

**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: Электродвижение и электроснабжение наземных транспортных средств

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Тяговые подстанции**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---------------|--|--------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Саможей О.С. |
| Идентификатор | R058c8cab-SamozheyOS-273aedb | |

(подпись)

О.С.

Саможей

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|---------------|--|--------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Саможей О.С. |
| Идентификатор | R058c8cab-SamozheyOS-273aedb | |

(подпись)

О.С.

Саможей

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|---------------|--|---------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Румянцев М.Ю. |
| Идентификатор | R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f | |

(подпись)

М.Ю.

Румянцев

(расшифровка
подписи)

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 рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования

ИД-2 Демонстрирует способность производить расчет требуемых режимов работы тягового электрооборудования

ИД-3 Демонстрирует способность производить расчет элементов тягового электрооборудования

2. ПК-5 Способен учитывать параметры и характеристики основных элементов, применяемых в устройствах тягового электроснабжения

ИД-1 Демонстрирует знание характеристик и режимов работы основного оборудования тяговых подстанций

ИД-2 Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем тягового электроснабжения

3. ПК-7 Способен создавать и анализировать модели для прогнозирования свойств основных элементов электрического транспорта

ИД-2 Выполняет анализ компьютерных моделей устройств электрической тяги

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ 1. (Тестирование)
2. КМ 2. (Контрольная работа)
3. КМ 3. (Контрольная работа)
4. КМ4. (Решение задач)

БРС дисциплины

2 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | | |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|
| | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
| | Срок КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Тяговые подстанции - элемент электрической системы. | | | | | |
| Тяговые подстанции - элемент электрической системы. | | + | | + | |
| Электрическое оборудование тяговых подстанций. | | | | | |

| | | | | |
|--|----|----|----|----|
| Электрическое оборудование тяговых подстанций. | | + | + | |
| Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций. | | | | |
| Преобразовательные агрегаты тяговых подстанций. | + | + | | |
| Повышение качества электрической энергии на тяговых подстанциях. | | | | |
| Повышение качества электрической энергии на тяговых подстанциях. | + | | + | + |
| Системы управления, контроля и защиты. | | | | |
| Системы управления, контроля и защиты. | + | | | + |
| Вес КМ: | 15 | 25 | 30 | 30 |

\$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 способность производить расчет требуемых режимов работы тягового электрооборудования | Знать: методы создания (проектирования), анализа вариантов разработки и поиска компромиссных решений Уметь: - вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств. | КМ 1. (Тестирование) КМ4. (Решение задач) |
| ПК-2 | ИД-3 _{ПК-2} Демонстрирует способность производить расчет элементов тягового электрооборудования | Знать: особенности работы оборудования тяговых подстанций по роду тока Уметь: - разрабатывать электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям; | КМ 2. (Контрольная работа) КМ 3. (Контрольная работа) |
| ПК-5 | ИД-1 _{ПК-5} Демонстрирует | Знать: | КМ 1. (Тестирование) |

| | | | |
|------|---|---|--|
| | знание характеристик и режимов работы основного оборудования тяговых подстанций | особенности работы транспортных систем Уметь: - применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности; | КМ 3. (Контрольная работа) |
| ПК-5 | ИД-2ПК-5 Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем тягового электроснабжения | Знать: структурные схемы электроснабжения электрического транспорта Уметь: - решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения. | КМ 1. (Тестирование) КМ4. (Решение задач) |
| ПК-7 | ИД-2ПК-7 Выполняет анализ компьютерных моделей устройств электрической тяги | Знать: основы устройства и принцип работы оборудования подстанций | КМ 2. (Контрольная работа) |

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ 1.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование

Краткое содержание задания:

Системы электроснабжения тяговых подстанций

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: методы создания (проектирования), анализа вариантов разработки и поиска компромиссных решений | 1. Электроснабжение нетяговых потребителей. |
| Знать: особенности работы транспортных систем | 1.Распределительные устройства переменного тока тяговых подстанций железнодорожного и городского электрического транспорта. 2.Схемы внешнего электроснабжения, их сравнительная характеристика, способы резервирования. |
| Знать: структурные схемы электроснабжения электрического транспорта | 1.Тяговые подстанции постоянного и переменного тока. |
| Уметь: - вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств. | 1.Система тягового электроснабжения 3,3 кВ,25 кВ 2.Система тягового электроснабжения пониженной частоты |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-2. КМ 2.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа.

Краткое содержание задания:

Электрооборудование тяговых подстанций.

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: основы устройства и принцип работы оборудования подстанций | 1.Выбор оборудования для тяговых подстанций. |
| Уметь: - разрабатывать электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям; | 1.Расчет аварийных режимов работы. 2.Проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено более 90% задания

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено 80% задания

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено 70% задания

КМ-3. КМ 3.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Расчет полупроводниковых приборов

Краткое содержание задания:

Расчёт электрооборудования и выбор полупроводниковых приборов.

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|---|
| Знать: особенности работы оборудования тяговых подстанций по роду тока | 1. Энергетические характеристики преобразовательных агрегатов. Современные преобразователи с сухими трансформаторами. Применение многопульсовых схем выпрямления. |
| Уметь: - применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности; | 1.Сравнение схем выпрямления. |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено более 90% задания

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено 80% задания

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено 70% задания

КМ-4. КМ4.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задачи.

Краткое содержание задания:

Расчёт кабелей и выбор защит

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|---|
| Знать: методы создания (проектирования), анализа вариантов разработки и поиска компромиссных решений | 1.Основные параметры кабельной продукции. Расчетные формулы. |
| Уметь: - решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения. | 1.Виды защит кабелей, электрооборудования тяговых подстанций. |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 80

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет №1

1. Тяговые подстанции постоянного и переменного тока. Схемы внешнего электроснабжения, их сравнительная характеристика, способы резервирования.
2. Устройства управления, автоматики и телемеханики. Виды и режимы управления, управление отдельными видами электрооборудования. Системы телемеханики, районные диспетчерские пункты.
3. Задача.

Процедура проведения

Письменный экзамен

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Демонстрирует способность производить расчет требуемых режимов работы тягового электрооборудования

Вопросы, задания

- 1.1. Перенапряжения, виды перенапряжения и способы их ограничения
2. Выбор типа защит
3. Исходные данные выпрямителя

Исходные данные РП-1:

Исходные данные ТЭЦ11:

Уном.=10 кВ;

Ikзmin=10кА;

Ikзmax=12кА;

Lкаб.=0,6км

СБ-3х120-10,0

худ=0,081ом/км

гуд =0,153 ом/км

На питающем элементе РП-1 установлена максимальная токовая защита с независимой характеристикой с заданными уставками, 2000А; тр-р тока 600/5 А (первичных), 1,7 с.

Номинальная мощность подстанции №1:

$S_n = 4866 \text{кВА}$

Задание:

- Расчет токов К.З. Выбрать и проверить трансформатор тока на динамическую и термическую устойчивость. Произвести расчет уставок максималнотокковой защиты с независимой времятоковой характеристикой.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.1. Электрические схемы тяговых подстанций метрополитена и городского электрического транспорта. РУ переменного тока 10 кВ.

2. Электрические схемы, основные параметры и расчетные соотношения преобразовательных агрегатов. Коммутация вентильных групп, внешние характеристики. Защита преобразователей от внутренних внешних перенапряжений.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ПК-2} Демонстрирует способность производить расчет элементов тягового электрооборудования

Вопросы, задания

- 1.1. Распределительные устройства переменного тока тяговых подстанций железнодорожного и городского электрического транспорта. Электроснабжение нетяговых потребителей.
2. Питание собственных нужд и вторичных цепей постоянного и переменного тока, источники питания собственных нужд.
3. Исходные данные РП-1:

$U_{ном.} = 10,5 \text{ кВ};$

$I_{кз} = 7,7 \text{ кА};$

$L_{каб.} = 1,3 \text{ км}$

АСБ-3х150-10,0

$x_{уд} = 0,085 \text{ ом/км}$

$r_{уд} = 0,268 \text{ ом/км}$

На питающем элементе РП-1 установлена максимальная токовая защита с независимой характеристикой с заданными уставками: 630А; тр-р тока 600/5 А (первичных), 0,7 с.

Номинальная мощность подстанции №1:

$S_{н} = 1257 \text{ кВА}$

Задание:

- Расчет токов К.З. Выбрать и проверить трансформатор тока на динамическую и термическую устойчивость. Произвести расчет уставок максимальнотокковой защиты с независимой времятоковой характеристикой.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.1. Электрические схемы, основные параметры и расчетные соотношения преобразовательных агрегатов. Коммутация вентильных групп, внешние характеристики.
2. Выбор уставок отключающих устройств, бездуговое отключение цепей постоянного тока.
3. Задача.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-5} Демонстрирует знание характеристик и режимов работы основного оборудования тяговых подстанций

Вопросы, задания

- 1.1. Электрические схемы, основные параметры и расчетные соотношения преобразовательных агрегатов. Коммутация вентильных групп, внешние характеристики.
2. Выбор уставок отключающих устройств, бездуговое отключение цепей постоянного тока.
3. Задача.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.1. Максимальная токовая защита с зависимой выдержкой по времени. Область применения, типы реле и их характеристики.
2. Схемы и основное оборудование распределительных устройств постоянного тока тяговых подстанций железнодорожного транспорта.

4. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-5 Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем тягового электроснабжения

Вопросы, задания

- 1.1. Особенности работы трансформаторов тока в схемах релейной защиты.
2. Аварийные и вынужденные режимы работы преобразовательных агрегатов (ПА)

3. Исходные данные выпрямителя

Исходные данные РП-1:

$U_{ном.} = 10,5 \text{ кВ};$

$I_{кз} = 6,7 \text{ кА};$

$L_{каб.} = 2,3 \text{ км}$

АСБ-3х120-10,0

$x_{уд} = 0,081 \text{ ом/км}$

$r_{уд} = 0,258 \text{ ом/км}$

На питающем элементе РП-1 установлена максимальная токовая защита с независимой характеристикой с заданными уставками: 470А; тр-р тока 400/5 А (первичных), 0,7 с.

Номинальная мощность подстанции №1:

$S_n = 864 \text{ кВА}$

Задание:

- Расчет токов К.З. Выбрать и проверить трансформатор тока на динамическую и термическую устойчивость. Произвести расчет уставок максимальнотокковой защиты с независимой времятоковой характеристикой.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.1. Классификация и структурные схемы тяговых подстанций.
2. Основные направления развития в области оборудования на тяговых подстанциях. Современное силовое оборудование тяговых подстанций.
- 2.1. Электрические схемы тяговых подстанций постоянного тока магистрального железнодорожного транспорта. Основные структурные элементы и схемы их соединения. РУ переменного тока 110 – 220 кВ.
2. Распределительные устройства постоянного тока. Релейная защита вводов.

5. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-7 Выполняет анализ компьютерных моделей устройств электрической тяги

Вопросы, задания

- 1.1. Токовые отсечки.
2. Электрическая схема и схема управления выпрямителя.
3. Исходные данные выпрямителя

Исходные данные РП-1:

Исходные данные ТЭЦ11:

$U_{ном.} = 10 \text{ кВ};$

$I_{кзmin} = 10 \text{ кА};$

$I_{кзmax} = 12 \text{ кА};$

$L_{каб.} = 0,6 \text{ км}$

СБ-3х120-10,0

$x_{уд} = 0,081 \text{ ом/км}$

$r_{уд} = 0,153 \text{ ом/км}$

На питающем элементе РП-1 установлена максимальная токовая защита с независимой характеристикой с заданными уставками, 2000А; тр-р тока 600/5 А (первичных), 1,7 с.

Номинальная мощность подстанции №1:

$S_n = 4866 \text{ кВА}$

Задание:

- Расчет токов К.З. Выбрать и проверить трансформатор тока на динамическую и термическую устойчивость. Произвести расчет уставок максималнотокковой защиты с независимой времятоковой характеристикой.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Билет №6

1. Высоковольтные выключатели, отделители, короткозамыкатели (назначение, конструкция, схемы включения). Шины, провода и кабели, изоляторы. Аварийные режимы и их отключение.

2. Энергетические характеристики преобразовательных агрегатов. Современные преобразователи с сухими трансформаторами. Применение многопульсовых схем выпрямления.

Ответы:

Лист № Листов 8/1
 20-05-20

Восстанавливаем балансировку, определяем относительные моменты (показатели) по отношению к центру тяжести, вычисляем моменты инерции и находим уравнения КЭВ, рессоры и их характеристики.

Выводим формулы для вычисления и относительных моментов, относительных моментов к.з., относительных моментов преобразования, к.з. для груза - находим относительные моменты.

Сформулируем и проанализируем - определяем относительные моменты к.з. для груза - находим относительные моменты преобразования.

Сформулируем - находим моменты, относительные моменты для относительных моментов к.з. для груза - находим относительные моменты преобразования.

Сформулируем - находим моменты, относительные моменты для относительных моментов к.з. для груза - находим относительные моменты преобразования.

Сформулируем - находим моменты, относительные моменты для относительных моментов к.з. для груза - находим относительные моменты преобразования.

Сформулируем - находим моменты, относительные моменты для относительных моментов к.з. для груза - находим относительные моменты преобразования.



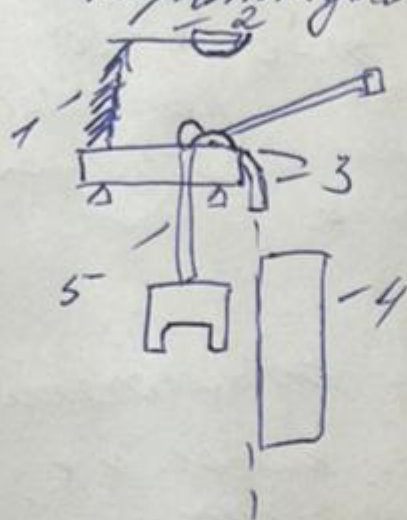
Одновременно работа отдачи и пружины:

- P - пружина
- B - балансировка
- AB - ось отдачи
- K3 - кривошипно-шатунный механизм
- TP - ось отдачи
- П - пружина



Защита TP будет перед K3, который соединяет ось к.з. Выступит защита, ищите относительные П. В течение действия нагрузки относительные П.

Короткозамкатель.

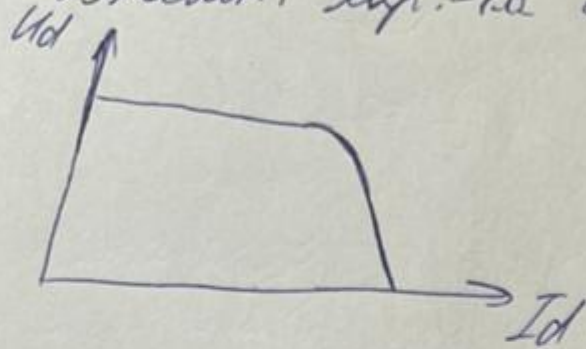


- 1 - изолятор колески
- 2 - шпиль
- 3 - тело механизма привода
- 4 - привод
- 5 - заземлитель

Классификация кабелей:

- по роду металла токопроводящих
- по типу изоляции (бумажная, резиновая)
- по величине напряжения.
- по виду передаваемой чрез кабель
- по способу защиты от мех. повреждений
- по кол. -ву жил

2) Энергетические хар.-ки преобр. аппар.
 Современное преобр. с дуговой тр.
 применение многопульс. схем выпрям.
 Высок. хар.-ка выпрям. аппарата.



6-пульс. схем
 недостатков;
 низкий коэффициент
 искажения
 потребляем
 вследствие, низк.
 Электр. Э.

Передою гармоник, содержащиеся в
 тока преобр. траект. та, при сим.
 напряжении зависит от числа пу.
 выпрямленного напряжение: $V = K \cdot m$
 чисел, m - число пульсаций.

С увеличением числа пульсаций
 искажение формы кривой сетевого
 затаетеб стремится к единице, а
 состав сетевого тока ухудшается.

Вн. хар.-ка: зависимость напря.-ние и
 от среднего зн. тока I_d .

$$U_{dм} = U_{d0} - \Delta U_{dтг} - \Delta U_{dн} - \Delta U_{dв}$$

U_{d0} - среднее значение выпрямленного

$\Delta U_{dтг}$ - потери напр. в тел. тр. те.

$\Delta U_{dн}$ - потери напр. в пил. цепях

- 2.1. Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени. Область применения, типы реле и их характеристики.
2. Основы управления оборудованием тяговых подстанций. Обслуживаемые и автоматические подстанции, системы телемеханики.
- 3.1. Особенности электрических схем тяговых подстанций постоянного тока.
2. Дифференциальные защиты.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения задания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения задания: 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 задания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Согласно БАРС