

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 23.05.2023 11:41:46  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Приложение к ОПОП  
«Электропривод и автоматика»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

по профилю

**«Электропривод и автоматика»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

ассистент Белов А.М.

заведующий кафедрой, д.т.н., доцент Белов М.П.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РАПС

16.04.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФЭА, 23.04.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	РАПС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	3
Семестр	6
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	39
Всего (академ. часов)	108
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ»**

Рассмотрены основные понятия и общие вопросы теории надежности технических объектов. Решаются задачи определения показателей надежности восстанавливаемого и невосстанавливаемого оборудования различными методами. Даны примеры и методики расчета надежности узлов электромеханических преобразователей и другого электротехнического оборудования (ЭО). Рассмотрены вопросы, связанные с неисправностями ЭО, и пути обеспечения и повышения его надежности.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«RELIABILITY OF ELECTRICAL EQUIPMENT»**

The basic concepts and general issues of technical objects reliability theory were considered. Decide of the problems of determining the parameters of reliability recovered and non-renewable equipment by various methods. The examples and methods of calculating the reliability of units of electromechanical converters and other electrical equipment (EE) were given. The problems associated with failures of EE, and ways to ensure and improve its reliability were considered.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Цель дисциплины -изучение показателей надежности и законов распределения отказов электротехнического оборудования (ЭО) и приобретение практических навыков прогнозирования надежности ЭО, способах повышения его и предотвращения повреждений, умений построения структурных схем надежности.

2. Задачи дисциплины:

Изучение показателей надежности и законов распределения отказов электротехнического оборудования (ЭО).

Формирование знаний о повреждениях и способах повышения надежности ЭО, а также навыков построения структурных схем надежности.

Освоение методов расчета и умение их использовать при оценке результирующей надежности ЭО.

3. Знания о повреждениях и способах повышения надежности ЭО, а также навыков построения структурных схем надежности.

4. Умения использовать методы расчетов при оценке результирующей надежности ЭО.

5. Навыки прогнозирования без аварийной работы ЭО.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Информационные технологии»

2. «Возобновляемая энергетика»

3. «Теория вероятностей и математическая статистика»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Автоматизация технологических комплексов и систем»
2. «Производственная практика (преддипломная практика)»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<i>УК-1.1</i>	<i>Выполняет поиск необходимой информации, её критический анализ и обобщает результаты анализа для решения поставленной задачи</i>
<i>УК-1.2</i>	<i>Применяет методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывает стратегию действий, принимает конкретные решения для ее реализации</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1	0		2
2	Общие положения теории надежности	2	2		2
3	Количественные показатели надежности и закономерности отказов ЭО	4	6		4
4	Виды и методы оценки надежности	4	6		4
5	Повреждения ЭО	2	4		4
6	Структурная надежность	4	4		5
7	Оценка показателей надежности систем с учетом структурной избыточности	2	4		4
8	Надежность электромеханических преобразователей	4	4	1	5
9	Надежность электромеханических систем (ЭМС)	4	2		3
10	Оценка надежности многофункциональных комплексов технических средств (КТС)	3	2		2
11	Повышение надежности электротехнического оборудования	2	0		2
12	Заключение	2	0		2
	Итого, ач	34	34	1	39
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Введение в дисциплину. Показатели качества.
2	Общие положения теории надежности	Основные положения и определения. Факторы, влияющие на надежность ЭО.
3	Количественные показатели надежности и закономерности отказов ЭО	Показатели надежности. Основные теоремы теории вероятностей. Законы распределения отказов. Показатели ремонтпригодности. Этапы жизненного цикла ЭО.
4	Виды и методы оценки надежности	Виды оценки надежности. Основные методы оценки надежности.
5	Повреждения ЭО	Классификация ЭО с точки зрения надежности. Виды и причины износа ЭО. Неисправности электромеханических преобразователей, пускорегулирующей аппаратуры и электронных устройств.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Структурная надежность	Виды и способы резервирования. Расчет показателей надежности с применением математической логики и структурных преобразований.
7	Оценка показателей надежности систем с учетом структурной избыточности	Выбор и планирование запасных элементов. Расчет результирующей надежности.
8	Надежность электромеханических преобразователей	Расчет надежности щеточного узла. Надежность и долговечность подшипников. Модели расчета надежности обмотки статора.
9	Надежность электромеханических систем (ЭМС)	Состав ЭМС. Расчет показателей надежности элементов, подсистем и ЭМС в целом.
10	Оценка надежности многофункциональных комплексов технических средств (КТС)	Описание функций КТС. Разработка структурной схемы КТС. Расчет показателей надежности КТС.
11	Повышение надежности электротехнического оборудования	Методы обеспечения и повышения надежности ЭО.
12	Заключение	Обеспечение контроля эксплуатации ЭО. Повышение живучести ЭО.

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Факторы, влияющие на надежность ЭО	2
2. Расчет показателей надежности ЭО.	2
3. Расчет показателей ремонтпригодности ЭО.	2
4. Основные теоремы теории вероятностей.	2
5. Методы оценки надежности ЭО.	2
6. Расчет показателей надежности методом построения графов.	2
7. Расчет показателей надежности с применением математической логики.	2
8. Расчет показателей надежности с применением структурных преобразований.	2
9. Структурная надежность различных схем с резервированием.	2
10. Виды и причины износа электрооборудования.	2
11. Неисправности электромеханических преобразователей, пускорегулирующей аппаратуры и электронных устройств.	2
12. Расчет надежности щеточного и подшипникового узлов ЭМП.	2
13. Расчет надежности всыпной обмотки статора ЭМП.	2

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
14. Методика расчета надежности электромеханических систем на основе «слабых звеньев».	2
15. Расчет показателей надежности различных электромеханических систем.	2
16. Методика оценки надежности многофункциональных систем.	2
17. Методы обеспечения и повышения надежности ЭО.	2
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь

период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

По каждой теме содержания рабочей программы могут быть предусмотрены индивидуальные домашние задания (расчетно-графические работы, рефераты, конспекты изученного материала, доклады и т.п.).

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	6
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	6
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	7
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	6
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	4
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>39</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Калявин, Владимир Петрович. Надежность и диагностика элементов электроустановок [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности 140211 -"Электроснабжение" направления подгот. 140200 -"Электроэнергетика" / В.П. Калявин, Л.М. Рыбаков, 2009. -331 с.	70
2	Половко, Анатолий Михайлович. Основы теории надежности [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 230100 (654600) "Информатика и вычислительная техника" / А.М. Половко, С.В. Гуров, 2006. -702 с.	50
3	Оценка надежности электрических машин [Текст] : Метод. указания к практ. занятиям по курсу "Надежность, испытания и диагностика электр. машин" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2001. -24 с.	9
Дополнительная литература		
1	Малафеев, Сергей Иванович. Надежность технических систем. Примеры и задачи [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 200100-"Приборостроение"и специальности 200103-"Авиационные приборы и измерит.-вычисл. комплексы" / С. И. Малафеев, А. И. Копейкин, 2012. -313 с.	4
2	Надежность технических систем [Текст] : справ. / [Ю.К. Беляев [и др.] ; под ред. И.А. Ушакова, 1985. -606 с.	10

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Оценка надежности электрооборудования: методические указания к практическим занятиям / сост.: Г. В. Комарова, С. А. Круглов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. 22 с. <a href="http://lk.etu.ru/dashboard/api/download/13325">http://lk.etu.ru/dashboard/api/download/13325</a>
2	Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики: учебное пособие. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2011. <a href="https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3060.pdf">https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3060.pdf</a>
3	Обоскалов, В. П. Структурная надежность электроэнергетических систем: Учеб. пособие / В. П. Обоскалов. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 194 с. <a href="https://gnedenko.net/library/Oboskalov/Oboskalov%20_%20structural%20reliability.pdf">https://gnedenko.net/library/Oboskalov/Oboskalov%20_%20structural%20reliability.pdf</a>

№ п/п	Электронный адрес
4	Павлов П.П., Литвиненко Р.С. Основы теории надежности электромеханических комплексов: учебное пособие / П.П. Павлов, Р.С. Литвиненко. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 92 с. <a href="https://lib.kgeu.ru/irbis64r_15/scan/117%D1%8D%D0%BB.pdf">https://lib.kgeu.ru/irbis64r_15/scan/117%D1%8D%D0%BB.pdf</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12755>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Надежность электротехнического оборудования» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

Допуск к зачету с оценкой - посещение лекций не менее 80%, выполнение всех 15-ти практических работ, подготовка отчетов по результатам работы и защита их на коллоквиумах.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по средней оценке за защищенные практические занятия и оценке, полученной на промеж. аттестации.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Какими из указанных свойств характеризуется надежность невозстанавливаемых объектов: 1 – безотказностью; 2 – долговечностью; 3 – ремонтпригодностью; 4 – сохраняемостью?
2	Какую размерность имеет интенсивность отказов?
3	Какой показатель надежности является основным для восстанавливаемого объекта?
4	По какой формуле рассчитывается коэффициент готовности?
5	Какой из перечисленных показателей надежности относится к комплексным показателям?
6	Что характеризует надежность технического объекта: 1 – свойство объекта выполнять заданные функции; 2 – состояние объекта; 3 – процесс сохранения во времени значений его эксплуатационных показателей в заданных пределах; 4 – безотказность работы?
7	Как определить интенсивность отказов объекта при последовательном соединении его элементов?
8	Какой из периодов «жизни» технического объекта имеет постоянную интенсивность отказов?
9	Какая теорема теории вероятностей используется при расчете надежности объекта с мажоритарным резервированием?
10	Какой закон распределения отказов характерен для периода старения технического объекта?
11	Какой количественный показатель безотказности используется для восстанавливаемого объекта?
12	Какая из схем является более надежной при одинаковой надежности элементов электрических схем?
13	Какой закон распределения отказов характерен для периода приработки технического объекта?
14	Какому закону распределения подчиняются отказы подшипниковых узлов?
15	Какая теорема теории вероятностей используется при расчете надежности объекта с мажоритарным резервированием?

---

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Общие положения теории надежности	
2	Количественные показатели надежности и закономерности отказов ЭО	
3		
4		Коллоквиум
5	Повреждения ЭО Структурная надежность Оценка показателей надежности систем с учетом структурной избыточности	
6		
7		
8		
9		Коллоквиум
10	Надежность электромеханических преобразователей Надежность электромеханических систем (ЭМС)	
11		
12		
13		
14		Коллоквиум
15	Повышение надежности электротехнического оборудования	
16		
17		Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифференцированный зачет.

#### на практических занятиях

Порядок выполнения практических работ, подготовки отчетов и их защиты.

В процессе обучения по дисциплине «Надежность электротехнического оборудования» студент обязан выполнить **15 практических работ**. Под выполнением практических работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждых 4 практических работ предусматривается проведение

коллектива на определенных графиках недель, на которых осуществляется защита практических работ. Выполнение практических работ студентами осуществляется в бригадах до 2 человек. Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения практической работы и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Практические работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре решения практической задачи, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов.

В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной и выставляется оценка в соответствии с критериями:

неудовлетворительно - не правильные ответы или менее 50% правильных ответов на заданные вопросы.

удовлетворительно - ответы на некоторые вопросы дает не полные;

хорошо - в ответах на отдельные вопросы испытывает затруднения;

отлично - на заданные вопросы дает полные ответы.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекции-

онных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска, экран, проектор, ноутбук или ПК	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, ПК или ноутбук, меловая или маркерная доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>