

ВА-3 – встраиваемая антенна для регистрации частичных разрядов в баках маслonaполненных трансформаторов



Рис. 1. Антенна марки ВА-3 для регистрации импульсов частичных разрядов UHF диапазона частот в баке трансформатора.

Измерение импульсов частичных разрядов в баках маслonaполненных силовых трансформаторов, возникающих при появлении дефектов в высоковольтной изоляции, является актуальной, но технически сложной диагностической задачей.

Основной проблемой при проведении таких измерений является наличие на подстанции большого количества высокочастотных импульсов, по параметрам близких к ожидаемым импульсам частичных разрядов. Эти помехи могут по амплитуде на один или два порядка превышать импульсы реальных ЧР, что может снизить достоверность проводимой диагностики до недопустимого уровня.

В настоящее время, наряду с использованием технических и алгоритмических средств борьбы с помехами, реализованных в современных приборах регистрации и анализа частичных разрядов, дополнительно повысить достоверность диагностических работ можно двумя способами:

- Во-первых, необходимо проводить измерение параметров высокочастотных импульсов в UHF (СВЧ) диапазоне частот. Импульсы этого частотного диапазона быстро затухают на небольшом расстоянии от источника возникновения, и чаще всего не достигают трансформатора, в котором производятся измерения.
- Вторым эффективным способом повышения достоверности измерений частичных разрядов является использование для регистрации частичных разрядов датчиков, расположенных внутри бака трансформатора. В этом случае металлический бак трансформатора является электромагнитным экраном, который защищает приемные антенны и датчики от влияния внешних высокочастотных импульсов помех.

Все эти возможности для отстройки от импульсов помех реализуются при использовании предлагаемого измерительного комплекта производства фирмы ДИМРУС.

Комплект включает в себя многоканальный измерительный прибор PD-Analyzer и встраиваемую в бак трансформатора электромагнитную антенну марки ВА-3, предназначенную для регистрации импульсов частичных разрядов в сверхвысокочастотном и (или) высокочастотном диапазонах частот.

Конструктивные особенности антенны ВА-3

Основной технической проблемой, возникающей при регистрации частичных разрядов UHF диапазона внутри баков силовых трансформаторов, является отсутствие в них

необходимых антенн. Поэтому реальным для практики вариантом является использование нестационарных антенн, устанавливаемых в баке трансформатора только на время проведения измерений.

Примером такой нестационарной встраиваемой антенны является устройство ВА-3 производства фирмы ДИМРУС. В отечественной и иностранной технической литературе антенны такого типа часто называются «Зонд Лемке» по имени ее разработчика.

Антенна марки ВА-3 предназначена для регистрации импульсов частичных разрядов внутри баков маслonaполненных силовых трансформаторов в UHF (СВЧ) диапазоне частот, от 0,45 до 1,5 ГГц.

Для расширения практических возможностей антенны ВА-3 в ее конструкции предусмотрена возможность регистрации импульсов частичных разрядов в HF (ВЧ) диапазоне частот, от 0,1 до 30 МГц.

Встраиваемая антенна ВА-3 является переносной. Она может многократно монтироваться и демонтироваться на различном баковом оборудовании. Возможно эффективное использование антенны в составе систем мобильного или стационарного мониторинга.

Для монтажа антенны внутрь бака силового трансформатора используются поворотные краны различной конструкции, стационарно смонтированные на баке трансформатора на заводе-изготовителе. Это могут быть краны шарового исполнения от DN50 и более, или же поворотные затворы, начиная от DN80.

Для обеспечения возможности оперативного монтажа (демонтажа) электромагнитной антенны марки ВА-3 без слива масла из бака трансформатора используется герметизирующее переходное устройство, оптимально с дополнительным шаровым краном, смонтированное на переходном фланце.



Рис. 2. Антенна ВА-3 в сборе с герметизирующим узлом для монтажа на шаровом кране бака силового трансформатора

Для каждого типа и размера крана, используемого на баке трансформатора, приходится использовать свой специализированный переходной фланец. Для введения антенны в бак трансформатора через шаровый кран герметизирующий узел монтируется в центре переходного фланца.



Рис. 3. Антенна ВА-3 с герметизирующим узлом и дополнительным краном для монтажа на поворотном затворе DN80, установленном на баке.

При установке антенны ВА-3 в баке трансформатора через поворотный затвор место установки герметизирующего узла на переходном фланце радиально смещается от центра. В этом случае чувствительный элемент датчика ВА-3 проходит в бак трансформатора мимо оси поворотного затвора, см. рис. 4.



Рис. 4. Введение антенны ВА-3 в бак трансформатора через поворотный затвор DN80 за счет смещения на переходном фланце.

Примечание: при монтаже антенны на оборудовании различного типа могут потребоваться нестандартные переходные фланцы, которые могут быть изготовлены по специальному заказу.

Порядок монтажа и демонтажа антенны ВА-3 на баке трансформатора

Антенна ВА-3 может монтироваться в баке силового трансформатора, находящемся в эксплуатации. Необходимо только наличие на баке трансформатора крана, смонтированного на заводе-изготовителе. Технологическое

назначение этого крана может быть любым: заливной, сливной, ревизионный и т.д., главное, чтобы он соответствовал необходимым требованиям и был «технологически свободен» на момент установки антенны.

С закрытого крана на баке трансформатора демонтируется дополнительная внешняя заглушка, на место которой устанавливается входящий в состав поставки антенны переходной фланец с герметизирующим устройством. Это переходное устройство с дополнительной заглушкой позволяет оперативно монтировать антенну ВА-3 в бак трансформатора.

Для установки антенны необходимо проделать следующие операции:

- С герметизирующего устройства демонтируется предохранительная заглушка и устанавливается верхний сальник.
- В герметизирующее устройство вводится активная часть антенны ВА-3 до шарового крана, входящего в состав герметизирующего узла. Этот шаровой кран должен быть закрытым, с начала монтажа и до момента полного ввода антенны в герметизирующее устройство.
- Открывается шаровой кран герметизирующего устройства, который соединяет полость с датчиком с полостью перед запорным устройством бака трансформатора. На два оборота откручивается винт, предназначенный для стравливания воздуха из этой полости.
- Шаровой кран (или поворотная задвижка) на баке трансформатора немного приоткрывается. В этом режиме происходит максимально возможное удаление воздуха из полости между кранами. После появления масла из-под дренажного болта он туго закручивается.
- Полностью открывается шаровой кран на баке трансформатора (или поворотная задвижка), и датчик вводится внутрь бака на расчетную глубину. Сам датчик должен выступать внутрь от стенки бака трансформатора не менее чем на 100 мм.
- Гайка верхнего сальника герметизирующего устройства затягивается для исключения несанкционированного перемещения датчика. Дополнительно производится фиксация выбранного положения датчика при помощи предохранительной цепочки и карабина.

Измерительная антенна ВА-3 готова к использованию и подключению к переносному прибору регистрации частичных разрядов в СВЧ диапазоне частот. Это может быть прибор PD-Analyzer фирмы ДИМРУС или любой другой, позволяющий проводить регистрацию импульсов в СВЧ диапазоне частот.

Демонтаж измерительной антенны ВА-3 и, при необходимости, самого герметизирующего устройства с крана на баке трансформатора производится в обратной последовательности.

Проведение измерений частичных разрядов в баке трансформатора при помощи антенны ВА-3

Для проведения измерений частичных разрядов в баке трансформатора достаточно использование одного датчика ВА-3 и практически любого переносного измерительного прибора, регистрирующего высокочастотные импульсы частичных разрядов в UHF диапазоне частот.

Проведение первичных измерений частичных разрядов при помощи ВА-3 возможно даже с использованием высокочастотного осциллографа.

Для выявления дефектов в изоляции обмоток и вводов трансформатора, определения типа дефекта и оценки технического состояния изоляции оптимальным является использование одного измерительного канала многоканального прибора марки PD-Analyzer.

Перед проведением измерений частичных разрядов в баке трансформатора проводится методическая подготовка (градуировка измерительного комплекса) и техническая проверка работоспособности комплекса «измерительный прибор – антенна».

Градуировку схемы измерения частичных разрядов необходимо проводить на отключенном трансформаторе с использованием генератора UHF импульсов частичных разрядов марки GTI-5/UHF или аналогичного. Импульсы от генератора подаются в один из вводов трансформатора, сигналы регистрируются измерительным прибором.



Рис. 5. Выходные и входные разъемы антенны ВА-3

Для проверки работоспособности датчика ВА-3 и всего измерительного тракта регистрации частичных разрядов также необходимо использовать генератор градуировочных импульсов марки GTI-7/UHF, который подключается к разъему «Тест» (рис. 5), расположенному на корпусе соединительной коробки датчика. В этом случае на встроенную излучающую антенну (установленную в верхней точке ВА-3) от генератора подаются тестовые импульсы. Эти импульсы наводятся в измерительной антенне и регистрируются прибором.

Измерение частичных разрядов в баке трансформатора при очень высоком уровне помех на подстанции

На практике встречаются случаи, когда уровень помех вблизи трансформатора является очень высоким, или источники этих помех находятся вблизи трансформатора. Импульсы от «таких близких» внешних дефектов регистрируются внутри бака с достаточно высокой амплитудой. При недостатке опыта диагностом может быть сделан вывод о наличии этих дефектов внутри бака.

Для того, чтобы избавиться от таких помех, используют дополнительную антенну ВА-4, которую располагают вблизи трансформатора. Эту антенну подключают к другому входу измерительного прибора PD-Analyzer.

В приборе включается функция сравнения амплитуд и разницы во времени прихода импульсов от этих двух антенн: встроенной в бак и внешней. На основании работы этого специализированного алгоритма эффективно разделяются импульсы от дефектов изоляции, возникших в баке трансформатора, и «внешние» импульсы частичных разрядов, являющихся для данного измерения помехами.



Рис. 6. Дополнительная внешняя антенна марки ВА-4 для более эффективной отстройки от помех

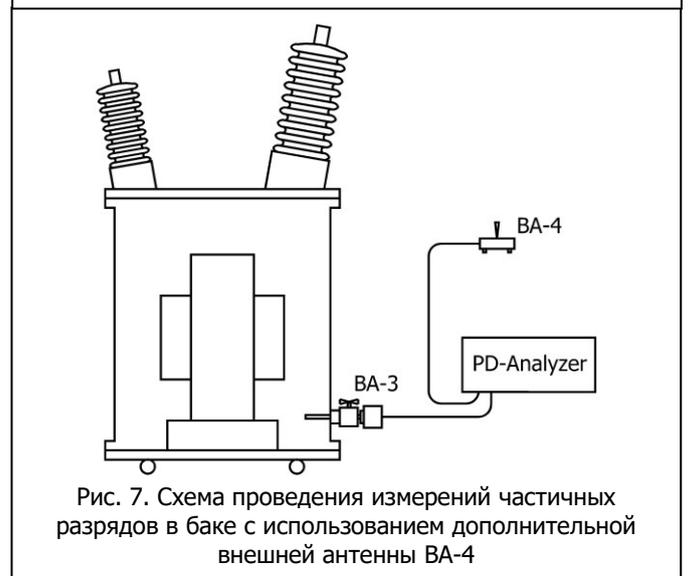


Рис. 7. Схема проведения измерений частичных разрядов в баке с использованием дополнительной внешней антенны ВА-4

Использование встраиваемых антенн ВА-3 для локализации места возникновения дефекта внутри бака трансформатора

В самом общем случае оценка технического состояния и поиск дефектов в изоляционной системе силового трансформатора по параметрам частичных разрядов проводится в четыре этапа:

- Появление стационарных частичных разрядов – первый признак наличия дефекта в изоляции.
- Повышение с течением времени интенсивности частичных разрядов в баке – признак развития дефекта в изоляции трансформатора.
- Определение типа дефекта по PRPD распределению импульсов частичных разрядов дает возможность разделения выявленных дефектов по степени опасности для дальнейшей эксплуатации трансформатора.
- Локация места возникновения дефекта в баке трансформатора – финальный этап проведения диагностических работ.

Знание типа и места возникновения дефекта в высоковольтной изоляции в баке - максимально информативное заключение по итогам проведения диагностических работ.

В настоящее время единственным приемлемо достоверным способом локации дефекта внутри бака является использование приборов с одним или несколькими ультразвуковыми датчиками. Недостатком этого метода является его низкая чувствительность и достоверность, обусловленная большим затуханием и сложными путями движения и отражения акустических сигналов внутри бака трансформатора.

Возможным вариантом локации места возникновения дефектов в изоляции внутри бака трансформатора является использование импульсов сверхвысокочастотного (UHF) диапазона частот, синхронно зарегистрированных несколькими датчиками. Такая локация может обеспечить хорошую точность и многократно большую чувствительность, чем акустическая локация.

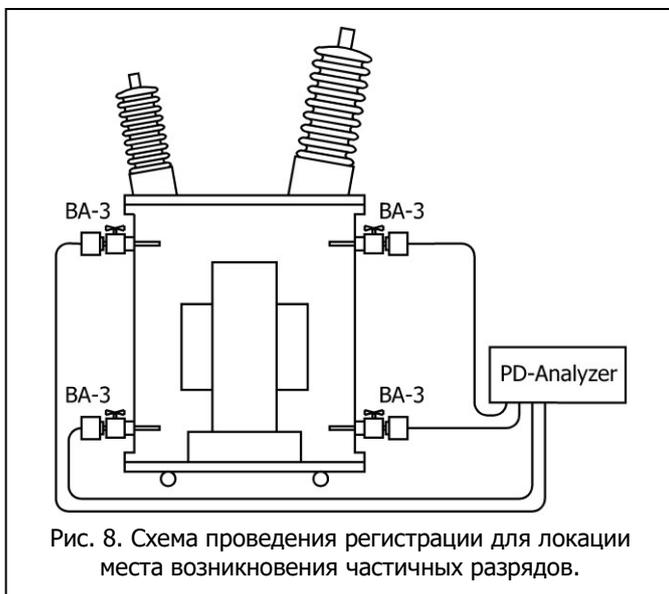


Рис. 8. Схема проведения регистрации для локации места возникновения частичных разрядов.

Для проведения локации в бак нужно ввести не менее четырех датчиков (расположенных не в одной плоскости!) и подключить их к входам прибора PD-Analyzer. Синхронно зарегистрированные сигналы от антенн после регистрации обрабатываются в программном обеспечении INVA-Portable,

в котором производится расчет места возникновения дефекта в баке трансформатора.

При благоприятных условиях регистрации импульсов и использовании итерационных алгоритмов погрешность такой локации внутри бака может составить $\pm 0,2$ метра.

Проведение локации места возникновения дефектов внутри бака с использованием нескольких антенн ВА-3 в плане монтажа датчиков является трудоемкой и технически сложной задачей. Однако в ряде случаев это может быть экономически более эффективно, так как может позволить избежать еще более сложной и дорогой процедуры вскрытия бака трансформатора.

Состав поставки встраиваемой электромагнитной антенны ВА-3

В стандартный состав поставки встраиваемой антенны марки ВА-3 для регистрации частичных разрядов в баке силового трансформатора входят:

- Блок антенны ВА-3 с коммутационной коробкой для подключения измерительного прибора и калибровочного генератора.
- Герметизирующий узел с шаровым краном и переходным фланцем, рассчитанным для монтажа на шаровый кран на баке трансформатора.
- Переходный фланец для монтажа антенны на поворотный затвор на баке трансформатора (DN80).

Поставка антенны ВА-3 с герметизирующими узлами производится в общем транспортном чемодане.

Расширенная поставка для измерения частичных разрядов в баке трансформатора может дополнительно включать в себя:

- Внешнюю «помеховую» антенну марки ВА-4, используемую при проведении измерений при высоком уровне наведенных помех, в транспортном чемодане.
- Калибровочный генератор UHF диапазона частот марки GTI-7/UHF для проведения градуировки и проверки работоспособности измерительной схемы в сборе.
- Набор переходных фланцев для монтажа антенны на баке трансформатора. Количество и размерность фланцев определяется в договоре на поставку по согласованию с Заказчиком.

Измерительный прибор PD-Analyzer, предназначенный для синхронной регистрации импульсов частичных разрядов в UHF диапазоне частот, или аналогичный по свойствам измерительный прибор производства другой фирмы, в состав поставки антенны марки ВА-3 не входит.

Основные технические параметры антенны ВА-3 (ВА-4)

№	Параметр	Значение	Прим.
1. Электрические параметры			
1.1.	Диапазон регистрируемых частот СВЧ антенны, ГГц	0,45... 1,50	
1.2.	Диапазон регистрируемых частот ВЧ антенны, МГц	0,1...30,0	
1.3.	Напряжение питания электроники ВЧ антенны, В	5	
2. Конструктивные параметры и геометрические размеры			
2.1.	Размеры встраиваемой антенны D*L, мм	25*583 (25*273)	
2.2.	Размеры внешнего коммутационного корпуса антенны, мм	161*118*77	
2.3.	Размеры транспортного чемодана, мм	855*475*230 (460*380*150)	
2.4.	Вес комплекта антенны в транспортном чемодане, кг	25 (8)	
3. Эксплуатационные параметры			
3.1.	Температура эксплуатации, град	0...+80	
3.2.	Температура хранения, град	-40...+60	