

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШЭ

А.С. Матвеев

«29» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИЕМ 2020 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Силовые кабели и кабельные линии

Направление подготовки/ специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Электроизоляционные системы, высоковольтная и кабельная техника		
Специализация	Электроизоляционная и кабельная техника		
Уровень образования	высшее образование – магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч			152
в т. ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			Курсовой проект
ИТОГО, ч			216

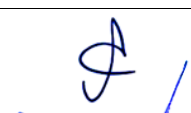
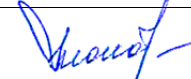
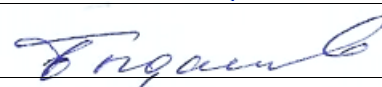
Вид промежуточной аттестации

Экзамен, диф. зачёт	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ ИШЭ
----------------------------	------------------------------	----------------

И. о. заведующего кафедрой -
руководителя ОЭЭ на правах
кафедры

Руководитель ООП

Преподаватель

	А.С. Ивашутенко
	А.П. Леонов
	Е.П. Богданов

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции (СУОС)	Наименование компетенции (СУОС)	Индикаторы достижения компетенции		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код	Наименование	Код	Владение опытом
ПК(У)-3	Способен разрабатывать новые и модифицировать существующие конструкции кабельных изделий, электроизоляционные и высоковольтные системы	И.ПК(У)-3.1	Осуществляет решение задач по разработке и модификации существующих конструкций кабельных изделий, электроизоляционных и высоковольтных систем	ПК(У)-3.1B1	Владеет навыками разработки конструкций кабельных изделий, электроизоляционных и высоковольтных систем с учетом эксплуатации и защиты электрооборудования от взаимных и внешних помех
				ПК(У)-3.1У1	Умеет рассчитывать конструктивные и эксплуатационные параметры, проводить электрический и тепловой расчет электроизоляционных, высоковольтных систем и кабельных изделий
				ПК(У)-3.131	Знает особенности расчета и выбора электротехнических материалов для конструкций кабельных изделий и электроизоляционных систем с учетом электромагнитных и тепловых процессов
ПК(У)-4	Способен осуществлять эксплуатацию и диагностику электротехнического и высоковольтного электрооборудования	И.ПК (У)-4.1	Демонстрирует готовность обеспечивать эксплуатацию и диагностику электрической изоляции и высоковольтного электрооборудования	ПК(У)-4.1B1	Владеет навыками выбора и работы с оборудованием для контроля электрофизических свойств изоляции, реализации методов диагностики высоковольтного оборудования и кабельных линий, а также электромагнитной совместимости
				ПК(У)-4.1У1	Умеет анализировать влияние электромагнитных и тепловых полей на электрооборудование и обслуживающий его персонал
				ПК(У)-4.131	Знает технологию выполнения работ по монтажу, эксплуатации и диагностике высоковольтного оборудования и кабельных линий; а также технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Междисциплинарного профессионального модуля Блока 1 учебного плана образовательной программы

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения: Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания об основных типах силовых кабелей и кабельной арматуре, используемых в электроснабжающих и распределительных сетях городов и крупных предприятий	И.ПК(У)-3.1
РД 2	Владеть опытом выбора конструкций кабеля и проектирования кабельной линии с заданными параметрами	И.ПК(У)-3.1
РД 3	Уметь рассчитывать (выбирать) величины сечения токопроводящих жил (ТПЖ) и экранов силовых кабелей	И.ПК(У)-3.1
РД 4	Иметь представление об особенностях характера электрических полей в одно- и многожильных кабелях с однородной и неоднородной изоляциями при переменном и постоянном напряжениях	И.ПК (У)-4.1
РД 5	Применять знания о влиянии условий прокладки и эксплуатации на величину тока кабельных линий	И.ПК (У)-4.1
РД 6	Применять знания по монтажу кабельной арматуры и испытаниях кабельных линий	И.ПК (У)-4.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности ¹	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Силовые кабели для стационарной прокладки	РД 1, РД 2, РД 3, РД 4, РД 6	Лекции	16
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	76
Раздел (модуль) 2. Испытания и эксплуатация силовых кабелей	РД 1, РД 2, РД 3, РД 4, РД 5, РД 6	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	76

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Силовые кабели для стационарной прокладки

Основные термины и определения. Содержание курса и его место в обучении. Преимущества и недостатки передачи электроэнергии по кабельным линиям. Классификация и конструкции силовых кабелей. Высоковольтные кабели постоянного тока и перспективы применения кабелей постоянного тока. Высоковольтные кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией. Кабели повышенной пожаробезопасности. Криогенные и сверхпроводящие кабели и кабельные линии на их основе. Кабельные линии низкого и высокого напряжения. Арматура для кабельных линий.

Общие задачи и порядок расчета силовых кабелей. Выбор номинального сечения, конструкции и размеров, токопроводящих жил силовых кабелей. Особенности расчета изоляции кабелей различных конструкций. Электрический расчет кабельной арматуры. Выбор расчетных и рабочих напряжений электрического поля в кабельных муфтах. Электрический расчет концевых муфт кабелей переменного напряжения. Электрический расчет соединительных муфт кабелей переменного напряжения. Электрический расчет муфт кабелей постоянного напряжения.

Задачи теплового расчета. Тепловой нагрев кабеля в процессе эксплуатации. Основные источники тепла. Тепловой закон Ома. Тепловое влияние соседних кабельных линий. Тепловые схемы замещения одножильных и трехжильных кабелей. Выбор допустимой температуры кабеля и расчетной температуры окружающей среды. Расчет допустимых токовых нагрузок кабелей в стационарном режиме. Токи нагрузки в кабельных линиях. Тепловой расчет кабельных муфт.

Темы лекций:

1. Современное состояние, классификация и конструкции силовых кабелей.
2. Силовые кабели для стационарной прокладки.
- 3, 4. Электрический расчет кабелей.
5. Тепловой расчет кабелей.
6. Нестационарные тепловые режимы.
- 7, 8. Приемо-сдаточные, периодические и типовые испытания силовых кабелей.

Темы практических занятий:

1. Вводное занятие.
- 2, 3. Электрический расчет силовых кабелей.
4. Тепловой расчет силовых кабелей.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование влияния условий прокладки силовых кабелей.
2. Определение потерь в экранах силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Раздел 2. Испытания и эксплуатация силовых кабелей

Пути повышения токовой нагрузки кабельных линий. Определение допустимого тока нагрузки кабельной линии с внешним, внутренним и косвенным охлаждением. Определение тепловой неустойчивости кабелей. Приемосдаточные, периодические и типовые испытания. Углубленные стендовые испытания. Методы испытаний. Испытание повышенным напряжением. Определение электрических характеристик кабеля. Определение холодостойкости, нагревостойкости, механической стойкости кабелей. Особенности испытаний кабелей с пластмассовой и резиновой изоляцией.

Перспективы развития кабельной техники.

Темы лекций:

- 9, 10. Кабели будущего.
11, 12. Итоговый обзор «Силовые кабели и кабельные линии».

Темы практических занятий:

5. Тепловой расчет силовых кабелей.
6, 7, 8. Расчет кабельной трассы.

Названия лабораторных работ:

3. Определение электрических характеристик силовых кабелей.
4. Определение токов перегрузки и короткого замыкания в силовых кабелях.
5. Определение показателей пожарной опасности.

Тематика курсовых проектов (теоретический раздел)

Тема курсового проекта: «Силовые кабели и кабельные линии».

Вариант задания определяется порядковым номером обучающегося в списке группы.

Банк вариантов заданий

№ варианта	Установленная мощность P_n , МВт	Номинальное напряжение U_n , кВ	Примечание
1	20	10	Проверить на потери напряжения $l = 1,2 \text{ км}$
2	42	20	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{\text{КЗ}} = 2 \text{ с}$
3	5,6	35	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{\text{КЗ}} = 4 \text{ с}$
4	210	110	—
5	50	35	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{\text{КЗ}} = 3 \text{ с}$
6	35	20	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{\text{КЗ}} = 2 \text{ с}$
7	300	110	—
8	18,5	10	Проверить на потери напряжения $l = 2,4 \text{ км}$
9	38,5	20	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{\text{КЗ}} = 1 \text{ с}$
10	16,4	10	Проверить на потери напряжения $l = 950 \text{ м}$
11	46,8	35	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{\text{КЗ}} = 4 \text{ с}$

12	240	110	–
13	52	35	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 3 \text{ с}$
14	46,7	35	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 2 \text{ с}$
15	28,6	20	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 1 \text{ с}$
16	15	10	Проверить на потери напряжения $l = 3,1 \text{ км}$
17	32,1	20	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 3 \text{ с}$
18	285	110	–
19	48,3	35	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 2 \text{ с}$
20	34,8	20	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 4 \text{ с}$
21	10,5	10	Проверить на потери напряжения $l = 4,2 \text{ км}$
22	8	10	Проверить на потери напряжения $l = 1,5 \text{ км}$
23	275	110	–
24	30	20	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 3 \text{ с}$
25	198	110	–
26	54,4	35	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 1 \text{ с}$
27	14,3	10	Проверить на потери напряжения $l = 2,2 \text{ км}$
28	42,5	20	Проверить по нагреву при режиме короткого замыкания (КЗ) $\tau_{кз} = 4 \text{ с}$
29	205	110	–
30	9,6	10	Проверить на потери напряжения $l = 1 \text{ км}$

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Выполнение курсового проекта;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Аникеенко В. М. Специальные кабельные изделия : учебное пособие / В. М. Аникеенко, И. В. Флеминг; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 127 с.

2. Леонов А. П. Силовые кабели и кабельные линии: лекционный видеокурс [Электронный ресурс] / А. П. Леонов, С. Н. Шуликин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электротехнических комплексов и материалов (ЭКМ). – Электрон. дан. – Томск: ТПУ Moodle, 2014. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=479> (дата обращения 21.03.2020).

3. Дмитриев М. В. Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6-500 кВ. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2012. – 154 с.

Дополнительная литература:

1. Алиев И. И. Кабельные изделия : справочник / И. И. Алиев. – 3-е изд. – Москва: РадиоСофт, 2014. – 224 с.

2. Аникеев В. М. Основы кабельной техники : лабораторный практикум / В. М. Аникеев, С. С. Марьин; Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 53 с.

3. Гудков В. В. Кабели. Номенклатура, выбор, эксплуатация : справочное пособие / В. В. Гудков; Московский институт энергобезопасности и энергосбережения. – 2-е изд. – Москва: Изд-во МИЭЭ, 2009. – 216 с.

4. Ларина Э. Т. Силовые кабели и кабельные линии : учебное пособие / Э. Т. Ларина. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 368 с. – URL: <https://www.elec.ru/files/2019/10/17/larina-et-silovyye-kabeli-i-kabelnye-linii.PDF> (дата обращения 21.03.2020)

5. Основы кабельной техники : учебник / В. М. Леонов, И. Б. Пешков, И. Б. Рязанов, С. Д. Холодный; – Москва: Академия, 2006. – 432 с.

6. Щеглов Н. В. Изоляция силовых сверхпроводящих кабелей / Н. В. Щеглов. – Германия: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 58 с.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный курс «Силовые кабели и кабельные линии». Режим доступа: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=479>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Google Chrome;
2. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
3. 7-Zip;
4. Adobe Acrobat Reader DC;
5. Adobe Flash Player;
6. Design Science MathType 6.9 Lite;
7. Document Foundation LibreOffice; Google Chrome;
8. PTC Mathcad 15 Academic Floating.

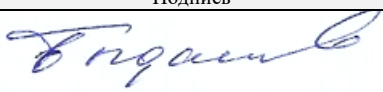
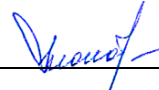
7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 346	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 46 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 316	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест Компьютер - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 101	Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 140 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 119	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для документов - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест; Компьютер - 16 шт.;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроизоляционные системы, высоковольтная и кабельная техника» по специальности «Электроизоляционная и кабельная техника» направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (прием 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доценты ОЭЭ ИШЭ		Е.П. Богданов
		А.П. Леонов

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники (протокол от 22.05.2020 г. №5).

И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения
на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

 / А.С. Ивашутенко/