

**Методические материалы для обучающихся  
по освоению дисциплины**

\_\_\_\_\_ Надежность систем электроснабжения \_\_\_\_\_  
наименование дисциплины

Направление подготовки: \_ 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
код и наименование направления подготовки / специальности

Направленность (профиль): \_\_\_\_\_ « Электроэнергетика» \_\_\_\_\_  
наименование направленности (профиля) / специализации

Составитель – Судак С.Н., канд. техн. наук, доцент кафедры строительства, энергетики и транспорта ФГАОУ ВО «МГТУ»

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Надежность электроснабжения» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры СЭиТ «04» июля 2022г., протокол № 13.

## Общие положения

Цель методических материалов по освоению дисциплины - получение знаний о современной теории надежности в технике и применении её методов в системах электроснабжения городов, промышленных предприятий, объектов сельского хозяйства транспортных систем.

Освоение дисциплины осуществляется на аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы обучающихся. Основными видами аудиторной работы по дисциплине являются занятия лекционного и семинарского типа. Конкретные формы аудиторной работы обучающихся представлены в учебном плане образовательной программы и в рабочих программах дисциплин.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины (модуля), ее структурой и содержанием, фондом оценочных средств.

Работая с рабочей программой, необходимо обратить внимание на следующее:

- некоторые разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, а выносятся на самостоятельное изучение по рекомендуемому перечню основной и дополнительной литературы и учебно-методическим разработкам;

- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул, входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины, необходимо самостоятельно контролировать с помощью вопросов для самоконтроля;

- содержание тем, вынесенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входит составной частью в темы текущего контроля и промежуточной аттестации.

Каждая рабочая программа по дисциплине сопровождается методическими материалами по ее освоению.

Отдельные учебно-методические разработки по дисциплине учебные пособия или конспекты лекций, методические рекомендации по выполнению практических работ и решению задач и т.п. размещены в ЭИОС МГТУ.

Обучающимся рекомендуется получить в библиотеке МГТУ учебную литературу, необходимую для работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Виды учебной работы, сроки их выполнения, запланированные по дисциплине, а также система оценивания результатов, зафиксированы в технологической карте дисциплины:

**Таблица 1 - Технологическая карта дисциплины (промежуточная аттестация –зачет)**

Дисциплина «Надежность систем электроснабжения»

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (недели сдачи)
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	Посещение и работа на лекциях (8 лекций)	20	30	По расписанию
	Нет посещений – 0 баллов, каждая лекция –3,75 балла При этом преподаватель может оценивать работу на лекциях по шкале от 1 до 3 баллов: 1 балл – только посещение, 2 балла – участие работе на занятии (ответы на вопросы, комментарии и пр., характеризующие участие в процессе преподаваемого материала), 3 балла – написание конспекта лекций и активное участие (ответы на вопросы, комментарии и пр., характеризующие деятельное участие в процессе преподаваемого материала. Это возможно при небольшом количестве студентов в лекционном потоке (до 10 человек).			
2.	Практические работы (8 п/работ)	20	35	По расписанию

	Выполнение одной п/р – 4,3 балла, не в срок – 2,5 балла (выполнение фиксируется преподавателем) Неучастие в круглом столе (семинаре) по расписанию – 0 баллов.			
3	Контрольная работа (1)	20	35	
	Выполнение контрольной работы в срок – 20 балла, не в срок – 35 баллов (выполнение фиксируется преподавателем).			
	ИТОГО за работу в семестре	min - 60	max - 100	
<b>Промежуточная аттестация «зачет»</b>				
	<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>min – 60</b>	<b>max - 100</b>	

Работа по изучению дисциплины должна носить систематический характер. Для успешного усвоения теоретического материала по предлагаемой дисциплине необходимо регулярно посещать лекции, активно работать на учебных занятиях, выполнять письменные работы по заданию преподавателя, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины.

Важным условием успешного освоения дисциплины является создание самим обучающимся системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с календарным учебным графиком.

### **1. Методические рекомендации при работе на занятиях лекционного типа**

К занятиям **лекционного типа** относятся лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем.

Лекция представляет собой последовательное изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. Цель лекционного занятия – организация целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению программным материалом учебной дисциплины.

В ряде случаев лекция выполняет функцию основного источника информации, например, при отсутствии учебников и учебных пособий; в случае, когда новые научные данные по той или иной теме не нашли отражения в учебниках; отдельные разделы и темы очень сложные для самостоятельного изучения обучающимися.

В ходе проведения занятий лекционного типа необходимо вести конспектирование излагаемого преподавателем материала.

Наиболее точно и подробно в ходе лекции записываются следующие аспекты: название лекции; план; источники информации по теме; понятия, определения; основные формулы; схемы; принципы; методы; законы; гипотезы; оценки; выводы и практические рекомендации.

Конспект - это не точная запись текста лекции, а запись смысла, сути учебной информации. Конспект пишется для последующего чтения и это значит, что формы записи следует делать такими, чтобы их можно было легко и быстро прочитать спустя некоторое время. Конспект должен облегчать понимание и запоминание учебной информации.

Рекомендуется задавать лектору уточняющие вопросы с целью углубления теоретических положений, разрешения противоречивых ситуаций. При подготовке к занятиям семинарского типа, можно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из изученной литературы, указанной в рабочей программе дисциплины.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины. Системы электроснабжения (СЭС) 6-10/0.4 кВ городов, промышленных предприятий и сельского хозяйства располагают наиболее разветвленными и протяженными сетями. Оптимизация процесса эксплуатации рассматриваемых СЭС по критериям эффективности функционирования, надежности и качества электроснабжения потребителей требует применения систем

управления высокого уровня на базе современных комплексных систем автоматизированного диспетчерского управления, учета электроэнергии, контроля ее качества, автоматизации работы технических служб.

## **2. Методические рекомендации по подготовке и работе на практических занятиях**

**Практическое занятие** - это форма организации учебного процесса, предполагающая выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практических работ. И если на лекции основное внимание студентов сосредоточивается на разъяснении теории конкретной учебной дисциплины, то практические занятия служат для обучения методам ее применения. Главной их целью является усвоение метода использования теории, приобретение практических умений, необходимых для изучения последующих дисциплин. Решение практических задач анализа надежности в системах электроснабжения. Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники

Подготовку к практическому занятию лучше начинать сразу же после лекции по данной теме или консультации преподавателя. Необходимо подобрать литературу, которая рекомендована для подготовки к занятию и просмотреть ее. Любая теоретическая проблема должна быть осмыслена студентом с точки зрения ее связи с реальной жизнью и возможностью реализации на практике.

**Целью практических занятий** является закрепление теоретических знаний и навыков самостоятельной работы, полученных в процессе обучения по данной дисциплине.

### **Задачи практических занятий:**

**1.** Выработать навыки по практическому использованию знаний в области охраны труда.

**2.** Развить у студентов навыки самостоятельной работы с учебником, законодательными, подзаконными и нормативными актами, умение работать в команде. Практические занятия рекомендуется проводить согласно следующему плану. План проведения практического занятия.

1. Цель занятия.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Блиц-опрос студентов.
4. Решение задач.
5. Анализ качества выполнения индивидуальных домашних заданий и разбор типовых ошибок.
6. Выводы и обобщение результатов.
7. Домашнее задание и задание на самостоятельную проработку.

На первом занятии целесообразно устроить входной контроль, на последнем – комплексную проверку качества знаний студентов. При изложении кратких теоретических сведений рекомендуется систематизировать и обобщить материал, выделив при этом главные моменты. В процессе изложения материала целесообразно вовлекать студентов в его анализ, активизировать процесс мышления студентов за счет средств интенсивного обучения. Блиц-опрос студентов или небольшая самостоятельная работа по теме практического занятия позволят лучше усвоить ход решения задач, понять их сущность. При решении задач можно использовать разные формы.

Например, преподаватель, решая задачу на доске, поясняет ее и привлекает к работе всю группу путем вопросов, постоянно подводя студентов к правильному решению. Другая форма решения задач - самостоятельная работа студентов под контролем

преподавателя с пояснением наиболее трудных моментов. Возможно решение задачи на доске студентом, но в этом случае преподаватель руководит процессом решения и вовлекает в работу всю группу. Как правило, защита индивидуальных домашних заданий должна проводиться во внеаудиторное время, а на практическом занятии следует показать типовые ошибки, проанализировать результаты выполнения и защиты индивидуальных заданий, отметить лучшие и худшие из них, предложить студентам в виде деловой игры принять решение по устранению замечаний.

Индивидуальное домашнее задание может выдаваться по расчетно-графической работе. В конце практического занятия преподаватель называет тему следующего, указывает разделы теоретического материала, которые студент должен освоить для наиболее эффективного решения задач, выдает домашнее задание. В процессе проведения практических занятий используются классические и современные педагогические технологии. Итогом практических занятий является выполнение расчетно-графической работы.

### **Практическое занятие 1.**

#### **Определение вероятностей отказов и безотказной работы систем**

##### ***Цель:***

- повышение навыков и умения в анализе надежности электрических станций, подстанций, электрических сетей, систем электроснабжения, электроэнергетических систем.
- приобретение знаний по теме и закрепления теоретического материала, изученного на лекциях и самостоятельно.

***Необходимые средства обучения:*** В процессе обучения студенты используют

- слайд-показ,
- методические указания по теме практической работы;

##### ***План проведения практического занятия.***

1. Цель занятия.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Блиц-опрос студентов.
4. Решение задач.
5. Анализ качества выполнения индивидуальных домашних заданий и разбор типовых ошибок.
6. Выводы и обобщение результатов.
7. Домашнее задание и задание на самостоятельную проработку.

При подготовке к практическому занятию используются теоретические материалы, изложенные в в используемой литературе.

##### ***Примеры решения задач. Вывод.***

***Используемая литература:*** Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики [электронный ресурс]: учеб. пособие/ Н.В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. – 268 с., 1898Кб. Режим доступа: <http://rucont.ru>

### **Практическое занятие 2.**

#### **Модели отказов нерезервированных и резервированных систем**

##### ***Цель:***

- повышение навыков и умения в составлении нерезервированных и резервированных систем.

- научиться применять модели внезапных отказов нерезервируемых и резервируемых систем, определять кратность резервирования
- приобретение знаний по теме и закрепления теоретического материала, изученного на лекциях и самостоятельно.

**Необходимые средства обучения:** В процессе обучения студенты используют

- слайд-показ,
- методические указания по теме практической работы;

План проведения практического занятия.

1. Цель занятия.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Блиц-опрос студентов.
4. Решение задач.
5. Анализ качества выполнения индивидуальных домашних заданий и разбор типовых ошибок.
6. Выводы и обобщение результатов.
7. Домашнее задание и задание на самостоятельную проработку.

При подготовке к практическому занятию используются теоретические материалы, изложенные в в используемой литературе.

Примеры решения задач. Вывод.

*Используемая литература:* Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики [электронный ресурс]: учеб. пособие/ Н.В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. – 268 с., 1898Кб. Режим доступа: <http://rucont.ru>

#### **Практическое занятие 4.**

##### **Расчет надежности систем аналитическим методом.**

*Цель занятия:* научиться оценивать надежность систем с учетом ремонтных состояний и преднамеренных отключений с помощью аналитического метода.

**Необходимые средства обучения:** В процессе обучения студенты используют

- слайд-показ,
- методические указания по теме практической работы;

План проведения практического занятия.

1. Цель занятия.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Блиц-опрос студентов.
4. Решение задач.
5. Анализ качества выполнения индивидуальных домашних заданий и разбор типовых ошибок.
6. Выводы и обобщение результатов.
7. Домашнее задание и задание на самостоятельную проработку.

При подготовке к практическому занятию используются теоретические материалы, изложенные в используемой литературе.

Примеры решения задач. Вывод.

*Используемая литература:* Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики [электронный ресурс]: учеб. пособие/ Н.В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. – 268 с., 1898Кб. Режим доступа: <http://rucont.ru>

#### **Практическое занятие 5.**

##### **Расчет надежности систем логико-вероятностным методом.**

*Цель занятия:* научиться оценивать надежность схем энергетических компаний с помощью логико-вероятностного метода и выбирать те схемы, для которых он оптимален.

**Необходимые средства обучения:** В процессе обучения студенты используют

- слайд-показ,
- методические указания по теме практической работы;

План проведения практического занятия.

1. Цель занятия.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Блиц-опрос студентов.
4. Решение задач.
5. Анализ качества выполнения индивидуальных домашних заданий и разбор типовых ошибок.
6. Выводы и обобщение результатов.
7. Домашнее задание и задание на самостоятельную проработку.

При подготовке к практическому занятию используются теоретические материалы, изложенные в в используемой литературе.

Примеры решения задач. Вывод.

*Используемая литература:* Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики [электронный ресурс]: учеб. пособие/ Н.В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. – 268 с., 1898Кб. Режим доступа: <http://rucont.ru>

## **Практическое занятие 6.**

### **Оценка надежности систем методом путей и минимальных сечений**

*Цель занятия:* научиться оценивать надежность сложных систем методом путей и минимальных сечений.

**Необходимые средства обучения:** В процессе обучения студенты используют

- слайд-показ,
- методические указания по теме практической работы;

План проведения практического занятия.

1. Цель занятия.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Блиц-опрос студентов.
4. Решение задач.
5. Анализ качества выполнения индивидуальных домашних заданий и разбор типовых ошибок.
6. Выводы и обобщение результатов.
7. Домашнее задание и задание на самостоятельную проработку.

При подготовке к практическому занятию используются теоретические материалы, изложенные в используемой литературе.

Примеры решения задач. Вывод.

*Используемая литература:* Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики [электронный ресурс]: учеб. пособие/ Н.В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. – 268 с., 1898Кб. Режим доступа: <http://rucont.ru>

## **Практическое занятие 7.**

### **Работа с переводом на русский язык англоязычного источника по теме Надежность систем электроснабжения (слайды)**

*Цель занятия:* научиться применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия.

**Необходимые средства обучения:** В процессе обучения студенты используют

- слайд-показ англоязычного источника,
- методические указания по теме практической работы;
- учебный видеофильм англоязычного источника.

План проведения практического занятия.

1. Цель занятия.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Блиц-опрос студентов.
4. Анализ качества выполнения индивидуальных домашних заданий и разбор типовых ошибок.
5. Домашнее задание и задание на самостоятельную проработку.

При подготовке к практическому занятию используются теоретические материалы, изложенные в используемой литературе.

Примеры решения задач. Вывод.

Используемая литература:

1. Англо-русский глоссарий энергетических терминов (English-Russian Energy Sector Glossary) Energy Regulators Regional Association (ERRA) Secretariat, 2007. — 76 с.  
;электронный доступ: [studmed.ru/anglo...terminov...energy-sector-glossary...](http://studmed.ru/anglo...terminov...energy-sector-glossary...)
2. Журнал IEEE Transaction on Power Systems;электронный доступ: [elibrary.ru/contents.asp?titleid=17240](http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=17240)
3. Журнал International Journal of Electrical Power & Energy System. электронный доступ: [elibrary.ru/contents.asp?titleid=483](http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=483)

### **3. Групповые и индивидуальные консультации**

Слово «консультация» латинского происхождения, означает «совещание», «обсуждение».

Консультации проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания консультативной помощи при подготовке к промежуточной аттестации, участию в конференции и др.);
- если обучающемуся требуется помощь в решении спорных или проблемных вопросов возникающих при освоении дисциплины.

Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. В частности, если затруднение возникло при изучении теоретического материала, то конкретно укажите, что вам непонятно, на какой из пунктов обобщенных планов вы не смогли самостоятельно ответить.

Если же затруднение связано с решением задачи или оформлением отчета о лабораторной работе, то назовите этап решения, через который не могли перешагнуть, или требование, которое не можете выполнить.

### **4. Методические рекомендации по организации**

Судак С.Н., «Расчёт показателей надежности системы электроснабжения потребителей»/ Методические указания к расчетно-графической работе по дисциплине «Надежность электроснабжения» для направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника всех форм обучения / С.Н. Судак, МГТУ - 2022г. [Электронный ресурс]

## 5. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Успешное освоение компетенций, формируемых учебной дисциплиной, предполагает оптимальное использование времени для самостоятельной работы. Для успешной СМР разработаны Методические указания к самостоятельной работе для студентов: Судак С.Н., «Надежность электроснабжения», Методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения/ С.Н. Судак, МГТУ - 2022г. [Электронный ресурс]

Самостоятельная работа обучающегося - деятельность, которую он выполняет без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию, под его руководством и наблюдением. Обучающийся, обладающий навыками самостоятельной работы, активнее и глубже усваивает учебный материал, оказывается лучше подготовленным к творческому труду, к самообразованию и продолжению обучения.

Самостоятельная работа может быть аудиторной и внеаудиторной. Границы между этими видами работ относительны, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется во время проведения учебных занятий по дисциплине (модулю) по заданию преподавателя. Включает в себя:

- выполнение самостоятельных работ, участие в тестировании;
- выполнение контрольных, практических и лабораторных работ;
- решение задач и упражнений, составление графических изображений (схем, диаграмм, таблиц и т.п.);
- работу со справочной, методической, специальной литературой;
- оформление отчета о выполненных работах;
- подготовка к дискуссии, выполнения заданий в деловой игре и т.д.

Внеаудиторная самостоятельная работа (в библиотеке, в аудитории МГТУ, в домашних условиях, в специальных помещениях для самостоятельной работы в МГТУ и т.д.) является текущей обязательной работой над учебным материалом (в соответствии с рабочей программой), которая не предполагает непосредственного и непрерывного руководства со стороны преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа может включать в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим занятиям и др.) и выполнение необходимых домашних заданий;
- работу над отдельными темами дисциплины (модуля), вынесенными на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой;
- проработку материала из перечня основной и дополнительной литературы по дисциплине, по конспектам лекций;
- написание рефератов, докладов, эссе, отчетов, подготовка мультимедийных презентаций, составление глоссария и др.;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение заданий, предусмотренных их рабочими программами;
- выполнение расчетно-графической работы;
- подготовку ко всем видам текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации, в том числе выполнение и подготовку к процедуре защиты выпускной квалификационной работы;
- участие в исследовательской, проектной и творческой деятельности в рамках

изучаемой дисциплины;

- подготовка к участию в конкурсах, олимпиадах, конференциях, работа в студенческих научных обществах и кружках;
- другие виды самостоятельной работы.

Содержание самостоятельной работы определяется рабочей программой дисциплины, практики, программой ГИА. Задания для самостоятельной работы имеют четкие календарные сроки выполнения.

Выполнение любого вида самостоятельной работы предполагает прохождение обучающимся следующих этапов:

1. Определение цели самостоятельной работы.
2. Конкретизация познавательной (проблемной или практической) задачи.
3. Самооценка готовности к самостоятельной работе по решению поставленной или выбранной задачи.
4. Выбор адекватного способа действий, ведущего к решению задачи (выбор путей и средств для ее решения).
5. Планирование (самостоятельно или с помощью преподавателя) самостоятельной работы по решению задачи.
6. Реализация программы выполнения самостоятельной работы.
7. Самоконтроль выполнения самостоятельной работы, оценивание полученных результатов.
8. Рефлексия собственной учебной деятельности.

### **Работа с научной и учебной литературой**

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к контрольным работам, тестированию, зачету.

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел конспекта лекций или учебного пособия. В случае возникших затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным. Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

### **Решение ситуационных задач (кейс-заданий)**

Кейс-задание (англ. *case*- случай, ситуация) - задание, связанное с конкретным последовательностью действий и направленное на разбор, осмысление и решение реальной профессионально-ориентированной ситуации.

Решение ситуационных задач направлено на формирование умения анализировать в короткие сроки большой объем неупорядоченной информации, принятия решений в условиях недостаточной информации, готовности использовать собственные индивидуальные креативные способности для решения исследовательских задач.

Рекомендации по работе с кейсом:

- сначала необходимо прочитать всю имеющуюся информацию, чтобы составить целостное представление о ситуации; не следует сразу ее анализировать, желательно лишь

выделить в ней данные, показавшиеся важными;

- требуется охарактеризовать ситуацию, определить ее сущность и отметить второстепенные элементы, а также сформулировать основную проблему и проблемы, ей подчиненные;

- важно оценить все факты, касающиеся основной проблемы (не все факты, изложенные в ситуации, могут быть прямо связаны с ней), и попытаться установить взаимосвязь между приведенными данными;

- следует сформулировать критерий для проверки правильности предложенного решения, попытаться найти альтернативные способы решения, если такие существуют, и определить вариант, наиболее удовлетворяющий выбранному критерию.

### *Методические рекомендации к изучению Модуля 1*

В соответствии с рабочей программой дисциплина включает:

**Тема 1.** История развития электросетей. Влияние топологии сети на надежность. Причины потери работоспособности электротехнических конструкций. Источники и причины изменения начальных параметров системы электроснабжения, физика отказов, анализ закономерностей изменения свойств материалов.

#### *Методические указания*

**Тема 1.** Существуют типовые методики проведения мероприятий, связанных с обеспечением надежности. Терминология по надежности в технике распространяется на любые технические объекты-изделия, сооружения и системы, а также их подсистемы, рассматриваемые с точки зрения надежности на этапах проектирования, производства, испытаний, эксплуатации и ремонта дана в ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения».

Аварийные процессы в энергосистеме являются следствием возникновения повреждений оборудования, перекрытия и пробоя изоляции, ложных срабатываний различных устройств и аппаратов, ошибочных действий персонала, в результате которых, как правило, происходят отключения элементов оборудования электростанций, передающей сети или потребителей. Сочетание первоначального возмущения (обычно короткого замыкания) и последующего изменения исходной схемы называется аварийным возмущением.

Каскадное развитие аварии характеризуется последовательным отключением действием релейной защиты или противоаварийной автоматики электросетевого и/или станционного оборудования, вызванным возникновением недопустимого для оборудования режима.

Уровень расстройств функционирования установок электроэнергетических систем при авариях и нарушениях в работе называют глубиной аварии:

Частота, длительность и глубина аварий зависят в большой степени от наличия плановых и внеплановых отключений и остановов, которые ослабляют степень резервирования установок.

### **Тема 2. Основные понятия и показатели надежности технических систем.**

Надежность, безотказность, долговечность, предельное состояние, ремонтпригодность, сохраняемость, работоспособность, исправное и неисправное состояния, случайные и неслучайные отказы, показатели безотказности, показатели долговечности, комплексные показатели надежности, классификация показателей.

#### *Методические указания*

**Тема 2.** Наука о надёжности включает целый ряд направлений и разделов. Применительно к техническим системам, каковыми являются системы электроснабжения, она решает следующие *основные задачи*:

- прогнозирование надёжности машин на стадии проектирования для выбора рациональных конструктивно-технологических решений, обеспечивающих требуемый уровень надёжности при минимальных производственных и эксплуатационных затратах;
- обоснование оптимальной стратегии технической эксплуатации, периодичности технических обслуживании и ремонтов техники;
- разработку теории и методов диагностирования машин и технических систем с целью предотвращения внезапных отказов, сокращения простоев и расходов на восстановление, обеспечение безопасности работы;
- обоснование необходимого объёма парка агрегатов, машин, резерва запасных частей и материалов, а также стратегии использования техники, обеспечивающей требуемую эффективность её функционирования.

Решение основных задач в производственных процессах работы системы электроснабжения зависит от работы технических объектов (агрегатов, машин, оборудования, коммуникаций системы). Технологические процессы сетей электроснабжения представляют собой совокупность взаимно увязанных во времени операций.

*Основные вопросы, которые изучает теория надёжности:*

- отказы технических средств;
- критерии и количественные характеристики надёжности;
- методы анализа и повышения надёжности элементов и систем на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации;
- методы испытания технических средств на надёжность;
- методы оценки эффективности повышения надёжности.

**Тема 3. Модели распределений, используемые в теории надёжности, математические зависимости для оценки надёжности. Основные характеристики надёжности элементов и расчет показателей надёжности систем электроснабжения.** Показатели надёжности невосстанавливаемого элемента, показатели надёжности восстанавливаемого элемента, показатели надёжности системы, состоящей из независимых элементов, выбор и обоснование показателей надёжности электротехнических систем, распределение нормируемых показателей надёжности. Структурные модели надёжности сложных систем, структурная схема надёжности системы с последовательным соединением элементов, структурные схемы надёжности системы с параллельным соединением элементов, структурные схемы надёжности системы со смешанным соединением элементов, расчеты для систем электроснабжения.

*Методические указания*

### **Тема 3. Методические указания**

Большинство элементов системы электроснабжения являются восстанавливаемыми. К невосстанавливаемым можно отнести: плавкие вставки предохранителей, электрические лампы, простейшие электромагнитные и полупроводниковые реле, конденсаторы, резисторы и т.п.

Показателем надёжности называется количественная характеристика одного или нескольких свойств, определяющих надёжность объекта.

Выбор критериев надёжности для каждого конкретного технического объекта зависит от его назначения, особенностей технологического процесса и результатов его функционирования.

В зависимости от уровня управления рассматриваемого объекта показатели надёжности можно разделить на оперативные и технические. Оперативные показатели характеризуют качество функционирования системы с точки зрения потребителя.

Технические показатели назначаются для отдельных элементов систем электроснабжения и имеют значение только для энергетиков.

В качестве *оперативных показателей*, как правило, используют: коэффициент готовности или коэффициент простоя, условный недоотпуск энергии в течение года; относительное удовлетворение спроса на энергию; математическое ожидание экономического ущерба в результате перерывов электроснабжения.

*Технические показатели* характеризуют: параметр потока отказов; среднюю наработку на отказ; среднее время восстановления.

Зная эти показатели для отдельных элементов, можно рассчитать надежность всей системы электроснабжения в целом с учетом особенностей эксплуатации и технического обслуживания.

Показатели надежности подразделяют на *единичные*, характеризующие одно свойство и *комплексные*, характеризующие несколько свойств. *Единичные показатели* в основном применяются для характеристики отдельных элементов, а *комплексные* – для узлов нагрузки и системы в целом.

**Тема 4. Расчетные методы анализа систем электроснабжения.** Сведения о современных методах расчета надежности. Аналитический метод определения надежности схем систем электроэнергетики. Логико-вероятностный метод оценки надежности систем: определения и символы, используемые при построении дерева отказов, качественная и количественная оценка дерева отказов, вероятностная оценка дерева отказов, преимущества и недостатки метода дерева отказов. Метод путей и минимальных сечений схем систем надежности сложных систем.

#### *Методические указания*

**Тема 4.** Структурные (логико-расчетные) схемы сложных ТС начинаются с разбивки сложной системы на элементы. Это нужно для того, чтобы рассмотреть параметры и характеристики самих элементов, а затем рассмотреть и оценить работоспособность всей системы. Расчленение ТС на элементы достаточно условно и зависит от постановки задачи расчета надежности. С позиции теории надежности сложные ТС обладают свойствами:

- большое число элементов, отказ каждого из которых может привести к отказу всей системы;
- оценка работоспособности такой системы трудоемка (необходим большой объем статистических данных).

Элемент, как составная часть сложной ТС, может характеризоваться самостоятельными входными и выходными параметрами. В итоге на выходные параметры оказывает влияние индивидуальные свойства каждого экземпляра элементов, составляющих ТС. В зависимости от поставленной задачи на основании результатов расчета характеристик надежности ТС делаются выводы и принимаются решения о необходимости изменения или доработки элементной базы, резервировании отдельных элементов или узлов, об установлении определенного режима профилактического обслуживания, о номенклатуре и количестве запасных элементов для ремонта и т.д.

При последовательном соединении элементов в системе отказ одного элемента вызывает отказ других элементов в итоге отказывает вся ТС. Такое соединение элементов в технике встречается наиболее часто, поэтому его называют основным соединением.

Параллельное нагруженное соединение: отказ системы возможен лишь в том случае, когда отказывают все элементы ТС, т.е. система исправна, если исправен хотя бы один ее элемент. Такое соединение называют резервированием.

Резервирование – это метод повышения надежности технической системы за счет введения избыточности, т.е. введения дополнительных средств и возможности сверх минимально необходимых для выполнения ТС заданных функций. Есть два вида резервирования — с нагруженными и ненагруженными резервными элементами

(соответственно горячее и холодное резервирование). Резервирование увеличивает стоимость ТС. Как правило, резервируют элементы, которые выполняют основную работу. Задача избыточности – это обеспечение нормального функционирования ТС после отказа одного из основных элементов.

В зависимости от выполняемой задачи применяют горячее и холодное резервирование.

При нагруженном резервировании (горячий резерв) — резервные элементы нагружены так же, как и основные, т.е. резервные элементы постоянно присоединены к основным, и находятся в одинаковом с ними режиме работы. Горячее резервирование применяют, когда не допускается перерыв в работе на переключение отказавшего элемента на резервный (например: источник питания).

Параллельное ненагруженное соединение – при отказе основного элемента ТС включается в работу очередной резервный элемент, сохраняющий ее работоспособность. Такое соединение называется *холодным* резервированием. Его применяют, когда необходимо увеличение ресурса работы элемента, предусматривая время на переключения отказавшего элемента на резервный. Т.е. холодный резерв — это когда резервные элементы практически не несут нагрузки.

Смешанное соединение изолированных систем: структурная схема системы состоит из параллельно и последовательно соединенных элементов. При расчете удобно сворачивать схему приводя ее в последовательно-соединенную. Следует отметить, что в принципиальной схеме совсем не обязательно элементы (электрооборудования) будут соединяться параллельно или последовательно.

Метод минимальных путей и сечений. Понятия о структурной и функциональной надежности: в ряде случаев для анализа надежности сложной системы бывает достаточным определить граничные оценки надежности сверху и снизу. Эту задачу решают методом минимальных путей и сечений. Метод минимальных путей применяется для оценки вероятности безотказной работы сверху, а метод минимальных сечений - для оценки вероятности безотказной работы снизу.

Формирование минимальных путей: при оценке вероятности безотказной работы сверху определяют минимальные наборы работоспособных элементов (путей), обеспечивающих работоспособное состояние системы. При формировании пути считают, что изначально все элементы находятся в неработоспособном состоянии. Последовательным переводом элементов в работоспособное состояние производят подбор вариантов соединений элементов, обеспечивающих наличие цепи. Набор элементов образует минимальный путь, если исключение любого элемента из набора приводит к отказу данного пути. Следовательно, в отдельном пути элементы находятся в основном соединении (последовательно), а сами пути (для системы) включаются параллельно.

Формирование минимальных сечений: при формировании минимальных сечений осуществляется подбор минимального числа элементов, перевод которых из работоспособного состояния в неработоспособное вызывает отказ системы. При правильном подборе элементов сечения возвращение любого из элементов в работоспособное состояние восстанавливает работоспособное состояние системы. Сечения соединяются последовательно, т.к. отказ каждого из сечений вызывает отказ системы. Элементы каждого сечения соединяются параллельно, т.к. для работы системы достаточно наличия работоспособного состояния любого из элементов сечения. При определении минимальных сечений осуществляется подбор минимального числа элементов, перевод которых из работоспособного состояния в неработоспособное вызывает отказ системы. При правильном подборе элементов сечения возвращение любого из элементов в работоспособное состояние восстанавливает работоспособное состояние системы. Поскольку отказ каждого из сечений вызывает отказ системы, то первые соединяются последовательно. В пределах каждого сечения элементы соединяются параллельно, так как для работы системы достаточно наличия работоспособного состояния любого из элементов сечения. Полученная оценка является

оценкой снизу, поскольку один и тот же элемент включается в два сечения, т.е. определяется вероятности безотказной работы снизу.

### **Тема 5. Синтез систем электроснабжения по уровню надежности.**

Основные приемы синтеза схем электрических соединений с заданным уровнем надежности. Требования нормативных материалов, предъявляемые к уровню надежности электроснабжения. Влияние принципов построения и особенностей управления систем электроснабжения на уровень надежности электроснабжения различных электроприемников и потребителей.

#### *Методические указания*

**Тема 5.** Выбор схем электрических соединений подстанций и сетей часто происходит на основании рекомендаций, приведенных в различных нормативных документах, но без количественной оценки их надежности. При выборе схемных решений по сетевым районам и подстанциям не учитывается появление новых видов высоконадежного электрооборудования, а соответственно возможное рациональное упрощение схем. Такое положение приводит к тому, что в ряде случаев принимаются неоптимальные, с точки зрения экономичности и надежности, решения. Поэтому актуальной остается задача разработки и совершенствования методик оценки надежности схем электрических соединений подстанций и количественных показателей надежности при сравнении различных вариантов схем. Актуальность создания и совершенствования методик расчета надежности вызвана возникающей неопределенностью. Нередко на основании действующих нормативных документов невозможно принять решение об окончательном выборе между несколькими рассматриваемыми вариантами.

Задача оценки показателей надежности сводится к расчету конкретных значений вероятностей безотказной работы схемы по информации об усредненных значениях параметра потока отказов для единицы оборудования и среднем времени его восстановления в течение определенного периода. Далее, по значению ВБР (вероятности отказа) того или иного элемента сети (трансформатора, генератора, линии, присоединения) определяются показатели для схемы в целом.

## **2. Content of the discipline**

**Thema1.** The history of the development of electric networks. The influence of network topology on reliability. Causes of loss of operability of electrical . Sources and causes of changes in the initial parameters of the power supply system, physics of failures, analysis of patterns of changes in the properties of materials.

**Thema 2.** Basic concepts and indicators of reliability of technical systems. Reliability, reliability, durability, ultimate condition, limit state, maintainability, persistence, operability, serviceable and faulty states, random and non-random failures, reliability indicators, durability indicators, complex reliability indicators, classification of indicators.

**Thema 3.** Distribution models used in reliability theory, mathematical dependencies for reliability assessment. The main characteristics of the reliability of elements and calculation of reliability indicators of power supply systems Reliability indicators of a non-recoverable element, reliability indicators of a recoverable element, reliability indicators of a system consisting of independent elements, selection and justification of reliability indicators of electrical systems, distribution of normalized reliability indicators. Structural models of reliability of complex systems, block diagram of reliability of a system with serial connection of elements, block diagrams of reliability of a system with parallel connection of elements, block diagrams of reliability of a system with mixed connection of elements, calculations for power supply systems.

**Thema 4.** Computational methods of analysis of power supply systems. Information about modern methods of reliability calculation. Analytical method for determining the reliability of

circuits of electric power systems. Logical-probabilistic method for assessing the reliability of systems: definitions and symbols used in the construction of the failure tree, qualitative and quantitative evaluation of the failure tree, probabilistic evaluation of the failure tree, advantages and disadvantages of the failure tree method. The method of paths and minimum cross sections of schemes of reliability systems of complex systems.

**Thema 5.** Synthesis of power supply systems by reliability level. Basic techniques for the synthesis of circuits of electrical connections with a given level of reliability. Requirements of regulatory materials for the level of reliability of power supply. Information about modern methods of reliability calculation. The influence of the principles of construction and management features of power supply systems on the level of reliability of power supply of various electrical receivers and consumers.

*Вопросы для самопроверки по предложенным темам:*

1. Что такое надежность?
  2. Что такое работоспособность?
  3. Какое состояние изделия называют неисправным?
  4. Что такое отказ?
  5. Какие виды отказов существуют?
  6. Назовите виды отказов систем электроснабжения.
  7. Системы электроснабжения относятся к техническим системам?
  8. Из чего состоит техническая система электроснабжения?
  9. Перечислите единичные показатели безотказности объектов.
  10. Назовите комплексные показатели безотказности объектов.
  11. Дайте определение интенсивности отказов.
  12. Дайте определение вероятности безотказной работы.
  13. Дайте определение вероятности отказа.
  14. Дайте определение плотности распределения отказов.
  15. Какие нормативные материалы, предъявляют требования к уровню надежности электроснабжения?
1. Перечислите и проанализируйте основные состояния, в которых может находиться ТС.
  2. Дайте определения понятия «надежность» и основных свойств надежности ТС.
  3. Перечислите основные виды отказов ТС и проанализируйте причины их возникновения.
  4. Дайте вероятностные определения единичных и комплексных ПН.
  5. Опишите основные свойства параметра потока отказов  $\omega(t)$ .
  6. Докажите, что функция готовности является комплексным ПН.
  7. К чему сводится задача оценки показателей надежности?
  8. Горячий, холодный резерв: определение, принципиальные различия в расчете надежности.
  9. Граничные оценки надежности сверху и снизу. Примеры.
  10. Почему определение минимальных путей называется оценкой сверху?
  11. Почему определение минимальных сечений называется оценкой снизу?
  12. В чем основное заключается выбор схем электрических соединений подстанций и сетей?

*Используются рекомендуемые источники литературы*

1. Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики [электронный ресурс]: учеб. пособие/ Н.В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. – 268 с., 1898

- Кб. Режим доступа: <http://rucont.ru>
2. Савина Н.В. Теория надежности в электроэнергетике : учеб. пособие/ Н.В. Савина; АмГУ, Эн.ф. – Благовещенск: изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. – 214 с.
  3. Англо-русский глоссарий энергетических терминов (English-Russian Energy Sector Glossary) Energy Regulators Regional Association (ERRA) Secretariat, 2007. — 76 с. электронный доступ: [studmed.ru/anglo...terminov...energy-sector-glossary...](http://studmed.ru/anglo...terminov...energy-sector-glossary...)
  4. Журнал IEEE Transaction on Power Systems;электронный доступ: [elibrary.ru/contents.asp?titleid=17240](http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=17240)
  5. Журнал International Journal of Electrical Power & Energy System. электронный доступ: [elibrary.ru/contents.asp?titleid=483](http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=483)

## **6. Методические рекомендации по подготовке обучающегося к промежуточной аттестации**

Учебным планом по дисциплине «Надежность электроснабжения» предусмотрена(ы) следующая(ие)форма(ы) промежуточной аттестации: **Зачет**.

Промежуточная аттестация направлена на проверку конечных результатов освоения дисциплины.

При подготовке к зачету целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

При повторении материала нежелательно использовать много книг. Основным источником подготовки к зачету является конспект лекций. Следует запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие уяснить их сущность и отличить эти понятия от других. В ходе подготовки обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания категорий и реальных профильных проблем. Подготовка к зачету должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала. В этот период полезным может быть общение обучающихся с преподавателями по дисциплине на групповых и индивидуальных консультациях.

Во время зачета экзаменатор может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Положительным будет стремление обучающегося изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам.