Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Атомная энергетика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Надёжность электроснабжения»

Направления подготовки
«13.03.02 Электроэнергетика и электротехника»

Основная профессиональная образовательная программа
«Электроснабжение»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Балаково

Цель преподавания дисциплины:

формирование у обучаемых устойчивых знаний и умений, необходимых для оценки и обеспечения параметров надёжности систем электроснабжения городов, промышленных предприятий и их объектов в соответствии с основной образовательной программой «Электроснабжение» (направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника), обеспечивающее бакалавру возможность осуществлять профессиональную деятельность согласно требованиям профессиональных стандартов:

- 16.147. «Специалист по проектированию систем электроснабжения объектов капитального строительства»;
- 24.089 «Специалист в области электротехнического обеспечения атомной станции»;
- 24.033 «Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики атомной станции»;
- 20.041 «Работник по оперативно-технологическому управлению в электрических сетях».

Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Надежность электроснабжения» изучается студентами на четвертом году обучения в восьмом семестре.

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам для изучения курса «Надежность электроснабжения» составляют дисциплины математического и естественнонаучного модуля, а также отдельные дисциплины профессионального модуля: «Теоретические основы электротехники», «Основы электроэнергетики» («Передача и распределение электрической энергии»), «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электрические машины», «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении основных дисциплин по профилю подготовки.

Для освоения дисциплины «Надежность электроснабжения» необходимы знания, умения и владение материалом по предшествующим дисциплинам в соответствии с требованиями освоения следующих компетенций:

«Математика», «Теоретические основы электротехники», «Основы электроэнергетики», «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» , «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электрические машины», «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети» .

Трудовые функции профессиональных стандартов, которые сможет частично продемонстрировать студент при освоении данной дисциплины:

- B/02.6. Разработка текстовой и графической частей проектной документации системы электроснабжения объектов капитального строительства;
- A/02.6. Контроль оперативного обслуживания и режимов ЭТО и устройств в соответствии с требованиями ЛНА и НТД АС;
- C/04.6. Организация оперативного обслуживания ЭТО и устройств с производством сложных переключений АС ;
- B/01.6. Обеспечение эксплуатации СИ, СА и аппаратуры СУЗ на АС;
- E/01.6.Организация и контроль выполнения функций по оперативно технологическому управлению.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

общепрофессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	З-ОПК-2 Знать основные принципы и требования построения алгоритмов, синтаксис языка программирования У-ОПК-2 Уметь разрабатывать алгоритмы для решения практических задач согласно предъявляемым требованиям В-ОПК-2 Владеть средой программирования и отладки для разработки программ для практического применения
ОПК-4	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	З-ОПК-4 Знать: методику расчетов режимов работы электрических цепей и электрических машин; методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока У-ОПК-4 Уметь: контролировать и анализировать режимы работы электрооборудования с учетом заданных параметров и характеристик В-ОПК-4 Владеть: способами регулирования заданных параметров режимов работы; навыками анализа и моделирования

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Участие в расчетах и проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных решений.	Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объекты	ПК-1 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические и экологические требования	З-ПК-1 Знать: методы разработки технической документации и нормативную базу для составления информационных обзоров, рецензий, отзывов, заключений на техническую документацию У-ПК-1 Уметь: осуществлять взаимодействие с проектными, конструкторскими организациями и организациями изготовителями электро-технического оборудования, выполнять анализ проектной документации В-ПК-1 Владеть: навыками использования типовых проектов и анализ применимости указанного в проекте электро-технического оборудования для объекта профессиональной деятельности

Участие в расчетах и проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных решений.	Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объекты	ПК-2 Способен проводить обоснование проектных решений	З-ПК-2 Знать: нормальные, аварийные, послеаварийные и ремонтные режимы работы объектов профессиональной деятельности, допустимые перегрузки по току и температурам; технические характеристики, конструктивные особенности основного оборудования У-ПК-2 Уметь: оперативно принимать и реализовывать решения (в рамках должностных обязанностей); производить анализ проектной документации и выдавать замечания и предложения В-ПК-2 Владеть: навыками обоснования принятых решений на основании требований нормативной документации
Контроль соблюдения заданных параметров режимов оборудования.	Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения промышленных предприятий и их объекты	ПК-4 Способен соблюдать и оценивать параметры пусковых режимов оборудования с обеспечением своевременного и безопасного включения его в работу.	З-ПК-4 Знать: главные схемы и схемы собственных нужд электростанции, способов обеспечения нормальных режимов работы оборудования и предотвращения и/или ликвидации ненормальных и аварийных режимов У-ПК-4 Уметь: выполнять требования нормативно-технической документации, организовывать и контролировать процесс выполнения работ подчиненным оперативным персоналом смены цеха при вводе в работу турбогенераторов, трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов В-ПК-4 Владеть: навыками работы с современными системами управления, сбора и передачи данных, постоянного мониторинга состояния оборудования, параметров его режима работы и их анализа.
Организация, Обеспечение заданных диспетчерских графиков и соблюдение надежности и экономичности режимов работы.	Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов,	ПК-6 Способен осуществлять изменение схем соединений сети и управлять режимами работ электрооборудования в нормальных и	З-ПК-6 Знать: порядок производства оперативных переключений и ведения оперативных переговоров; ликвидации технологических нарушений в электрической части; характерные неисправности и повреждения ЭТО, способы их предупреждения, определения и

	промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объекты	аварийных режимах.	устранения У-ПК-6 Уметь: осуществлять оперативные переговоры и оформлять оперативную документацию; контролировать режимы работы турбогенераторов, трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов, а также производить изменения в схемах электрических соединений объекта профессиональной деятельности В-ПК-6 Владеть: навыками работы с современными системами управления, сбора и передачи данных, постоянного мониторинга состояния оборудования, параметров его режима работы и их анализа.

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональное и трудовое воспитание	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду **(В14)**	Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (ли-	1.Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3.Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

		дер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.	
Профессиональное и трудовое воспитание	- формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии **(В15)**	Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для: - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.	1.Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3.Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 10-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 ак. часов.

Календарный план

№ Раздела	**№ Темы**	**Наименование раздела (темы) дисциплины**	**Виды учебной деятельности (час.)**					**Аттестация раздела (форма*)**	**Максимальный балл за раздел****
			Всего	**Лекции**	**Лабораторные**	**Практические**	**СРС**		
1	1	**Раздел 1. Надежность в технике. Термины и определения** Тема 1. Терминология и определения по ГОСТ 27.002-2015	16	1	-	1	14	КР1	25
	2	Тема 2. Единичные и комплексные показатели надежности	20	1	-	1	18		
	3	Тема 3. Причины и модели отказов элементов систем электроэнергетики	24	2	-	2	20		
2	4	**Раздел 2. Методы анализа надежности систем электроснабжения** Тема 4. Математические модели надежности систем электроснабжения	24	2	-	2	20	Т1	25
	5	Тема 5. Расчетные методы анализа надежности систем электроснабжения	24/2	2	-	2/2	20		
Вид промежуточной аттестации			**108/2**	**8**	**-**	**8/2**	**92**	**З**	**50**

* - сокращенное наименование формы контроля

** - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КР	Контрольная работа
Т	Тестирование
З	Зачет

Содержание лекционного курса

Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	**2**	**3**
Лекция 1. Терминология и определения по ГОСТ 27.002-2015. Основные понятия, состояния изделия, временные понятия, отказы, дефекты, повреждения, техническое обслуживание, восстановление и ремонт, показатели надежности, испытания на надежность. Единичные и комплексные показатели надежности. Показатели безотказности неремонтируемых объектов, ремонтируемых объектов, ремонтопригодность, долговечность и сохраняемость. Коэффициенты готовности, оперативной готовности, технического использования. Особенности использования показателей надежности для оценки систем электроснабжения.	2	[1-5,7,8]
Лекция 2. Причины и модели отказов элементов систем электроэнергетики Причины отказов энергетических блоков и синхронных генераторов электростанций, силовых трансформаторов, коммутационных аппаратов, трансформаторов тока и напряжения, линий электропередачи. Модель внезапного отказа элемента. Модель постепенного отказа элемента. Законы распределения сроков службы изоляции элементов систем электроэнергетики Влияние качества электроэнергии на показатели надёжности силовых трансформаторов и электрических машин Резервирование релейно-контактных элементов Модель отказов выключателей Модели отказов нерезервированных и резервированных систем	2	[1-4,7,8]
Лекция 3. Математические модели надежности систем электроэнергетики Особенности случайных процессов, используемых при решении задач надежности. Процессы отказов и восстановлений одноэлементной схемы. Нерезервированная схема, состоящая из *n* элементов. Последовательное соединение элементов в смысле надежности. Надежность системы, состоящей из резервируемых восстанавливаемых элементов. Параллельное соединение элементов в смысле надежности	2	[1-4,7,8]
Лекция 4. Расчетные методы анализа надежности систем электроэнергетики Аналитический метод, логико-вероятностный метод, метод путей и минимальных сечений.	2	[1-4,7,8]

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение

1	2	3
Применение методов теории вероятностей для анализа надежности в простейших схемах	1	[1-4,7,8]
Использование математических моделей для анализа надежности элементов, схем, систем	1	[1-4,7,8]
Модели отказов не резервируемых и резервируемых систем	2	[1-4,7,8]
Определение надежности сложных схем	2	[1-4,7,8]
Решение практических задач анализа надежности	2	[1-4,7,8]

Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

Задания для самостоятельной работы студентов

Задания, вопросы, для самостоятельного изучения	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Терминология, применяемая в теории надежности. Задачи оценки надежности электроснабжения потребителей. Относительность понятия элемент и система в расчетах надежности.	14	[1-8]
Показатели безотказности неремонтируемых объектов, ремонтируемых объектов, ремонтопригодность, долговечность и сохраняемость. Коэффициенты готовности, оперативной готовности, технического использования. Особенности использования показателей надежности для оценки систем электроснабжения.	18	[1-8]
Причины отказов энергетических блоков и синхронных генераторов электростанций, силовых трансформаторов, коммутационных аппаратов, трансформаторов тока и напряжения, линий электропередачи. Модель внезапного отказа элемента. Модель постепенного отказа элемента. Законы распределения сроков службы изоляции элементов систем электроэнергетики Влияние качества электроэнергии на показатели надёжности силовых трансформаторов и электрических машин Резервирование релейно-контактных элементов Модель отказов выключателей Модели отказов нерезервированных и резервированных систем	20	[1-8]
Особенности случайных процессов, используемых при решении задач надежности. Процессы отказов и восстановлений одноэлементной схемы. Нерезервированная схема, состоящая из *n* элементов. Последовательное соединение элементов в смысле надежности. Надежность системы, состоящей из резервируемых восстанавливаемых элементов. Параллельное соединение элементов в смысле надежности	20	[1-8]
Аналитический метод, логико-вероятностный метод, метод путей и минимальных сечений.	20	[1-8]

Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом

Курсовой проект не предусмотрен учебным планом

Образовательные технологии

В соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Преподавание ведется с применением следующих видов образовательных технологий: использование электронных образовательных ресурсов, обеспечивающих обучение в информационной образовательной среде; лекции с разбором терминов, определений и математических зависимостей с привязкой к конкретной типу технических систем.

Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		краткие ответы на вопросы, письменно
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Надежность в технике. Термины и определения	З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4; З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2; З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4; З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6.	устный опрос в форме собеседования; Тест – 1, письменно
3	Методы анализа надежности систем электроснабжения	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2; З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4; З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2; З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4; З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6.	устный опрос в форме собеседования; Тест – 2, письменно
Промежуточная аттестация			
4	Зачет	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2; З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4; З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1; З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2; З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4; З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6.	Вопросы к зачету (устно)

В качестве оценочного средства текущего контроля используются устный опрос.

В качестве оценочного средства аттестации раздела используются контрольная работа, тест.

Для промежуточной аттестации предусмотрены вопросы к зачету.

По итогам обучения выставляется зачет.

Вопросы входного контроля

1. Дополнить: Суммой случайных событий А и В называется такое событие С, которое ...
2. Логический союз «И» соответствует закону

а) умножения;
б) сложения;
в) деления.

3. Логический союз «ИЛИ» соответствует закону

а) умножения;

б) сложения;
в) деления.

4. Разомкнутая сеть - это сеть, в которой
5. а) поток энергии направлен в одну сторону;
6. б) потребитель может получать энергию с двух сторон;
7. в) электроснабжение подстанций осуществляется с трех и более сторон.
8. Привести классификацию электрических сетей по конфигурации.
9. Дополнить: Формула полной вероятности - это ...
10. Дополнить: К коммутационным аппаратам относятся .

Вопросы текущего контроля

Устный опрос 1

1. Основные понятия, состояния изделия, временные понятия, отказы, дефекты, повреждения, техническое обслуживание, восстановление и ремонт, показатели надежности, испытания на надежность.
2. Показатели безотказности неремонтируемых объектов.
3. Показатели безотказности ремонтируемых объектов.
4. Ремонтопригодность, долговечность и сохраняемость.
5. Коэффициенты готовности, оперативной готовности, технического использования.
6. Особенности использования показателей надежности для оценки систем электроснабжения.
7. Причины отказов энергетических блоков и синхронных генераторов электростанций.
8. Причины отказов силовых трансформаторов.
9. Причины отказов коммутационных аппаратов.
10. Причины отказов трансформаторов тока и напряжения.
11. Причины отказов линий электропередачи.
12. Модель внезапного отказа элемента.
13. Модель постепенного отказа элемента.
14. Законы распределения сроков службы изоляции элементов систем электроэнергетики.
15. Влияние качества электроэнергии на показатели надёжности силовых трансформаторов и электрических машин.
16. Резервирование релейно-контактных элементов.
17. Модель отказов выключателей.
18. Модели отказов нерезервированных и резервированных систем.

Устный опрос 2

1. Особенности случайных процессов, используемых при решении задач надежности.
2. Процессы отказов и восстановлений одноэлементной схемы.
3. Анализ надежности нерезервированной схемы, состоящей из n элементов.
4. Расчёт надёжности при последовательном соединении элементов в смысле надежности.
5. Расчёт надёжности системы, состоящей из резервируемых восстанавливаемых элементов.
6. Расчёт надёжности системы при параллельном соединении элементов в смысле надежности.

Задания для контрольной работы

Контрольная работа 1.

Задача 1. Определить вероятность перерыва электроснабжения в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

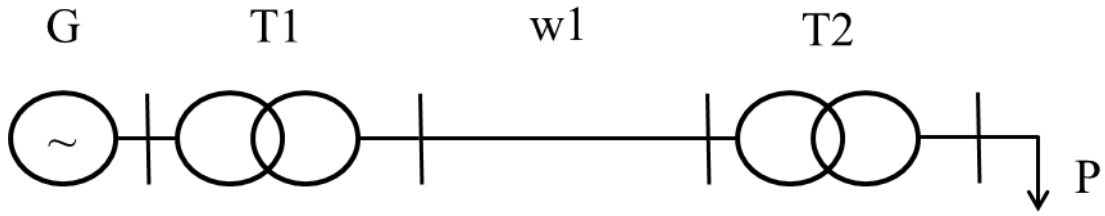


Рис. 1. Схема электропередачи

Таблица 1

Исходные данные

Вероятности отказов элементов схемы				
№ вари-анта	**qG**	**qT1**	**qw1**	**qT2**
1	0,00227	0,000051	0,00184	0,0000529
2	0,002	0,0000498	0,0018	0,0000527
3	0,00217	0,0000486	0,00184	0,0000514
4	0,00202	0,0000529	0,00194	0,0000504
5	0,00229	0,0000519	0,00213	0,00005
6	0,00182	0,0000523	0,00182	0,0000493
7	0,002	0,0000488	0,00182	0,0000494
8	0,00213	0,0000503	0,00189	0,0000497
9	0,00188	0,0000522	0,00204	0,0000528
10	0,00181	0,0000511	0,00211	0,0000511
11	0,00198	0,0000504	0,00228	0,0000528
12	0,00181	0,00005	0,0022	0,000053
13	0,00209	0,0000502	0,00181	0,0000521
14	0,00181	0,0000482	0,00181	0,0000481
15	0,00203	0,0000515	0,00213	0,0000514
16	0,00211	0,00005	0,00192	0,0000481
17	0,00217	0,0000491	0,00197	0,0000495
18	0,00212	0,0000518	0,00194	0,0000492
19	0,00203	0,0000508	0,00183	0,0000485
20	0,00186	0,000052	0,00185	0,0000502
21	0,00217	0,0000514	0,00181	0,0000491
22	0,0021	0,0000528	0,00213	0,0000492
23	0,00215	0,0000514	0,00221	0,0000514
24	0,00193	0,0000511	0,00198	0,0000498
25	0,00206	0,0000492	0,002	0,0000481
26	0,00194	0,0000507	0,00225	0,000051
27	0,0023	0,0000506	0,00184	0,0000522
28	0,00214	0,0000526	0,00216	0,0000501
29	0,0021	0,0000507	0,00186	0,000053
30	0,00184	0,0000515	0,00183	0,0000523
31	0,00189	0,0000526	0,00199	0,0000499
32	0,00184	0,0000529	0,00205	0,0000514
33	0,00205	0,0000525	0,00218	0,0000484
34	0,00181	0,0000519	0,00223	0,0000483
35	0,00217	0,000049	0,00228	0,00005

Вероятности отказов элементов схемы				
№ вари-анта	**qG**	**qT1**	**qw1**	**qT2**
36	0,00196	0,0000522	0,00227	0,0000501
37	0,00184	0,0000502	0,00191	0,0000498
38	0,00194	0,0000509	0,00202	0,0000521
39	0,0018	0,00005	0,00226	0,0000508
40	0,00192	0,0000529	0,00207	0,0000514
41	0,00215	0,0000486	0,00218	0,0000486
42	0,0019	0,0000508	0,00213	0,0000496
43	0,00209	0,0000519	0,00202	0,0000487
44	0,00219	0,0000481	0,00216	0,0000498
45	0,002	0,0000487	0,00184	0,0000484
46	0,00192	0,000048	0,00227	0,0000518
47	0,0018	0,0000496	0,00207	0,0000482
48	0,0018	0,0000524	0,00186	0,0000507
49	0,00199	0,0000497	0,00181	0,000049
50	0,00197	0,0000486	0,0021	0,0000521

Задача 2. Вычислить вероятность передачи электрической мощности Рнагр и Рнагр/2 в соответствии с исходными данными и электрической схемой (табл. 2, рис. 2).

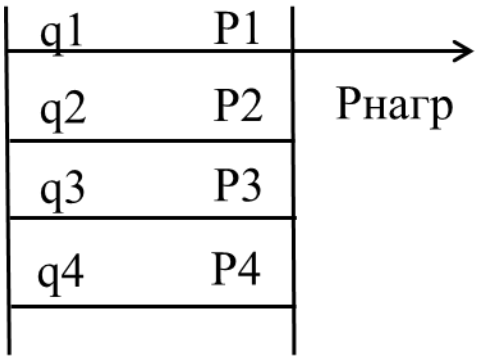


Рис. 2. Схема электропередачи

Таблица 2

Исходные данные

Исходные данные							Вероятности отказов элементов схемы			
№ вари-анта	**Рнагр, МВт**	**Рнагр/2, МВт**	**P1, МВт**	**P2, МВт**	**P3, МВт**	**P4, МВт**	**q1**	**q2**	**q3**	**q4**
1	200	100	42	58	46	54	0,00199	0,00203	0,00195	0,00209
2	200	100	35	65	41	59	0,00183	0,00227	0,00216	0,00212
3	200	100	33	67	44	56	0,00189	0,00227	0,00216	0,00192
4	200	100	31	69	31	69	0,00203	0,00229	0,00212	0,0018
5	200	100	41	59	49	51	0,00221	0,00217	0,00196	0,00207
6	200	100	30	70	47	53	0,00191	0,00187	0,00199	0,00202
7	200	100	47	53	41	59	0,00219	0,00221	0,00226	0,00189
8	200	100	38	62	31	69	0,00208	0,00203	0,00181	0,00202
9	200	100	31	69	32	68	0,00229	0,002	0,00209	0,0018

Исходные данные							Вероятности отказов элементов схемы			
№ вари-анта	Рнагр, МВт	Рнагр/2, МВт	Р1, МВт	Р2, МВт	Р3, МВт	Р4, МВт	q1	q2	q3	q4
10	200	100	50	50	31	69	0,00201	0,00196	0,00216	0,00223
11	200	100	32	68	45	55	0,00219	0,00217	0,00188	0,00199
12	200	100	48	52	34	66	0,00192	0,0022	0,0019	0,00209
13	200	100	47	53	33	67	0,00208	0,00195	0,0021	0,00225
14	200	100	38	62	31	69	0,00212	0,00186	0,00207	0,00228
15	200	100	41	59	49	51	0,00193	0,00229	0,00193	0,00208
16	200	100	37	63	36	64	0,00228	0,00203	0,00218	0,00225
17	200	100	49	51	49	51	0,00218	0,00226	0,00192	0,0019
18	200	100	32	68	45	55	0,00189	0,00187	0,00219	0,00187
19	200	100	41	59	45	55	0,00218	0,00188	0,00227	0,0018
20	200	100	46	54	46	54	0,0019	0,0018	0,0022	0,00216
21	200	100	30	70	31	69	0,00225	0,00194	0,00188	0,00202
22	200	100	36	64	43	57	0,00194	0,00187	0,0022	0,00215
23	200	100	45	55	33	67	0,00184	0,00209	0,00222	0,00222
24	200	100	43	57	42	58	0,0022	0,00215	0,00191	0,00191
25	200	100	41	59	49	51	0,00227	0,00183	0,00221	0,00207
26	200	100	42	58	30	70	0,00226	0,00214	0,0023	0,00204
27	200	100	36	64	45	55	0,00202	0,00223	0,00203	0,00212
28	200	100	38	62	37	63	0,00197	0,00196	0,00228	0,00186
29	200	100	43	57	43	57	0,00225	0,00205	0,0023	0,0023
30	200	100	35	65	50	50	0,00208	0,00197	0,00189	0,00224
31	200	100	46	54	43	57	0,0022	0,0022	0,00207	0,00206
32	200	100	42	58	31	69	0,00226	0,00191	0,00201	0,00207
33	200	100	36	64	33	67	0,00218	0,00189	0,00221	0,00204
34	200	100	50	50	31	69	0,00201	0,00188	0,00191	0,00226
35	200	100	33	67	35	65	0,0023	0,00187	0,00201	0,00187
36	200	100	39	61	33	67	0,00228	0,00213	0,00205	0,00192
37	200	100	46	54	40	60	0,00213	0,00193	0,00206	0,00199
38	200	100	43	57	36	64	0,00208	0,00212	0,00209	0,002
39	200	100	37	63	32	68	0,00191	0,00218	0,00187	0,00211
40	200	100	39	61	40	60	0,00205	0,00207	0,00222	0,00222
41	200	100	49	51	48	52	0,00219	0,00197	0,00204	0,0019
42	200	100	45	55	48	52	0,00214	0,00203	0,00196	0,002
43	200	100	46	54	30	70	0,00221	0,00187	0,00184	0,00217
44	200	100	43	57	30	70	0,00224	0,00224	0,00229	0,00212
45	200	100	45	55	34	66	0,00221	0,0018	0,0018	0,0021
46	200	100	32	68	36	64	0,00194	0,00203	0,00194	0,00228
47	200	100	40	60	37	63	0,00193	0,00187	0,00192	0,0023
48	200	100	42	58	42	58	0,00198	0,00222	0,00184	0,00205
49	200	100	50	50	47	53	0,00204	0,00185	0,00229	0,00214
50	200	100	34	66	46	54	0,002	0,002	0,00201	0,00205

Задача 3. Определить частоту кратковременных погашений секции шин из-за коротких замыканий на шинах и на выключателях для секции шин РУ 10 кВ, от которой питается N отходящих линий (см. рис. 3). Частота отказов с коротким замыканием для выключателей 10 кВ λ_B, частота отказов с коротким замыканием для сборных шин $\lambda_{Ш}$ даны в таблице 3.

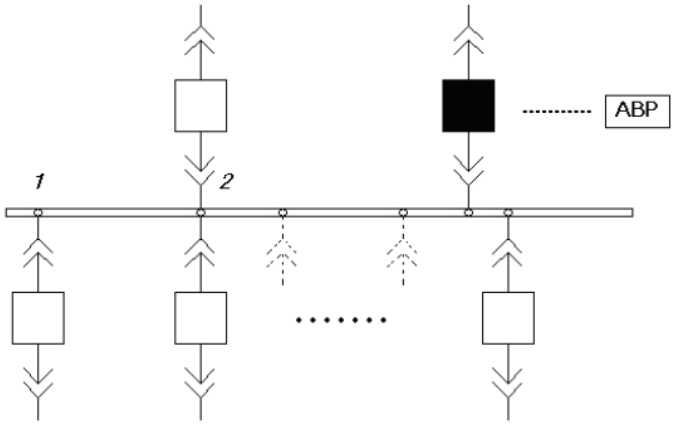


Рис. 3. Схема РУ секции шин 10 кВ

Таблица 3

Исходные данные							
№ вари-анта	**N, ед.**	**λв, 1/год**	**λш, 1/год**	**№ вари-анта**	**N, ед.**	**λв, 1/год**	**λш, 1/год**
1	18	0,0031	0,034	**26**	22	0,0028	0,033
2	14	0,0028	0,034	**27**	22	0,0027	0,034
3	24	0,0031	0,028	**28**	20	0,0031	0,031
4	16	0,0031	0,027	**29**	16	0,0032	0,032
5	16	0,0033	0,027	**30**	12	0,0031	0,033
6	22	0,0032	0,034	**31**	16	0,0033	0,03
7	24	0,0031	0,03	**32**	24	0,0033	0,028
8	20	0,0033	0,026	**33**	18	0,0027	0,031
9	24	0,003	0,032	**34**	14	0,0032	0,027
10	12	0,0033	0,031	**35**	14	0,0033	0,032
11	16	0,0031	0,03	**36**	24	0,0029	0,031
12	24	0,003	0,026	**37**	16	0,0028	0,034
13	14	0,0029	0,032	**38**	22	0,0033	0,028
14	18	0,0031	0,03	**39**	18	0,0028	0,033
15	18	0,0028	0,031	**40**	24	0,0029	0,027
16	18	0,0029	0,027	**41**	22	0,0029	0,031
17	24	0,003	0,031	**42**	24	0,0029	0,034
18	16	0,0031	0,034	**43**	14	0,0027	0,026
19	22	0,003	0,026	**44**	24	0,0027	0,028
20	22	0,0029	0,031	**45**	18	0,0033	0,032
21	24	0,0029	0,029	**46**	14	0,0031	0,034
22	18	0,0029	0,027	**47**	14	0,0033	0,03
23	16	0,0031	0,027	**48**	12	0,0032	0,029
24	14	0,0031	0,028	**49**	20	0,0031	0,029
25	24	0,0033	0,032	**50**	20	0,0028	0,03

Задача 4. Определить вероятность отказа системы при вероятности безотказной работы $p(t) = e^{-\lambda t}$, с учетом кратности резервирования, если для обеспечения электрической энергией потребителей системой из *n* параллельных элементов, необходимо, чтобы в работе оставалось *r* элементов (табл. 4). Ответ дать в процентах.

Таблица 4

Исходные данные							
№ варианта	**n**	**r**	**λt**	**№ варианта**	**n**	**r**	**λt**
1	4	3	0,1	**26**	4	3	0,1
2	2	1	0,12	**27**	4	3	0,07
3	2	1	0,14	**28**	2	1	0,14
4	4	3	0,06	**29**	2	1	0,11
5	5	4	0,08	**30**	2	1	0,08
6	6	5	0,11	**31**	4	3	0,14
7	6	5	0,09	**32**	3	2	0,08
8	2	1	0,1	**33**	2	1	0,07
9	5	4	0,09	**34**	3	2	0,13
10	3	2	0,13	**35**	2	1	0,06
11	5	4	0,1	**36**	6	5	0,12
12	5	4	0,14	**37**	2	1	0,07
13	4	3	0,09	**38**	5	4	0,07
14	3	2	0,14	**39**	5	4	0,11
15	2	1	0,12	**40**	3	2	0,07
16	2	1	0,13	**41**	2	1	0,08
17	6	5	0,1	**42**	4	3	0,11
18	4	3	0,13	**43**	5	4	0,06
19	2	1	0,1	**44**	5	4	0,06
20	2	1	0,06	**45**	5	4	0,11
21	2	1	0,14	**46**	2	1	0,07
22	4	3	0,11	**47**	5	4	0,07
23	4	3	0,08	**48**	5	4	0,06
24	6	5	0,06	**49**	2	1	0,09
25	3	2	0,1	**50**	2	1	0,13

Тестовые задания

Тест 1 по курсу «Надежность электроснабжения»

1. Надежность является сложным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения состоит из сочетания свойств. Назовите эти свойства.

а) безотказность.

б) долговечность.

в) многофункциональность.

г) унифицированность.

д) работоспособность.

е) сохраняемость.

ж) ремонтопригодность.

2. Работоспособное состояние объекта - это:

а) состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической документации.

б) состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных технической документацией.

в) состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, не обязательно сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных технической документацией.

г) состояние объекта, при котором он соответствует наиболее важным требованиям нормативно-технической документации.

3. Объект переходит в неработоспособное состояние после события, которое называется:

а) отказ.

б) вынужденный простой.

в) выход из строя.

г) повреждение.

4. К единичным показателям надежности из представленных относяться:

а) вероятность безотказной работы, $P(t)$.

б) средняя наработка до отказа, T_i.

в) интенсивность отказов, λ.

г) коэффициент готовности, $k_г$.

д) коэффициент вынужденного простоя, $k_п$.

е) коэффициент технического использования, $k_{т.и.}$

5. К комплексным показателям надежности из представленных относяться:

а) вероятность безотказной работы, $P(t)$.

б) средняя наработка до отказа, T_i.

в) интенсивность отказов, λ.

г) коэффициент готовности, $k_г$.

д) коэффициент вынужденного простоя, $k_п$.

е) коэффициент технического использования, $k_{т.и.}$

6. Вероятность безотказной работы, $P(t)$ вероятность отказа $Q(t)$ взаимосвязаны следующим образом:

а) $P(t) = 1 + Q(t)$

б) $P(t) = 1 + Q(t)^2$

в) $P(t) = 1 - Q(t)^2$

г) $P(t) = 1 - Q(t)$

7. Безотказность работы системы с последовательным соединением элементов определяется следующим образом:

а) $P(t) = \prod_{i=1}^{n} p_i(t) = p_1(t) \cdot p_2(t) \ldots p_n(t)$

б) $P(t) = \sum_{i=1}^{n} p_i(t) = p_1(t) + p_2(t) \ldots p_n(t)$

в) $P(t) = \sum_{i=1}^{n} p_i(t) \cdot p_{i+1}(t) = p_1(t) \cdot p_2(t) + p_2(t) \cdot p_3(t) \ldots p_{n-1}(t) \cdot p_n(t)$

г) $P(t) = \left(\prod_{i=1}^{n} p_i(t) \right) ! = \left(p_1(t) \cdot p_2(t) \ldots p_n(t) \right) !$

8. Структурой с параллельным соединением элементов считают систему из *n* элементов или единиц оборудования, если для нормальной работы нужно *r* элементов, а *m=(n - r)* элементов являются резервными. Условие отказа такой системы:

а) $m = n + r - 1$

б) $m = n - r - 1$

в) $m = n - r + 1$

г) $m = n + r + 1$

9. Структурой с параллельным соединением элементов считают систему из *n* элементов или единиц оборудования, если для нормальной работы нужно *r* элементов, а *m=(n - r)* элементов являются резервными. Вероятность отказа такой системы:

а) $q(t) = \sum_{k=m}^{n} \left(c_n^k p^{n-k}(t) - q^k(t) \right)$

б) $q(t) = \sum_{k=m}^{n} \left(c_n^k p^{n-k}(t) \div q^k(t) \right)$

в) $q(t) = \sum_{k=m}^{n} \left(c_n^k p^{n-k}(t) + q^k(t) \right)$

г) $q(t) = \sum_{k=m}^{n} c_n^k p^{n-k}(t) q^k(t)$

10. При резервировании замещением вероятность отказа системы будет определяться по формуле полной вероятности:

а) $q_c = q(S / A_1 A_2) p(A_1) p(A_2) - q(S / \overline{A_1} A_2) q(A_1) p(A_2) - q(S / A_1 \overline{A_2}) p(A_1) q(A_2) - q(S / \overline{A_1}\,\overline{A_2}) q(A_1) q(A_2)$

б) $q_c = q(S / A_1 A_2) p(A_1) p(A_2) \cdot q(S / \overline{A_1} A_2) q(A_1) p(A_2) \cdot q(S / A_1 \overline{A_2}) p(A_1) q(A_2) \cdot q(S / \overline{A_1}\,\overline{A_2}) q(A_1) q(A_2)$

в) $q_c = q(S / A_1 A_2) p(A_1) p(A_2) + q(S / \overline{A_1} A_2) q(A_1) p(A_2) + q(S / A_1 \overline{A_2}) p(A_1) q(A_2) + q(S / \overline{A_1}\,\overline{A_2}) q(A_1) q(A_2)$

г) $q_c = q(S/A_1A_2)p(A_1)p(A_2) + q(S/\overline{A_1}A_2)q(A_1)p(A_2) + q(S/A_1\overline{A_2})p(A_1)q(A_2) + - q(S/\overline{A_1}\,\overline{A_2})q(A_1)q(A_2)$

где $q(S/A_1A_2)$ – условная вероятность отказа системы при отсутствии отказов аппаратуры;

$q(S/\overline{A_1}A_2)$ – то же при отказе в отключении отказавшего элемента;

$q(S/A_1\overline{A_2})$ – то же при отказе во включении резервного элемента;

$q(S/\overline{A_1}\,\overline{A_2})$ – то же при совпадении отказа в отключении с отказом во включении;

$p(A_1), q(A_1)$ – соответственно, вероятность отсутствия отказа и вероятность отказа в отключении;

$p(A_2), q(A_2)$ – соответственно, вероятность отсутствия отказа и вероятность отказа во включении.

11. Вероятность безотказной работы релейно-контактных элементов:

а) $p = 1 - q_o - q_з$

б) $p = 1 + q_o + q_з$

в) $p = 1 - q_o + q_з$

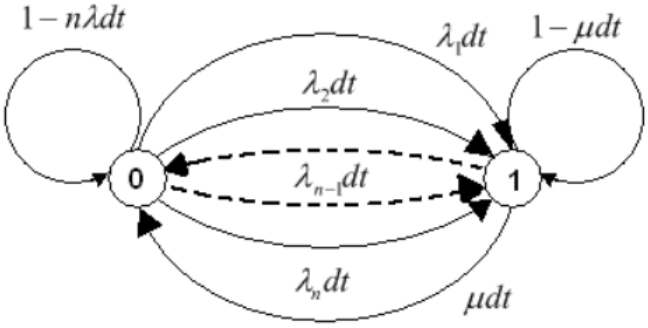
г) $p = 1 + q_o - q_з$

где p - вероятность безотказной работы;

q_0 - вероятность отказа типа «обрыв»;

$q_з$ - вероятность отказа типа «замыкание».

12. Какой схеме соединения элементов электрической сети соответствует представленный граф переходов из состояния в состояние?



где 0 – все элементы в безотказном состоянии;

1 – система в состоянии отказа.

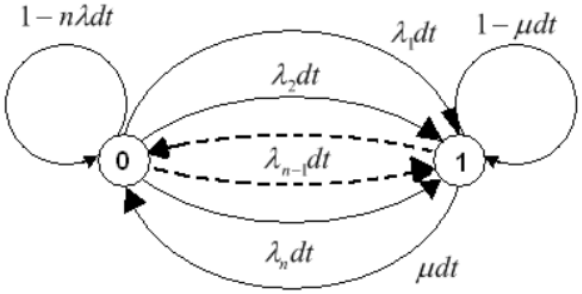
а) параллельное соединеие.

б) последовательное соединиение.

в) соединение с поперечной связью.

г) применимо к любому соединению элементов.

13. Какие дифференциальные уравнения для вероятностей состояний электрической сети верно записаны для представленного графа переходов из состояния в состояние?



где 0 – все элементы в безотказном состоянии;

1 – система в состоянии отказа.

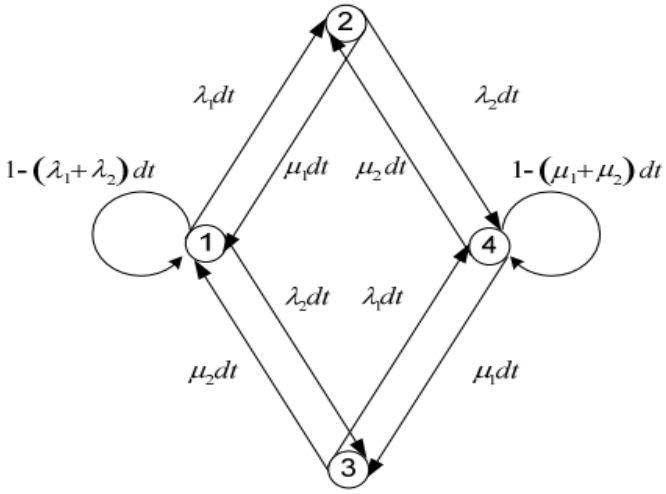
а) $\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = n\lambda p_0(t) + \mu p_1(t); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = -\mu p_1(t) - n\lambda p_0(t); \end{cases}$

б) $\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = n\lambda p_0(t) + \mu p_1(t); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = \mu p_1(t) + n\lambda p_0(t); \end{cases}$

в) $\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = -n\lambda p_0(t) - \mu p_1(t); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = -\mu p_1(t) - n\lambda p_0(t); \end{cases}$

г) $\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = -n\lambda p_0(t) + \mu p_1(t); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = -\mu p_1(t) + n\lambda p_0(t); \end{cases}$

14. Какой схеме соединения элементов электрической сети соответствует представленный граф переходов из состояния в состояние?



где 1 – все элементы в безотказном состоянии;

4 – система в состоянии отказа.

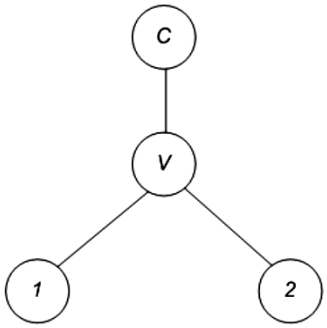
а) параллельное соединеие.

б) последовательное соединиение.

в) соединение с поперечной связью.

г) применимо к любому соединению элементов.

15. Какой схеме соединения элементов электрической сети соответствует представленный граф дерева событий при применении логико-вероятностного метода на основе алгебры логики?



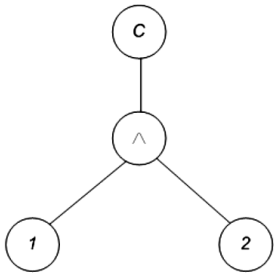
а) параллельное соединеие.

б) последовательное соединиение.

в) соединение с поперечной связью.

г) применимо к любому соединению элементов.

16. Какой схеме соединения элементов электрической сети соответствует представленный граф дерева событий при применении логико-вероятностного метода на основе алгебры логики?



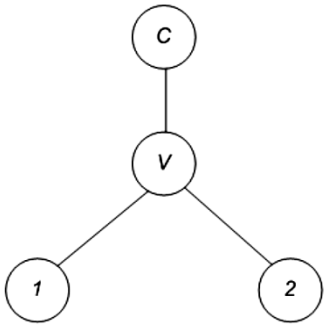
а) параллельное соединеие.

б) последовательное соединиение.

в) соединение с поперечной связью.

г) применимо к любому соединению элементов.

17. Какое уравнение вероятности отказа для представленной схемы соединения элементов электрической сети записано верно при применении логико-вероятностного метода на основе алгебры логики?



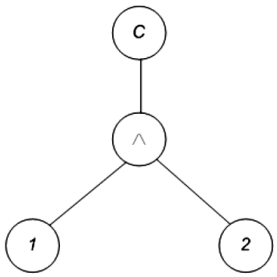
а) $q_c = q_1 - q_2$

б) $q_c = q_1 \cdot q_2$

в) $q_c = q_1 + q_2$

г) $q_c = q_1 \div q_2$

18. Какое уравнение вероятности отказа для представленной схемы соединения элементов электрической сети записано верно при применении логико-вероятностного метода на основе алгебры логики?



а) $q_c = q_1 - q_2$

б) $q_c = q_1 \cdot q_2$

в) $q_c = q_1 + q_2$

г) $q_c = q_1 \div q_2$

19. Как должны быть записаны на основании метода путей и минимальных сечений все минимальные сечения и пути схемы с последовательным соединением элементов в виде матриц минимальных сечений *С* и путей *П?*

а)	$C = \begin{array}{c} \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ \\ c_i \\ \\ c_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$	$\Pi = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$

б)	$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$	$\Pi = \begin{array}{c} \\ \Pi_1 \\ \Pi_2 \\ \Pi_3 \\ \Pi_4 \\ \\ \Pi_i \\ \\ \Pi_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$
в)	$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$	$\Pi = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$
г)	$C = \begin{array}{c} \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ \\ c_i \\ \\ c_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$	$\Pi = \begin{array}{c} \\ \Pi_1 \\ \Pi_2 \\ \Pi_3 \\ \Pi_4 \\ \\ \Pi_i \\ \\ \Pi_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$

20. Как должны быть записаны на основании метода путей и минимальных сечений все минимальные сечения и пути схемы с параллельным соединением элементов в виде матриц минимальных сечений *С* и путей *П?*

а)	$C = \begin{array}{c} \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ \\ c_i \\ \\ c_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$	$\Pi = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$
б)	$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$	$\Pi = \begin{array}{c} \\ \Pi_1 \\ \Pi_2 \\ \Pi_3 \\ \Pi_4 \\ \\ \Pi_i \\ \\ \Pi_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$

в)	$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$	$\Pi = \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{matrix}$ $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$
г)	$C = \begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{matrix}$ $\begin{matrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ \\ c_i \\ \\ c_n \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$	$\Pi = \begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & & i & & n \end{matrix}$ $\begin{matrix} \Pi_1 \\ \Pi_2 \\ \Pi_3 \\ \Pi_4 \\ \\ \Pi_i \\ \\ \Pi_n \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$

Вопросы к зачёту

1. Основные понятия, состояния изделия, временные понятия, отказы, дефекты, повреждения, техническое обслуживание, восстановление и ремонт, показатели надежности, испытания на надежность.

2. Показатели безотказности неремонтируемых объектов.

3. Показатели безотказности ремонтируемых объектов.

4. Ремонтопригодность, долговечность и сохраняемость.

5. Коэффициенты готовности, оперативной готовности, технического использования.

6. Особенности использования показателей надежности для оценки систем электроснабжения.

7. Причины отказов энергетических блоков и синхронных генераторов электростанций.

8. Причины отказов силовых трансформаторов.

9. Причины отказов коммутационных аппаратов.

10. Причины отказов трансформаторов тока и напряжения.

11. Причины отказов линий электропередачи.

12. Модель внезапного отказа элемента.

13. Модель постепенного отказа элемента.

14. Законы распределения сроков службы изоляции элементов систем электроэнергетики.

15. Влияние качества электроэнергии на показатели надёжности силовых трансформаторов и электрических машин.

16. Резервирование релейно-контактных элементов.

17. Модель отказов выключателей.

18. Модели отказов нерезервированных и резервированных систем.

19. Особенности случайных процессов, используемых при решении задач надежности.

20. Процессы отказов и восстановлений одноэлементной схемы.

21. Анализ надежности нерезервированной схемы, состоящей из n элементов.

22. Расчёт надёжности при последовательном соединении элементов в смысле надежности.

23. Расчёт надёжности системы, состоящей из резервируемых восстанавливаемых элементов.

24. Расчёт надёжности системы при параллельном соединении элементов в смысле надежности.

25. Методика расчета параметров надежности в соответствии с аналитическим методом расчета.

26. Методика расчета параметров надежности в соответствии с методом путей и минимальных сечений.

Шкалы оценки образовательных достижений

Раздел 1 Надежность в технике. Термины и определения

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка раздела** (стандартная)	**Требования к знаниям**
22-25	*«отлично»*	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он получил за контрольную работу оценку «отлично», выполнил все здания, в которых показал глубокие и прочные знания методов расчета показателей надежности систем электроснабжения; способность составлять схемы замещения для расчета показателей надежности. При этом не допускал ошибок при решении задач по индивидуальным данным.
18-21	*«хорошо»*	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он получил за контрольную работу оценку «хорошо», выполнил все здания, в которых показал хорошие знания методов расчета показателей надежности систем электроснабжения; способность составлять схемы замещения для расчета показателей надежности. При этом не допускал существенных ошибок при решении задач по индивидуальным данным.
15-18	*«удовлетворительно»*	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за контрольную работу оценку «удовлетворительно», выполнил большую часть зданий, в которых показал удовлетворительные знания методов расчета показателей надежности систем электроснабжения; способность составлять схемы замещения для расчета показателей надежности. При этом мог исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.
менее 15	*«неудовлетворительно»*	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который получил за контрольную работу оценку «неудовлетворительно», не выполнил большую часть зданий, не знает методов расчета показателей надежности систем электроснабжения; не способен составлять схемы замещения для расчета показателей надежности.

Раздел 2 . Методы анализа надежности систем электроснабжения

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка раздела** (стандартная)	**Требования к знаниям**
22-25	*«отлично»*	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он получил за тест оценку «отлично», показал глубокие и прочные знания особенностей случайных процессов, используемых при решении задач надежности, расчетных методов анализа надежности систем электроснабжения. Умеет составлять схемы замещения для расчета показателей надежности, рассчитывать показатели надежности в зависимости от заданных условий. Владеет методами расчета показателей надежности систем электроснабжения.
18-21	*«хорошо»*	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он получил за тест оценку «хорошо», показал хорошие знания особенностей случайных процессов, используемых при

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка раздела** (стандартная)	**Требования к знаниям**
		решении задач надежности, расчетных методов анализа надежности систем электроснабжения. Умеет составлять схемы замещения для расчета показателей надежности, рассчитывать показатели надежности в зависимости от заданных условий. Владеет методами расчета показателей надежности систем электроснабжения.
15-18	*«удовлетворительно»*	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за тест оценку «удовлетворительно», показал удовлетворительные знания особенностей случайных процессов, используемых при решении задач надежности, расчетных методов анализа надежности систем электроснабжения. Умеет составлять схемы замещения для расчета показателей надежности, рассчитывать показатели надежности в зависимости от заданных условий. Владеет методами расчета показателей надежности систем электроснабжения.
менее 15	*«неудовлетворительно»*	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за тест оценку «неудовлетворительно», не показал знаний особенностей случайных процессов, используемых при решении задач надежности, расчетных методов анализа надежности систем электроснабжения. Не умеет составлять схемы замещения для расчета показателей надежности, рассчитывать показатели надежности в зависимости от заданных условий. Не владеет методами расчета показателей надежности систем электроснабжения.

Тест- 1. Основные понятия и методы анализа надёжности систем электроснабжения

Оценка	Количество верно данных ответов
5 (отлично)	19-20
4 (хорошо)	15-18
3 (удовлетворительно)	12-14
2 (неудовлетворительно)	Менее 12

Форма оценивания ответа студента на зачёте
по дисциплине

Баллы (рейтинговой оценки)	**Оценка зачета**	**Требования к знаниям**
30-50	*«зачтено»*	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он показал глубокие и прочные знания основных понятий теории надежности; единичных и комплексных показателей надежности; причин и моделей отказов элементов систем электроснабжения, особенностей случайных процессов, используемых при решении задач надежности, расчетных методов анализа надежности систем электроснабжения. Умеет определять состояние объекта по уровню надежности; рассчитывать единичные и комплексные показатели надежности; составлять схемы замещения для расчета показателей надежности, рассчитывать показатели надежности в зависимости от заданных условий. Владеет способ-

		ностью формулировать свои мысли; методами расчета показателей надежности систем электроснабжения.
Менее 30	*«незачтено»*	Оценка «незачтено» выставляется студенту, если он не показал знаний основных понятий теории надежности; единичных и комплексных показателей надежности; причин и моделей отказов элементов систем электроснабжения, особенностей случайных процессов, используемых при решении задач надежности, расчетных методов анализа надежности систем электроснабжения. Не умеет определять состояние объекта по уровню надежности; рассчитывать единичные и комплексные показатели надежности; составлять схемы замещения для расчета показателей надежности, рассчитывать показатели надежности в зависимости от заданных условий. Не владеет способностью формулировать свои мысли; методами расчета показателей надежности систем электроснабжения.

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Хорольский , В. Я. Надежность электроснабжения: Учеб. пособие для студ. вузов / В. Я. Хорольский, М. А Таранов. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. - 128 с.

2. Васильев И.Е., Надежность электроснабжения : учебное пособие для вузов / Васильев И.Е. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01244-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012444.html

3. Малафеев, С. И. Надежность электроснабжения : учебное пособие / С. И. Малафеев. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1876-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/101833

Дополнительная литература:

4. ГОСТ 27.002 - 2015. Надежность в технике. Термины и определения.

5. ГОСТ Р 27.403-2009 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы.

6. Обеспечение надежности сложных технических систем : учебник / А. Н. Дорохов, В. А. Керножицкий, А. Н. Миронов, О. Л. Шестопалова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1108-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/93594.

7. Васильева Т.Н., Надежность электрооборудования и систем электроснабжения / Васильева Т.Н. - М. : Горячая линия - Телеком, 2015. - 152 с. - ISBN 978-5-9912-0468-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991204682.html

8. Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики: учеб.пособие / Н.В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2011. – 268 с.

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Занятия проводятся в учебной аудитории, предназначенной для проведения занятий лекционного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория оснащена необходимым оборудованием.

В распоряжении обучающихся студентов имеются электронно-библиотечные системы.

Учебно-методические рекомендации для студентов

Дисциплина «Надежность электроснабжения» относится к дисциплинам профессионального модуля. Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении основных дисциплин по профилю подготовки.

Для эффективного освоения дисциплины студентам необходимо проявлять наибольшую активность во время аудиторных занятий, следовать указаниям ведущего преподавателя, выполнять самостоятельную работу в объеме, установленном рабочей программой дисциплины.

Лекционные занятия составляют основу теоретического обучения и позволяют сформировать систематизированные основы знаний по дисциплине, позволяют раскрыть наиболее сложные, основополагающие вопросы.

В ходе лекционных занятий надлежит конспектировать наиболее важные положения изучаемой темы, а по окончании занятия задавать вопросы, вызывающие затруднения с усвоением рассматриваемой темы. Рекомендуется перед следующим лекционным занятием повторить материал рассмотренной темы, изучить современную литературу, выполнить самостоятельную работу в заданном объеме.

Практические занятия по дисциплине позволяют проверить усвоение теоретического материала, формировать практические навыки и умения под руководством преподавателя, углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Практическое занятие предполагает выполнение по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практических работ. Для успешного выполнения практических заданий и освоения дисциплины перед каждым практическим занятием необходимо выучить теоретический материал соответствующей темы, используя как конспект лекций, так и рекомендуемую литературу. По результатам выполнения практической работы проводится оценка текущей успеваемости, которая суммируется к результатам аттестации разделов.

Самостоятельная работа подразумевает под собой проработку теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы по той или иной теме, последующий отчет по результатам самостоятельной работы в форме, установленной преподавателем.

Средством информационной поддержки организации самостоятельной работы студентов в рамках учебной дисциплины являются информационно-образовательная среда (ИОС), электронно-библиотечные системы, доступные БИТИ НИЯУ МИФИ, абонемент и периодика.

Для выполнения самостоятельной работы студенту нужен либо домашний компьютер с доступом в интернет, либо компьютерные класс ВЦ.

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в ИОС.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

В результате освоения дисциплины студенты сдают зачёт**.**

Методические рекомендации для преподавателей

На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в процессе подготовки бакалавра по направлению «Электроэнергетика и электротехника», ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывать содержание учебных вопросов необходимо с акцентированием внимания студентов на практическом применении методов расчёта параметров надёжности систем электроснабжения.

В ходе изложения лекционного материала следует приводить наиболее яркие и запоминающиеся примеры, задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содер-

жание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию.

При подготовке к практическому занятию преподавателю необходимо уточнить план его проведения, продумать перечень задач, подлежащих решению во время практического занятия. Оказывать методическую помощь студентам в подготовке к занятию, выполнению домашних заданий. В ходе практического занятия во вступительном слове раскрыть теоретическую и практическую значимость темы, определить порядок его проведения, количество решаемых задач. Целесообразно в ходе решения задач задавать обучающимся дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения глубины знаний по рассматриваемой теме. В заключительной части практического занятия следует подвести его итоги: дать объективную оценку ответов каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного практического занятия. Ответить на вопросы студентов. Назвать тему очередного занятия.

После каждого лекционного и практического занятия необходимо сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

В результате освоения дисциплины студенты сдают зачёт.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Рабочую программу составил: доцент Кудашева И.О.

Рецензент: доцент Ефремова Т.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Председатель учебно-методической комиссии профессор Кобзев Р.А.