехнического назначения;
- ознакомиться с устройством и принципом действия основных отечественных и зарубежных высоковольтных аппаратов и приборов, применяемых на практике и разрабатываемых на перспективу;
- знать требования специализированных нормативных документов в области стойкости высоковольтной изоляции и надёжности устройств молниезащиты систем электроснабжения.

## **2 Перечень планируемых результатов по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

**В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:**

УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

### Планируемые результаты освоения компетенций с учетом профессиональных стандартов

Компетенция	Категории			Название обобщенной трудовой функции
	Знать	уметь	трудовые действия	
<b>УК-2</b> Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющих ресурсы и ограничений	-- в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение, а также ожидаемые результаты решения выделенных задач	- формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определять ожидаемые результаты решения выделенных задач	Мониторинг технического состояния электрооборудования подстанций	ОТФ 3.1 ТФ 3.1.1

Планируемые результаты освоения компетенций соответствуют обобщённым трудовым функциям (ОТФ):

- «Инженерно – техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций» профессионального стандарта «Работник по обслуживанию оборудования подстанций электрических сетей», утв. Приказом Минтруда РФ № 1177н от 29.12.2015г.;
- «Инженерно – техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи» профессионального стандарта «Работник по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи», утв. Приказом Минтруда РФ №1178н от 29.12.2015 г.;
- «Инженерно – техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи» профессионального стандарта «Работник по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи», утв. Приказом Минтруда РФ №1178н от 29.12.2015 г.

### 3 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Б1.В.1.07 «Техника высоких напряжений» является дисциплиной, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП ВО подготовки обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) "Электроснабжение" в соответствии с ФГОС ВО 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

#### 4. Объем дисциплины 216 часов, 6,0 зачетных единиц)

##### 4.1 Объем дисциплины в 7 семестре (108 часа, 3 зачетных ед.)

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная форма отсутствует
<b>Контактная работа</b> в том числе:	57	-
— аудиторная по видам учебных занятий	56	-
— лекции	20	-
— практические	36	-
— лабораторные	-	-
— внеаудиторная	51	-
— зачет	1	—
— экзамен	-	-
— защита курсовых работ (проектов)	-	-
<b>Самостоятельная работа</b> в том числе:	51	-
— курсовая работа (проект)	-	-
— прочие виды самостоятельной работы	51	-
<b>Итого по дисциплине в 7 семестре</b>	108	-

##### 4.2 Объем дисциплины в 8 семестре (108 часа, 3 зачетных ед.)

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная форма отсутствует
<b>Контактная работа</b> в том числе:	47	-
— аудиторная по видам учебных занятий	46	-
— лекции	24	-
— практические	-	-

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная форма отсутствует
— лабораторные	22	-
— внеаудиторная		-
— зачет	1	—
— экзамен	-	-
— защита курсовых работ (проектов)	-	-
<b>Самостоятельная работа</b> в том числе:	61	-
— курсовая работа (проект)	-	-
— прочие виды самостоятельной работы	61	-
<b>Итого по дисциплине в 8 семестре</b>	108	-
<b>Итого по дисциплине</b>	216	-

## 5 Содержание дисциплины

По итогам изучаемого курса студенты сдают зачёт в 7 семестре и зачёт с оценкой в 8 семестре.

### Содержание и структура дисциплины в 7 семестре по очной форме обучения

№ п/п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Предмет и задачи курса, дисциплины, связь курса со смежными дисциплинами. Современное состояние и проблемы, при строительстве линий высокого напряжения	УК-2	7	2	2	-	6
2	Роль газовых диэлектриков в изоляции электроустановок и аппаратов высокого напряжения. Основные процессы и виды ионизации в газе. Возникновение электронных лавин. Искажение	УК-2	7	2	4	-	6

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетении	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче ские занятия	Лабораторные занятия	Самостоятель ная работа
	электрического поля объемными зарядами.						
3	Корона как форма самостоятельного разряда в резконеоднородном электрическом поле. Последствия влияния короны в электрических установках. Потери мощности на корону при постоянном и переменном напряжениях. Методы уменьшения потерь на корону в электроустановках. Радиопомехи, создаваемые коронным разрядом на проводах. Выбор конструкций и сечения проводов фаз по условиям коронирования и уровню радиопомех. Акустические шумы.	УК- 2	7	2	4	-	6
4	Разряд в жидких диэлектриках. Основные особенности минерального масла как диэлектрика. Механизм пробоя, зависимость пробивных напряжений от степени увлажненности, загрязненности волокнами, от температуры и давления, от длительности воздействия напряжения и других факторов. Примеры других жидких диэлектриков, применяемых в энергетических установках.	УК- 2	7	2	4	-	6
5	Разряд в твердых диэлектриках. Механизм пробоя, зависимость пробивных напряжений от степени увлажненности, загрязненности волокнами, от температуры и давления, от длительности воздействия напряжения и других факторов.	УК- 2	7	2	4	-	6

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче ские занятия	Лабораторные занятия	Самостоятель ная работа
6	Задачи, виды и методы высоковольтных испытаний наружной изоляции линий электропередачи, оборудования подстанций. Высоковольтные испытательные установки промышленной частоты. Испытательные трансформаторы, особенности их устройства и режимы работы.	УК-2	7	2	4	-	6
7	Каскады испытательных трансформаторов. Установки выпрямленного напряжения. Генераторы импульсных напряжений и токов, генераторы коммутационных перенапряжений.	УК-2	7	2	4	-	2
8	Измерительные устройства. Измерение высокого переменного, постоянного импульсного напряжений. Измерение импульсных токов. Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов и линий.	УК-2	7	2	4	-	2
9	Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в системах с изолированной нейтралью. Назначение и основные характеристики дугогасящих аппаратов. Общие требования к изоляционным конструкциям. Основные воздействия, которым подвергается	УК-2	7	2	2	-	6



№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	изоляция в процессе эксплуатации.						
10	Классификация изоляторов. Линейные и опорные изоляторы, их конструкции и характеристики – электрические и механические. Новые материалы для изоляторов. Гирлянды подвесных изоляторов. Опорные изоляторы в эксплуатации.	УК-2	7	2	2	-	5
Итого в 7 семестре				20	36	-	51

### Содержание и структура дисциплины в 8 семестре по очной форме обучения

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Конструкция концевых, соединительных и стопорных муфт. Изоляция силовых трансформаторов. Структура изоляции. Понятие о пробивном напряжении маслябальерной изоляции. Конструктивные особенности изоляции трансформаторов различных классов.	УК-2	8	2	-	-	5
2	Силовые электрические кабели. Структура изоляции. Особенности пробы и его обнаружения. Методы диагностики. Конструкция кабелей с вязкой пропиткой, маслонаполненных кабелей.	УК-2	8	2	-	2	5
3	Молния как источник грозových перенапряжений. Развитие молнии и ее электрические характеристики. Интенсивность грозовой деятельности в природе.	УК-2	8	2	-	2	5

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Защита подстанций от прямых ударов молнии. Молниеотводы и принцип их действия. Зоны защиты молниеотводов.						
4	Эффективность защиты подстанций от прямых ударов молнии. Защита оборудования подстанций от набегающих импульсов грозовых перенапряжений. Роль газовых диэлектриков в изоляции электроустановок и аппаратов высокого напряжения.	УК-2	8	2	-	2	5
5	Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений (ОПН) как основные аппараты защиты оборудования подстанции от набегающих импульсов.	УК-2	8	2	-	2	5
6	Конструкции и характеристики вентильных разрядников и ОПН. Заземление в электрических установках высокого напряжения. Требования к заземлению подстанций и станций.	УК-2	8	2	-	2	5
7	Импульсные сопротивления сосредоточенных и протяжных заземлителей. Молниезащита линий электропередачи. Удельное число отключений линий как показатель грозоупорности ЛЭП. Применение тросов для молниезащиты.	УК-2	8	2	-	2	5
8	Общая характеристика внутренних перенапряжений. Резонансные перенапряжения в длинных линиях. Перенапряжения при плановых и аварийных коммутациях	УК-2	8	2	-	2	5
9	Феррорезонансные перенапряжения в электроустановках. Коммутационные перенапряжения при отключениях коротких замыканий.	УК-2	8	2	-	2	6

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
10	Виды профилактических испытаний. Значение профилактических испытаний для снижения аварийности оборудования линий электропередачи подстанций.	УК-2	8	2	-	2	5
11	Испытание повышенным напряжением промышленной частоты, повышенной частотой, постоянным и импульсным напряжением. Виды испытательного оборудования в РЭС.	УК-2	8	2	-	2	5
12	Силовые конденсаторы и воздушные реакторы. Типы силовых конденсаторов и реакторов. Основные электрофизические характеристики их изоляции. Добротность силовых реактивных элементов и их измерение.	УК-2	8	2	-	2	5
Итого в 8 семестре				24	-	22	61
Итого за год:				Итого лекционных часов 44	Итого практических занятий 36	Итого лабораторные занятия 22	Итого самостоятельной работы 112

## 6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания (для самостоятельной работы)

1. **Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу Техника высоких напряжений / Кучеренко Д.Е., Тропин В.В. – Краснодар: КубГАУ, 2018 г. – 69 с.**
2. **Конспект лекций по курсу Техника высоких напряжений / Тропин В.В. – КубГАУ, 2018 г. рукопись. Представлено в электронном виде.**
3. **Конспект практических занятий по курсу Техника высоких напряжений /Кучеренко Д.Е., Тропин В.В. – КубГАУ, 2018 г. рукопись. Представлено в электронном виде**

## 7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП ВО

Номер семестра (этап формирования компетенции соответствует номеру семестра)	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОПОП ВО
<b>Шифр и наименование компетенции</b> УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	
Указываются номер семестра по возрастанию	Указываются последовательно дисциплины, практики
2	Правоведение
3	Использование возобновляемой энергетики
4	Прикладная механика
6	Электрическое освещение Электромагнитная совместимость
8	<b>Техника высоких напряжений</b>
8	БЗ.Б.01 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты

### 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Уровень освоения				Оценочное Средство
	«неудовлетворительно» минимальный не достигнут	«удовлетворительно» минимальный (пороговый)	«хорошо» Средний	«отлично» высокий	
УК- 2    Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений					
<b>Знать:</b> в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение, а также ожидаемые результаты решения выделенных задач	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки,	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без	Реферат

Планируемые результаты освоения компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Уровень освоения				Оценочное Средство
	«неудовлетворитель- но» минимальный не достигнут	«удовлетворит ельно» минимальный (пороговый)	«хорошо» Средний	«отлично» высокий	
			допущено несколько негрубых ошибок	ошибок	Доклад  Задания лаборатор- ных работ Зачёт
<b>Уметь:</b> - формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определять ожидаемые результаты решения выделенных задач	<b>Не умеет:</b> -формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определять ожидаемые результаты решения выделенных задач	<b>Умеет на низком уровне:</b> -формулиро- вать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязан- ных задач, обеспечиваю- щих ее достижение. Определять ожидаемые результаты решения выделенных задач	<b>Умеет на достаточ- ном уровне:</b> - формули- ровать в рамках поставлен- ной цели проекта совокупно- сть взаимосвяз- анных задач, обеспечив- ающих ее достижени- е. Определят- ь ожидаемы- е результаты решения выделенны- х задач	<b>Умеет на высоком уровне:</b> формулиро- вать в рамках поставлен- ной цели проекта совокупно- сть взаимосвяз- анных задач, обеспечива- ющих ее достижени- е. Определят- ь ожидаемы- е результаты решения выделенны- х задач .	Тестовые задания  Реферат Доклад  Задания лаборатор- ных работ Зачёт

Планируемые результаты освоения компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Уровень освоения				Оценочное Средство
	«неудовлетворительно» минимальный не достигнут	«удовлетворительно» минимальный (пороговый)	«хорошо» Средний	«отлично» высокий	
<b>Владеть:</b>  способностью формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение, определять ожидаемые результаты решения выделенных задач	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Доклад  Задания лабораторных работ Зачёт

### **7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП ВО**

**Тестовые задания** для проверки знаний студентов, выполненные в электронной среде .

Пример вопросов по проверке остаточных знаний студентов по разделу №1 (как рубежный контроль):

#### **раздел 1. «Внешняя изоляция»**

1. Какой из нижеприведенных видов ионизации является видом первичной ионизации?
  - 1.освобождение электронов из катода при ударе о его поверхность положительных ионов;
  - 2.ударная ионизация электронами;
  - 3.фотоионизация в объеме газа;
  - 4.термическая ионизация;
  - 5.ударная, термическая ионизация.
  
2. Какой из нижеприведенных видов ионизации является видом вторичной ионизации?
  - 1.фотоионизация на поверхности катода;
  - 2.ударная ионизация электронами;
  - 3.столкновение электрона с атомам газа;
  - 4.термоионизация;
  - 5.фотоионизация и термоионизация.

3. Укажите верные определения электроотрицательных газов и приведите их названия:
  - 1.газы с преобладанием отрицательного заряда;
  - 2.газы с невысокой электрической прочностью;
  - 3.газы, атомы и молекулы которых способны присоединять лишний электрон с образованием устойчивых отрицательных ионов.
  
- 4.Укажите верное определение внешней изоляции электроустановок:
  - 1.изоляция, на электрическую прочность которой не влияют атмосферные условия;
  - 2.изоляция, пробой которой представляет собой необратимое разрушение;
  - 3.изоляционные промежутки между электронами, в которых роль диэлектрика играет воздух;
  - 4.часть изоляционной конструкции, которые соприкасаются с атмосферным воздухом;
  - 5.изоляция оборудования, присоединенная к шинам подстанции в РУ высокого напряжения
  
5. Какой режим называется пуско-наладочным
  1. в этом режиме машины не могут работать постоянно и только запускаются
  2. при работе машины её можно регулировать, не смотря на то, что остальные машины работают
  3. машины запускаются отдельно с помощью отдельных станций управления
  4. машины запускаются отдельными операторами
  5. машины работают повторно-кратковременно
  
6. Определяет функциональные части, их назначение и взаимосвязи, схема
  1. Структурная
  2. Функциональная
  3. Принципиальная
  4. Монтажная
  5. Подключения

### Темы рефератов

№ темы Лекции	Тема рефератов для самостоятельной работы студентов
1	- Газы с повышенной электрической прочностью. - Применение вакуума, вакуумные выключатели. - Вывод формулы Пашена и его имперической формы
2	-Коронный разряд и его особенности. - Физические процессы в коронном разряде. - Влияние «короны» на работу электрических систем. - Коронный разряд в технологических процессах. - Электрофильтры. Электросепарация.
3	- Методы обнаружения и контроля разрядных явлений в генераторах. - Дуговые защиты, принцип действия, чувствительность и селективность. - Электрический пробой твердых диэлектриков. - Теории инженера Хиппеля-Каллена и профессора Фрелиха.

№ темы Лекции	Тема рефератов для самостоятельной работы студентов
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Физический механизм теплового пробоя твердых диэлектриков.</li> <li>- Процесс электрического старения твердых диэлектриков.</li> <li>- Физический механизм теплового пробоя твердых диэлектриков</li> </ul>
5,6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Теории пробоя жидких диэлектриков.</li> <li>- Газохроматографический анализ трансформаторного масла.</li> <li>- Физические процессы в многослойном диэлектрике</li> </ul>
6,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Высоковольтные испытательные установки промышленной частоты</li> <li>-Измерение высокого импульсного напряжения и больших импульсных токов</li> <li>- Особенность конструкции с позиции изоляции подвешенного изолятора</li> </ul>
7,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Особенность конструкция изоляции кабеля на напряжение свыше 110 кВ;</li> <li>- Особенности конструкция изоляции турбогенераторов;</li> <li>- Особенности конструкция изоляции высоковольтных асинхронных машин</li> </ul>
8,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Типы и конструкции силовых конденсаторов. Косинусные конденсаторы.</li> <li>- Высоковольтные вводы - граница двух сред</li> <li>-Типы конструкций и современные методы диагностики изоляции вводов</li> <li>- Высоковольтные кабели. Конструкция изоляции и методы контроля состояния</li> </ul>
9,10	<ul style="list-style-type: none"> <li>.- Молния – как форма газового разряда и плазмы.</li> <li>- Стадии формирования и основные электрофизические процессы.</li> <li>- Фундаментальные процессы в дуговом разряде.</li> <li>- Дуговой разряд как причина аварийных режимов в электроэнергетике.</li> </ul>
10,11	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Дуговой разряд в технологических процессах.</li> <li>- Конструкции плазмотронов и области применения.</li> <li>- Сравнение молниезащит подстанций и ЛЭП различных классов напряжения.</li> </ul>
11,12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Современные средства защиты от перенапряжений.</li> <li>- Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов и линий.</li> <li>-Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в системах с изолированной нейтралью.</li> <li>-Схемы защиты от внутренних перенапряжений в электропередачах сверхвысокого напряжения.</li> </ul>
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Диагностика изоляции мощных трансформаторов.</li> <li>- Диагностика мощных трансформаторов. Непрерывный контроль</li> </ul>



№ темы Лекции	Тема рефератов для самостоятельной работы студентов
	состояния по частичным разрядам. -Диагностика мощных трансформаторов. Газохроматографический анализ масла и тепловизионный контроль.

Написание реферата (доклада) – является важной составной частью самостоятельной работы. Реферат — это краткое изложение в письменном виде содержания и результатов индивидуальной учебно-исследовательской деятельности, имеет регламентированную структуру, содержание и оформление. Его задачами являются:

1. Формирование умений самостоятельной работы студентов с источниками литературы, их систематизация.
2. Развитие навыков логического мышления.
3. Углубление теоретических знаний по проблеме исследования.

Текст реферата должен содержать аргументированное изложение определенной темы. Реферат должен быть структурирован (по главам, разделам, параграфам) и включать разделы: введение, основная часть, заключение, список используемых источников. В зависимости от тематики реферата к нему могут быть оформлены приложения, содержащие документы, иллюстрации, таблицы, схемы и т. д. Работа студентов в этом случае строится по логике проведения классического научного исследования: аналитический обзор темы, поиск разрешения технического противоречия, анализ и синтез рационального варианта решения задачи.

### **Темы эссе:**

1. Что такое фотоионизация?

(основа - фотоионизация возникает в результате поглощения молекулой квантов лучистой энергии, т.е. фотонов. Энергия фотона выражается формулой:

$$\omega = h\nu,$$

где  $\nu$  – частота излучения;  $h$  – постоянная Планка)

2. Что такое термоионизация?

(основа - ионизация вызванная высокой температурой, достаточной для создания энергии выхода электронов. Температура есть мера кинетической энергии хаотического (теплового) движения молекул и свободных электронов в газе. Величина этой кинетической энергии для молекулы определяется выражением

$$W = \frac{3}{2} kT,$$

где  $W$  – кинетическая энергия теплового движения молекул;

$T$  – температура;  $k$  – постоянная Больцмана.

Процесс термоионизации играет важную роль в процессе формирования столба электрической дуги.)

### 3. Что такое степень ионизации ?

(основа - степень ионизации - отношение числа ионизированных молекул  $N_u$  к общему числу  $N$  в данном объеме газа, может быть вычислена по формуле Саха:

$$\frac{m^2}{1-m^2} = 2,4 \cdot 10^{-4} \frac{T^{2,5}}{p} e^{-\frac{U_u}{kT}},$$

где  $m = \frac{N_u}{N}$  – степень ионизации;  $p$  – давление.)

### Вопросы к зачёту с оценкой:

1. Газовая изоляция и её применение в электроэнергетике.
2. Основные процессы и виды ионизации в газах.
3. Зависимость электрической прочности газов от различных факторов (давления, разрядения, введения посторонних веществ и др.).
4. Развитие разрядов в длинных воздушных промежутках при воздействии электрического поля.
5. Частичные разряды. Условия их возникновения, их воздействие на изоляцию.
6. Скользящий разряд. Условия возникновения. Его воздействие на изоляцию.
7. Коронный разряд. Условия его возникновения. Основные особенности. Способы снижения потерь мощности на корону и радиопомехи.
8. Частичные разряды в твердых, жидких и газообразных диэлектриках.
9. Основные электрические воздействия, которым подвергается изоляция высоковольтных конструкций в процессе эксплуатации.
10. Виды внутренних перенапряжений в электрических установках. Меры защиты от них.
11. Классификация высоковольтных изоляторов, их конструктивные особенности и используемые материалы.
12. Основные электрические характеристики изоляции силовых

трансформаторов.

13. Основные электрические и тепловые характеристики изоляции силовых электрических кабелей различной конструкции.

14. Основные электрические характеристики изоляции силовых конденсаторов.

15. Основные электрические характеристики изоляции электрических генераторов и электродвигателей.

16. Методы испытаний изоляции электростанций, подстанций и линий электропередачи.

17. Виды профилактических испытаний изоляции высоковольтных конструкций.

18. Основные факторы, влияющие на снижение электрической прочности высоковольтных конструкций в процессе эксплуатации.

19. Молнии как источник грозовых перенапряжений. Интенсивность грозовой

деятельности. Электрические характеристики молний. Способы молниезащиты подстанций.

20. Молниеотводы. Принципы их действия. Зоны защиты подстанций от прямых ударов молнии.

21. Защита оборудования подстанций от набегающих волн перенапряжений.

22. Виды вентильных разрядников и ограничителей перенапряжения – ОПН как

основных аппаратов защиты оборудования подстанции от перенапряжений.

23. Виды заземления в электрических сетях. Требования к защитному заземлению станций и подстанций. Типы заземлителей.

24. Молниезащита линий электропередачи. Применение тросов, вентильных разрядников, ОПН, трубчатых разрядников, искровых промежутков.

25. Перенапряжения в длинных линиях электропередачи. Влияние шунтирующих реакторов на величину перенапряжений.

26. Феррорезонансные перенапряжения. Условия их возникновения. Меры их ограничения.

27. Коммутационные перенапряжения при отключениях коротких замыканий. Меры их ограничения.

28. Перенапряжения при отключениях ненагруженных трансформаторов и линий. Меры их ограничения.

29. Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в системах с изолированной нейтралью. Меры их ограничения.

30. Влияние высоких и сверхвысоких напряжений на окружающую среду, на человека.

**7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков характеризующих этапы формирования компетенций**

Контроль освоения дисциплины проводится в соответствии с ПЛ КубГАУ 2.5.1 «Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация студентов». Текущий контроль по дисциплине позволяет оценить степень восприятия учебного материала и проводится для оценки результатов изучения разделов дисциплины. Текущий контроль проводится как контроль тематический (по итогам изучения определенных тем дисциплины) и рубежный (контроль определенного раздела или нескольких разделов, перед тем, как приступить к изучению очередной части учебного материала).

**Критериями оценки реферата** являются: новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдения требований к оформлению.

Оценка **«отлично»** — выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность; сделан анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция; сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём; соблюдены требования к внешнему оформлению.

Оценка **«хорошо»** — основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении.

Оценка **«удовлетворительно»** — имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата; отсутствуют выводы.

Оценка **«неудовлетворительно»** — тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен вовсе;

### **Критерии оценки знаний и умений обучающихся при выступлении с докладом**

Показатель	Градация	Баллы
Соответствие доклада заявленной теме, цели и задачам проекта	соответствует полностью	2
	есть несоответствия (отступления)	1
	в основном не соответствует	0
Структурированность (организация) доклада, которая обеспечивает понимание его содержания	структурировано, обеспечивает	2
	структурировано, не обеспечивает	1
	не структурировано, не обеспечивает	0
Культура выступления – чтение с листа или рассказ, обращённый к аудитории	рассказ без обращения к тексту	2
	рассказ с обращением к тексту	1
	чтение с листа	0
Доступность доклада о содержании проекта, его целях,	доступно без уточняющих вопросов	2
	доступно с уточняющими вопросами	1

задачах, методах и результатах	недоступно с уточняющими вопросами	0
Целесообразность, инструментальностьнаглядности, уровень её использования	Целесообразна	2
	целесообразность сомнительна	1
	не целесообразна	0
Соблюдение временного регламента доклада (не более 7 минут)	соблюждён (не превышен)	2
	превышение без замечания	1
	превышение с замечанием	0
Чёткость и полнота ответов на дополнительные вопросы по существу доклада	все ответы чёткие, полные	2
	некоторые ответы нечёткие	1
	все ответы нечёткие/неполные	0
Владение специальной терминологией по теме проекта, использованной в докладе	владеет свободно	2
	иногда был неточен, ошибался	1
	не владеет	0
Культура дискуссии – умение понять собеседника и аргументировано ответить на его вопросы	ответил на все вопросы	2
	ответил на бóльшую часть вопросов	1
	не ответил на бóльшую часть вопросов	0

### **Шкала оценки знаний обучающихся при выступлении с докладом:**

Оценка «отлично» – 15-18 баллов.

Оценка «хорошо» – 13-14 баллов.

Оценка «удовлетворительно» – 9-12 баллов.

Оценка «неудовлетворительно» – 0-8 баллов;

### **Критериями оценки тестовых заданий являются:**

Оценка «отлично» - при условии правильного ответа студента не менее чем на 85 % тестовых заданий.

Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 70 % тестовых заданий.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 51 %.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 50 % тестовых заданий;

### **Критериями оценки зачёта с оценкой являются:**

- Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающемуся усвоившему взаимосвязь основных положений и понятий дисциплины в их значении для приобретаемой специальности, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, правильно

обосновывающему принятые решения, владеющему разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

**Оценка «хорошо»** выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, показавшему систематизированный характер знаний по дисциплине, способному к самостоятельному пополнению знаний в ходе дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, правильно применяющему теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеющему необходимыми навыками и приемами выполнения практических работ.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимым для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных учебной программой, знаком с основной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, допустившему погрешности в ответах на экзамене или выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями под руководством преподавателя для устранения этих погрешностей, нарушающему последовательность в изложении учебного материала и испытывающему затруднения при выполнении практических работ.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных учебной программой заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не может продолжить обучение или приступить к деятельности по специальности по окончании университета без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **8. Перечень основной и дополнительной литературы**

### **Основная**

1. Важов, В. Ф. **Техника высоких напряжений** : учебник / В.Ф. Важов, В.А. Лавринович. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 262 с. [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://znanium.com>]. — (Высшее образование:Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/8530](http://www.dx.doi.org/10.12737/8530). - ISBN 978-5-16-102587-1. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/942749>

2. Шаталов, А. Ф. **Моделирование в электроэнергетике** [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Ф. Шаталов, И. Н. Воротников, М. А. Мастепаненко и др. – Ставрополь: АГРУС, 2014. – 140 с. - ISBN 978-5-9596-1059-3. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/514263>

3. Ушаков, В. Я. **Современные проблемы электроэнергетики: Учебное пособие** / Ушаков В.Я. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2014. - 447 с.: ISBN 978-5-4387-0521-5. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/701886>

#### **Дополнительная**

1. **Электрофизические основы техники высоких напряжений.** - Учебник для вузов / И.М. Бортник, И.П. Верещагин, Ю.Н. Вершинин // Под ред. И.П. Верещагина, В.П. Ларионова. – М.: Энергоатомиздат, 2008 - 580 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37830.html>

2. Конспект лекций по курсу Техника высоких напряжений / Тропин В.В. – КубГАУ, 2018 г. рукопись. Представлено в электронном виде.

3.Важов В.Ф. **Техника высоких напряжений / Курс лекций для бакалавров направления подготовки «Электроэнергетика»** - Томск: Изд-во ТПУ. 2006.-119с.

4. **Электротехнический справочник:** В 4-х т.: Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общей редакцией профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 964 с.

5. Ноздренко, Г. В. **Надежность ТЭС** /НоздренкоГ.В., ТомиловВ.Г., ГригорьеваО.К. - Новосибирск : НГТУ, 2009. - 76 с.: ISBN 978-5-7782-1285-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/546736>

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

**Электронно-библиотечные системы библиотеки, используемые в Кубанском ГАУ им. И.Т. ТРУБИЛИНА**

№	Наименование ресурса	Тематика	Уровень доступа
1	Znanium.com	Универсальная	Интернет доступ
2	Издательство «Лань»	Универсальная	Интернет доступ
3	IPRbook	Универсальная	Интернет доступ

4	Образовательный портал КубГАУ	Универсальная	Доступ с ПК университета
---	----------------------------------	---------------	-----------------------------

Перечень Интернет сайтов:

1. <http://www.statistica.ru/textbook/planirovanie-eksperimenta/>
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%CF%EB%E0%ED%E8%F0%EE%E2%E0%E>
3. [http://www.0zd.ru/programmirovanie\\_kompyutery\\_i/osnovnye\\_ponyatiya\\_i\\_planirovanie.html](http://www.0zd.ru/programmirovanie_kompyutery_i/osnovnye_ponyatiya_i_planirovanie.html)
4. [http://studopedia.ru/3\\_85223\\_eksperiment-planirovanie-eksperimenta.html](http://studopedia.ru/3_85223_eksperiment-planirovanie-eksperimenta.html)
5. <http://chemstat.com.ru/node/16>
6. <http://asoiu.wordpress.com/tag/планирование-эксперимента/>
7. <http://www.statsoft.ru/>
8. <https://insat.ru/products/?category=9>

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Конспект лекций по курсу Техника высоких напряжений / Тропин В.В. – КубГАУ , 2014 г. рукопись. Представлено в электронном виде.

2. Конспект практических занятий по курсу Техника высоких напряжений / Кучеренко Д.Е., Тропин В.В. – КубГАУ , 2014 г. рукопись. Представлено в электронном виде.

3. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу Техника высоких напряжений / Кучеренко Д.Е., Тропин В.В. – Краснодар: КубГАУ , 2014 г. – 69 с.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют:

- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;
- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования;
- автоматизировать расчеты аналитических показателей, предусмотренные программой научно-исследовательской работы;
- автоматизировать поиск информации посредством использования справочных систем.



## Перечень лицензионного ПО

№	Наименование	Краткое описание
1	Microsoft Windows	Операционная система
2	Microsoft Office (включает Word, Excel, PowerPoint)	Пакет офисных приложений
3	Microsoft Visio	Схемы и диаграммы
4	Autodesk Autocad	САПР
5	Statistica	Статистика
6	Система тестирования INDIGO	Тестирование

## 12 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе, помещений для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом ( в случае реализации образовательных программ в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1.	Помещение №205 ЭЛ, посадочных мест — 28; площадь — 87,3м <sup>2</sup> ; помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. технические средства обучения (принтер — 1 шт.; экран — 1 шт.; сетевое оборудование — 1 шт.; компьютер персональный — 14 шт.); доступ к сети «Интернет»; доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; программное обеспечение: Windows, Office, система тестирования INDIGO,	г. Краснодар, ул. Калинина д. 13, здание учебного корпуса факультета энергетики
2.	Помещение №207 ЭЛ, посадочных мест — 28; площадь — 85,8м <sup>2</sup> ; учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. сплит-система — 1 шт.; технические средства обучения (принтер — 1 шт.; телевизор — 1 шт.); специализированная мебель(учебная доска,	г. Краснодар, ул. Калинина д. 13, здание учебного корпуса факультета энергетики

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе, помещений для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом ( в случае реализации образовательных программ в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
	учебная мебель);	
3.	<p>Помещение №4 ЭЛ, посадочных мест — 100; площадь — 129,5м²; учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации .</p> <p>специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель);</p> <p>технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран);</p> <p>программное обеспечение: Windows, Office;</p> <p>специализированная мебель (учебная доска, учебная мебель);</p>	<p>г. Краснодар, ул. Калинина д. 13, здание учебного корпуса факультета энергетики</p>

Автор:

Д-р техн. наук, профессор

\_\_\_\_\_ В.В.Тропин

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры применения электрической энергии от 13.05.2019 г., протокол № 30

Заведующий кафедрой

канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ А.Г. Кудряков

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета Энергетики, протокол от 20 мая 2019 г. № 9

Председатель

методической комиссии

канд. техн. наук, профессор

\_\_\_\_\_ Б.К. Цыганков

Руководитель

основной профессиональной

образовательной программы

канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ А.Г.Кудряков