

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по определению влагосодержания твердой изоляции обмоток силовых трансформаторов (шунтирующих реакторов) по результатам измерения диэлектрических характеристик

РАЗРАБОТАНО: Филиалом ОАО "НТЦ электроэнергетики" - ВНИИЭ, Департаментом технического аудита и генеральной инспекции Корпоративного центра ОАО РАО "ЕЭС России".

Исполнители: Б.В.Ванин, Ю.Н.Львов, М.Ю.Львов.

УТВЕРЖДЕНО: Членом Правления, Техническим директором ОАО РАО "ЕЭС России" Б.Ф.Вайнзицером 21.06.2007.

Введение

Согласно РД 34.45-51.300-97 "Объем и нормы испытаний электрооборудования" [1] влагосодержание твердой изоляции силовых трансформаторов определяется перед их вводом в эксплуатацию и при капитальных ремонтах по влагосодержанию заложенных в бак образцов изоляции.

В процессе эксплуатации трансформатора допускается оценка влагосодержания твердой изоляции расчетным путем.

В Методических указаниях приведена методика определения влагосодержания твердой изоляции обмоток трансформатора (шунтирующего реактора) расчетным путем по результатам измерений их диэлектрических характеристик, что позволяет определить среднее значение содержания влаги в изоляции косвенно через измеренный тангенс угла диэлектрических потерь изоляции с учетом температуры обмоток и тангенса угла диэлектрических потерь масла.

Настоящие Методические указания распространяются на силовые трансформаторы (шунтирующие реакторы) и автотрансформаторы.

Данную методику определения влагосодержания твердой изоляции не следует применять при наличии сильного загрязнения масла продуктами его старения. В этом случае формула (5) может дать отрицательное значение $\text{tg} \delta_T$, что является признаком сильного загрязнения масла.

Методические указания рекомендуются к применению персоналу электрических станций, электрических сетей, подстанций, а также наладочных и ремонтных предприятий.

1. Исходные данные для определения влагосодержания твердой изоляции:

- емкость (C) и тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg} \delta$) междуобмоточной изоляции (ГОСТ 3484.3-88 [2]), измеренные на отключенном от сети и расшинованном трансформаторе через 2 часа или более после отключения, нагретом до температуры верхнего слоя масла не менее 60 °С, измеренной по штатному термоконтролю трансформатора;

- температура верхнего слоя масла в трансформаторе во время измерения тангенса угла потерь и емкости междуобмоточной изоляции, измеренная по штатному термоконтролю трансформатора;

- тангенс угла потерь масла ($\text{tg} \delta_M$) трансформатора (ГОСТ 6581-75 [3]), измеренный при той же температуре;

- схема расположения обмоток (ближайшая к стержню, баку, промежуточные);

- заводской чертеж "установка обмоток" для трансформаторов данного типа.

2. Определение влагосодержания изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь

2.1. Для двухобмоточного трансформатора определяются емкость (C) и тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg} \delta$) междуобмоточной изоляции по нормальной схеме мостом Шеринга, когда электродами являются обмотка высшего напряжения В, к которой присоединяют высоковольтный вывод трансформатора, и обмотка низшего напряжения Н, к которой присоединяют вывод Сх моста Шеринга, а экран Э моста и второй вывод испытательного трансформатора заземляют.

2.2. Для автотрансформаторов используется та же схема, где электродом В служат электрически соединенные последовательная и общая обмотки.

2.3. Для трехобмоточных трансформаторов выбираются три пары обмоток: высшего-среднего ВС, среднего-низшего СН и высшего-низшего ВН напряжений, причем третью обмотку (низшего- Н, высшего- В и среднего- С напряжения) заземляют, а измерение производят соответственно для каждой пары прилежащих обмоток, всего два раза.

2.4. Для трехобмоточного трансформатора с расщепленными обмотками, например, низшего напряжения, выбирают пару обмоток, а две другие обмотки заземляют, и измерение делают для каждой выбранной пары прилежащих обмоток, всего три раза.

2.5. Для двухобмоточных трансформаторов с расщепленной обмоткой низшего напряжения выбирают каждую пару обмоток высшего напряжения и одну расщепленную ветвь низшего напряжения, заземляя вторую расщепленную ветвь. После чего выполняются измерения как для двухобмоточного трансформатора. Затем аналогично выполняют измерения при заземленной первой расщепленной ветви.

2.6. По измеренному тангенсу угла диэлектрических потерь междуобмоточной изоляции ($\text{tg} \delta$) и тангенсу угла диэлектрических потерь масла ($\text{tg} \delta_M$), измеренному при той же температуре, при которой измерен ($\text{tg} \delta$), определяется тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg} \delta_T$) твердой изоляции используя соотношение:

$$\text{tg} \delta = K_T \text{tg} \delta_T + K_M \text{tg} \delta_M, \quad (1)$$

где K_T, K_M - коэффициенты влияния тангенсов угла потерь $\text{tg} \delta_T$ и $\text{tg} \delta_M$ твердой изоляции и масла:

$$K_T = \frac{V_T * (\Theta_T + \alpha \Theta_M)^2 + V_M \Theta_T}{(\Theta_T + \alpha \Theta_M) - (V_M + \Theta_T V_T + \alpha \Theta_M V_T)} \quad (2)$$

$$K_M = \frac{\alpha V_M \Theta_T}{(\Theta_T + \alpha \Theta_M) - (V_M + \Theta_T V_T + \alpha \Theta_M V_T)}, \quad (3)$$

где:

V_T и V_M - коэффициенты заполнения промежутка между обмотками низшего и высшего напряжения твердой изоляцией и маслом по окружности обмоток, а Θ_T и Θ_M - то же по радиусу;

$$V_T = \frac{S_T}{S_T + S_M}; \quad V_M = \frac{S_M}{S_T + S_M},$$

где S_T - суммарная ширина реек по средней длине окружностей обмоток;

S_M - суммарное расстояние между рейками по средней длине окружностей обмоток.

$$Q_T = \frac{l_T}{l_T + l_M}; \quad Q_M = \frac{l_M}{l_T + l_M},$$

где l_T - суммарная толщина барьеров твердой изоляции между обмотками по радиусу;

l_M - суммарная толщина масляных барьеров между обмотками по радиусу.

При этом α - отношение диэлектрических проницаемостей маслопропитанной твердой изоляции и масла, принимается равное 2:

$$V_T + V_M = 1,$$

$$Q_T + Q_M = 1,$$

$$K_T + K_M = 1.$$

Если данные о конструктивных размерах изоляции отсутствуют, то следует принять:

$$K_T \sim 0.6, K_M \sim 0.4. \quad (4)$$

$$\text{Из (1)} \quad \text{tg} \delta_T = \frac{\text{tg} \delta - K_M \text{tg} \delta_M}{K_T} \quad (5)$$

2.7. Среднее влагосодержание твердой изоляции (W) в зависимости от тангенса угла диэлектрических потерь твердой изоляции ($\text{tg} \delta_T$) и температуры верхнего слоя масла (T °C) определяется по графику на рисунке.

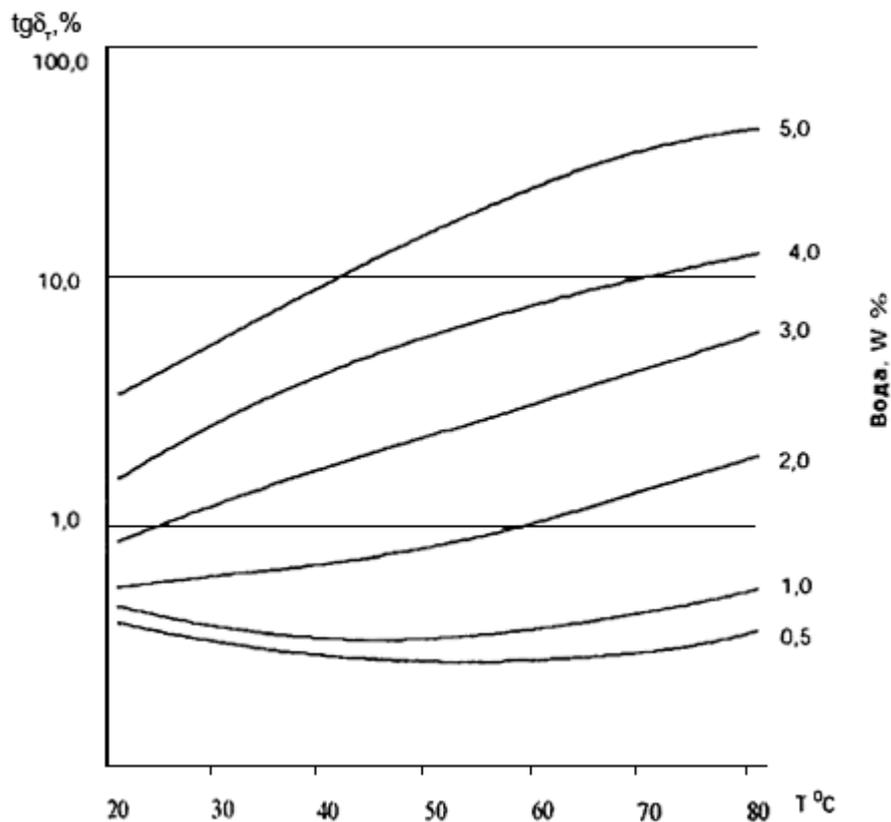


Рис. Зависимость тангенса угла потерь твердой изоляции обмоток трансформатора от температуры и влажности

2.8. Осуществление контроля в изоляции зон между обмотками трансформатора вполне достаточно. Рекомендуется контролировать изоляцию трансформатора также в зонах между сердечником и внутренней обмоткой и между наружной обмоткой и баком. В этом случае используется перевернутая схема измерения мостом Шеринга, которая дает завышение емкости и занижение тангенса угла диэлектрических потерь примерно на 10% за счет влияния емкости вводов. В этом случае высоковольтный вывод трансформатора и не подлежащую испытанию обмотку присоединяют к экрану моста, а к испытываемой обмотке присоединяют вывод Сх.

3. Список литературы

1. РД 34.45-51.300-97. "Объем и нормы испытаний электрооборудования".
2. ГОСТ 3484.3-88 "Трансформаторы силовые. Методы измерений диэлектрических параметров изоляции".
3. ГОСТ 6581-75 "Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний".