

ООО «Macca»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по диагностике состояния изоляции высоковольтных вводов 110 ÷ 750 кВ

г. Москва
2016 г.

РАЗРАБОТАНО: СКТБ ООО «Масса»

ИСПОЛНИТЕЛИ: С.Д. Кассихин, В.В. Сорокин

УТВЕРЖДАЮ: Директор по науке и перспективному развитию ООО «Масса»

К.Г. Сипилкин

15.01.2016 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО
ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ 110 ÷ 750 кВ**

Срок действия установлен
с 01.01.2016 г. до замены

Настоящие методические указания распространяются на маслонаполненные вводы напряжением 110 ÷ 750 кВ с *бумажно-масляной изоляцией герметичного и негерметичного исполнения*.

Методические указания предназначены для эксплуатационного и ремонтного персонала энергопредприятий и энергосистем.

Методические указания составлены по материалам исследований СКТБ АО «Мосизолятор», ООО «Масса», публикаций в периодической печати с учетом требований действующих нормативно-технических документов и взамен «Методических указаний по диагностике состояния изоляции высоковольтных вводов 110 ÷ 750 кВ» от 1994 года.

При разработке настоящих методических указаний учтен опыт диагностики СКТБ АО «Мосизолятор», ООО «Масса», ряда энергосистем.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения
2. Ввод в эксплуатацию
3. Нормальная эксплуатация
4. Отбраковка вводов
5. Вводы с отклоняющимся поведением контролируемых параметров
6. Приложение А

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Статистический анализ аварийных повреждений высоковольтных вводов подтверждает эффективность проведения профилактических испытаний. Вероятность возможности выявления опасного состояния изоляции с развивающимся дефектом при существующих методах контроля высоковольтных вводов порядка 90 %.

Опыт диагностики эксплуатационного состояния изоляции высоковольтных вводов, проводимый в последние годы СКТБ ООО «Масса» - завод «Изолятор» и рядом энергосистем, кроме традиционно измеряемых электрических характеристик изоляции, подтверждает эффективность хроматографического анализа растворенных в масле газов (ХАРГ).

Для заполнения высоковольтных вводов выпуска 1971-1985 гг. заводом «Изолятор» применялось трансформаторное масло марки Т-750. С 1985 г. начало применяться масло марки ГК. Указанные масла имеют существенно различные свойства: масло марки ГК обладает высокой противокислительной стабильностью, но низкой газостойкостью. Это определяет отличие установленных норм отбраковки и различие в распределении отказов по характеру возникновения и развития дефектов.

В 2007 году было принято решение о замене масла ГК маслом марки ВГ. Исследованиями, проведёнными в лабораториях ООО «Масса» - завод «Изолятор», ВИТ, ВНИИ НП было установлено, что масло марки ВГ, по своим характеристикам практически не отличается от масла марки ГК, за исключением более высокой газостойкости (приближаясь к маслу ГК с присадкой АР-1).

Применение метода ХАРГ для диагностики состояния изоляции снижает вероятность пропуска высоковольтного ввода с развивающимся дефектом в 2-3 раза. В то же время высокая чувствительность метода хроматографического анализа увеличивает вероятность ложной отбраковки, так как с учетом сравнительно небольшого объема масла во вводе, позволяет обнаружить дефект, который из-за малого его развития может и не приводить к аварийному повреждению за установленный срок службы высоковольтного ввода.

Особенностью, затрудняющей распознание дефекта во вводе, является то, что и при нормальном старении изоляции происходит изменение электрических характеристик изоляции и образование газов. Поэтому состав газов зависит как от режимов работы, продолжительности эксплуатации и того, в какой момент развития дефекта отобрана проба масла.

Наиболее достоверные результаты дает диагностика путем сравнительной оценки значений контролируемых параметров для выделения группы вводов с отклоняющимся поведением контролируемых параметров.

Для индикации повреждения (наличия неисправности) во вводе целесообразно установление определенного уровня граничных концентраций растворенных газов в масле, превышение которого указывает на наличие неисправности. Оценка степени опасности может быть произведена по скорости нарастания концентрации растворенных газов.

Требование проведения ХАРГ для вводов негерметичной конструкции является факультативным. Это связано с тем, что даже в случае малых концентраций растворенных газов в негерметичном вводе нельзя с уверенностью сделать заключение об удовлетворительном состоянии изоляции.

Для группы вводов с отклоняющимся поведением параметров оценка степени опасности и принятия рекомендаций по дальнейшей эксплуатации (отбраковка или повторный контроль через определенный период) проводится на основании сравнительных оценок, учитывающих как абсолютные значения, так и скорости нарастания контролируемых параметров.

Следует учитывать, что частый отбор проб масла из герметичных конструкций нецелесообразен, и настоящими методическими указаниями не устанавливается обязательность отбора проб масла из герметичных вводов при нормальной эксплуатации. Как обязательный, этот метод контроля необходим для уточнения диагноза.

С целью повышения эксплуатационной надежности высоковольтных вводов на ответственном оборудовании, может быть рекомендована установка специального устройства для отбора проб и доливки масла, разработки СКТБ АО «Мосизолятор».

2. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

2.1. Периодичность профилактических испытаний с проведением ХАРГ рекомендуется принять: при вводе в эксплуатацию, через 3-6 месяцев после ввода в эксплуатацию и далее совмещенная с электрическими измерениями характеристик изоляции, для вводов 110 ÷ 220 кВ – не реже 1 раза в 4 года, для вводов 330 ÷ 750 кВ – не реже 1 раза в 2 года, если начальная концентрация и скорости нарастания растворенных газов не превышают значений, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Класс напряжения Параметр	110 ÷ 150	220 ÷ 330	500 ÷ 750
H ₂ , % об. 10 ⁻⁴	100	25	100
C ₂ H ₂ , % об. 10 ⁻⁴	отс.	отс.	отс.
Σ C _X H _y , % об. 10 ⁻⁴	25	15	12,5
VH ₂ % об. 10 ⁻⁴ / мес.	15	4	1,5
VΣ C _X H _y % об. 10 ⁻⁴ / мес.	5	1,5	0,5

2.2. В случае, если при вводе в эксплуатацию, концентрации газов превышают значения, приведенные в табл. 1, но не более, чем в 2 раза, то повторный отбор пробы масла на ХАРГ производится не позднее, чем через 3 месяца после ввода в эксплуатацию.

Примечание. Допустимо не проводить контроль на ХАРГ до истечения гарантийного срока у высоковольтных вводов повышенной надежности, которые подвергаются приемо-сдаточным испытаниям по специальной программе.

2.3. В случае, если начальные концентрации растворенных газов будут превышать более чем в 2 раза значения по табл. 1, или будет установлено, что начальные скорости нарастания газов превышают значения по табл. 1, то следует убедиться в истинности полученных результатов и при их подтверждении сообщить на завод «Изолятор» для принятия рекомендаций по дальнейшей эксплуатации.

3. НОРМАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

3.1. Признаками удовлетворительного состояния высоковольтных вводов в гарантийный период, являются следующие:

3.1.1. tgδ₁ (tgδ₂) увеличивается не более чем в 1,2 раза, tgδ₃ не более чем в 1,5 раза по сравнению со значениями, полученными при вводе в эксплуатацию.

3.1.2. Концентрация содержания любого из газов не превышают значений, приведенных в табл. 2

Таблица 2

Класс напряжения, кВ	110 ÷ 150			220 ÷ 330			500 ÷ 750		
Параметр Тип масла	T-750	ГК	ВГ	T-750	ГК	ВГ	T-750	ГК	ВГ
H ₂ , % об. 10 ⁻⁴	200	500		50	125		20	50	
C ₂ H ₂ , % об. 10 ⁻⁴	2,5	2,5		1,6	1,6		1,0	1,0	
Σ C _X H _y , % об. 10 ⁻⁴	100	250		65	150		50	125	

3.1.3. Относительная скорость $V_{\text{отн.}}$ увеличения концентрации суммы горючих газов ($H_2 + \sum C_x H_y$) в месяц

$V_{\text{отн.}} \leq 10\%$ мес. – при периодичности контроля через 1 год

$V_{\text{отн.}} \leq 4\%$ мес. – при периодичности контроля через 3 года

$$V_{\text{отн.}} = (a_{i+1} - a_i) / a_i \times 100\% / \Delta t [\% \text{ мес.}],$$

где:

a_{i+1}, a_i – два последовательных измерения концентрации газов;

Δt – промежуток времени между последовательными измерениями, мес.

3.2. Признаками удовлетворительного состояния высоковольтных вводов после гарантийного периода являются следующие:

3.2.1. Значения контролируемых параметров не превышают указанных в табл. 3, а относительные скорости нарастания газов удовлетворяют п. 3.1.3.

Таблица 3

Границные значения контролируемых параметров (N)

Класс напряжения, кВ		110 ÷ 150			220 ÷ 330			500 ÷ 750		
Параметр Тип масла ^{x)}		T-750	ГК	ВГ	T-750	ГК	ВГ	T-750	ГК	ВГ
$H_2, \% \text{ об. } 10^{-4}$		1000	2500		250	625		100	250	
$C_2H_2, \% \text{ об. } 10^{-4}$		10	10		8,5	8,5		5,0	5,0	
$\sum C_x H_y, \% \text{ об. } 10^{-4}$		100	300		65	175		50	150	
CO/CO ₂		0,05 ÷ 0,15								
$tg\delta_M 70^{\circ}\text{C}, \%$		7,0	3,5		5,0	2,5		2,0	1,0	
$tg\delta_M 90^{\circ}\text{C}, \%$		10	5,0		7,0	3,5		3,0	1,5	
$tg\delta_3, \%$		3,0	2,0		2,0	1,5		1,5	1,2	
$tg\delta_1$ ^{xx)}		Нормы испытания электрооборудования								

Примечание. ^{x)} Нормы, указанные для масла Т-750, распространяются на вводы, выпущенные до 1985 г. включительно.

Нормы, указанные для масла ГК, распространяются на вводы выпуска с 1986 г.

^{xx)} Значения $tg\delta_1$ должны быть не менее:

0,25 % – для вводов с маслом Т-750

0,15 % – для вводов с маслом ГК и ВГ

4. ОТБРАКОВКА ВВОДОВ

Вводы подлежат отбраковке в соответствии с действующими нормативно-техническими документами при выполнении следующих условий:

4.1. Тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции $\operatorname{tg}\delta_1 < 0$, а тангенс наружных слоев изоляции превышает значения, приведенные в табл. 3.

4.2. $\operatorname{tg}\delta_3 > 1,5 \text{ N}$ по табл. 3

4.3. Концентрация газов C_2H_2 , H_2 и $\sum C_xH_y$ (включая C_2H_2) превышают или равны значениям, приведенным в табл. 3 одновременно и отношение CO/CO_2 вне указанных пределах.

4.4. Концентрация любого из газов C_2H_2 , H_2 и $\sum C_xH_y$ превышают в 2 и более раза значения, приведенные в табл. 3 и отношение CO/CO_2 вне указанных пределах.

4.5. Абсолютная скорость нарастания любого из газов превышают значения, приведенные в табл. 4.

4.6. Тангенс угла диэлектрических потерь масла ($\operatorname{tg}\delta_M 70^\circ C$), измеренный при подъеме превышает значения, приведенные в табл. 3.

4.7. Величина тангенса угла диэлектрических потерь основной изоляции увеличилась более чем в 1,2 раза по сравнению с предыдущими измерениями, а $\operatorname{tg}\delta_3$ превышает значения, приведенные в табл. 3.

4.8. Любая из концентраций растворенных газов превышают значения по табл. 2, а тангенс наружных слоев изоляции $\operatorname{tg}\delta_3$ превышает значения, приведенные в табл. 3.

4.9. В случае, если $\operatorname{tg}\delta_1 < 0$, а $\operatorname{tg}\delta_3$ меньше нормы по табл. 3, необходимо убедиться в истинности результатов измерений. Для этого предпринять меры по исключению влияния погодных условий и загрязнения внешней изоляции. В случае, подтверждения полученного отрицательного значения $\operatorname{tg}\delta_1$, ввод подлежит отбраковке.

4.10. Вводы подлежат немедленной отбраковке, если концентрация газов C_2H_2 , H_2 и $\sum C_xH_y$ равны и более 1,25 N значений, приведенных в табл. 3 одновременно или концентрация любого из газов C_2H_2 , H_2 , $\sum C_xH_y$ превышает в 2,5 N и более раза значений, приведенных в табл. 3 при любом отношении CO/CO_2 .

Таблица 4
Границные значения абсолютных скоростей нарастания газов
 $V_{\text{абс.}} \% \text{ об. } 10^{-4} / \text{мес.}$

Класс напряжения, кВ		110 ÷ 150			220 ÷ 330			500 ÷ 750		
Параметр	Тип масла	T-750	ГК	ВГ	T-750	ГК	ВГ	T-750	ГК	ВГ
H_2		30	75		7,5	18		3,0	7,5	
$\sum C_xH_y$		10	25		2,5	6,0		1,0	2,5	
C_2H_2		5,0	5,0		3,5	3,5		2,0	2,0	

5. ВВОДЫ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ ПОВЕДЕНИЕМ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

5.1. Если наблюдается устойчивое увеличение тока небаланса КИВ вводов 500 ÷ 750 кВ в 1,5 раза и более, не связанное с изменением работы сети, то необходимо произвести внеочередные профилактические испытания и ХАРГ.

5.2. Следует учитывать, что диагностическим признаком является не только увеличение, но и *уменьшение* измеренного значения $\tg\delta_1$. Поэтому, если при профилактических испытаниях измеренные значения $\tg\delta_1$ основной изоляции окажутся нижеприведенных в табл. 3, то рекомендуется провести обязательно отбор проб масла на ХАРГ.

5.3. Следует учитывать, что для нормальной изоляции значения $\tg\delta_1$ практически не зависят от температуры до 60 ÷ 70⁰ С. Поэтому, если нормированные значения $\tg\delta_1$ получены в результате пересчета к 20⁰ С, то рекомендуется провести обязательно отбор проб масла на ХАРГ.

5.4. При выполнении условий по п.4.3 или п.4.4, если отношение CO/CO₂ в пределах, указанных в табл. 3, ввод подлежит усиленному контролю с повторным ХАРГ не позднее, чем через 3 месяца.

5.5. В случае, если измеренные параметры не полностью удовлетворяют условиям разделов 2 и 3, для уточнения состояния изоляции необходимо произвести отбор пробы масла для измерения $\tg\delta_M$ 70⁰С, $\tg\delta_M$ 90⁰С и измерения $\tg\delta_3$ при двух температурах (см. приложение).

Если значения $\tg\delta_M$ 70⁰С, $\tg\delta_M$ 90⁰С, измеренные при подъеме или спаде температуры превышают значения по табл. 3, то ввод подлежит отбраковке, в противном случае допустимо проведение повторного контроля через 0,5 года.

5.6. Оценка эксплуатационного состояния изоляции высоковольтных вводов с отклоняющимся поведением контролируемых параметров, не полностью удовлетворяющих условиям разделов 2,3 довольно сложная.

Для уточнения диагноза эксплуатационного состояния, может требоваться увеличение объема испытаний (например, отбор проб масла на определение $U_{\text{пр.}}$, влагосодержания и т.д.), проведение дополнительных измерений или повторный контроль при сокращенной периодичности.

Алгоритм принятия решений для этих случаев не проводится из-за сложности описания и реализован на ЭВМ в программе.

ВНИМАНИЕ!

5.7. При необходимости, для случаев, не полностью удовлетворяющих условиям нормальной эксплуатации или отбраковки разделов 2 и 3, обращайтесь за рекомендациями на завод.

Для выдачи рекомендаций по дальнейшей эксплуатации необходимо выслать:

- результаты последних и предшествующих испытаний, при возможности результаты при вводе в эксплуатацию, а также указать заводской номер, год выпуска и дату включения в эксплуатацию, тип ввода и оборудование, на котором ввод установлен;

- результаты ХАРГ следует сообщить раздельно по отдельным газам.

Отсутствие указанных данных и значений измерений по некоторым параметрам приводит к повторным запросам, затрудняет интерпретацию результатов контроля и повышает вероятность «пропуска» вводов с развивающимся дефектом.

При оценке эксплуатационного состояния ввода следует учитывать неопределенность в оценке $\text{tg}\delta_3$ без учета температуры масла ввода в момент измерений. Для надежной оценки $\text{tg}\delta_3$ рекомендуется проводить измерения $\text{tg}\delta_3$ при двух температурах. Для этого необходимо нагреть трансформатор перед отключением нагрузочными потерями до температуры верхних слоев масла $t_{\text{в.с.м.}} = 60 \div 70^0 \text{ С}$ с помощью отключения части вентиляторов в системе охлаждения ДЦ, либо перекрытия части радиаторов в системе Д (при прогреве контролируется $t_{\text{в.с.м.}}$, давление масла во вводах и его уровень в расширителе). Температура масла во вводе при температуре окружающего воздуха $t_{\text{окр.}}$ может быть приближенно рассчитана по формуле:

$$t \approx (t_{\text{в.с.м.}} + t_{\text{окр.}}) / 2$$

либо оценено по величине давления во вводе по известной зависимости давления от температуры (кривая MN, приводимая в инструкциях по эксплуатации высоковольтных вводов).

После измерения $\text{tg}\delta_3$ при повышенной температуре масла во вводе t_1 , выполняются повторные измерения при сниженной температуре t_2 масла во вводе на $10 \div 20^0 \text{ С}$ (за счет естественного охлаждения или включения полного охлаждения).

При таких измерениях, возможна в первом приближении оценка тангенса угла диэлектрических потерь масла во вводе без отбора проб масла по формулам:

$$\text{tg}\delta_M(t_1) \approx \text{tg}\delta_3(t_1)$$

$$\text{tg}\delta_M 70^0 \text{C} \approx \text{tg}\delta_3(t_1) + [\text{tg}\delta_3(t_1) - \text{tg}\delta_3(t_2)] \times (70^0 - t_1) / (t_1 - t_2)$$

Проведение таких измерений $\text{tg}\delta_3$ без отбора проб масла особенно рекомендуется проводить на вводах выпуска до 1986 года с маслом Т-750. Если при этом рассчитанные значения $\text{tg}\delta_M 70^0 \text{C} \geq 7 \%$, то обязательно необходимо провести отбор проб масла на ХАРГ, непосредственно измерить $\text{tg}\delta_M 70^0 \text{C}$, $U_{\text{пр.}}$ и влагосодержание.