Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Управление высоковольтными электроэнергетическими объектам и комплексами

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Оценочные материалы
по дисциплине
Надежность высоковольтного оборудования

Москва
2023

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Белова О.С. Идентификатор: Rf34a3133-BelovaOS-f9247daf	О.С. Белова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Аграпонова Н.Л. Идентификатор: R5cb2904d-DemchenkoNL-737fe09	Н.Л. Аграпонова
Заведующий выпускающей кафедрой	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Темников А.Г. Идентификатор: Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00	А.Г. Темников

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен применять методы анализа, разрабатывать и обосновывать управленческие, проектные и технические решения при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности (высоковольтных энергетических объектов и комплексов)

ИД-2 Демонстрирует знания в области функционирования объектов электроэнергетики с учетом современных технических решений в области электроэнергетики и обеспечения надежности высоковольтного оборудования

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Статистическая обработка данных ЭЭ с последующей визуализацией с использованием современных инструментов (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Законы распределения СВ. Показатели надежности (Контрольная работа)
2. Марковские процессы (Контрольная работа)
3. Модели отказов элементов. Резервируемые системы (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Основные понятия и методы определения надежности электрооборудования					
Понятие надежности оборудования. Критерии и показатели надежности		+			
Математические методы в теории надежности		+			
Надежность электрооборудования и систем					
Расчет надежности электрооборудования			+		
Физические основы надежности			+		
Модели отказов электрооборудования и система стандартизации надежности					

Модели отказов электрооборудования			+	
Система стандартов «Надежность в технике»			+	
Надежность работы электрооборудования и современные инструменты анализа				
Надежность работы электрооборудования электрических сетей				+
Современные инструменты статистического анализа состояния электрооборудования				+
Вес КМ:	20	30	30	20

$Общая часть/Для промежуточной аттестации$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-2$_{ПК-2}$ Демонстрирует знания в области функционирования объектов электроэнергетики с учетом современных технических решений в области электроэнергетики и обеспечения надежности высоковольтного оборудования	Знать: Основные параметры и характеристики электрооборудования Основы государственной системы стандартизации для разработки и производства электрооборудования, его ввода в эксплуатацию, модернизации и замены Основные модели надежности работы электроэнергетического оборудования Основы теории надежности оборудования Уметь: Формулировать требования к надежности электрооборудования и систем Рассчитывать характеристики надежности	Законы распределения СВ. Показатели надежности (Контрольная работа) Модели отказов элементов. Резервируемые системы (Контрольная работа) Марковские процессы (Контрольная работа) Статистическая обработка данных ЭЭ с последующей визуализацией с использованием современных инструментов (Контрольная работа)

		электрооборудования и систем Применять методы теории вероятностей и математической статистики для расчета надежности электрооборудования	

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Законы распределения СВ. Показатели надежности

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 20
Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 90 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий

Краткое содержание задания:

1. На испытание поставлено 250 одинаковых агрегатов. За время 100 ч отказало 10 агрегатов, а за интервал 100—200 ч еще 9 агрегатов. Определить частоту и интенсивность отказов в промежутке времени 100—200 ч.
2. На ТЭЦ работает 2 типа оборудования в течение времени t = 1000 ч, известны их законы распределения: 1 - показательный закон ʎ = 0,003 1/год, 2 – Вейбулла a = 1,0; ʎ0 = 0,0001 1/час. Сравнить основные показатели надежности для двух типов оборудования.
3. Что такое случайный процесс?
а) зависимость случайной величины от случайного аргумента;
б) зависимость неслучайной величины от случайного аргумента;
в) зависимость случайной величины от неслучайного аргумента.
4. Какую размерность имеет интенсивность отказов?
а) 1/ч;
б) 1/м3;
в) м3/ч.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Основы теории надежности оборудования	1.Что такое случайный процесс? а) зависимость случайной величины от случайного аргумента; б) зависимость неслучайной величины от случайного аргумента; в) зависимость случайной величины от неслучайного аргумента. 2. Какую размерность имеет интенсивность отказов? а) 1/ч; б) 1/м3; в) м3/ч.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 80
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Модели отказов элементов. Резервируемые системы

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 30
Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 90 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий

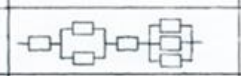
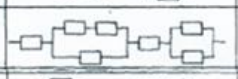
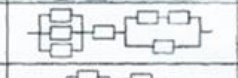
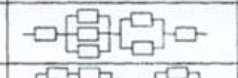
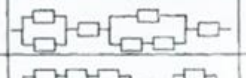
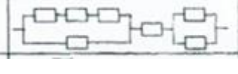
Краткое содержание задания:

1. Имеются два параллельно работающих элемента. Они равнонадежны (P = 0,9), отказы независимы и пропускная способность не ограничивается. Определить: 1 – вероятность, что будут работать 1 или 2, 2 – вероятность отказа обоих элементов, 3 – должны работать оба.
2. Решить задачу:

Рассчитать вероятность безотказной работы в течение 4 месяцев схемы, состоящей из равнонадежных элементов. Варианты схем и интенсивность отказов элементов приведены в табл.

При определении надежности использовать известные формулы для расчета надежности последовательно и параллельно соединенных элементов.

Интенсивность отказа элементов для различных схем

Вариант	Схема	Интенсивность отказа λ_i, $\frac{1}{год}$
0		0,01
1		0,08
3		0,07
4		0,03
5		0,05
7		0,015
8		0,065

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Основные параметры и характеристики электрооборудования	1.Процессы изменения свойств и работоспособности элементов оборудования
Уметь: Формулировать требования к надежности электрооборудования и систем	1.Система состоит из 12600 элементов, отказ каждого из которых ведет к отказу системы. Средняя интенсивность отказов элементов равна 0,32 *10-6 1/ч. Необходимо определить среднюю наработку до отказа, частоту отказов и вероятность безотказной

	работы в течение 50 часов

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 80
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

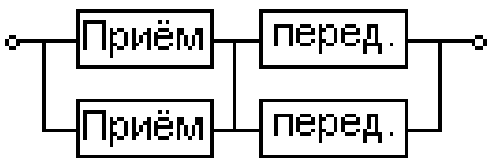
Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Марковские процессы

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 30
Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 90 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий

Краткое содержание задания:
Радиостанция включает в себя приемный и передающий блоки, интенсивности отказов которых одинаковы и равны (0,001). Стационарно обслуживает одна ремонтная бригада; интенсивность восстановления μ=2,2. Помимо работающих имеются приёмный и передающий блок в нагруженном резерве. Переключающее устройство абсолютно надёж-но. Применено раздельное резервирование блоков. Определить коэффициенты готовности Kr и простоя Kп. Логическая схема надёжности имеет вид:



Контрольные вопросы/задания:

Знать: Основные модели надежности работы электроэнергетического оборудования	1.Модель стареющих элементов. Модель элементов с восстановлением
Знать: Основы государственной системы стандартизации для разработки и производства	1.Организация работ по обеспечению надежности

электрооборудования, его ввода в эксплуатацию, модернизации и замены	

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 80
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Статистическая обработка данных ЭЭ с последующей визуализацией с использованием современных инструментов

Формы реализации: Компьютерное задание
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 20
Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 90 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий

Краткое содержание задания:
Дана база данных, включающая в себя сведения о высоковольтном оборудовании и его показатели надежности. Требуется провести разведочный анализ данных, выполнить простейшие визуализации для числовых и категориальных признаков. Сделать вывод о данных.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Применять методы теории вероятностей и математической статистики для расчета надежности электрооборудования	1.Подготовить данные к построению модели машинного обучения. Построить модель. Сравнить результаты прогноза с тестовыми данными
Уметь: Рассчитывать характеристики надежности электрооборудования и систем	1.Дана база данных, включающая в себя сведения о высоковольтном оборудовании и его показатели надежности. Требуется провести разведочный анализ данных, выполнить простейшие визуализации для числовых и категориальных признаков

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 80
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме. На подготовку к ответу на билет дается 60 минут. На два теоретических вопроса из билета необходимо дать устный ответ. Для задачи необходимо привести письменное решение

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2$_{ПК-2}$ Демонстрирует знания в области функционирования объектов электроэнергетики с учетом современных технических решений в области электроэнергетики и обеспечения надежности высоковольтного оборудования

Вопросы, задания

1.

1. Основные определения. Надежность объектов как комплексное свойство. Классификация отказов. Показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых элементов
2. Классификация методов расчета систем на надежность. Расчет надежности при основном соединении элементов в системе.

3. Система состоит из 12600 элементов, отказ каждого из которых ведет к отказу системы. Средняя интенсивность отказов элементов равна 0,32 *10-6 1/ч. Необходимо определить среднюю наработку до отказа, частоту отказов и вероятность безотказной работы в течение 50 часов.

2.

1. Безотказность сложных объектов. Методы повышения безотказности.
2. Физические причины повреждений и отказов. Характеристики повреждений.
3. На испытание поставлено 280 одинаковых агрегатов. За время 100 ч отказало 10 агрегатов. Найти вероятность безотказной работы и отказа агрегатов в течение 100 ч.

3.

1. Единичные и комплексные показатели надежности объектов электроэнергетики. Состояния, характеризующие надежность электроэнергетического оборудования.
2. Модель стареющих элементов. Модель элементов с восстановлением
3. На ТЭЦ работает 2 типа оборудования в течение времени t = 800 ч, известны их законы распределения: 1 - нормальный закон M = 900 ч, G = 30 ч, 2 – Вейбулла a = 1,5; λ0 = 0,0001 1/час. Сравнить основные показатели надежности для двух типов оборудования.

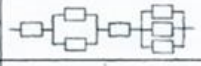
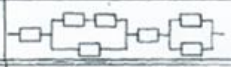
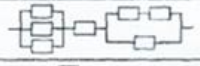
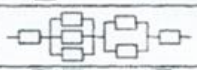
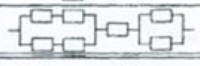
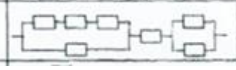
4.

1. Случайные величины, используемые в теории надежности. Аналитические зависимости между показателями надежности.
2. Классификация методов резервирования систем. Расчет надежности при общем и раздельном резервировании.
3. Решить задачу:

Рассчитать вероятность безотказной работы в течение 4 месяцев схемы, состоящей из равнонадежных элементов. Варианты схем и интенсивность отказов элементов приведены в табл.

При определении надежности использовать известные формулы для расчета надежности последовательно и параллельно соединенных элементов.

Интенсивность отказа элементов для различных схем

Вариант	Схема	Интенсивность отказа λ, $1/год^{-1}$
0		0,01
1		0,08
3		0,07
4		0,03
5		0,05
7		0,015
8		0,065

5.

1. Дискретные и непрерывные распределения случайных величин в теории надежности. Многомерные распределения.
2. Структура и состав нормативной документации.
3. Решить задачу:

Составить систему уравнений Колмогорова для графов состояний резервированной системы, изображенных на рис. 7, *а-г* (в соответствии с вариантом). Рассчитать коэффициент готовности системы ($K_г = P_0 + P_1$), решив полученную систему уравнений. Интенсивности отказов и восстановлений устройств, входящих в систему имеют следующие значения:

$$\lambda = n_1 \cdot 10^{-4}\ 1/ч,\ \mu = n_2 \cdot 10^{-4}\ 1/ч,$$

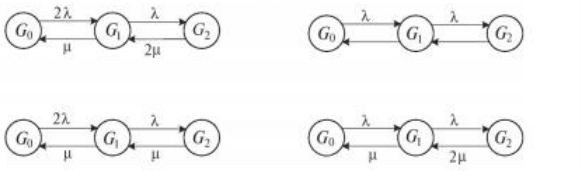


Рис. 7. Графы состояний резервированных систем

6.

1. Характеристики потоков отказов и восстановлений. Модели случайных процессов в теории надежности.
2. Организация работ по обеспечению надежности. Состав и общие правила задания требований по надежности.
3. На ТЭЦ работает 2 типа оборудования в течение времени t = 1000 ч, известны их законы распределения: 1 - показательный закон ʎ = 0,003 1/год, 2 – Вейбулла а = 1,0; ʎ0 = 0,0001 1/час. Сравнить основные показатели надежности для двух типов оборудования.

7.

1. Особенности расчета надежности сложных систем. Требования к функциональной надежности систем, обоснование и распределение требований
2. Надежность электрооборудования по результатам анализа аварийности
3. На испытание поставлено 250 одинаковых агрегатов. За время 100 ч отказало 10 агрегатов, а за интервал 100—200 ч еще 9 агрегатов. Определить частоту и интенсивность отказов в промежутке времени 100—200 ч.

8.

1. Тепловое, электрическое, механическое разрушение.
2. Общая схема и модели формирования постепенного отказа объекта. Теория марковских процессов.
3. Имеются два параллельно работающих элемента. Они равнонадежны (P = 0,9), отказы независимы и пропускная способность не ограничивается. Определить: 1 – вероятность, что будут работать 1 или 2, 2 – вероятность отказа обоих элементов, 3 – должны работать оба

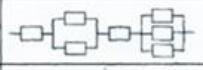
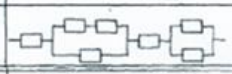
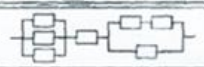
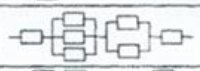
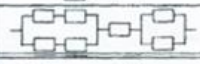
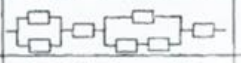
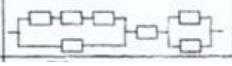
9.

1. Процессы изменения свойств и работоспособности элементов оборудования.
2. Основные положения расчета надежности. Регламентированные методы расчета: методы прогнозирования надежности, структурные и физические методы
3. Решить задачу:

Рассчитать вероятность безотказной работы в течение 4 месяцев схемы, состоящей из равнонадежных элементов. Варианты схем и интенсивность отказов элементов приведены в табл.

При определении надежности использовать известные формулы для расчета надежности последовательно и параллельно соединенных элементов.

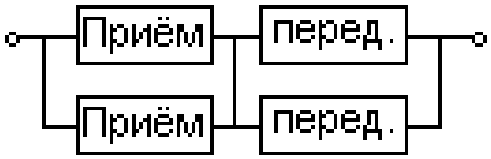
Интенсивность отказа элементов для различных схем

Вариант	Схема	Интенсивность отказа λ, $год^{-1}$
0		0,01
1		0,08
3		0,07
4		0,03
5		0,05
7		0,015
8		0,065

10.

1. Параметры распределения вероятностей отказов и восстановлений оборудования электрических сетей.
2. Аналитика данных в энергетике. Разведочный анализ данных. Визуализация данных.

Радиостанция включает в себя приемный и передающий блоки, интенсивности отказов которых одинаковы и равны (0,001). Стационарно обслуживает одна ремонтная бригада; интенсивность восстановления μ=2,2. Помимо работающих имеются приёмный и передающий блок в нагруженном резерве. Переключающее устройство абсолютно надёж-но. Применено раздельное резервирование блоков. Определить коэффициенты готовности Kr и простоя Kп. Логическая схема надёжности имеет вид:



Материалы для проверки остаточных знаний

1.Что такое случайный процесс?

Ответы:

а) зависимость случайной величины от случайного аргумента;

б) зависимость неслучайной величины от случайного аргумента;
в) зависимость случайной величины от неслучайного аргумента.
2.Какую размерность имеет интенсивность отказов?
Ответы:
а) 1/ч;
б) 1/м3;
в) м3/ч.
3.Какими количественными показателями определяется безотказность восстанавливаемых объектов?
4.Дайте определение надежности и ее свойств

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 80
Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка по курсу ставится на основании положения "НИУ"МЭИ" о бально-рейтинговой системе.