

FreDA – переносной прибор для анализа частотных характеристик силовых трансформаторов

Переносной измерительный прибор марки **FreDA** (**F**requency **D**omain **A**nalyzer) предназначен для контроля диэлектрических и конструктивных параметров силовых трансформаторов (и некоторого другого высоковольтного оборудования), определяемых при приложении испытательного напряжения изменяемой частоты.

На основании анализа полученных частотных откликов решаются две задачи, связанные с оценкой технического состояния оборудования:

- Выявление нарушений геометрической формы обмоток трансформатора, возникающих после протекания по ним сквозных токов короткого замыкания (метод SFRA).
- Оценка влагосодержания в твердой изоляции обмоток трансформатора, производимая с использованием метода спектроскопии в частотной области (FDS).

Разница в решении двух этих задач заключается в том, что для контроля изменений формы обмоток трансформатора нормируется частотный отклик в диапазоне частот от 20 Гц до 2 МГц. Для контроля влагосодержания в изоляции обмоток трансформатора и во вводах используются результаты, полученные в более низкочастотном диапазоне, включающем частоты от 0,0001 Гц до 1000 Гц.

Для решения этих двух задач и предназначен универсальный переносной измерительный комплект приборов марки FreDA, разработанный фирмой ДИМРУС. Конструктивно прибор FreDA включает в себя блок питания и два измерительных модуля в транспортном чемодане и программное обеспечение для компьютера.

Контроль нарушений формы обмоток при помощи прибора FreDA

Регистрация частотных параметров обмоток силовых трансформаторов по методу SFRA позволяет выявлять нарушения геометрической формы обмоток.

Этот опасный дефект, приводящий к критическому уменьшению изоляционных промежутков между слоями обмотки, возникает в силовых трансформаторах при ослаблении осевого усилия прессовки обмоток и при протекании по обмоткам сквозных токов короткого замыкания, создающих большие электродинамические усилия между витками.

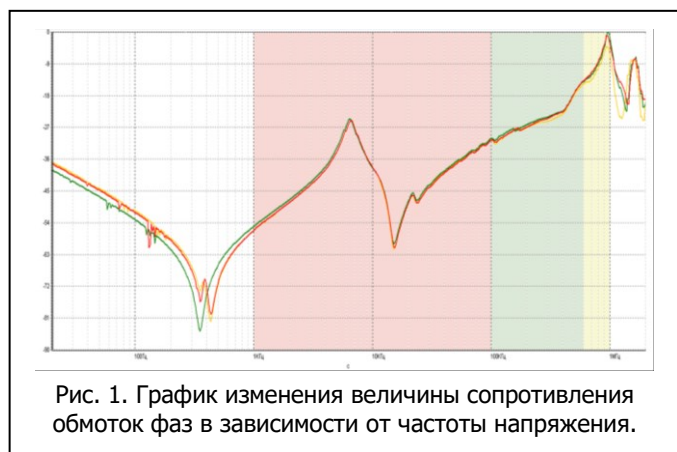


Рис. 1. График изменения величины сопротивления обмоток фаз в зависимости от частоты напряжения.

Для выявления искажений формы обмоток в комплекте используется измерительный модуль FreDA-SFRA. Диапазон частот выходного напряжения этого диагностического модуля составляет от 2 Гц до 20,0 МГц.

При практических измерениях, согласно существующим стандартам, используется более узкий рабочий диапазон частот: от 20 Гц до 2 МГц, в котором модуль FreDA-SFRA сертифицирован. Это связано с тем, что для измерения геометрических параметров обмоток трансформатора использование частот менее 5 кГц не эффективно, т.к. на них велико влияние параметров сердечника.

Использование частот более 2 МГц, также не очень информативно, т.к. они контролируют только верхние слои обмотки трансформатора.

Контроль наличия изменений геометрической формы обмоток трансформатора при помощи модуля FreDA-SFRA производится следующим образом. Для каждой фазы трансформатора регистрируется зависимость коэффициента комплексного затухания сигнала в обмотке, определяемая в функции частоты приложенного напряжения.

Полученные частотные зависимости по отдельным фазам трансформатора сравниваются между собой. Если в этих зависимостях будут выявлены отличия по величине амплитуды или фазы затухания сигнала, то это будет указывать на наличие изменений в геометрической форме обмотки той фазы, в которой будут выявлены эти отличия. Обычно такие изменения выявляются в достаточно узком частотном диапазоне.

Наиболее информативным для такой «сравнительной диагностики» является использование базовой или опорной зависимости коэффициента затухания от частоты. В идеале такую зависимость надо определять для каждого трансформатора еще на заводе-изготовителе или хотя бы на начальных этапах эксплуатации. Сравнение текущей зависимости с опорной позволяет максимально достоверно выявлять деформации обмоток, возникающие в процессе последующей эксплуатации.

Контроль влагосодержания в твердой изоляции обмоток трансформатора

При помощи модуля FreDA-LF можно определять зависимость диэлектрических параметров изоляции трансформатора от частоты. Такие измерения проводят в диапазоне частот от тысячных долей и до сотен герц.

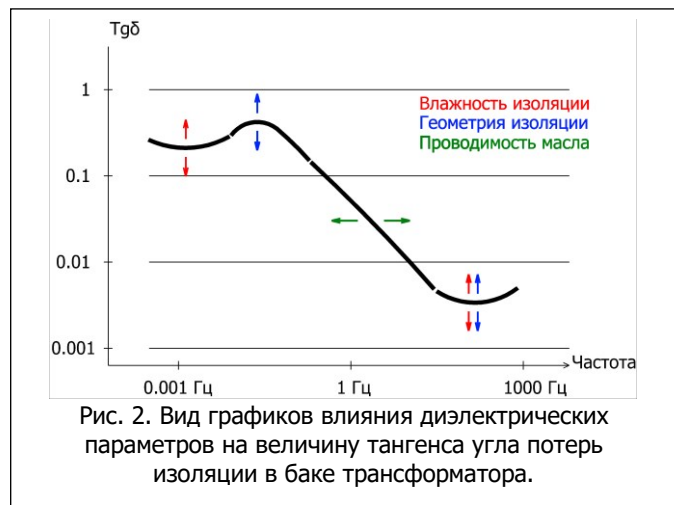
Модулем регистрируется сумма трех токов, протекающих через высоковольтную изоляцию.

В первую очередь, это емкостный ток, зависящий от геометрических размеров изоляции и ее диэлектрической проницаемости. Вектор этого тока характеризует тангенс угла потерь изоляции на частотах, близких к номинальной частоте рабочего напряжения.

Во-вторых, это токи абсорбционных процессов в изоляции, величина которых нелинейно возрастает при снижении частоты приложенного напряжения.

В-третьих, это активный ток проводимости изоляции, связанный с наличием в ней проводящих компонентов, влаги и загрязнения различной природы. Этот ток максимален при самых низких частотах, в идеале при постоянном испытательном напряжении.

На рисунке 2 показан график изменения тангенса угла потерь с выделением частотных зон, в которых максимально влияние различных составляющих тока через изоляцию в баке трансформатора.



Наибольшее влияние на форму графика, показывающего зависимость тангенса угла потерь от частоты приложенного напряжения, оказывают три параметра:

- Влагосодержание в твердой изоляции (целлюлозе) обмоток трансформатора.
- Диэлектрические параметры изоляционного масла в баке трансформатора.
- Геометрические параметры обмоток трансформатора.

Также на процесс измерений частотных параметров влияет температура внутри бака трансформатора.

В программном обеспечении модуля марки FreDA-LF реализован алгоритм определения влагосодержания в изоляции обмоток трансформатора, работающий на основе анализа зависимости тангенса угла потерь от частоты.

Для определения величины влагосодержания в целлюлозе в этом алгоритме используются усредненные параметры масла. Для повышения точности расчетов необходимо уточнять эти параметры и использовать их для диагностических расчетов.

Конструктивное исполнение прибора FreDA

Прибор состоит из трех электронных модулей одинаковой конструкции: двух измерительных и универсального блока сетевого питания со встроенными аккумуляторами.

В зависимости от решаемой диагностической задачи используется или низкочастотный модуль марки FreDA-LF, или высокочастотный марки FreDA-SFRA.

Выбранный диагностический модуль подключается к блоку питания и при помощи входящего в поставку комплекта соединительных проводов подключается к вводам контролируемого трансформатора.

Передача информации между измерительными модулями и ноутбуком может производиться с использованием стандартного интерфейса USB.

Состав поставки комплекта FreDA



В состав полной поставки прибора марки FreDA входят:

- Высокочастотный измерительный модуль FreDA-SFRA.
- Низкочастотный измерительный модуль FreDA-LF.
- Блок питания измерительных модулей FreDA-PS.
- Комплект соединительных проводов.
- Программное обеспечение регистрации и анализа.
- Транспортная упаковка.



Основные технические параметры комплекта FreDA

№	Технический параметр	Значение
1	FreDA-LF: диапазон частот для контроля влагосодержания в изоляции, Гц	0,0001 ÷ 1000
2	Выходное напряжение внутреннего генератора модуля, В	0 ÷ 200
3	Динамический диапазон регистрируемых сигналов, dB	130
4	FreDA-SFRA: диапазон частот для контроля формы обмоток, МГц	0,000002 ÷ 2,0
5	Выходное напряжение встроенного генератора, В	0 ÷ 10
6	Динамический диапазон регистрируемых сигналов, dB	120
7	FreDA-PS: время работы от встроенного аккумулятора, не менее, час	4
8	Интерфейс связи с персональным компьютером	USB
9	Габаритные размеры измерительных модулей и блока питания, мм	230 * 150 * 100
10	Габаритные размеры комплекта FreDA в транспортной упаковке, мм	540 * 450 * 250
11	Вес комплекта FreDA в транспортной упаковке, кг	30