

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**

| Перенапряжения и координация изоляции                                               |                                                                 |         |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------|-----------------|
| Направление подготовки/специальность                                                | 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника                     |         |                 |
| Образовательная программа (направленность (профиль))                                | Электроизоляционные системы, высоковольтная и кабельная техника |         |                 |
| Специализация                                                                       | Высоковольтная техника электроэнергетических систем             |         |                 |
| 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 |
| ИТОГО, ч                                                                            |                                                                 |         | 216             |

| Вид промежуточной аттестации                                         | Экзамен, диф. зачет                                                                  | Обеспечивающее подразделение | ОЭЭ ИШЭ         |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения на правах кафедры |   |                              | Ивашутенко А.С. |
| Руководитель ООП                                                     |   |                              | А.Ю. Юшков      |
| Преподаватель                                                        |  |                              | Юшков А.Ю.      |

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 | Наименование компетенции                                                                                                               | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                        | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                             | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                               |
| 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)-3.1У1                                                 | Умеет рассчитывать конструктивные и эксплуатационные параметры, проводить электрический и тепловой расчет электроизоляционных, высоковольтных систем и кабельных изделий                                   |
| ОПК (У)-2       | Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы                             | И. ОПК (У)-2.1                    | Проводит анализ полученных результатов                                                                                                         | ОПК (У)-2.1В1                                               | Владеет опытом проведения сравнительного анализа полученных результатов в зависимости от изменения режимных условий и/или характеристик цифровой или физической модели энергетического электрооборудования |
|                 |                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                | ОПК (У)-2.1У1                                               | Умеет объяснять полученные результаты                                                                                                                                                                      |
|                 |                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                | ОПК (У)-2.1З1                                               | Знает принципы анализа результатов исследования режимов работы энергетического электрооборудования, представленных цифровыми и физическими моделями                                                        |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части 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 проведенных исследований в области разработки конструкций высоковольтного оборудования | И.ПК(У)-3.1.                     |
| РД 2                                          | Уметь осуществлять выбор материалов применяемых в высоковольтном оборудовании                           | И.ПК(У)-3.1.                     |
| РД 3                                          | Разрабатывать мероприятия по координации изоляции                                                       | И.ПК(У)-3.1                      |
| РД 4                                          | Использовать технические средства для анализа режимов работы высоковольтного оборудования               | И. ОПК (У)-2.1                   |
| РД 5                                          | Уметь анализировать информацию о состоянии объекта                                                      | И. ОПК (У)-2.1                   |
| РД 6                                          | Оценивать влияние перенапряжений на высоковольтное оборудование                                         | И. ОПК (У)-2.1                   |

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 | Объем времени, ч. |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1.<br>Основные положения курса      | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5, РД6           | Лекции                    | 4                 |
|                                            |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                            |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 30                |
| Раздел 2.<br>Резонансные перенапряжения    | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5, РД6           | Лекции                    | 8                 |
|                                            |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                            |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 40                |
| Раздел 3.<br>Коммутационные перенапряжения | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5, РД6           | Лекции                    | 8                 |
|                                            |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                            |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 40                |
| Раздел 4.<br>Координация изоляции          | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5, РД6           | Лекции                    | 4                 |
|                                            |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                            |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 42                |

Содержание разделов дисциплины:

#### Раздел 1. Основные положения курса

Цели и задачи курса, его место в общей подготовке магистров по направлению «Электроэнергетика и электротехника». Классификация перенапряжений. Задачи координации изоляции. Нормативная база при анализе перенапряжений. Общая характеристика внутренних перенапряжений. Режимы нейтрали электрических систем.

#### Темы лекций:

1. Классификация и нормативная база перенапряжений.
2. Общая характеристика внутренних перенапряжений.
3. Классификация внешних перенапряжений.

#### Темы практических занятий:

1. Расчет молниезащиты объекта электроэнергетики.
2. Способы заземления нейтрали и их влияние на уровень воздействующих на

изоляцию перенапряжений.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование резонансных перенапряжений в системах с изолированной нейтралью.

|                                             |
|---------------------------------------------|
| <b>Раздел 2. Резонансные перенапряжения</b> |
|---------------------------------------------|

Характеристические параметры электропередачи для установившегося режима. Обобщенные коэффициенты 4-х полюсника эквивалентного n-звенной электропередаче. Перенапряжения на основной частоте при холостом ходе электропередачи в установившемся режиме и при подключении ее к источнику бесконечной и ограниченной мощности. Перенапряжения на основной частоте в несимметричных режимах односторонне питаемой передачи. Перенапряжения при неполнофазных режимах в дальних линиях электропередач. Меры ограничения перенапряжений.

**Темы лекций:**

1. Классификация изоляционных конструкций и расчет высоковольтной изоляции в разных средах.
2. Расщепление проводов и распределение напряженности поля по его поверхности.
3. Современные достижения по высоковольтной изоляции.

**Темы практических занятий:**

1. Оценка надежности отдельных объектов электрической цепи.
2. Перенапряжений при резонансных явлениях в сети с ДГР.

**Названия лабораторных работ:**

1. Перенапряжения при однофазном замыкании на землю в системах с незаземленной нейтралью.
2. Гашение емкостного тока замыкания на землю с помощью дугогасящих аппаратов.

|                                                |
|------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Коммутационные перенапряжения</b> |
|------------------------------------------------|

Перенапряжения при включении и отключении ненагруженных линий. Меры ограничения. Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов. Меры ограничения перенапряжений. Статистические характеристики. Общие методы прогнозирования коммутационных перенапряжений. Расчет статистических характеристик амплитуд коммутационных перенапряжений. Расчет числа отключений электропередачи от коммутационных перенапряжений в сухую погоду. Выбор и координация внешней изоляции линий и подстанций при внутренних перенапряжениях; методика выбора и координации изоляции воздушных линий и подстанций.

**Темы лекций:**

1. Основные требования по координации изоляции ЛЭП СВН.
2. Распределение напряжения вдоль гирлянды изоляторов.
3. Проблема устойчивости подвески расщепленных проводов к гирлянде.

**Темы практических занятий:**

1. Оценка надежности отдельных объектов электрической цепи.
2. Расчет перенапряжения при отключении холостого трансформатора.

**Названия лабораторных работ:**

1. Перенапряжения при отключении ненагруженных линий батарей конденсаторов.

|                                       |
|---------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Координация изоляции</b> |
|---------------------------------------|

Выбор и координация внешней изоляции линий и подстанций при внутренних перенапряжениях; методика выбора и координации изоляции воздушных линий и подстанций.

**Темы лекций:**

1. Особенности работы изоляции ЛЭП СВН.
2. Выбор изоляции ЛЭП СВН по условию надежности.
3. Особенности работы экранов на ЛЭП СВН.

**Темы практических занятий:**

1. Координация изоляции. Задачи координации изоляции.
2. Критерии выбора изоляции ЛЭП.

**Названия лабораторных работ:**

1. Процессы восстановления напряжения на контактах генераторных выключателей.

**Тематики курсового проекта:**

Тема: «Расчет резонансных и коммутационных перенапряжений».

## 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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Титков, В. В.. Перенапряжения и молниезащита / Титков В.В., Халилов Ф.Х.. – Москва: Лань", 2016. – Рекомендовано УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки магистров «Техническая физика». – ISBN 978-5-8114-2286-9  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=75522;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75522;)
2. Кузнецов Ю.И. Перенапряжения и координация изоляции [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. И. Кузнецов, М. А. Соловьёв, Е. В. Старцева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электроэнергетических систем (ЭЭС). – 1 компьютерный файл (pdf, 2.0 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader.  
<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m103.pdf>;
3. Важов, Владислав Фёдорович Высоковольтная техника в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf, 2.8 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader.  
<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m278.pdf>;
4. Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебник / [И. М. Бортник [и др.]; под общ. ред. И. П. Верещагина. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. – 702, [1] с.: ил.: 22 см. – Авт. указаны на обороте тит. л. – "Допущено

УМО вузов России по образованию в области энергетики и электротехники в качестве учебника для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика". – Посвящ. осн. и первым зав. каф. техники и электрофизики высоких напряжений МЭИ (ТУ) Л. И. Сиротинскому и Д. В. Разевигу. – Библиогр.: с. 697-699.. – ISBN 978-5-383-01017-4. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/LANBOOK%5C72343>.

Дополнительная литература:

1. Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебник для вузов / И. М. Бортник [и др.]; под ред. И. П. Верещагина. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2010. – 704 с.: ил.. – Библиогр.: с. 697-699. – Предметный указатель: с. 700-703.. – ISBN 978-5-383-00195-0. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C208991>;
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. — Утверждены приказом Минэнерго РФ. — Новосибирск: Норматика, 2014. — 192 с. [https://e.lanbook.com/book/38582#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/38582#book_name);
3. Правила устройства электроустановок (все действующие разделы). — 6 и 7-е изд. — Новосибирск: Норматика, 2014. — 464 с. [https://e.lanbook.com/book/38539#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/38539#book_name);
4. Рожкова, Лениза Дмитриевна. Электрооборудование станций и подстанций : учебник для техникумов / Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. — 4-е изд., стер. — Екатеринбург: АТП, 2015. — 648 с.: ил. <https://www.twirpx.com/file/1668582/>;
5. Техника высоких напряжений: учебник / И. М. Богатенков [и др.]; под ред. Г. С. Кучинского. – Екатеринбург: АТП, 2015. – 606 с.: ил.. – Библиогр.: с. 598-600.. – ISBN 5-283-04757-2. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C318176>.

## **6.2. Информационное и программное обеспечение**

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.

## 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<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 330                       | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.                                                                                                                                          |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 326                       | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 44 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.                                                                                                                                           |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 316                       | Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.                                                                                                                                                                                                 |
| 4. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 071 | Генератор импульсных напряжений на 1 МВ с блоком питания - 1 шт.; Стенд лабораторный - 1 шт.; М-03 Метеостанция - 1 шт.; Кабины лабораторные - 1 шт.; Осциллограф Uni-T UTD2025CL - 2 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроизоляционные системы, высоковольтная и кабельная техника» / специализация «Высоковольтная техника электроэнергетических систем» по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (прием 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность         | Степень, звание | Ф.И.О.     |
|-------------------|-----------------|------------|
| Профессор ОЭЭ ИШЭ | д.т.н., доцент  | Важов В.Ф. |
| Доцент ОЭЭ ИШЭ    | к.т.н.          | Юшков А.Ю. |

Программа одобрена на заседании отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 25 июня 2020 г. № 6).

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



\_\_\_\_\_ / Ивашутенко А.С./