

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

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИШЭ

  
 Матвеев А.С.  
 «26» мая 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Методы и средства управления режимами на базе силовой полупроводниковой  
 техники**

Направление подготовки/ специальность	<b>13.04.02 Электроэнергетика и электротехника</b>		
Образовательная программа (направленность (профиль))	<b>Управление режимами электроэнергетических систем</b>		
Специализация	Управление режимами электроэнергетических систем		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	<b>1</b>	семестр	<b>2</b>
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	<b>3</b>		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	<b>16</b>	
	Практические занятия	<b>-</b>	
	Лабораторные занятия	<b>48</b>	
	<b>ВСЕГО</b>	<b>64</b>	
Самостоятельная работа, ч		<b>44</b>	
<b>ИТОГО, ч</b>		<b>108</b>	

Вид промежуточной аттестации	<b>Зачёт</b>	Обеспечивающее подразделение	<b>ОЭЭ</b>
---------------------------------	--------------	---------------------------------	------------

И.о. заведующего кафедрой - руководителя ОЭЭ на правах кафедры		Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП		Прохоров А.В.
Преподаватель		Васильев А.С.

2020 г.

		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	И.УК(У)-1.1	Выявляет причинно-следственные связи и анализирует объект как систему	УК(У)-1.1В1	Владеет: методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них
				УК(У)-1.1У1	Умеет: выявлять связи между компонентами сложного объекта и анализировать его поведение как единого целого
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	И.ОПК(У)-1.2	Применяет на практике современные технологии сбора, обработки и интерпретации данных	ОПК(У)-1.2У1	Умеет: применять на практике современные технологии сбора, обработки и интерпретации данных
				ОПК(У)-1.2В1	Знает: технологии сбора, обработки и интерпретации данных
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК(У)-2.2	Структурирует и оформляет результаты анализа профессиональной информации	ОПК(У)-2.2В1	Знает: инструменты создания отчетов, презентаций и визуализации информации
				ОПК(У)-2.2У1	Владеет: опытом подготовки отчетов и презентаций по итогам анализа профессиональной информации
ДОПК(У)-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	И.ДОПК(У)-1.2	Решает нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных социально-экономических и профессиональных знаний	ДОПК(У)-1.2В1	Владеет: прикладным программным обеспечением для технических вычислений и решения нестандартных задач
				ДОПК(У)-1.2У2	Умеет: решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных социально-экономических и профессиональных знаний
ПК(У)-2	Способен анализировать и прогнозировать условия работы отдельных компонентов электроэнергетической	И.ПК(У)-2.1	Анализирует зависимости между параметрами и характеристиками компонентов энергосистемы, параметрами режима,	ПК(У)-2.1В1	Знает: конструктивные особенности и технические характеристики линий электропередачи, генерирующего и электросетевого

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	системы, их взаимное влияние и совокупное воздействие, оказываемое на состояние и показатели работы системы в целом		показателями работы и характером протекания переходных процессов в электроэнергетической системе		оборудования
ПК(У)-2.1У1				Умеет: анализировать влияние конструктивных параметров и технических характеристик линий электропередачи, генерирующего и электросетевого оборудования на параметры режима, показатели работы и характер протекания переходных процессов в электроэнергетической системе	
ПК(У)-2.1В1				Владеет: методами оценки потерь мощности, определения предельных уровней напряжения, значений перетоков мощности, углов электропередачи, отклонений частоты, уровней токов нагрузочных режимов и коротких замыканий, в том числе определения их допустимой длительности	
ПК(У)-2.232				Знает: методы анализа и фильтрации сигналов	
И.ПК(У)-2.2		Анализирует и прогнозирует условия работы энергосистемы и её отдельных компонентов на основании результатов измерений электрических величин	ПК(У)-2.2У1	Умеет: осуществлять количественную и качественную оценку условий работы энергосистемы с помощью векторных диаграмм, трендов изменения телеметрии, осциллограмм регистраторов аварийных событий	
			ПК(У)-2.2У2	Умеет: оценивать правильность и достаточность действий и настроек устройств и систем релейной защиты и автоматики на основании анализа изменения электрических параметров режима работы энергосистемы во времени	
			ПК(У)-2.433	Знает: актуальные технологические тренды в Российской и зарубежной электроэнергетике	
И.ПК(У)-2.4		Анализирует и прогнозирует влияние рыночных и регуляторных механизмов,			

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
			законодательных инициатив и технологических трендов на режимы работы и структуру энергосистемы	ПК(У)-2.4У3	Умеет: анализировать влияние внедрения и распространения новых технологий на режимы работы и структуру энергосистемы

## 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	Выявлять причины отклонений между фактическими и заданными значениями параметров работы устройств на базе силовой электроники на основе анализа нелинейных процессов в силовом оборудовании и с учетом действия их систем автоматического управления	И.УК(У)-1.1
РД 2	Самостоятельно приобретать новые и развивать имеющиеся математические, естественнонаучные и профессиональные знания, необходимые для анализа и совершенствования систем автоматического управления устройств на базе силовой электроники, применяемых в электроэнергетике	И.ДОПК(У)-1.2
РД 3	Оформлять результаты анализа профессиональной информации, с помощью современных инструментов создания отчетов, презентаций и визуализации данных	И.ОПК(У)-2.2
РД 4	Автоматизировать процессы сбора, обработки и интерпретации данных при вычислительном эксперименте с помощью инструментов, встроенных в прикладное программное обеспечение для технических расчетов	И.ОПК(У)-1.2
РД 5	Анализировать влияние установленной мощности и быстродействия средств регулирования напряжения на процессы и режимы работы электроэнергетической системы	И.ПК(У)-2.1
РД 6	Оценивать регулировочный диапазон и корректность настройки систем автоматического управления устройств на базе силовой электроники по данным измерений мгновенных и действующих значений, векторных величин, гармонического состава токов и напряжений	И.ПК(У)-2.2
РД 7	Выполнять сравнительную оценку влияния различных устройств на базе силовой электроники на режимы и процессы в электроэнергетической системе	И.ПК(У)-2.4

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.
<b>Раздел (модуль) 1.</b> Проблемы управления режимами энергосистем. Технологическое и методическое обеспечение решения задач управления режимами энергетических систем.	РД-1	Лекции	<b>4</b>
	РД-3	Практические занятия	–
	РД-4	Лабораторные занятия	<b>4</b>
	РД-6 РД-7	Самостоятельная работа	<b>4</b>
<b>Раздел (модуль) 2.</b> Поперечное регулирование напряжения и реактивной мощности. Тиристорно-управляемые устройства (первого поколения) и устройства поперечной компенсации реактивной мощности на базе четырехквadrантных преобразователей напряжения (второго поколения).	РД-1	Лекции	<b>6</b>
	РД-2	Практические занятия	–
	РД-3	Лабораторные занятия	<b>20</b>
	РД-4 РД-6 РД-7	Самостоятельная работа	<b>20</b>
<b>Раздел (модуль) 3.</b> Технологии передачи электрической энергии на постоянном и переменном токе.	РД-1	Лекции	<b>4</b>
	РД-2	Практические занятия	–
	РД-3	Лабораторные занятия	<b>20</b>
	РД-4 РД-5 РД-6 РД-7	Самостоятельная работа	<b>16</b>
<b>Раздел (модуль) 4.</b> Продольные компенсаторы реактивной мощности тиристорно-управляемые и на базе преобразователей напряжения.	РД-1	Лекции	<b>2</b>
	РД-2	Практические занятия	–
	РД-3	Лабораторные занятия	<b>4</b>
	РД-4 РД-5 РД-6 РД-7	Самостоятельная работа	<b>4</b>

##### Содержание разделов дисциплины:

**Раздел 1. Проблемы управления режимами энергосистем. Технологическое и методическое обеспечение решения задач управления режимами энергетических систем.**

##### Темы лекций:

1. Проблемы управления режимами энергосистем и место устройств на базе силовой электроники в задаче управления режимом.
2. Современная и перспективная силовая полупроводниковая элементная база и её применение в электроэнергетике на примере тиристорно-управляемого реактора. Классификация устройств на базе силовой электроники.

##### Названия лабораторных работ:

1. Исследование тиристорно-управляемого реактора.

**Раздел 2. Поперечное регулирование напряжения и реактивной мощности. Тиристорно-управляемые устройства (первого поколения) и устройства поперечной компенсации реактивной мощности на базе четырехквadrантных преобразователей напряжения (второго поколения).**

**Темы лекций:**

1. Устройства поперечной компенсации первого поколения.
2. Устройства поперечной компенсации второго поколения.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя.
2. Исследование трехфазного мостового управляемого выпрямителя.
3. Изучение принципов работы и характеристик однофазного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией.
4. Анализ режимов работы преобразователя напряжения на базе полностью управляемых полупроводниковых вентилей.

**Раздел 3. Технологии передачи электрической энергии на постоянном и переменном токе.**

**Темы лекций:**

1. Различия технологий передачи электроэнергии.
2. Характеристики поперечно компенсированной электропередачи. Система автоматического управления статического тиристорного компенсатора реактивной мощности.
3. Векторные системы автоматического управления устройства на базе СТАТКОМ.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование характеристик поперечно-компенсированных электропередач.
2. Анализ и синтез системы автоматического управления поперечного компенсатора реактивной мощности (СТК или СТАТКОМ по выбору студента).
3. Система автоматического управления вставки несинхронной связи.

**Раздел 4. Продольные компенсаторы реактивной мощности тиристорно-управляемые и на базе преобразователей напряжения.**

**Темы лекций:**

1. Анализ режимов работы тиристорно-управляемого продольного компенсатора. Оценка влияния продольного компенсатора на характеристики электропередачи.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование характеристик продольно-компенсированных электропередач.

**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 контролируемых мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку: однофазный двухполупериодный неуправляемый выпрямитель; трехфазный мостовой неуправляемый выпрямитель;

- алгоритмы широтно-импульсной модуляции.
- Выполнение домашних заданий;
  - Подготовка к лабораторным работам;
  - Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература**

1. Бурман А. П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учебное пособие / А. П. Бурман. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента". – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011898.html> (дата обращения: 04.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей
2. Коротков В. Ф. Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах: учебник для вузов / В. Ф. Коротков. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента". – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012109.html> (дата обращения: 04.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Розанов Ю. К. Силовая электроника: учебник для вузов / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента". – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010235.html> (дата обращения: 04.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература**

1. Куско А. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии / А. Куско, М. Томпсон. – Москва: ДМК Пресс, 2010. – 334 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61010> (дата обращения: 04.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Силовая полупроводниковая элементная база. Технология производства. Конструктивные решения: учебное пособие / В. Я. Фролов, А. М. Сурма, К. Н. Васерина, А. А. Черников. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 228 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/115497> (дата обращения: 04.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Фролов В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab – Simulink: учебное пособие / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 332 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/106890> (дата обращения: 04.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Шведов Г. В. Потери электроэнергии при ее транспорте по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение: учебное пособие для вузов / Г. В. Шведов. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента". – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012185.html> (дата обращения: 04.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

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

1. Электронный образовательный ресурс LMS MOODLE  
<https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2177>
2. PTC Mathcad 15 <https://appserver01.main.tpu.ru/RDWeb/Pages/>
3. MathWorks MATLAB <https://appserver01.main.tpu.ru/RDWeb/Pages/>
4. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>
5. Полнотекстовые и реферативные базы данных для студентов и сотрудников ТПУ.  
URL: <https://www.lib.tpu.ru/html/full-text-db>

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

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic
2. Document Foundation Libre Office

### 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 (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 249	Компьютер - 19 шт., Экран Limien Master Control «ЛМС-100114» - 1 шт. Видеостена - 1 шт., проектор – 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт., шкаф для документов - 1 шт., полка - 2 шт., комплект учебной мебели на 15 посадочных мест
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 221	Компьютер – 20 шт., видеопроектор - 1 шт., звуковая система - 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт., тумба подкатная - 3 шт., комплект учебной мебели на 15 посадочных мест.

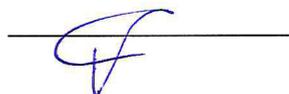
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, специализация «Управление режимами электроэнергетических систем» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭЭ ИШЭ		Васильев А.С.

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики (протокол от «25» июня 2020 г. № 6).

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



А.С. Ивашутенко