

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электромеханика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Основы проектирования силовых трансформаторов электроэнергетики**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Коробков С.А.
	Идентификатор	R8c9cf13d-KorobkovSA-9c1e19ad

(подпись)

С.А.

Коробков

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ширинский С.В.
	Идентификатор	Rac9f4bfa-ShirinskiiSV-a85b725f

(подпись)

С.В.

Ширинский

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

(подпись)

М.Г. Киселев

(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-5 Способен проводить работы по обработке технической информации и результатов исследований, ее анализу и применению для проектирования объектов профессиональной деятельности

ИД-1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, сопоставляет конкурентно-способные варианты технических решений

ИД-2 Демонстрирует знание основных правил компоновки и проектирования электротехнических устройств

ИД-3 Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов

2. ПК-6 Способен использовать и составлять типовую сопроводительную документацию

ИД-2 Формирует элементы технической документации

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Проектирование обмоток силового трансформатора» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа «Расчет и корректировка параметров короткого замыкания и холостого хода» (Контрольная работа)

3. Тест «Этапы жизненного цикла и конструкция силового трансформатора» (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Тест «Конструктивная схема и основные размеры силового трансформатора» (Тестирование)

БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	14
Задачи проектирования и современные требования к силовым трансформаторам распределительных сетей.					
Задачи проектирования и современные требования к силовым трансформаторам распределительных сетей.	+	+	+	+	
Конструктивная схема и основные размеры силового трансформатора					

Конструктивная схема и основные размеры силового трансформатора	+	+	+	+
Изоляция в трансформаторах.				
Изоляция в трансформаторах.	+	+		+
Алгоритмы расчета основных конструктивных форм обмоток				
Алгоритмы расчета основных конструктивных форм обмоток			+	
Расчет параметров короткого замыкания.				
Расчет параметров короткого замыкания.	+	+	+	+
Определение механических сил и электродинамической устойчивости обмоток				
Определение механических сил и электродинамической устойчивости обмоток			+	
Расчет параметров холостого хода.				
Расчет параметров холостого хода.	+	+	+	+
Проектирование системы охлаждения				
Проектирование системы охлаждения	+	+	+	+
Конструктивная проработка трансформатора				
Конструктивная проработка трансформатора	+	+		+
Этапы жизненного цикла силового трансформатора				
Этапы жизненного цикла силового трансформатора	+	+	+	+
Основные положения обобщенного метода расчета силовых трансформаторов.				
Основные положения обобщенного метода расчета силовых трансформаторов.			+	
Стандартизация и нормализация в трансформаторостроении.				
Стандартизация и нормализация в трансформаторостроении.		+		+
Вес КМ:	10	25	25	40

§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-5	ИД-1 _{ПК-5} Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, сопоставляет конкурентно-способные варианты технических решений	Уметь: выбирать аналоги, конструктивные исполнения и активные материалы для проектируемого трансформатора	Тест «Конструктивная схема и основные размеры силового трансформатора» (Тестирование) Контрольная работа «Проектирование обмоток силового трансформатора» (Контрольная работа) Тест «Этапы жизненного цикла и конструкция силового трансформатора» (Тестирование)
ПК-5	ИД-2 _{ПК-5} Демонстрирует знание основных правил компоновки и проектирования электротехнических устройств	Знать: применяемые конструкции трансформаторов, типы обмоток и методики их проектирования	Тест «Конструктивная схема и основные размеры силового трансформатора» (Тестирование) Контрольная работа «Проектирование обмоток силового трансформатора» (Контрольная работа) Контрольная работа «Расчет и корректировка параметров короткого замыкания и холостого хода» (Контрольная работа) Тест «Этапы жизненного цикла и конструкция силового трансформатора» (Тестирование)
ПК-5	ИД-3 _{ПК-5} Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов	Уметь: самостоятельно и обоснованно применять методики расчетов при проектировании трансформаторов	Контрольная работа «Расчет и корректировка параметров короткого замыкания и холостого хода» (Контрольная работа)
ПК-6	ИД-2 _{ПК-6} Формирует элементы технической документации	Уметь: готовить итоговую графическую и текстовую информацию по	Контрольная работа «Проектирование обмоток силового трансформатора» (Контрольная работа) Тест «Этапы жизненного цикла и конструкция силового трансформатора» (Тестирование)

		выполненному проекту	
--	--	----------------------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест «Конструктивная схема и основные размеры силового трансформатора»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование

Краткое содержание задания:

Сечение стержня выполняется в виде многоступенчатой фигуры с целью: 1. повышения индукции в стержне 2. снижения потоков рассеяния 3. минимизации размеров и расхода материалов трансформатора 4. уменьшения числа витков обмотки

Контрольные вопросы/задания:

Знать: применяемые конструкции трансформаторов, типы обмоток и методики их проектирования	1. Главная изоляция трансформатора. Состав главной изоляции. Исходя из чего выбирается тип и размеры главной изоляции. Изоляционные промежутки главной изоляции. 2. Чем отличается подход к проектированию отдельного трансформатора и серии трансформаторов
Уметь: выбирать аналоги, конструктивные исполнения и активные материалы для проектируемого трансформатора	1. Разработать предложения по улучшению внешней характеристики. Оценить количественно влияние предложенных мер на параметры и конструкцию трансформатора 2. Выбор переменной при проектировании отдельного трансформатора с минимальной стоимостью активной части.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

КМ-2. Контрольная работа «Проектирование обмоток силового трансформатора»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменная контрольная работа

Краткое содержание задания:

Вариант 1

1. Исходя из чего принимается плотность тока в предварительном расчете при проектировании трансформатора?
2. К чему приведет занижение или завышение плотности тока?
3. Разложить обмотку ВН трансформатора II габарита класса напряжения 10кВ

$l = 420$ мм $W_{ном} = 820$ $WP = 20$ Y/Y
 $J = 3$ А/мм² медь $I_{ном.} = 47$ А.
Регул. напряжения ПБВ $\pm 2 \times 2,5\%$

Вариант 2

Вариант -02 .

1. Продольная изоляция трансформатора.. Состав продольной. Изоляции
2. Исходя из чего производится выбор типа и размера продольной изоляции. Примеры изоляционных промежутков продольной изоляции.
3. Разложить обмотку НН II габарита класса напряжения 10кВ

$l = 390$ мм $W_{ном} = 29,7$ Y/Y
 $J = 1,5$ А/мм² алюмин $I_{ном} = 690$ А.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: применяемые конструкции трансформаторов, типы обмоток и методики их проектирования	1. Из каких соображений выбираются оптимальные размеры и количество элементарных (параллельных) проводников в обмотках? 2. По каким причинам обмотки силовых трансформаторов стремятся выполнить равновысокими?
Уметь: выбирать аналоги, конструктивные исполнения и активные материалы для проектируемого трансформатора	1. Разработать предложения по повышению электродинамической стойкости спроектированного трансформатора. Оценить влияние предложенных мер на параметры трансформатора.
Уметь: готовить итоговую графическую и текстовую информацию по выполненному проекту	1. Произвести выбор типа обмотки исходя из номинальных данных трансформатора

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

КМ-3. Контрольная работа «Расчет и корректировка параметров короткого замыкания и холостого хода»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменная контрольная работа

Краткое содержание задания:

1. При расчете трансформатора получены следующие значения R_k и U_k

R_k расчетное = 0,85 R_k заданного

U_k расчетное = 1,09 U_k заданного

Что необходимо изменить при повторном расчете чтобы получить эти величины равным заданным? Поясните логику пересчета.

2. При расчете трансформатора получены следующие значения R_k и U_k

R_k расчетное = 1,10 R_k заданного

U_k расчетное = 1,08 U_k заданного

Что необходимо изменить при повторном расчете чтобы получить эти величины равным заданным? Поясните логику пересчета.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: применяемые конструкции трансформаторов, типы обмоток и методики их проектирования	1.Каковы свойства эл. технической холоднокатанной стали и какие марки стали применяются в трансформаторостроении? 2.Какие виды транспозиции вы знаете, когда они применяются?
Уметь: самостоятельно и обоснованно применять методики расчетов при проектировании трансформаторов	1.Предложить пути снижения массы электротехнической стали при проектировании трансформатора. 2.Исследовать возможность повышения энергоэффективности трансформатора за счет снижения добавочных потерь в обмотках. Предложить варианты снижения этих потерь и оценить достигаемый результат. Оценить влияние предложенных мер на параметры трансформатора

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

КМ-4. Тест «Этапы жизненного цикла и конструкция силового трансформатора»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование

Краткое содержание задания:

1. Устройства защиты которые устанавливают на баке силовых трансформаторов, перечислите и укажите их назначение.
2. Расширительный бак трансформатора. Перечислите все функции, которые выполняет расширительный бак.
3. Серия трансформаторов. Общие признаки трансформаторов одной серии

Контрольные вопросы/задания:

Знать: применяемые конструкции трансформаторов, типы обмоток и методики их проектирования	1. Назначение и принцип действия газового реле. 2. Чем обусловлена максимально допустимая температура обмоток трансформатора.
Уметь: выбирать аналоги, конструктивные исполнения и активные материалы для проектируемого трансформатора	1. Оценить возможности совершенствования трансформатора за счет применения альтернативного жидкого диэлектрика. Сравнить варианты трансформатора с различными жидкими диэлектриками.
Уметь: готовить итоговую графическую и текстовую информацию по выполненному проекту	1. Укажите правильную последовательность операций сборки трансформатора 2. Укажите правильную последовательность операций сборки трансформатора: а) намотка обмоток и шихтовка магнитной системы б) расшихтовка верхнего ярма с) установка обмоток на стержень д) зашихтовка верхнего ярма

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Исходя из чего принимается плотность тока в предварительном расчете при проектировании трансформатора? К чему приведет занижение или завышение плотности тока?
2. Разложить обмотку ВН трансформатора II габарита класса напряжения 10кВ

$l = 420$ мм $W_{ном} = 820$ $WP = 20$ Y/Y
 $J = 3$ А/мм² медь $I_{ном.} = 47$ А.
Регул. напряжения ПБВ $\pm 2 \times 2,5\%$

Процедура проведения

Оценка за зачет ставится по результатам работы в семестре с применением системы БАРС

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-5} Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, сопоставляет конкурентно-способные варианты технических решений

Вопросы, задания

- 1.1. Что такое транспозиция и для чего применяется? Виды транспозиции
2. Разложить обмотку НН II габарита класса напряжения 10кВ Y/Y
 $l = 390$ мм $W_{ном} = 29,7$
 $J = 1,5$ А/мм² алюмин $I_{ном} = 690$ А.
 2. 1. Каковы преимущества “круглой обмотки”(намотанной по окружности) перед обмоткой прямоугольной формы?
 2. Разложить обмотку ВН
 $l = 710$ мм $W_{ном} = 1092$ $WP = 40$
 $J = 3$ А/мм² медь $I_{ном} = 28$ А.
Регул. напряжения ПБВ $\pm 2 \times 2,5\%$

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Обмотка НН располагается обычно ближе к стержню (внутри обмотки ВН) с целью
Ответы:
 1. снижения индукции в стержне
 2. снижения нагрева обмоток
 3. повышения коэффициента трансформации
 4. уменьшения изоляционных расстояний и габаритов трансформатораВерный ответ: 4
2. Плотность тока в обмотках при проектировании принимается в зависимости от заданных потерь в магнитопроводе
Ответы:

1 потерь в обмотках и материала обмоток

2 коэффициента трансформации

3 тока холостого хода

Верный ответ: 1

3.Изменение толщины листов стали магнитопровода повлияет на

Ответы:

1 ток в обмотках

2 потери в магнитопроводе

3 массу масла в баке

Верный ответ: 2

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-5 Демонстрирует знание основных правил компоновки и проектирования электротехнических устройств

Вопросы, задания

1. 1. Расшифруйте обозначение трансформатора ТРДЦН 63000/35

2. Разложить обмотку НН трансформатора II габарита класса напряжения 10кВ Y/Y

$l = 660$ мм

$W_{ном} = 22,2$

$J = 3$ А/мм²

медь

$I_{ном} = 1350$ А.

2.1. Главная изоляция трансформатора. Состав главной изоляции. Исходя из чего выбирается тип и размеры главной изоляции. Изоляционные промежутки главной изоляции.

2. Разложить обмотку ВН II габарита класса напряжения 10кВ Y/Y

$l = 420$ мм

$W_{ном} = 820$

$WP = 20$

$J = 3$ А/мм²

медь

$I_{ном} = 47$ А.

Регул. напряжения

ПБВ $\pm 2 \times 2,5\%$

3.1. Для чего стержень и ярмо имеют ступенчатую форму поперечного сечения? Чем определяется стандартизированное число ступеней стержня для данного диаметра.

2. Разложить обмотку НН II габарита класса напряжения 10кВ Y/Y

$l = 660$ мм

$W_{ном} = 22,2$

$J = 3$ А/мм²

медь

$I_{ном} = 1350$ А.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Масло в баке силового трансформатора выполняет следующие функции

Ответы:

1 изоляция и теплоноситель

2 усиление магнитного потока

3 смазка магнитопровода

Верный ответ: 1

2. Количество радиаторов на баке трансформатора определяется

Ответы:

1 требуемой поверхностью конвекции бака

2 типом обмоток

3 классом напряжения трансформатора

Верный ответ: 1

3. Транспозиция параллельных проводников обмотки это

Ответы:

1 перестановка проводников для выравнивания их полного сопротивления

2 усиление изоляции проводников

3 прессовка проводников

Верный ответ: 1

4. Тип обмотки в проектируемом трансформаторе выбирается исходя из

Ответы:

- 1 фазного тока, напряжения и мощности трансформатора
- 2 схемы соединения обмоток трансформатора
- 3 высоты обмотки

Верный ответ: 1

3. Компетенция/Индикатор: ИД-3ПК-5 Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов

Вопросы, задания

1.1. Что такое анизотропия магнитных свойств стали и как она проявляется в трансформаторе? Для каких марок стали характерна анизотропия?

2. Разложить обмотку НН трансформатора II габарита класса напряжения 10кВ
 $l = 660$ мм $W_{ном} = 22,2$ Y/Y
 $J = 3$ А/мм² медь $I_{ном} = 1350$ А.

2.1. Как и для чего выполняется изоляция пластин магнитной системы?
На что влияет толщина пластин магнитной системы?

2. Разложить обмотку ВН II габарита класса напряжения 10кВ
 $l = 400$ мм $W_{ном} = 631$ WP=15 Y/Y
 $J = 3$ А/мм² медь $I_{ном} = 53$ А.
Регул. напряжения ПБВ ±2X2,5%

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой из перечисленных размеров относится к основным размерам трансформатора
Ответы:

1. расстояние между радиаторами
2. диаметр стержня
3. диаметр провода в обмотке ВН

Верный ответ: 2

2. Применение “косых” стыков в углах магнитной системы из холоднокатаной стали позволяет

Ответы:

- 1 Снизить высоту обмоток
- 2 Снизить потери холостого хода
- 3 Уменьшить размеры трансформатора

Верный ответ: 2

4. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-6 Формирует элементы технической документации

Вопросы, задания

1.1. Исходя из чего принимается плотность тока в предварительном расчете при проектировании трансформатора? К чему приведет занижение или завышение плотности тока?

2. Разложить обмотку ВН трансформатора II габарита класса напряжения 10кВ

$l = 420$ мм $W_{ном} = 820$ WP=20 Y/Y
 $J = 3$ А/мм² медь $I_{ном.} = 47$ А.
Регул. напряжения ПБВ ±2X2,5%

2.1. Продольная изоляция трансформатора.. Состав продольной. изоляции Исходя из чего производится выбор типа и размера продольной изоляции. Примеры изоляционных промежутков продольной изоляции.

2. Разложить обмотку НН II габарита класса напряжения 10кВ

$l = 390$ мм	$W_{ном} = 29,7$	Y/Y
$J = 1,5$ А/мм ²	алюмин	$I_{ном} = 690$ А.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Газовое реле устанавливается на бак для

Ответы:

1 Защиты трансформатора в аварийных режимах

2 Для контроля окружающего воздуха

3 Для измерения давления масла

Верный ответ: 1

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за зачет ставится по результатам работы в семестре с применением системы БАРС