

Тангенс-Д – прибор контроля технического состояния высоковольтных вводов силовых трансформаторов



Рис. 1. Внешний вид переносного прибора Тангенс-Д и эталона тангенса марки Эталон-Т.

В настоящее время в силовых трансформаторах все чаще используются высоковольтные вводы с твердой RIP изоляцией.

Практическая эксплуатация этих вводов показала, что возникающие в них дефекты имеют, по сравнению с традиционными вводами с изоляцией бумага-масло, несколько другие диагностические признаки и другие скорости развития.

В наибольшей мере это касается следующего:

- Относительный рост концентрации влаги в твердой изоляции гораздо выше, чем в изоляции бумага-масло. Хотя сама скорость проникновения влаги в компаунд значительно ниже, чем в масло, критический объем влаги в твердой изоляции многократно меньше, чем в масле.
- Проникновение влаги в остов ввода происходит с торцов, так как это возможно только вдоль оси ввода по изоляционным слоям компаунда. Поступать внутрь остова радиально влага не может, этому препятствуют слои фольги. По этой причине у торцов остова в процессе увлажнения всегда будет повышенная концентрация влаги. Само количество поступившей в изоляцию влаги может быть небольшим, но она будет сосредоточена на небольшом участке.
- Дефекты в твердой RIP изоляции, в отличие от объемных дефектов в изоляции бумага-масло, обычно носят локальный характер. Поэтому внутри твердой изоляции дефекты чаще всего диагностируются появлением высокочастотных частичных разрядов небольшой мощности, что незначительно увеличивает величину тангенса угла потерь всего объема твердой изоляции.

Требования к приборам контроля вводов с разными типами изоляции.

В силу даже трех перечисленных выше физических особенностей процессов возникновения и развития дефектов в высоковольтных вводах с твердой изоляцией, к диагностическим функциям приборов контроля вводов предъявляются специфические требования.

Эти требования к определению параметров вводов не могут быть полностью реализованы при классической диагностике технического состояния изоляции вводов, которая практически полностью основана на измерении величин тангенса угла диэлектрических потерь изоляции и емкости C_1 .

Сейчас уже даже производители вводов рекомендуют дополнять контроль тангенса угла потерь твердой изоляции измерением абсорбционных характеристик изоляции, особенно при введении вводов в эксплуатацию после хранения.

Поэтому все имеющиеся в эксплуатации обычные «мостовые» диагностические приборы уже не могут обеспечить должную практическую эффективность при измерении параметров твердой изоляции. Службы диагностики высоковольтных вводов нуждаются в комбинированных приборах.

Примером универсального диагностического оборудования для контроля технического состояния высоковольтных вводов является переносной прибор марки Тангенс-Д, разработанный фирмой ДИМУС. Функции этого прибора во многом соответствуют требованиям, актуальным при проведении контроля параметров высоковольтной твердой изоляции.

Функциональные возможности переносного прибора марки Тангенс-Д

Отличительной особенностью Тангенс-Д является комплексная реализация в одном переносном приборе трех взаимодополняющих диагностических методов контроля технического состояния высоковольтной изоляции вводов:

- Определение величин емкости C_1 и тангенса угла потерь изоляции ввода $\tan\delta$ при приложении испытательного напряжения до 12 кВ с частотой 45 и 55 Гц (или других, по выбору пользователя), что позволяет отстраиваться от помех промышленной частоты. Этот метод является базовым для контроля состояния изоляции, так как для него имеются нормированные пороговые значения.
- Измерение динамических сопротивлений изоляции R_{15} , R_{60} и R_{600} , связь между которыми определяется абсорбционными характеристиками изоляции ввода. На основании сравнительного анализа этих трех сопротивлений оцениваются влагосодержание и степень старения изоляции.
- Определение и анализ зависимости величины тангенса угла потерь в изоляции от частоты приложенного испытательного напряжения в диапазоне 15÷600 Гц. Тест позволяет выявить наличие частотной зависимости для активных потерь в изоляции (метод FRSL). Выявление повышенного влагосодержания в изоляции в этом методе производится сравнением параметров трех вводов трансформатора между собой.

Для практического использования этих трех методов в одном приборе марки Тангенс-Д имеются все необходимые технические, методические и экспертные средства.

Подготовка измерительной схемы и проведение измерений параметров вводов

Перед проведением измерений параметров вводов выход встроенного в прибор Тангенс-Д высоковольтного источника при помощи специального кабеля подключается к линейным выводам испытываемых высоковольтных вводов трансформатора.

Особенностью прибора Тангенс-Д является возможность измерения параметров изоляции одновременно всех трех вводов одного силового трансформатора.

Для этого при начальной сборке схемы кабель подключается к одному, двум и сразу к трем вводам. Соответственно к измерительным выводам вводов (ПИН) от прибора подключаются от одного до трех сигнальных кабелей, в зависимости от выбранной измерительной схемы.

Далее пользователь при помощи экранного меню прибора выбирает методы диагностики, которые он хочет использовать для оценки технического состояния вводов данного силового трансформатора.

Он может выбрать от одного до трех диагностических методов из списка реализованных в приборе Тангенс-Д, который приведен в данном описании выше.

Достоинством технической реализации прибора Тангенс-Д является то, что при переходе от использования одного диагностического метода к другому изменения схемы внешних коммутаций соединительных кабелей между прибором и трансформатором не требуется. Все необходимые изменения схемы проводятся внутри прибора под управлением встроенного компьютера.

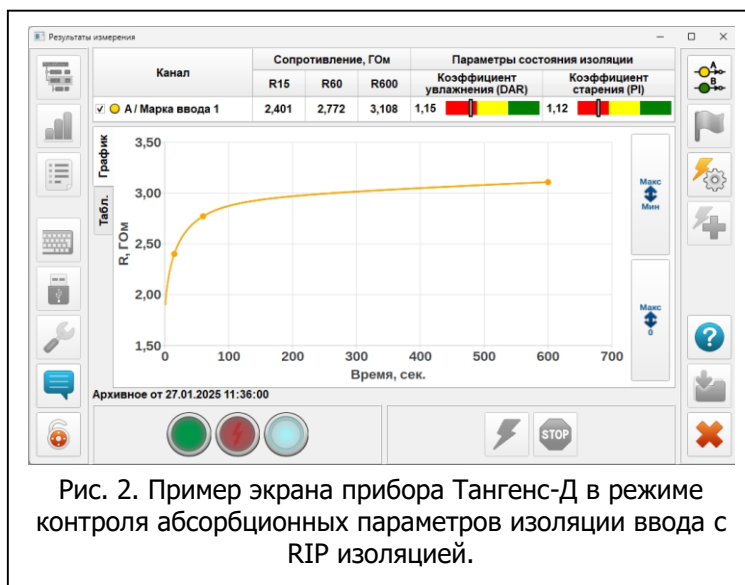


Рис. 2. Пример экрана прибора Тангенс-Д в режиме контроля абсорбционных параметров изоляции ввода с RIP изоляцией.

Если пользователь выберет все три реализованных диагностических метода и при этом задаст все необходимые параметры и величины, то прибор в автоматическом режиме последовательно выполнит все измерения, заданные пользователем.

Так как для проведения измерений параметров изоляции вводов в Тангенс-Д используются два отдельных регулируемых источника напряжения: АС и DC, то сначала выполняются измерения по методам контроля тангенса угла потерь в изоляции и частотного анализа добавочных потерь с использованием регулируемого источника АС.

Определение абсорбционных параметров изоляции вводов трансформатора технически и методически правильно производить на последнем этапе всех испытаний. В силу особенностей этого метода после него необходимо разряжать изоляцию вводов в течение 10-15 минут.

Параметрическая и экспертная оценки технического состояния вводов при помощи программных средств прибора Тангенс-Д

По результатам выполненных измерений на первом этапе обработки и диагностики в программном обеспечении прибора марки Тангенс-Д будут рассчитаны основные, нормируемые параметры изоляции высоковольтных вводов силовых трансформаторов:

- Тангенс угла диэлектрических потерь в изоляции (высоковольтных вводов трансформатора).
- Емкость контролируемого объекта (емкость C_1 высоковольтного ввода трансформатора).

Тангенс угла диэлектрических потерь в изоляции является наиболее информативным диагностическим параметром, указывающим на появление признаков возникновения дефектных состояний во вводах с изоляцией бумага-масло.

Величина емкости ввода C_1 имеет определяющее значение для оценки возможности дальнейшей эксплуатации ввода. Если для нее превышено паспортное значение, то это означает, что дефекты во изоляции ввода уже развились до опасного уровня и привели к перекрытию одного или нескольких изоляционных промежутков. Техническое состояние таких вводов не может обеспечить необходимую надежность работы силовых трансформаторов.

Контроль величин тангенса угла потерь изоляции и емкости C_1 относится к параметрической диагностике, для которой существуют нормативные значения и общепризнанные методические рекомендации.

Для проведения более полной оценки технического состояния высоковольтных вводов в приборе Тангенс-Д используются средства экспертной диагностики. Они позволяют определить причину изменения основных диагностических параметров ввода, оценить степень развития выявленных диагностических признаков.

Максимально полная и достоверная оценка технического состояния изоляции вводов может быть получена в том случае, когда при помощи прибора Тангенс-Д будут выполнены еще два теста:

- Измерение сопротивлений изоляции ввода R_{15} , R_{60} и R_{600} , при помощи которых оцениваются влагосодержание и степень старения изоляции.
- Расчет тангенса угла потерь в изоляции при изменении частоты испытательного напряжения в диапазоне 15-600 Гц для выявления зависимости добавочных потерь в изоляции от частоты.

Анализ результатов испытаний трансформатора, выполненных тремя различными методами диагностики, позволяет сделать максимально достоверное заключение о состоянии высоковольтных вводов трансформатора.

Итогом проведения комплексной диагностики состояния вводов трансформатора является коэффициент текущего технического состояния $K_{ТТС}$, рассчитанный для каждого ввода. Этот параметр является экспертным, для него нет общепринятого нормирования по категориям состояния.

В программном обеспечении прибора Тангенс-Д нормирование технического состояния вводов выполнено на основании практического опыта специалистов фирмы ДИМУС:

- При значении коэффициента $K_{ТТС}$ в диапазоне от 1,0 до 0,9 состояние ввода считается хорошим, соответствующим зеленому сигналу светофора технического состояния.
- Если величина $K_{ТТС}$ находится в диапазоне от 0,9 до 0,7, то состояние ввода считается тревожным, оно соответствует желтому сигналу светофора.
- Состояние ввода считается предаварийным при значении $K_{ТТС}$ менее 0,7. Это соответствует красному сигналу стандартного светофора.

Опытные диагносты могут иначе оценивать техническое состояние вводов, используя свой практический опыт. Для реализации этой функции в программе существует возможность «ручной» корректировки результатов автоматической диагностики вводов.

По итогам проведения всех измерений и комплексной диагностики вводов трансформатора экспертной программой прибора Тангенс-Д автоматически формируется отчетный текстовый документ. Его можно просмотреть на цветном экране прибора и, при необходимости, распечатать на принтере. Документ может быть скорректирован диагностом.

В состав документа входит следующая техническая информация:

- Коэффициенты текущего технического состояния трех вводов контролируемого трансформатора.
- Результаты проведения параметрической диагностики – значения тангенса угла потерь в изоляции и величины емкости C_1 вводов.
- Наличие зависимости параметров ввода от частоты, показывающей повышенное влагосодержание.
- Оценка влагосодержания в изоляции на основе расчета коэффициентов абсорбции и поляризации.
- Если в процессе тестирования будет выявлено значительное ухудшение характеристик ввода, то экспертной системой будет определен тип дефекта, приведший к ухудшению параметров.

Коэффициент технического состояния $K_{ТТС}$ ввода служит основой для ранжирования всего парка имеющихся на предприятии высоковольтных вводов.

Особенности управления работой прибора Тангенс-Д, способы передачи информации

Для удобства работы допускается управление прибором с помощью активного экрана встроенного компьютера, с помощью удаленного смартфона, планшета, ноутбука.

Передача информации от прибора может осуществляться при помощи интерфейсов связи:

- Подключение прибора может осуществляться при помощи сетевого интерфейса Ethernet.
- Для передачи информации может быть использован беспроводной интерфейс Bluetooth.

- Для загрузки дополнительных данных и модифицированных программ в приборе Тангенс-Д может использоваться локальный интерфейс USB.

Конструктивные особенности переносного прибора марки Тангенс-Д

Для реализации всех возможностей в приборе использован ряд технических решений:

- Наличие двух встроенных высоковольтных регулируемых источников напряжения, при помощи которых производятся все испытания вводов.
- Универсальность используемых схемных решений внутри прибора и простота подключения к трансформатору. Для проведения комплексных испытаний вводов достаточно один раз собрать измерительную схему. После этого все переключения схемы происходят внутри прибора.
- Наличие в приборе трех синхронно работающих измерительных каналов, позволяет одновременно измерять параметры трех вводов силового трансформатора.
- Встроенное программное обеспечение имеет полный набор расчетных и экспертных алгоритмов, достаточный для проведения параметрической и экспертной диагностики.
- Для использования в составе стационарных и передвижных диагностических лабораторий прибор Тангенс-Д может быть поставлен в нормализованном металлическом корпусе (для монтажа в стандартный шкаф 19") высотой 6 У.
- В состав поставки Тангенс-Д может быть включен переносной эталон тангенса угла потерь марки Эталон-Т фирмы ДИМРУС. При помощи этого эталона можно оперативно осуществлять проверку

работоспособности и точности работы прибора Тангенс-Д в эксплуатационных условиях.

Совокупность этих конструктивных особенностей является основой высокой эффективности и точности применения прибора Тангенс-Д.

Состав поставки прибора Тангенс-Д



Рис. 3. Конструктивное исполнение прибора Тангенс-Д для использования в составе стационарных и автомобильных лабораторий.

В состав поставки прибора Тангенс-Д входят:

- Измерительный прибор марки Тангенс-Д в защитном транспортном кейсе.
- Комплект соединительных кабелей для проведения испытаний высоковольтных вводов различного типа под испытательным и рабочим напряжениями, в транспортном кейсе.
- Комплект технической документации и программное обеспечение на носителе.
- Измерительный эталон марки Эталон-Т для тестирования прибора Тангенс-Д (опция).

Основные технические параметры прибора Тангенс-Д

Параметр	Значение
Мощность источника переменного тока (в течение 30 с), Вт	800
Мощность источника АС в длительном режиме, Вт	600
Частота выходного напряжения источника переменного тока, Гц	15...600
Выходное напряжение источника переменного тока, В	0... 12000
Выходное напряжение источника постоянного тока, В	200...4000
Выходной ток источника постоянного тока, мА	10
Количество измерительных каналов для токов проводимости	3
Диапазон измеряемых токов проводимости вводов, мА	0,5... 300
Разрешение и размер активного экрана, точек	1024 * 600, размер 7,1"
Операционная система встроенного компьютера прибора	Linux
Интерфейсы связи для передачи данных	Bluetooth, Ethernet, USB
Напряжение питания прибора, В АС	100... 240
Потребляемая из сети мощность, средняя, кВт	1,5
Размеры корпуса прибора (Ш*В*Д), мм	480 * 350 * 420
Вес прибора без кабелей, кг	21,0
Рабочая температура окружающей среды, градусов	-10... +55
Температура хранения прибора, градусов	-30... +70