

**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, электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

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

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

С.А.
Коробков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

С.В.
Ширинский

Заведующий
выпускающей
кафедрой

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

М.Г. Киселев

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-4 Способен принимать участие в проектировании, анализировать конкурентоспособные варианты технических решений и обосновывать выбор целесообразных проектных решений в соответствии с требованиями технического задания в области электрических машин и аппаратов

ИД-1 Демонстрирует знание основных правил компоновки силовых трансформаторов

ИД-5 Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов

2. ПК-5 Способен осуществлять поиск научно-технической информации и участвовать в составлении типовой сопроводительной документации

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

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-4	ИД-1ПК-4 Демонстрирует знание основных правил компоновки силовых трансформаторов	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-4	ИД-5ПК-4 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-5	ИД-1ПК-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-2ПК-5 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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 $\pm 2X2,5\%$

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

Оценка: 2

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

Оценка: 2

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

Оценка: 2

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

Какой из перечисленных размеров относится к основным размерам трансформатора

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

Процедура проведения

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

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-4 Демонстрирует знание основных правил компоновки силовых трансформаторов

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

$l = 420 \text{ мм}$ $W_{\text{ном}} = 820$ $WP = 20$ Y/Y
 $J = 3 \text{ А/мм}^2$ медь $I_{\text{ном.}} = 47 \text{ А.}$
Регул. напряжения ПБВ

2. 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
 $l = 660 \text{ мм}$ $W_{\text{ном}} = 22,2$

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

2. Компетенция/Индикатор: ИД-5ПК-4 Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов

Вопросы, задания

- 1.1. Расшифруйте обозначение трансформатора ТРДЦН 63000/35
2. Разложить обмотку НН трансформатора II габарита класса напряжения 10кВ Y/Y

$$J = 3 \text{ А/мм}^2 \quad \text{медь} \quad l = 660 \text{ мм} \quad W_{\text{ном}} = 22,2 \quad I_{\text{ном}} = 1350 \text{ А.}$$

- 2.1. 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

$$l = 660 \text{ мм} \quad W_{\text{ном}} = 22,2 \quad J = 3 \text{ А/мм}^2 \quad \text{медь} \quad I_{\text{ном}} = 1350 \text{ А.}$$

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

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

Вопросы, задания

- 1.1. 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

$$l = 420 \text{ мм} \quad W_{\text{ном}} = 820 \quad W_P = 20$$

$J = 3 \text{ А/мм}^2$

медь

$I_{\text{ном}} = 47 \text{ А.}$

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 трансформатора

Верный ответ: 4

2. Плотность тока в обмотках при проектировании принимается в зависимости от:

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

4. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-5} Формирует элементы технической документации

Вопросы, задания

1.1. 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

$l = 400 \text{ мм}$

$W_{\text{ном}} = 631$

$WP = 15 \text{ Y/Y}$

$J = 3 \text{ А/мм}^2$

медь

$I_{\text{ном}} = 53 \text{ А.}$

Регул. напряжения

ПБВ $\pm 2 \times 2,5\%$

2. 1. Что такое транспозиция и для чего применяется? Виды транспозиции

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

$l = 390 \text{ мм}$

$W_{\text{ном}} = 29,7$

$J = 1,5 \text{ А/мм}^2$

алюмин

$I_{\text{ном}} = 690 \text{ А.}$

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: зачтено

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания:

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу