

**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: Техника и электрофизика высоких напряжений**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы диагностики изоляции оборудования и установок высокого  
напряжения**

**Москва**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кошелев М.А.
	Идентификатор	R98637263-KoshelevMA-6c225577

(подпись)

М.А.

Кошелев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедева Н.А.
	Идентификатор	R75716a03-LebedevaNA-99306643

(подпись)

Н.А.

Лебедева

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db003

(подпись)

А.Г.

Темников

(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-1 Способен принимать участие в проведении научных исследований в области объектов профессиональной деятельности (техники и электрофизики высоких напряжений)
- ИД-6 Демонстрирует знание научных основ диагностики высоковольтной изоляции

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Домашнее задание № 1 «Особенности диагностики отдельных видов высоковольтного оборудования» (Домашнее задание)
2. Лабораторная работа №1 «Изучение факторов, влияющих на съемку тепловизором объектов электроэнергетического оборудования» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа №2 «Контроль изоляции на основе явления диэлектрической абсорбции» (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа №3 «Акустический контроль частичных разрядов в изоляции» (Лабораторная работа)
5. Лабораторная работа №4 «Диэлектрические потери. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь» (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	15	16
Задачи диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения. Научные основы методов испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением						
Задачи диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения. Научные основы методов испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением	+	+	+	+	+	
Научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции по частичным разрядам						
Научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции по частичным разрядам	+	+	+	+	+	
Научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции по явлению диэлектрической абсорбции и тангенсу угла диэлектрических потерь						

Научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции по явлению диэлектрической абсорбции и тангенсу угла диэлектрических потерь	+	+	+	+	+
Научные основы методов диагностики изоляции маслонаполненного оборудования высокого напряжения					
Научные основы методов диагностики изоляции маслонаполненного оборудования высокого напряжения	+	+	+	+	+
Научные основы тепловизионного метода диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения					
Научные основы тепловизионного метода диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения	+	+	+	+	+
Особенности диагностики отдельных видов высоковольтного оборудования					
Особенности диагностики отдельных видов высоковольтного оборудования	+	+	+	+	+
Вес КМ:	20	20	20	20	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-1	ИД-6ПК-1 Демонстрирует знание научных основ диагностики высоковольтной изоляции	Знать: научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции технические средства диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения Уметь: применять технические средства диагностики высоковольтной изоляции анализировать результаты диагностических измерений параметров высоковольтной изоляции, выполнять отбраковку высоковольтной изоляции	Лабораторная работа №1 «Изучение факторов, влияющих на съемку тепловизором объектов электроэнергетического оборудования» (Лабораторная работа) Лабораторная работа №2 «Контроль изоляции на основе явления диэлектрической абсорбции» (Лабораторная работа) Лабораторная работа №3 «Акустический контроль частичных разрядов в изоляции» (Лабораторная работа) Домашнее задание № 1 «Особенности диагностики отдельных видов высоковольтного оборудования» (Домашнее задание) Лабораторная работа №4 «Диэлектрические потери. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь» (Лабораторная работа)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Лабораторная работа №1 «Изучение факторов, влияющих на съемку тепловизором объектов электроэнергетического оборудования»

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение лабораторной работы, а также опрос на знания факторов, влияющих на съемку тепловизором объектов электроэнергетического оборудования

#### Краткое содержание задания:

#### ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Лабораторный стенд включает в себя следующие приборы – тепловизор, термометр с зондом для измерения температуры на поверхности твердого тела, анемометр для измерения скорости воздушного потока. Рассмотрим технические характеристики этих приборов.

На рис.1 представлен тепловизор Flir ThermaCam E300. Его технические характеристики удовлетворяют требованиям к тепловизорам, используемым для контроля объектов электроэнергетики.



Figure 1 Рис. 1 Тепловизор Flir ThermaCam E300

В качестве приемника инфракрасного излучения в тепловизоре используется неохлаждаемый микроболометр с матрицей размером 320x240 пикселей. Технические характеристики тепловизора представлены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики тепловизора Flir ThermaCam E300

Тип приемника инфракрасного излучения	Неохлаждаемый микроболометр 320 x 240 пикселей
Температурная чувствительность	0,1 °C
Спектральный диапазон	От 7,5 до 13 мкм
Интервал измеряемых температур	От -20 °C до +500 °C (в двух диапазонах)
Поле зрения	23° x 17°
Фокусное расстояние	0,3 м
Частота смены кадров	50 Гц
Фокусировка	Ручная
Внешний дисплей	2,5-дюймовый цветной ЖК-дисплей, 16000 цветов

Память	Встроенная FLASH-память до 80 изображений
Погрешность	$\pm 2$ °C или $\pm 2$ % (от показаний)
Режимы измерений	Перемещаемая точка; максимальная температура в пределах участка; минимальная температура в пределах участка; средняя температура в пределах участка; цветовая сигнализация
Формат файлов	Стандартный JPEG-формат
Тип батареи	Ионно-литиевая аккумуляторная батарея с возможностью замены в полевых условиях
Время работы	Непрерывная работа в течение 2 часов. Индикация степени разрядки батареи на дисплее
Интервал рабочих температур	От -15 °C до +50 °C
Относительная влажность	При работе и хранении от 20 до 80 % без конденсации влаги
Интерфейсы	USB, RS-232, видеовыход

Наряду с тепловизором для измерения температуры используется контактный термометр ТК-5.06 с зондом ЗПВ-150 (рис.2). Прибор состоит

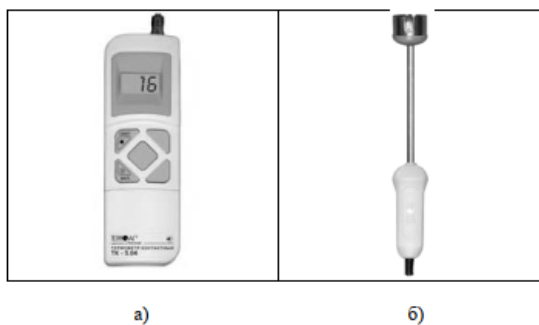


Figure 2 Рис. 2 Контактный термометр ТК-5.06 (а) с зондом ЗПВ-150 (б)

Прибор состоит из электронного блока рис.2,а и зонда рис.2,б для измерения температуры на поверхности твердого тела. Контактный термометр позволяет проводить измерения в интервале температур от минус двадцати до двухсот градусов Цельсия с ценой единицы младшего разряда 0,1°С.

Для измерения скорости воздушного потока служит анемометр Smart Sensor AR816 рис 3,а.



Figure 3 Рис. 3 Анемометр Smart Sensor AR816 (а) и вентилятор Vitek VT-1933 SR (б)

Анемометр Smart Sensor AR816 измеряет скорость воздушного потока в диапазоне от нуля до тридцати метров в секунду, пороговая величина - 0,1м/с. Поток воздуха создается вентилятором типа Vitek VT-1933 SR (рис. 3,б), который имеет мощность 120 Вт.

Лабораторный стенд включает в себя две модели, имитирующие различные тепловые дефекты в высоковольтном электрооборудовании. Первая модель имитирует тепловые дефекты в высоковольтных вводах. На рис. 4 представлена фотография трех маслонаполненных высоковольтных вводов на напряжение 35 кВ.

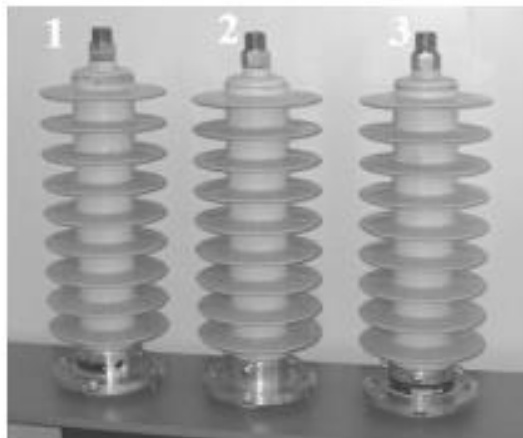


Figure 4 Рис. 4 Модели (1,2,3) маслонаполненных высоковольтных вводов 35кВ

Ввод 1 не имеет теплового дефекта, вводы 2 и 3 имеют дефекты, которые могут быть выявлены при тепловизионной съемке.

Вторая тепловая модель имитирует локальный нагрев в силовом трансформаторе, обусловленный влиянием потока рассеяния магнитной системы силового трансформатора. Тепловая модель выполнена на основе трансформатора НОМ-10.

Кроме этого в лабораторном стенде имеется приспособление рис.5 для тепловизионной съемки лабораторных образцов при различных углах визирования.



Figure 5 Рис. 5 Тепловизионная съемка при разных углах визирования

Угол визирования может изменяться в пределах от нуля до 75 градусов. В качестве лабораторных образцов для тепловизионной съемки были изготовлены пластины из стали, алюминия и нержавеющей стали размером 70x70 мм. Образцы отличаются друг от друга состоянием поверхности, некоторые образцы окрашены.



## ЗАДАНИЕ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНУЮ

### ПОДГОТОВКУ

1. Ознакомиться с программой QuickReport работы с тепловыми изображениями.
2. На прилагаемых термограммах определить температуру в тех точках, в которых на ваш взгляд проявляется тепловой дефект электрооборудования. Условия съемки – температура воздуха 20°C, коэффициент излучения 0,96. Построить график зависимости температуры в месте теплового дефекта от коэффициента излучения и отраженной температуры. Варьировать коэффициент излучения от 0,5 до 1, а температуру окружающей среды от десяти до тридцати градусов Цельсия.
3. Выведите соотношение (6), приведенное в описании работы.
4. Для проволоки диаметром 2 мм определить максимальное расстояние, при котором её температура будет определяться корректно тепловизором Flir ThermoCam E300. Как будет меняться температура проволоки, регистрируемая тепловизором, если перемещать его от 0,3м (фокусное расстояние) до двух метров от проволоки. Нарисовать соответствующий график.
5. По термограмме образца с наклеенной на него лентой, имеющей коэффициент излучения 0,95, определить коэффициент излучения поверхности образца. Измерения проводились при температуре 23°C.

## ЗАДАНИЕ НА ИЗМЕРЕНИЯ

1. Измерить тепловизором температуру нагретой нихромовой проволоки диаметром 2 мм. Расстояние от объектива тепловизора до нихромовой проволоки варьировать от 0,3 м до двух метров. Для фиксации положения тепловизора использовать штатив. Сравнить результаты измерений с результатами выполнения задания на предварительную подготовку (п.4).
2. Определить коэффициент излучения лабораторных образцов. При проведении измерений образец должен быть нагрет на 20-30°C выше температуры окружающей среды.
3. На тепловой модели высоковольтного ввода определить коэффициент излучения силиконовой крышки ввода.
4. Нанести на поверхность образцов загрязнения в виде пятен трансформаторного масла. Оценить влияние загрязнения на температуру загрязненной части образца, определяемую тепловизором. Провести измерения для загрязненных трансформаторным маслом образцов с различными коэффициентами излучения.
5. Измерить тепловизором температуру лабораторных образцов при различных углах визирования.
6. Снять термограмму ввода. Построить распределение температуры по поверхности силиконовой крышки по радиусу и по оси ввода. Объяснить характер распределения температуры в радиальном направлении.
7. Снять термограмму ввода при наличии ветра (ветер создается вентилятором). Измерить скорость ветра анемометром. Провести коррекцию результатов измерений температуры. Сравнить скорректированные данные с распределением температуры ввода при отсутствии ветра.
8. Снять термограмму на тепловой модели, состоящей из трех высоковольтных вводов. Идентифицировать дефекты.
9. Снять термограмму тепловой модели, выполненной на основе трансформатора НОМ-
10. Идентифицировать дефект.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции	1.Что такое окна прозрачности
Знать: технические средства диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения	1.Что такое болометр 2.Как влияет размер и расстояние до объекта на его съемку тепловизором. 3.Что такое отраженная температура и как ее измерить
Уметь: анализировать результаты диагностических измерений параметров высоковольтной изоляции, выполнять отбраковку высоковольтной изоляции	1.Назовите основные параметры тепловизора
Уметь: применять технические средства диагностики высоковольтной изоляции	1.Перечислите основные законы тепловидения 2.Расскажите как влияют погодные условия на съемку тепловизором

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если лабораторная работа выполнена верно, а также на защите студент правильно ответил на все поставленные вопросы

*Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если лабораторная работа выполнена с небольшими замечаниями, а также на защите студент правильно ответил на все поставленные вопросы

*Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если лабораторная работа выполнена с грубыми замечаниями, а также на защите студент правильно ответил не на все поставленные вопросы

**КМ-2. Лабораторная работа №2 «Контроль изоляции на основе явления диэлектрической абсорбции»**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение лабораторной работы, а также опрос на знания контроля изоляции на основе явления диэлектрической абсорбции

**Краткое содержание задания:**

**ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ И ОБЪЕКТОВ  
ОБСЛЕДОВАНИЯ**

К основному оборудованию установки относится источник регулируемого постоянного высокого напряжения, используемый для снятия кривых саморазряда и возвратного

напряжения (рис. 1). Он включает в себя повышающий трансформатор  $T_p$  (например, типа НОМ-16), выпрямитель  $D$ , регулятор напряжения  $RH$ , переключатель высокого напряжения  $\Pi$  и электростатический киловольтметр (например, типа С-96 или С-196).

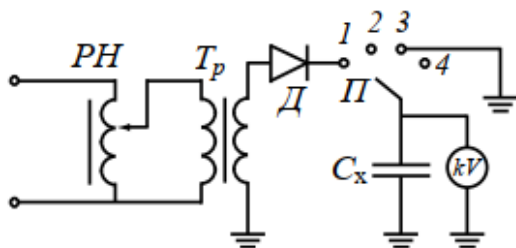


Figure 6 Рис. 1 Схема установки для определения кривых возвратного напряжения и саморазряда

При определении кривой возвратного напряжения переключатель  $\Pi$  предварительно устанавливается в положение  $1$  и емкость испытуемой изоляции  $C_x$  заряжается в течение 2-3 мин до заданного напряжения. Затем переключатель  $\Pi$  с импульсными контактами быстро переводится из положения  $1$  в положение  $4$ , так чтобы при прохождении переключателя через положение  $3$  успела разрядиться только геометрическая емкость изоляции.

При определении кривой саморазряда испытуемая изоляция предварительно заряжается в течение 2-3 мин. После этого переключатель  $\Pi$  переводится в положение  $2$  из положения  $1$ .

Сопротивление изоляции измеряется мегаомметром с напряжением 2500 В. Подробные указания о работе с мегаомметром приведены в Приложении. Объектом обследования служит трехфазный трансформатор напряжения.

## ЗАДАНИЕ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНУЮ

### ПОДГОТОВКУ

Используя формулы, приведенные в разделе "Предварительные сведения", рассчитать сопротивления  $R_{15''}$  и  $R_{60''}$ , а также коэффициенты абсорбции  $кабс = R_{60''} / R_{15''}$  для двух случаев:

- двухслойная изоляция в нормальном состоянии –  $R_1 = 1,0$  МОм;  $C_1 = 32,4$  мкФ;  $R_2 = 100$  МОм;  $C_2 = 3,6$  мкФ;

- двухслойная изоляция в увлажненном состоянии –  $R_1 = 1,67$  МОм;  $C_1 = 32,4$  мкФ;  $R_2 = 1,67$  МОм;  $C_2 = 3,6$  мкФ.

## ЗАДАНИЕ НА ИЗМЕРЕНИЯ

**1.** Перед началом работы ознакомиться со схемой установки, на которой будут выполняться измерения, с расположением отдельных элементов схемы.

Изучить инструкции по работе с измерительными приборами, используемыми в данной установке, и инструкцию по технике безопасности.

**2.** Измерить и построить зависимость от времени возвратного напряжения для бакелитового конденсатора, предварительно заряженного до напряжения  $U = 7,5$  кВ. Дать заключение о степени неоднородности изоляции.

**3.** Измерить зависимость напряжения саморазряда для бакелитового конденсатора, заряженного до напряжения  $U = 7,5$  кВ.

Полученную зависимость построить в полупологарифмическом масштабе, т.е. в виде  $\lg U = f(t)$ , и по ее линейному участку определить удельное объемное сопротивление слоя изоляции, полагая  $\varepsilon = 4,5$ .

4. Измерить с помощью мегаомметра для трансформатора напряжения сопротивления  $R_{15''}$ ,  $R_{60''}$  и коэффициент абсорбции  $кабс = R_{60''} / R_{15''}$  изоляции обмотки ВН относительно земли:

1-ое измерение – обмотка НН заземлена, экран Э не используется;

2-ое измерение – (после паузы 3-5 мин) обмотка НН не заземлена, экран Э присоединен к обмотке НН.

Сравнить и объяснить полученные результаты.

5. Измерить с помощью мегаомметра для трансформатора напряжения сопротивления  $R_{15''}$ ,  $R_{60''}$  и коэффициент абсорбции  $кабс = R_{60''} / R_{15''}$  изоляции обмотки НН относительно земли:

1-ое измерение – обмотка ВН заземлена, экран Э не используется;

2-ое измерение – (после паузы 3-5 мин) обмотка ВН не заземлена, экран Э присоединен к обмотке ВН.

Сравнить и объяснить полученные результаты.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции	1.Что такое сопротивление изоляции
Знать: технические средства диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения	1.Что такое миграционная поляризация 2.Как диагностировать состояние изоляции по кривой саморазряда и по возвратному напряжению
Уметь: анализировать результаты диагностических измерений параметров высоковольтной изоляции, выполнять отбраковку высоковольтной изоляции	1.Объясните почему на границе раздела двух диэлектриков может происходить накопление электрического заряда
Уметь: применять технические средства диагностики высоковольтной изоляции	1.Дайте описание принципа действия мегаомметра 2.Расскажите какие схемы измерения сопротивления изоляции обмотки ВН относительно земли Вы знаете

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если лабораторная работа выполнена верно, а также на защите студент правильно ответил на все поставленные вопросы*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если лабораторная работа выполнена с небольшими замечаниями, а также на защите студент правильно ответил на все поставленные вопросы*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если лабораторная работа выполнена с грубыми замечаниями, а также на защите студент правильно ответил не на все поставленные вопросы

### КМ-3. Лабораторная работа №3 «Акустический контроль частичных разрядов в изоляции»

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение лабораторной работы, а также опрос на знания акустического контроля частичных разрядов в изоляции

**Краткое содержание задания:**

#### ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

В лабораторном стенде объектом измерения является изоляция высоковольтного однофазного трансформатор НОМ-10. Измерение проводится прибором Вектор 2.0 рис.1.



Figure 7 Рис. 1 Прибор Вектор 2.0

Прибор Вектор 2.0 измеряет  $\text{tg}\delta$  в диапазоне от 0,00001 до 100, емкость изоляции в диапазоне от 1пФ до 1мкФ при частоте приложенного напряжения от 48 до 52 Гц. Вектор 2.0 позволяет проводить измерения, как по прямой, так и по перевернутой схеме при испытательном напряжении до 10 кВ включительно. На рис. 2 представлена прямая схема измерения.

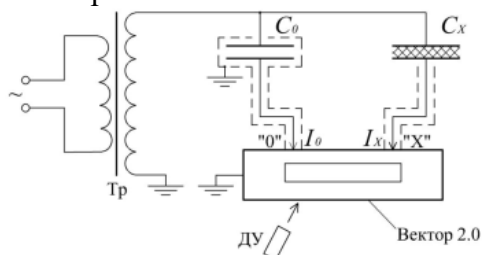


Figure 8 Рис. 2 Прямая схема измерения  $\text{tg}\delta$  и емкости изоляции прибором Вектор 2.0 П – переключатель, ДУ – пульт дистанционного управления

При измерении по перевернутой схеме рис.3 корпус прибора должен быть изолирован, так как он находится под напряжением, при котором происходит испытание изоляции.

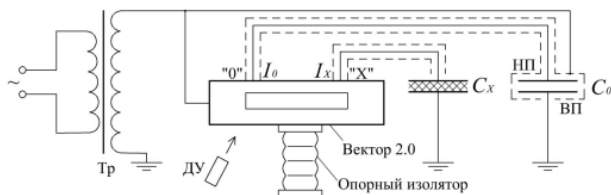


Figure 9 Рис. 3 Перевернутая схема измерения  $\text{tg}\delta$  и емкости изоляции прибором Вектор2.0П – переключатель, ДУ – пульт дистанционного управления

Вектор 2.0 является цифровым прибором, в котором угол диэлектрических потерь определяется путем сравнения фазы тока, протекающего через изоляцию (вход «X»), с фазой тока, протекающего через эталонный конденсатор (вход «0»), а  $\text{tg}\delta$  вычисляется по измеренному значению угла диэлектрических потерь.

На рис.4 приведена схема измерения  $\text{tg}\delta$  и емкости участка изоляции трансформатора ВН-НН.

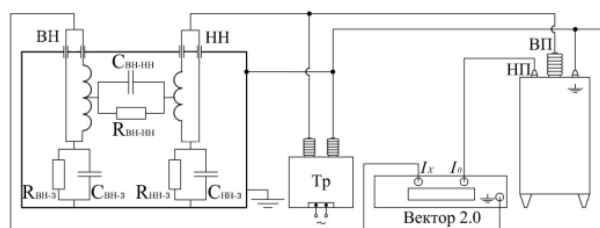


Figure 10 Рис. 4 Схема измерение  $\text{tg}\delta$  и емкости участка изоляции ВН-НН

На вход «0» прибора подается ток, протекающий через эталонный конденсатор. К обмотке НН трансформатора приложено испытательное напряжение. Ток с обмотки НН протекает к корпусу трансформатора и к обмотке ВН, которая соединена с входом «X» прибора. Таким образом, на вход «X» поступает ток, протекающий между обмотками ВН и НН, то есть производится измерение  $\text{tg}\delta$  и емкости участка изоляции ВН-НН.

На рис.5 представлена схема измерения  $\text{tg}\delta$  и емкости участка изоляции трансформатора ВН-К.

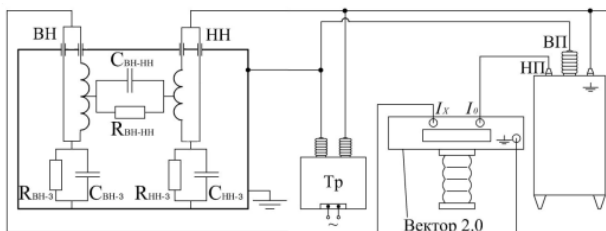


Figure 11 Рис. 5 Схема измерение  $\text{tg}\delta$  и емкости участка изоляции ВН-З

В перевернутой схеме рис.9 корпус прибора Вектор 2.0, а следовательно вход «0» и вход «X», находятся под испытательным напряжением. Вход «X» соединен с выводом обмотки ВН трансформатора. На обмотку НН подано испытательное напряжение. Таким образом, обмотка ВН и обмотка НН находятся под одинаковым напряжением, между ними не протекает электрический ток. В изоляции испытуемого трансформатора будет протекать ток от обмотки ВН к корпусу трансформатора. То есть, на вход «X» прибора Вектор 2.0 поступает ток, протекающий по участку изоляции ВН-З, а на вход «0» поступает ток, протекающий через эталонный конденсатор, что позволяет измерить диэлектрические параметры участка изоляции ВН-З.

1. Для трансформатора, представленного на схеме замещения рис. 3, выбрать значения  $\text{tg}\delta$  и емкости зон изоляции трансформатора в пределах по  $\text{tg}\delta$  от 0,01 до 0,003, по емкости от 40 мкф до 150 мкф. Рассчитать  $\text{tg}\delta$  и емкость участков изоляции трансформатора по схемам. Принять, что полученные таким образом параметры изоляции трансформатора являются результатами измерений. Оценить достоверность измерений  $\text{tg}\delta$  и емкости участков изоляции трансформатора.
2. Из п.2 взять параметры участков изоляции трансформатора. Увеличить на 50% значение  $\text{tg}\delta$  одного из участков изоляции. Оценить достоверность измерений  $\text{tg}\delta$  изоляции трансформатора.
3. Из п.2 взять параметры участков изоляции трансформатора. Увеличить на 50% значение  $\text{tg}\delta$  любых двух участков изоляции. Оценить достоверность измерений  $\text{tg}\delta$  изоляции трансформатора для этого случая.

### ЗАДАНИЕ НА ИЗМЕРЕНИЯ

Провести измерения  $\text{tg}\delta$  и емкости изоляции трансформатора в лабораторных условиях. Обработать результаты измерений. Сделать вывод о наличии ошибок в измерениях. При наличии ошибок провести дополнительные измерения.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции	1.Каким образом можно выявить ошибочные измерения при контроле состояния изоляции силового трансформатора по $\text{tg}\delta$
Знать: технические средства диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения	1.Какие факторы влияют на наличие искажений в результатах измерений тангенса угла диэлектрических потерь и электрической емкости изоляции обмоток силового трансформатора 2.Какие факторы оказывают влияние на результаты измерений $\text{tg}\delta$ и емкости изоляции трансформатора в условиях эксплуатации.
Уметь: анализировать результаты диагностических измерений параметров высоковольтной изоляции, выполнять отбраковку высоковольтной изоляции	1.Выведите выражение для оценки наличия искажений в результатах измерений тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток силового трансформатора 2.Объясните что такое зоны изоляции трансформатора
Уметь: применять технические средства диагностики высоковольтной изоляции	1.Выведите выражение для оценки наличия искажений в результатах измерений емкости изоляции обмоток силового трансформатора

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если лабораторная работа выполнена верно, а также на защите студент правильно ответил на все поставленные вопросы

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если лабораторная работа выполнена с небольшими замечаниями, а также на защите студент правильно ответил на все поставленные вопросы

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если лабораторная работа выполнена с грубыми замечаниями, а также на защите студент правильно ответил не на все поставленные вопросы

#### **КМ-4. Домашнее задание № 1 «Особенности диагностики отдельных видов высоковольтного оборудования»**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение домашнего задания, а также опрос на знания особенностей диагностики отдельных видов высоковольтного оборудования

#### **Краткое содержание задания:**

Рассмотреть методы контроля воздушных линий электропередачи. Тепловизионное обследование. Ультрафиолетовая инспекция. Комбинированная наземная инспекция полимерных изоляторов. Рентгеноскопия полимерных изоляторов.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Каковы принципы оценки контактных соединений проводов воздушной линии электропередачи.</li><li>2. Каковы ограничения тепловизионного метода для контроля подвесной фарфоровой линейной изоляции.</li><li>3. Как выглядит дефектный изолятор на термограмме.</li><li>4. В чем преимущества применения ультрафиолетовой инспекции для регистрации разрядных процессов на изоляции воздушных линий электропередачи над другими методами.</li><li>5. Принцип работы прибора ультрафиолетовой инспекции оборудования.</li><li>6. Особенности ультрафиолетовой инспекции полимерных изоляторов</li><li>7. В чем заключается комбинированная наземная инспекция полимерных изоляторов?</li><li>8. Какова область применения рентгеноскопии полимерных изоляторов.</li><li>9. Какие дефекты позволяет выявить рентгеноскопия полимерных изоляторов.</li></ol>
---	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Домашнее задание считается выполненным на оценку «Отлично», если ответы на все вопросы представлены верно и аргументированно

*Оценка: 4*



Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения задания: Домашнее задание считается выполненным на оценку «Хорошо», если ответы на вопросы раскрыты неполно или с небольшими замечаниями

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения задания: Домашнее задание считается выполненным на оценку «Удовлетворительно», если ответы на вопросы раскрыты неполно и с грубыми ошибками

### КМ-5. Лабораторная работа №4 «Диэлектрические потери. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь»

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение лабораторной работы, а также опрос на знания контроля изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь

Краткое содержание задания:

#### ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Описание стенда:

Схема лабораторного стенда представлена на рис. 1.

На ограждении испытательного поля стенда установлена заземленная металлическая плоскость размером 60 x 80 см, которая имитирует часть боковой поверхности бака силового трансформатора. На плоскости со стороны испытательного поля стенда расположены источники акустических сигналов - электрический разряд, вибростук, шум двигателя, вибрацию обмоток трансформатора.

Включение того или иного акустического сигнала производится соответствующим тумблером на пульте управления. Прием звуковых сигналов в ультразвуковом диапазоне частот осуществляется акустическим датчиком, который может быть установлен в разных точках на внешней поверхности плоскости. Технические характеристики акустического датчика представлены в табл. 1.

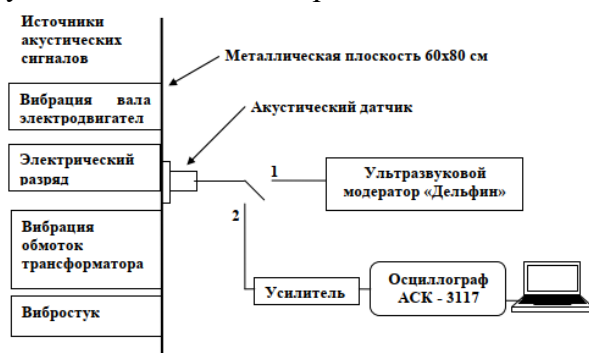


Figure 12 Рис. 1 Схема лабораторного стенда

Таблица 1. Технические характеристики акустического датчика

Диапазон рабочих частот	60 – 130 кГц
-------------------------	--------------

Пороговая чувствительность (минимально обнаружимый сигнал)	не менее 0,04 Па
Шум усилителя, приведенный ко входу	менее 2 мкВ

Акустический датчик герметичен, не чувствителен к вибрации и высокочастотным электромагнитным помехам, функционирует в диапазоне температур от -10 до 80°C. Электрический сигнал с акустического датчика может передаваться либо на ультразвуковой модератор «Дельфин» (положение переключателя 1), либо через усилитель к осциллографу АСК – 3117 (положение переключателя 2).

На рис. 2 представлен ультразвуковой модератор «Дельфин» с наушниками и акустический датчик с магнитным креплением.

Принцип работы ультразвукового модератора «Дельфин» заключается в следующем. Электрический сигнал с акустического датчика подается в ультразвуковой модератор «Дельфин», где этот сигнал усиливается, детектируется, амплитуда сигнала оценивается по пятиуровневному индикатору. При нажатии на кнопку записи (находится сбоку) ультразвуковой сигнал запоминается. Время записи составляет два периода сетевой частоты – 40 мс. Затем записанный сигнал воспроизводится с замедлением в сто раз. При таком преобразовании ультразвуковой диапазон рабочих частот акустического датчика 60 – 130 кГц переводится в слышимый диапазон 0,6 – 1,3 кГц. Сигнал можно прослушать с помощью наушников, время воспроизведения записи – 4 секунды. Воспроизведение повторяется циклически до следующего нажатия кнопки записи, либо до отключения.



Figure 13 Рис. 2 Ультразвуковой модератор «Дельфин» с акустическим датчиком

Ультразвуковой сигнал, который благодаря замедлению становится воспринимаемым на слух, получил название слухового образа ультразвукового акустического сигнала. Слуховой образ акустического сигнала от частичного разряда существенно отличается от слухового образа акустического шума. Эти сигналы можно различить на слух.

В ультразвуковом модераторе «Дельфин» предусмотрена возможность передачи записанной информации на компьютер или магнитофон для ее хранения, дальнейшей обработки и документирования.

Работоспособность акустического датчика и ультразвукового модератора дельфин следует проверять до и после проведения измерений. Для этого рекомендуется использовать пьезозажигалку. Расстояние между пьезозажигалкой и акустическим датчиком должна составлять десять метров, при этом рабочая поверхность акустического датчика должна быть обращена к пьезозажигалке. При электрических разрядах в пьезозажигалке на ультразвуковом модераторе «Дельфин» должен светиться первый индикатор при положении регулятора усиления в зеленом секторе.

Электрический сигнал с акустического датчика может быть подан через усилитель на измерительный канал осциллографа АСК – 3117 (рис. 3).



Figure 14 Рис. 3 Осциллограф цифровой запоминающий четырехканальный АСК-3107

Технические данные осциллографа АСК-3107 приведены в табл. 2.

Таблица 2. Технические характеристики осциллографа АСК-3107

Количество каналов с независимым АЦП	4
Максимальное число выборок на канал	131072
Максимальная частота дискретизации	100 МГц
Число отображаемых точек на экране	100 ... 131072
Напряжение питания	220 В 10%, 50 Гц
Условия эксплуатации: температура относительная влажность воздуха атмосферное давление	+5...+40°С не более 80% при 25°С от 630 до 800 мм рт. ст.

Осциллограф АСК-3107 работает только совместно с компьютером. Он снабжен программным обеспечением для математической обработки сигналов. Имеющееся программное обеспечение позволяет на основе быстрого преобразования Фурье рассчитывать спектр измеренного акустического сигнала.

#### Задание на измерения

1. С помощью ультразвукового модератора «Дельфин» прослушать слуховые образы акустических сигналов.
2. Провести локацию электрического разряда по амплитуде акустического сигнала.
3. Снять осциллограмму акустического сигнала от электрического разряда совместно с электрическим сигналом от антенны. Определить расстояние от источника электрических разрядов до плоскости.
4. Снять осциллограммы акустических сигналов от различных акустических источников, определить их частотный спектр. Сделать вывод о происхождении акустического сигнала.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: научные основы методов диагностики высоковольтной изоляции	1. Как отличить частичный разряд от акустического шума
Знать: технические средства диагностики изоляции оборудования и установок высокого напряжения	1. Что такое частичные разряды и почему они возникают в изоляции 2. Что такое простые и сложные условия распространения акустической волны 3. Как происходит локация частичных разрядов

	4. Что такое ультразвуковой модератор «Дельфин»
Уметь: анализировать результаты диагностических измерений параметров высоковольтной изоляции, выполнять отбраковку высоковольтной изоляции	1. Перечислите методы регистрации частичных разрядов 2. Запишите соответствующую систему уравнений для акустической антенны
Уметь: применять технические средства диагностики высоковольтной изоляции	1. Расскажите в чем преимущества и недостатки акустического метода контроля частичных разрядов

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если лабораторная работа выполнена верно, а также на защите студент правильно ответил на все поставленные вопросы*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если лабораторная работа выполнена с небольшими замечаниями, а также на защите студент правильно ответил на все поставленные вопросы*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если лабораторная работа выполнена с грубыми замечаниями, а также на защите студент правильно ответил не на все поставленные вопросы*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

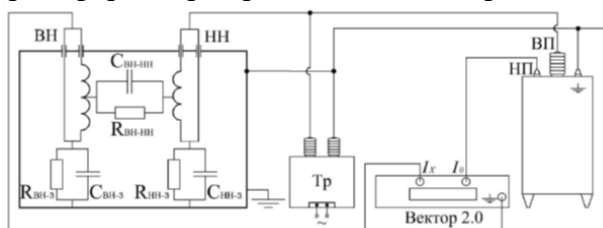
3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

## Билет 1

1. Тепловое и инфракрасное излучение. Источники тепла в электрооборудовании. Понятие спектрального коэффициента излучения. Абсолютно черное тело, серое тело, избирательный излучатель. Законы теплового излучения. Достоинства и недостатки тепловизионного метода.
2. Оценка достоверности измерения сопротивления изоляции в однофазном трансформаторе с нерасщепленными обмотками.
3. **Задача.** Определить, для какого участка изоляции силового однофазного трансформатора производится измерение тангенса угла диэлектрических потерь



## Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку составляет 60 минут

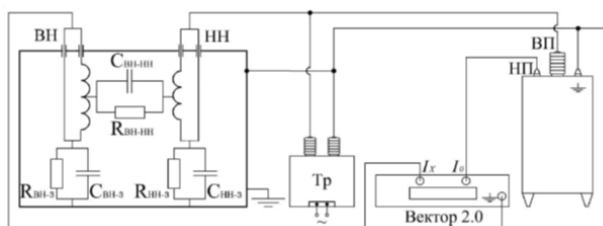
## 1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

**1. Компетентия/Индикатор:** ИД-6ПК-1 Демонстрирует знание научных основ диагностики высоковольтной изоляции

## Вопросы, задания

### 1. Билет 1

1. Тепловое и инфракрасное излучение. Источники тепла в электрооборудовании. Понятие спектрального коэффициента излучения. Абсолютно черное тело, серое тело, избирательный излучатель. Законы теплового излучения. Достоинства и недостатки тепловизионного метода.
2. Оценка достоверности измерения сопротивления изоляции в однофазном трансформаторе с нерасщепленными обмотками.
3. **Задача.** Определить, для какого участка изоляции силового однофазного трансформатора производится измерение тангенса угла диэлектрических потерь



### 2. Билет 2

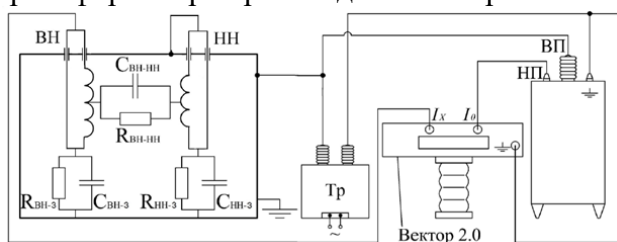
- 1 Цифровой мегаомметр М4. Коэффициент абсорбции. Измерение мегаомметром М4 участков изоляции в однофазном трансформаторе.
2. Трансформаторное масло как информационная среда. Диагностические газы, растворенные в трансформаторном масле. Понятие о хроматографическом анализе растворенных газов.
3. **Задача.** При измерении мегаомметром сопротивления участков изоляции силового однофазного трансформатора, были получены следующие результаты. Сопротивление между обмотками высшего и низшего напряжения  $R_{ВН-НН}=400$  Мом, сопротивление между обмоткой высшего напряжения и землей  $R_{ВН-З}=600$  Мом, сопротивление между обмоткой низшего напряжения и землей  $R_{НН-З}=400$  Мом. Кроме этого были проведены измерения сопротивления участков изоляции трансформатора, которые соединены параллельно:  $R_{ВН-З}$  параллельно  $R_{НН-З}$  ( $R_{ВН-З} \parallel НН-З=240$  Мом),  $R_{ВН-НН}$  параллельно  $R_{ВН-З}$  ( $R_{ВН-НН} \parallel ВН-З=240$  Мом),  $R_{ВН-НН}$  параллельно  $R_{НН-З}$  ( $R_{ВН-НН} \parallel НН-З=200$  Мом). Проверьте, имеются ли ошибки в измерениях. Что может быть причиной ошибок при проведении подобных измерений.

### 3.Билет 3

1. Принцип измерения тангенса угла диэлектрических потерь цифровым прибором. Прибор Вектор 2.0. Прямая и перевернутая схема включения. 4. Компенсация токов влияния при измерении тангенса угла диэлектрических потерь приборами Вектор 2.0 и Тангенс 2000.
2. Оценка достоверности измерения сопротивления изоляции в однофазном трансформаторе с нерасщепленными обмотками.
3. **Задача.** Как изменится тангенс угла диэлектрических потерь изоляции при увеличении температуры изоляции на  $35^{\circ}\text{C}$ . Температурный коэффициент равен  $0,03$   $1/^{\circ}\text{C}$ .

### 4.Билет 4

1. Диэлектрическая абсорбция, саморазряд, возвратное напряжение. Контроль изоляции по возвратному напряжению.
2. Сокращенный физико-химический анализ масла.
3. **Задача.** Определить, для какого участка изоляции силового однофазного трансформатора производится измерение тангенса угла диэлектрических потерь



### 5.Билет 5

1. Механизм образования акустических волн при частичном разряде. Классификация звуковых волн в зависимости от частоты и условий распространения. Скорость звуковых волн в различных средах. Звуковое давление. Акустический датчик. Суть акустического метода обнаружения частичных разрядов во внутренней изоляции электрооборудования.
2. Старение трансформаторного масла и твердой изоляции.
3. **Задача.** К изоляции приложено напряжение промышленной частоты, емкость изоляции  $1000$  пФ, сопротивление изоляции  $30$  МОм. Определить тангенс угла диэлектрических потерь для параллельной и последовательной схемы замещения изоляции

### 6.Билет 6

1. Комплексное диагностическое обследование силового трансформатора.

2. Электрический метод обнаружения частичных разрядов. Измерительный контур, требования к элементам измерительного контура. Кажущийся заряд - мера интенсивности частичного разряда. Энергия и мощность частичного разряда. Градуировка – параллельная и последовательная. Измерение частичных разрядов в лабораторных условиях.

3. **Задача.** На заводе – изготовителе были измерены  $\text{tg}\delta$  участков изоляции силового трансформатора.  $\text{Tg}\delta$  участка изоляции между обмотками высшего и низшего напряжения  $\text{tg}\delta$  ВН-НН=0,00622,  $\text{tg}\delta$  участка изоляции между обмоткой высшего напряжения и землей  $\text{tg}\delta$  ВН-З=0,00834,  $\text{tg}\delta$  участка изоляции между обмоткой низшего напряжения и землей  $\text{tg}\delta$  НН-З=0,00752. Измерения проведены при температуре 18°C. При вводе трансформатора в эксплуатацию были проведены измерения  $\text{tg}\delta$  при температуре 25оС и получены следующие результаты  $\text{tg}\delta$  ВН-НН=0,00687,  $\text{tg}\delta$  ВН-З=0,00944,  $\text{tg}\delta$  НН-З=0,00872. При вводе трансформатора в эксплуатацию значение  $\text{tg}\delta$  участков изоляции не должны отличаться от значений, указанных изготовителем в сторону ухудшения более чем на 50 %. Определить, может ли трансформатор быть введен в эксплуатацию. Принять, что для изоляции трансформатора зависимость  $\text{tg}\delta$  от температуры  $t$  имеет вид  $\text{tg}\delta_2=0,9996 \text{tg}\delta_1 \exp(0,03(t_2-t_1))$ .

### 7.Билет 7

1. Электрический метод обнаружения частичных разрядов. МЭК 60270 - широкополосная и узкополосная схемы измерений. Уровни опасности частичных разрядов в бумажно - масляной изоляции. Достоинства и недостатки электрического метода.

2. Диагностирование изоляции кабельной линии.

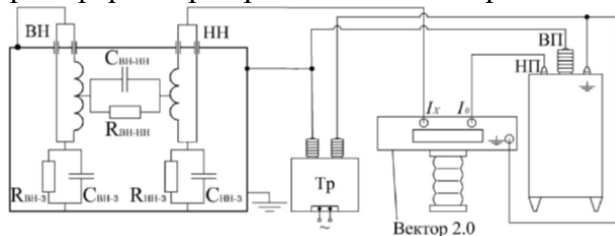
3. **Задача.** Верхний металлический фланец неплотно прилегает к изоляции (фарфор) опорного изолятора - имеется воздушный зазор толщиной  $d_1=1$  мм. Диэлектрическая проницаемость воздуха  $\epsilon_1=1$ , диэлектрическая проницаемость фарфора  $\epsilon_2=4,5$ . Расстояние между фланцами опорного изолятора составляет  $d=25$  см. Атмосферные условия – нормальные. При каком напряжении на опорном изоляторе в воздушном зазоре возникают частичные разряды.

### 8.Билет 8

1. Особенности измерения частичных разрядов в условиях эксплуатации. Источники электромагнитных помех на подстанции. Использование высокочастотного трансформатора тока для измерения частичных разрядов. Измерение частичных разрядов в силовом трансформаторе.

2. Факторы, влияющие на показания тепловизора при съемке электроэнергетического оборудования – атмосферные, коэффициент излучения, отраженная температура, угол визирования, расстояние до обследуемого объекта. размер объекта.

3. **Задача.** Определить, для какого участка изоляции силового однофазного трансформатора производится измерение тангенса угла диэлектрических потерь



### 9.Билет 9

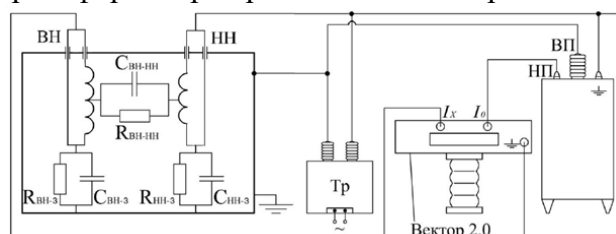
1. Измерение частичных разрядов в кабельных линиях. Определение места частичного разряда в кабельной линии. Метод измерения и локализации частичных разрядов в кабельно линии осциллирующим затухающим напряжением

2. Болومترический эффект, охлаждаемые и неохлаждаемые болометры. Блок – схема матричного тепловизора и тепловизора с охлаждаемым болометром. Характеристики тепловизора.

3. **Задача.** При измерении мегаомметром сопротивления участков изоляции силового однофазного трансформатора были получены следующие результаты. Сопротивление между обмотками высшего и низшего напряжения  $R_{ВН-НН}=400$  Мом, сопротивление между обмоткой высшего напряжения и землей  $R_{ВН-З}=600$  Мом, сопротивление между обмоткой низшего напряжения и землей  $R_{НН-З}=400$  Мом. Кроме этого были проведены измерения сопротивления участков изоляции трансформатора, которые соединены параллельно:  $R_{ВН-З}$  параллельно  $R_{НН-З}$  ( $R_{ВН-З} \parallel R_{НН-З}=110$  Мом),  $R_{ВН-НН}$  параллельно  $R_{ВН-З}$  ( $R_{ВН-НН} \parallel R_{ВН-З}=240$  Мом),  $R_{ВН-НН}$  параллельно  $R_{НН-З}$  ( $R_{ВН-НН} \parallel R_{НН-З}=200$  Мом). Определите, в каком измерении была допущена ошибка, если известно, что сопротивления  $R_{ВН-НН}$ ,  $R_{ВН-З}$  и  $R_{НН-З}$  измерены верно. Что может быть причиной ошибок при проведении подобных измерений.

#### 10.Билет 10

1. Диэлектрические потери, угол диэлектрических потерь, тангенс угла диэлектрических потерь. Значение тангенса угла диэлектрических потерь как диагностического параметра. Факторы, влияющие на измерения тангенса угла диэлектрических потерь.
2. Полный физико-химический анализ масла.
3. **Задача.** Определить, для какого участка изоляции силового однофазного трансформатора производится измерение тангенса угла диэлектрических потерь



#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. По каким признакам классифицируют отечественные трансформаторные масла. Приведите примеры отечественных трансформаторных масел.

Ответы:

- А) по плотности трансформаторного масла
- Б) по концентрации влаги в трансформаторном масле
- В) по происхождению сырья для трансформаторного масла и способам очистки этого сырья
- Г) по содержанию в дистиллятах сернистых соединений и твердых парафиновых углеводородов

Верный ответ: В) по происхождению сырья для трансформаторного масла и способам очистки этого сырья

2. Что включает в себя сокращенный физико-химический анализ масла?

Ответы:

- А) Электрическая прочность (пробивное напряжение в стандартном пробойнике)
- Б) Кислотное число, содержание водорастворимых кислот, цвет масла
- В) Электрическая прочность (пробивное напряжение в стандартном пробойнике), кислотное число, содержание водорастворимых кислот, температура вспышки в закрытом тигле, наличие механических примесей и свободной воды (визуально), цвет масла.
- Г) Электрическая прочность (пробивное напряжение в стандартном пробойнике), кислотное число, содержание водорастворимых кислот, температура вспышки в закрытом тигле, наличие механических примесей и свободной воды (визуально), цвет масла, тангенс угла диэлектрических потерь.

Верный ответ: В) Электрическая прочность (пробивное напряжение в стандартном пробойнике), кислотное число, содержание водорастворимых кислот, температура



вспышки в закрытом тигле, наличие механических примесей и свободной воды (визуально), цвет масла.

3. Что включает в себя полный физико-химический анализ масла?

Ответы:

А) Количественное содержание механических примесей, количественное содержание воды, общее газосодержание масла.

Б) Сокращенный физико-химический анализ масла, тангенс угла диэлектрических потерь, количественное содержание механических примесей, количественное содержание воды, общее газосодержание масла, наличие растворенного шлама, содержание антиокислительной присадки, стабильность против окисления

В) Количественное содержание механических примесей, количественное содержание воды, общее газосодержание масла, содержание антиокислительной присадки.

Верный ответ: Б) Сокращенный физико-химический анализ масла, тангенс угла диэлектрических потерь, количественное содержание механических примесей, количественное содержание воды, общее газосодержание масла, наличие растворенного шлама, содержание антиокислительной присадки, стабильность против окисления

4. В каком случае следует применять полный физико-химический анализ масла

Ответы:

А) Полный физико-химический анализ масла следует применять во всех случаях, когда необходимо оценить состояние маслонеполненного оборудования.

Б) Полный физико-химический анализ масла следует применять в случае, если показатели качества масла сокращенного физико-химического анализа масла далеки от предельно допустимых и нет ухудшения характеристик твердой изоляции.

Верный ответ: Б) Полный физико-химический анализ масла следует применять в случае, если показатели качества масла сокращенного физико-химического анализа масла далеки от предельно допустимых и нет ухудшения характеристик твердой изоляции.

5. Назовите основные диагностические газы в хроматографическом анализе трансформаторного масла.

Ответы:

А) Водород, метан, ацетилен, этилен, этан, окись углерода, двуокись углерода

Б) Кислород, азот, окись азота, закись азота, фтор, хлор, элегаз

Верный ответ: А) Водород, метан, ацетилен, этилен, этан, окись углерода, двуокись углерода

6. Какие газы в трансформаторном масле свидетельствуют о разрядных процессах в электрооборудовании.

Ответы:

А) Водород, ацетилен

Б) Метан, этан

В) Этан, окись углерода, двуокись углерода

Верный ответ: А) Водород, ацетилен

7. Какие газы в трансформаторном масле свидетельствуют о дефектах термического характера в электрооборудовании

Ответы:

А) Водород

Б) Этилен, метан, этан, двуокись углерода

В) Водород, окись углерода

Верный ответ: Б) Этилен, метан, этан, двуокись углерода

8. Назовите методы компенсации тока влияния при измерении тангенса угла диэлектрических потерь

Ответы:

- А) Экранирование измерительного прибора и подводящих проводов, тщательное заземление
- Б) Измерения тангенса угла диэлектрических потерь на двух разных частотах, которые отличаются от промышленной частоты. Измерения тангенса угла диэлектрических потерь при двух значениях испытательного напряжения, которые отличаются по фазе на 180 градусов.
- В) Измерение тангенса угла диэлектрических потерь при рабочем напряжении. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь по прямой и по перевернутой схеме.
- Верный ответ: Б) Измерения тангенса угла диэлектрических потерь на двух разных частотах, которые отличаются от промышленной частоты. Измерения тангенса угла диэлектрических потерь при двух значениях испытательного напряжения, которые отличаются по фазе на 180 градусов.

9. Почему сопротивление изоляции измеряют при постоянном напряжении

Ответы:

- А) Не имеет значения при постоянном или при переменном напряжении происходит измерение сопротивления изоляции.
- Б) Измерения производят при постоянном напряжении, поскольку это тест на наличие свободных зарядов в диэлектрике.

Верный ответ: Б) Измерения производят при постоянном напряжении, поскольку это тест на наличие свободных зарядов в диэлектрике.

10. Почему электрический метод измерения частичных разрядов считается основным методом.

Ответы:

- А) Электрический метод обладает высокой чувствительностью.
- Б) Электрический метод позволяет определить интенсивность частичных разрядов.
- В) Электрический метод позволяет определить фазовую диаграмму

Верный ответ: Б) Электрический метод позволяет определить интенсивность частичных разрядов.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

### *III. Правила выставления итоговой оценки по курсу*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.