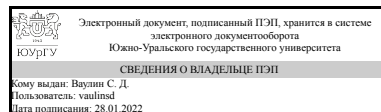


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М5.09 Эксплуатационная надежность и диагностика: проектное обучение**

**для направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**уровень Магистратура**

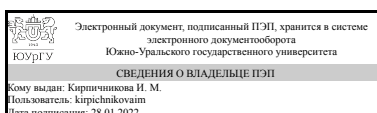
**магистерская программа Электроэнергетические системы**

**форма обучения очная**

**кафедра-разработчик Электрические станции, сети и системы электроснабжения**

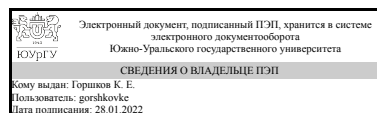
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



И. М. Кирпичникова

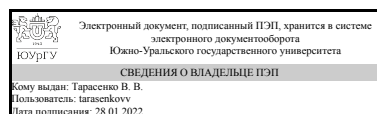
Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



К. Е. Горшков

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
к.техн.н.



В. В. Тарасенко

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является освоение теории надежности как науки, рассматривающей и изучающей закономерности отказов технических устройств, в том числе основного энергетического оборудования, в проектировании и при эксплуатации электроэнергетических систем, а также изучение методов и способов повышения эксплуатационной надежности основного электрооборудования посредством применения диагностики и непрерывного мониторинга его состояния. Задачи дисциплины: 1. Студенты должны знать основы теории надежности и ее приложения в электроэнергетике, ориентироваться в методах и способах диагностики и мониторинга состояния электрооборудования. 2. Уметь использовать показатели надежности при решении задач проектирования и эксплуатации в электроэнергетике. 3. Владеть навыками разработки цифровых моделей (двойников) основного электрооборудования для мониторинга и наблюдения за его состоянием

## Краткое содержание дисциплины

Основные понятия и определения теории надежности. Показатели и критерии надежности. Математические методы анализа надежности. Современные средства и приборы диагностики. Системы непрерывного мониторинга состояния. Понятие цифрового двойника. Научные методы и способы повышения эксплуатационной надежности.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 ПК-1. Способен принимать организационно-управленческие решения при работе на объектах профессиональной деятельности	Знает: Критерии оценки надёжности объектов электроэнергетики, терминологию теории надёжности на русском и иностранном языках, методы повышения эксплуатационной надёжности объектов электроэнергетики для снижения риска аварийных ситуаций Умеет: Анализировать критерии надёжности в нестандартных ситуациях, оценивать нормативно-техническую документацию отечественного и импортного электрооборудования. Разрабатывать программы инновационного развития объектов электроэнергетической системы с учётом факторов надёжности Имеет практический опыт: Оценки состояния изоляции электротехнического силового оборудования с помощью современного диагностического комплекса

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Инновационное электрооборудование: проектное	Не предусмотрены

обучение, Интеллектуальные электроэнергетические системы: проектное обучение, Учебная практика, ознакомительная практика: проектное обучение (2 семестр)	
--	--

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Инновационное электрооборудование: проектное обучение	Знает: Технологическую часть электрических станций, выполненных по современным технологиям: газотурбинные электростанции с комбинированным циклом, ветро- и солнечные электростанции, гидроэлектростанции и малая генерация. Главные электрические схемы электрических станций и подстанций. Системы собственных нужд электростанций и подстанций. Современные технологии коммутации электрических цепей и гашения электрической дуги, современные коммутационные аппараты. Инновационные системы измерений и перспективные измерительные приборы, такие как цифровые и оптические измерительные трансформаторы тока, измерительные трансформаторы напряжения, комбинированные устройства измерения. Умеет: Разрабатывать программы инновационного развития объектов электроэнергетической системы с применением современного электрооборудования. Имеет практический опыт: Сравнения и оценки технических и стоимостных показателей технологических схем и электрооборудования для объектов электроэнергетической системы
Интеллектуальные электроэнергетические системы: проектное обучение	Знает: Методы исследования и анализа режимов интеллектуальных электроэнергетических сетей и систем, Основное оборудование сложных электрических сетей и систем, выполненных с применением устройств интеллектуального управления. Схемы замещения и математические модели высоковольтных линий электропередачи, трансформаторов, синхронных генераторов, применяемые в расчёте установившихся режимов. Методы расчёта и моделирования установившихся режимов сложносвязанных электрических сетей. Способы и методы регулирования и оптимизации параметров режимов электрических сетей и основы компенсации реактивных нагрузок. Умеет: Анализировать режимы и условия работы электрооборудования путем обобщения результатов исследования, Разрабатывать программы инновационного развития

	электроэнергетических сетей и систем. Выполнять расчёты и оптимизировать режимы работы электрических сетей и систем, выполненных с применением устройств интеллектуального управления Имеет практический опыт: Исследования режимов и условий работы электрооборудования интеллектуальных электроэнергетических сетей и систем, технико-экономического расчёта и анализа режимов сложнзамкнутых электрических сетей с применением ЭВМ и специализированных программных средств
Учебная практика, ознакомительная практика: проектное обучение (2 семестр)	Знает: Виды и особенности профессиональной деятельности, профессиональную терминологию Умеет: Организовать себя и организовать работу малых коллективов для решения профессиональных задач. Формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчёта Имеет практический опыт: Постановки и решения профессиональных задач

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 24,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	16	16
Лекции (Л)	0	0
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	83,75	83,75
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка к зачету	43,75	43.75
Выполнение семестрового задания	40	40
Консультации и промежуточная аттестация	8,25	8,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах
-----------	----------------------------------	---

		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные понятия и определения теории надежности. Нормативные документы и стандарты. Математические методы и модели анализа надежности технических систем.	2	0	2	0
2	Методы повышения эксплуатационной надежности в электрических сетях.	2	0	2	0
3	Оценка эксплуатационной надежности элементов электрической сети по режимным, эксплуатационным и диагностическим данным. Учет фактора надежности при технико-экономическом развитии электрической сети.	4	0	4	0
4	Приборы и методы контроля надежности и состояния изоляции силовых кабельных линий городских электрических сетей.	4	0	4	0
5	Системы непрерывного мониторинга и диагностики состояния электрооборудования на электростанциях и подстанциях. Цифровые двойники основного электрооборудования. Концепция и реализация	4	0	4	0

### 5.1. Лекции

Не предусмотрены

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Применение классических методов оценки надежности технических систем.	2
2	2	Методы сбора и анализа данных об отказах энергетического оборудования в процессе эксплуатации.	2
3	3	Оценка надежности по опытным, режимным и эксплуатационным данным.	4
4	4	Контроль состояния изоляции по характеристикам частичных разрядов.	4
5	5	Разработка имитационной модели и интерфейса системы контроля и непрерывного мониторинга состояния силового трансформатора в среде LabView	4

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	1. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст] учеб. для вузов. - 10-е изд., стер. - М.: Академия, 2005. - 571, [1] с. ил. 2. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 64 с. — ISBN 978-5-7996-1493-5. — Текст :	3	43,75

	электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/99026">https://e.lanbook.com/book/99026</a> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		
Выполнение семестрового задания	1. Коровин, Ю. В. Основы теории надежности электроэнергетических систем [Текст] конспект лекций для бакалавров по направлению "Электроэнергетика и электротехника" Ю. В. Коровин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электр. станции, сети и системы ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2015. - 71, [1] с. ил. электрон. версия 2. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 64 с. — ISBN 978-5-7996-1493-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/99026">https://e.lanbook.com/book/99026</a> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	3	40

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Проверка семестрового задания	1	60	Задание/работа должна быть выполнена и оформлена по установленному шаблону в соответствии с индивидуальным заданием и согласно требованиям кафедры. Критерии начисления баллов: 60 баллов – если расчетная и графическая части выполнены верно; 48 баллов – если имеются недочеты, не влияющие на конечный результат; 36 баллов – если расчетная часть выполнена верно, а к графической части имеются замечания; 24 балла – если есть замечания к расчетной части; 12 балла – если в расчетной или графической частях есть грубые ошибки; в остальных случаях 0 баллов. Работа засчитывается, если её оценка составила не менее 36 баллов (60%),	зачет

						в противном случае преподаватель возвращает работу студенту на исправление или доработку.	
2	3	Промежуточная аттестация	Зачет	-	40	Баллы начисляются за выполненные задания в билете. Билет содержит четыре задания. За каждое задание может быть начислено максимум 10 баллов. Критерии оценивания выполненного задания: 10 баллов – если задание выполнено верно; 8 баллов – если имеются недочеты, не влияющие на конечный результат; 6 баллов – если допущены ошибки в вычислениях, но ход решения при этом верный; 4 балла – если допущены не грубые ошибки в формулах и выражениях, но ход решения при этом верный; 2 балла – если есть грубые ошибки; в остальных случаях 0 баллов. Мероприятие засчитывается, если студент набрал не менее 24 баллов (60%). Если прохождение мероприятия является обязательным, то для студентов, набравших меньшее число баллов, мероприятие не засчитывается и расчёт итогового рейтинга по дисциплине не производится.	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Зачет проводится в письменной форме по билетам. В аудитории, где проводится зачет, одновременно присутствует не более 10-15 человек. Каждому студенту выдается билет, в котором содержится четыре задания. Для выполнения заданий дается не более 1,5 аст. часа. Дисциплина считается освоенной, если итоговый рейтинг по дисциплине составил не менее 60%. При этом в ведомость выставляется оценка «зачтено». В противном случае проставляется – «не зачтено».	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ	
		1	2
ПК-1	Знает: Критерии оценки надёжности объектов электроэнергетики, терминологию теории надёжности на русском и иностранном языках, методы повышения эксплуатационной надёжности объектов электроэнергетики для снижения риска аварийных ситуаций	+	+
ПК-1	Умеет: Анализировать критерии надёжности в нестандартных ситуациях, оценивать нормативно-техническую документацию отечественного и импортного электрооборудования. Разрабатывать программы инновационного развития объектов электроэнергетической системы с учётом факторов надёжности	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: Оценки состояния изоляции электротехнического	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Китушин, В. Г. Надежность энергетических систем Ч. 1 Теоретические основы Учеб. пособие В. Г. Китушин. - Новосибирск: Издательство НГТУ, 2003. - 252,[2] с. ил.
2. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст] учеб. для вузов. - 10-е изд., стер. - М.: Академия, 2005. - 571, [1] с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] учеб. пособие для вузов В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - М.: Юрайт, 2014. - 478, [1] с. ил.
2. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций Учеб. по специальностям 1001 "Электрические станции, сети и системы", 2102 "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем" Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2005. - 446,[1] с.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Коровин, Ю. В. Основы теории надежности электроэнергетических систем [Текст] конспект лекций для бакалавров по направлению "Электроэнергетика и электротехника" Ю. В. Коровин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электр. станции, сети и системы ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2015. - 71, [1] с. ил. электрон. версия

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Коровин, Ю. В. Основы теории надежности электроэнергетических систем [Текст] конспект лекций для бакалавров по направлению "Электроэнергетика и электротехника" Ю. В. Коровин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электр. станции, сети и системы ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2015. - 71, [1] с. ил. электрон. версия

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронный каталог	Коровин, Ю. В. Основы теории надежности электроэнергетических систем [Текст] конспект лекций для бакалавров по направлению "Электроэнергетика и электротехника" Ю. В. Коровин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электр. станции, сети и системы ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2015. - 71, [1] с. ил. электрон. версия



		ЮУрГУ	гос. ун-т, Каф. Электр. станции, сети и системы ; ЮУрГУ. - Челябинск: 2015. - 71, [1] с. ил. электрон. версия <a href="https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000553063?base=SUSU">https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000553063?base=SUSU</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург: Лань, 2017. — 152 с. — ISBN 978-5-7996-1493-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/99026">https://e.lanbook.com/book/99026</a> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Васильева, Т. Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. — 152 с. — ISBN 978-5-7996-1493-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/99026">https://e.lanbook.com/book/99026</a> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)
3. -National Instruments(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	251 (1)	Доска, компьютер, экран, проектор
Зачет, диф. зачет	378 (1)	Доска