Анализатор частотных характеристик «FreDA»

Руководство по эксплуатации

Пермь
2024
Версия 6.06

Оглавление

1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРИБОРА FREDA-SFRA 4

1.1 Назначение 4
1.2 Краткое описание метода SFRA 5
1.3 Технические характеристики прибора 7
1.4 Расположение внешних разъемов на приборе 7

2 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИБОРОМ FREDA-SFRA 9

2.1 Подключение прибора к объекту измерения 9
2.2 Техника безопасности при работе с прибором 10

3 РАБОТА С ПРОГРАММОЙ FREDA 11

3.1 Установка программного обеспечения FreDA 12
3.2 Установка драйвера USB 12
3.3 Первый запуск на компьютере 13
3.4 Добавление трансформатора 15
3.5 Редактирование данных о трансформаторе 16
3.6 Выбор измерительной схемы 18
3.7 Проведение измерения 21
3.8 Просмотр измерений 23
3.9 Сравнение измерений 25
3.10 Просмотр графика 27
3.11 Копирование замеров на другой компьютер 29
3.12 Удаление данных 31

4 ТИПОВЫЕ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ МЕТОДОМ SFRA 32

4.1 Обозначения 32
4.2 Соединения обмоток при тестировании 34
4.3 Трансформаторы с двумя обмотками – 15 тестов 35
4.4 Автотрансформатор без третичной – 12 тестов 36
4.5 Автотрансформатор с третичной – 33 теста 37
4.6 Автотрансформатор с заземлённой третичной – 18 тестов 38
4.7 Трёхобмоточный трансформатор – 36 тестов 39
4.8 Трёх обмоточный трансформатор – 36 тестов 41

5 КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ DL/T 911-2016 43

5.1 Математика 43
5.2 Просмотр анализа 44

5.3 Отчет 45

6 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ О МЕТОДЕ SFRA 47

7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРИБОРА FREDA-LF 48

7.1 Назначение 48
7.2 Краткое описание метода измерения 49
7.3 Технические характеристики прибора 50
7.4 Расположение внешних разъемов на приборе 50

8 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИБОРОМ FREDA-LF 52

8.1 Подключение прибора к объекту измерения 52
8.2 Техника безопасности при работе с прибором 52
8.3 Рекомендуемые схемы подключения для двухобмоточного трансформатора 53
8.4 Рекомендуемые схемы подключения для трёхобмоточного трансформатора 54
8.5 Рекомендуемые схемы подключения для измерения отдельного ввода 56

9 РАБОТА С ПРОГРАММОЙ ПРИБОРА FREDA-LF 57

9.1 Установка программного обеспечения FreDA 57
9.2 Установка драйвера USB 57
9.3 Первый запуск на компьютере 57
9.4 Добавление трансформатора 57
9.5 Редактирование данных о трансформаторе 57
9.6 Выбор измерительной схемы 57
9.7 Проведение измерений 58
9.8 Просмотр измерений 60
9.9 Копирование измерений на другой компьютер 61
9.10 Удаление данных 62
9.11 Отчет 62

1 Техническое описание прибора FreDA-SFRA

1.1 Назначение

Анализатор частотных характеристик «FreDA» (**Fre**quency **D**omain **A**nalyzer) предназначен для анализа частотных характеристик изоляции высоковольтного оборудования и для обнаружения дефектов в силовых трансформаторах по методу SFRA (Sweep Frequency Response Analyzer) вследствие нарушения формы обмоток при ослаблении усилия прессовки обмоток и в результате воздействия сквозных токов короткого замыкания.

Регистрация частотных параметров обмоток силовых трансформаторов по методу SFRA позволяет выявлять искажения геометрической формы обмоток, возникающие в процессе работы. Такой опасный дефект, приводящий к деформации изоляционных промежутков в обмотке, возникает в силовых трансформаторах при наличии двух, взаимно связанных условиях – при ослаблении усилия прессовки обмоток, и в результате протекания по обмоткам трансформатора сквозных токов короткого замыкания, имеющих большие значения.

Для оперативного анализа появлений искажений формы обмоток, трансформатор подключается к встроенному в прибор источнику переменного напряжения и переменной частоты, величина которой плавно изменяется в широком диапазоне (возможно изменение от 2 Гц до 20,0 МГц). При этом нужно учитывать, что измерение частотных параметров обмоток трансформатора на частотах менее 5 кГц, неинформативно, т. к. здесь сильно сказывается влияние магнитопровода. Использование слишком высоких частот также не имеет практического смысла, т. к. такие частоты, в лучшем случае, проникает только в верхние слои обмотки трансформатора.

Контроль наличия изменений геометрической формы обмоток трансформатора, при помощи прибора «FreDA», производится следующим образом:

Для каждой фазы трансформатора регистрируется зависимость коэффициента комплексного затухания сигнала в обмотке, определяемая в функции частоты приложенного напряжения.

Полученные для каждой фазы обмотки частотные зависимости сравниваются между собой. Если в этих зависимостях будут выявлены отличия, по величине амплитуды или фазы затухания сигнала, причем пусть только в узком частотном диапазоне, то это будет указывать на наличие изменений в геометрической форме той обмотки, в которой будут выявлены эти изменения.

Теоретически рассуждая, можно говорить о том, что если бы имели базовую, или «опорную» зависимость коэффициента затухания от частоты, определенную для данного типа трансформаторов еще на заводе-изготовителе, а может быть даже именно для данного трансформатора, то анализ можно было бы сделать более точным.

1.2 Краткое описание метода SFRA

Метод SFRA (Sweep Frequency Response Analysis) заключается в измерении частотных характеристик обмоток при специальных схемах включения в широком диапазоне частот (до 20 МГц). От специального генератора на ввод обмотки (или в нейтраль) подается синусоидальный зондирующий сигнал, а с вводов других обмоток регистрируются отклики – реакции обмоток на воздействие зондирующего сигнала. Трансформатор состоит из цепочек емкостей, индуктивностей и сопротивлений и с этой точки зрения имеет сложную комплексную электрическую схему, которая имеет свою уникальную кривую отклика при подаче сигнала переменной частоты. Высокая чувствительность метода объясняется тем, что даже незначительные локальные изменения положения элементов обмотки (витков, катушек, отводов) приводят к резкому изменению соответствующих емкостей и индуктивностей и, соответственно, к изменению собственных частот колебаний обмотки. Метод частотного анализа рекомендован СИГРЭ как наиболее чувствительный метод контроля механического состояния обмоток трансформаторов в эксплуатации.

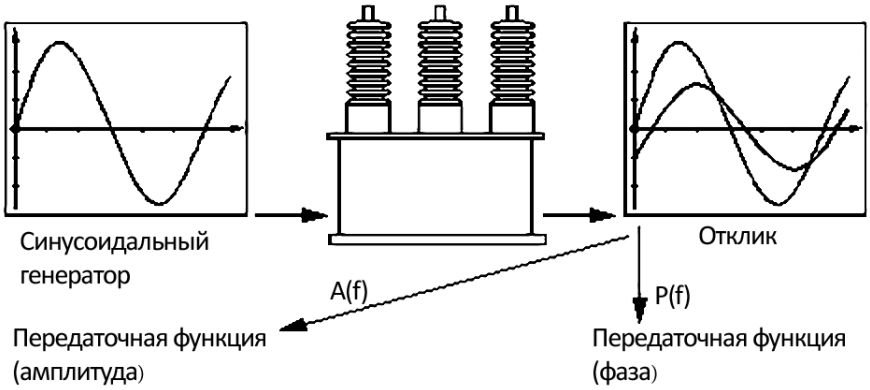


Рисунок 1.1. Метод частотного анализа

Метод частотных откликов базируется на сравнении между кривыми, которые характеризуют изменения объекта. Один тест состоит из множественных замеров с дискретно меняющимися частотами.

Разные виды деформаций приводят к изменениям в разных диапазонах спектра частот:

- В диапазоне частот 20 Гц ÷ 5 кГц больше всего проявляется индуктивная связь, емкостное влияние маленькое, оказывает влияние состояние магнитопровода.
- В диапазоне 5 кГц ÷ 50 кГц больше всего проявляется взаимодействие между витками.
- Диапазон 50 кГц ÷ 1 МГц отражает состояние обмотки.
- Диапазон 1 МГц ÷ 2 МГц – внутренние подсоединения

Проблемы с сердечником ведут к изменению отклика на низких частотах. Проблемы с заземлением сердечника или замыканиями ламинированных листов типично изменяют вид кривой на сверхнизких частотах. Средние частоты характеризуют осевое и радиальное смещение обмоток. Высокие частоты характеризуют проблемы, вовлекающие соединения обмоток, ввода, отпайки РПН, ПБВ.

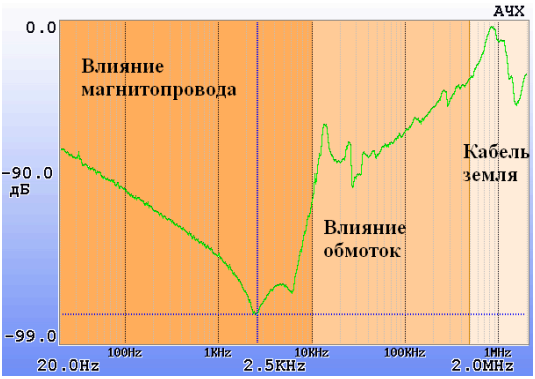


Рисунок 1.2. Проявление дефектов в диапазонах частот

1.3 Технические характеристики прибора

Технический параметр	Значение
Диапазон частот для контроля формы обмоток, МГц	0,000002 ÷ 20,0
Выходное напряжение генератора, размах, В	1 ÷ 10
Частота преобразования на канал, МГц	100
Динамический диапазон регистрируемых сигналов, dB	120
Интерфейс связи с персональным компьютером	USB
Время работы от аккумулятора, часов	4
Напряжение питания внешнего блока питания, В	~220
Диапазон допустимых внешних рабочих температур, при работе без термостата, градусов С	-20 ÷ +50
Габаритные размеры прибора, мм	230x150x100
Габаритные размеры прибора в транспортной упаковке, мм	520x430x220
Масса прибора, кг	2,2

1.4 Расположение внешних разъемов на приборе

Прибор состоит из двух блоков – измерительного и модуля питания с аккумуляторами.

Блоки соединяются между собой коротким кабелем.

1. Клемма заземления
2. Антенна Wi-Fi (может отсутствовать)
3. Разъём USB для связи с компьютером
4. Два одинаковых разъёма для связи с модулем питания.
5. Светодиод Статус, отображающий процесс измерения

6. Вход внешней синхронизации
7. Два одинаковых разъёма для связи с измерительным модулем и другими модулями
8. Светодиод Статус, отображающий процесс работы и зарядки аккумуляторов

1. Вход измерительного канала SFRA
2. Вход опорного канала SFRA
3. Выход генератора
4. Разъем для подключения питания 220 В

2 Проведение измерений прибором FreDA-SFRA

2.1 Подключение прибора к объекту измерения

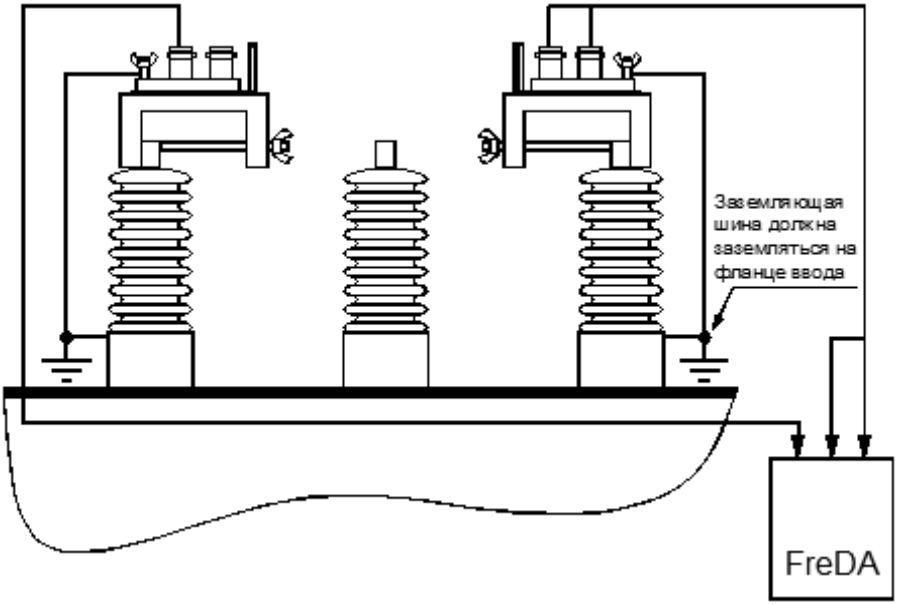


Рисунок 2.1. Подключение прибора к объекту

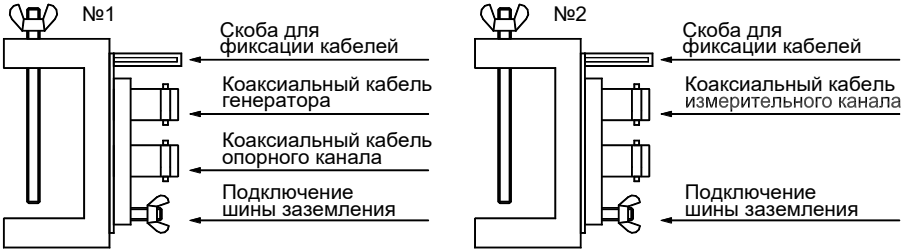


Рисунок 2.2. Струбцины для подключения

С прибором поставляются струбцины, которые используются для подключения измерительных кабелей к объекту очень простым способом. Струбцины позволяют произвести подсоединение к любым конструкциям вводов, обеспечивая надежный контакт.

Порядок подключения:

1. Расшиновать ввода.
2. Подсоединить струбцины к вводам, убедившись в отсутствии ржавчины и краски.
3. Подсоединить шину заземления к струбцине и к основанию ввода, убедившись, что верхняя часть шины не касается токоведущих элементов ввода.
4. Соединить клемму заземления прибора с баком трансформатора с помощью кабеля заземления прибора.
5. Подсоединить коаксиальные кабели от прибора к струбцинам.

2.2 Техника безопасности при работе с прибором

В связи с незначительной энергией сигнала, подаваемого с генератора на диагностируемый объект во время измерений, не требуется каких-либо специальных мер по защите персонала от воздействия источников высокого напряжения. Обслуживающий персонал может находиться в процессе измерений на крышке бака для проведения оперативных пересоединений измерительных схем (в некотором удалении от вводов, чтобы не оказывать воздействий на результаты измерений из-за возможного изменения емкости, привносимой присутствием человека). В связи с тем, что прибор связан с землей заземленного трансформатора через экраны коаксиальных кабелей, их защитное заземление не требуется.

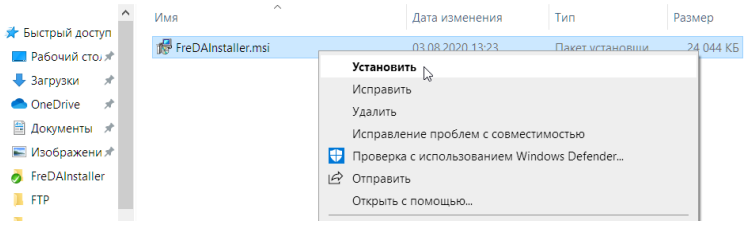
3 Работа с программой FreDA

Для проведения измерения методом SFRA, необходимо выполнить следующие действия:

1. В дереве замеров выбрать или создать объект измерения (см. п. 3.4);
2. Выбрать и добавить Измерительные схемы (см. п. 3.6);
3. Провести измерение (см. п. 3.7);
4. Перейти к следующей схеме измерения в списке и произвести переподключение прибора.

3.1 Установка программного обеспечения FreDA

Для установки программы найдите файл FreDAInstaller.msi и нажмите «Установить».



Далее следуйте подсказкам программы установки.

Для удаления программы с компьютера также запустите FreDAInstaller.msi.

3.2 Установка драйвера USB

Драйвер USB требуется для работы с приборами компании Димрус по интерфейсу USB 2.0.

Драйвер устанавливается для каждого компьютера один раз.

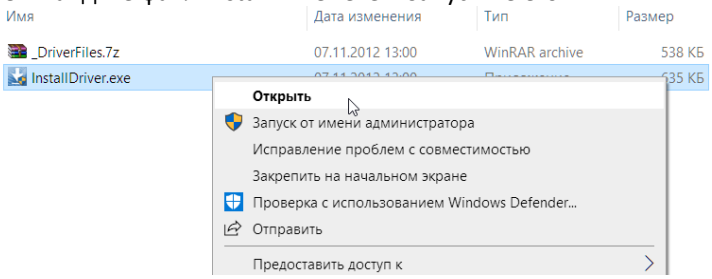
Драйвер всегда можно скачать с сайта dimrus.ru.

Для установки драйвера требуются права Администратора.

Отключите прибор от компьютера.

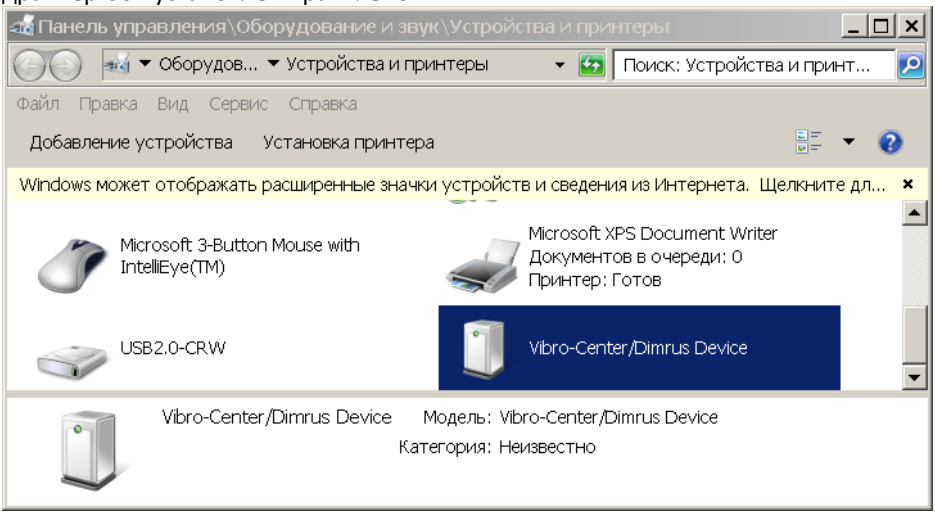
Выберите каталог USB.

В нём найдите файл InstallDriver.exe и запустите его.



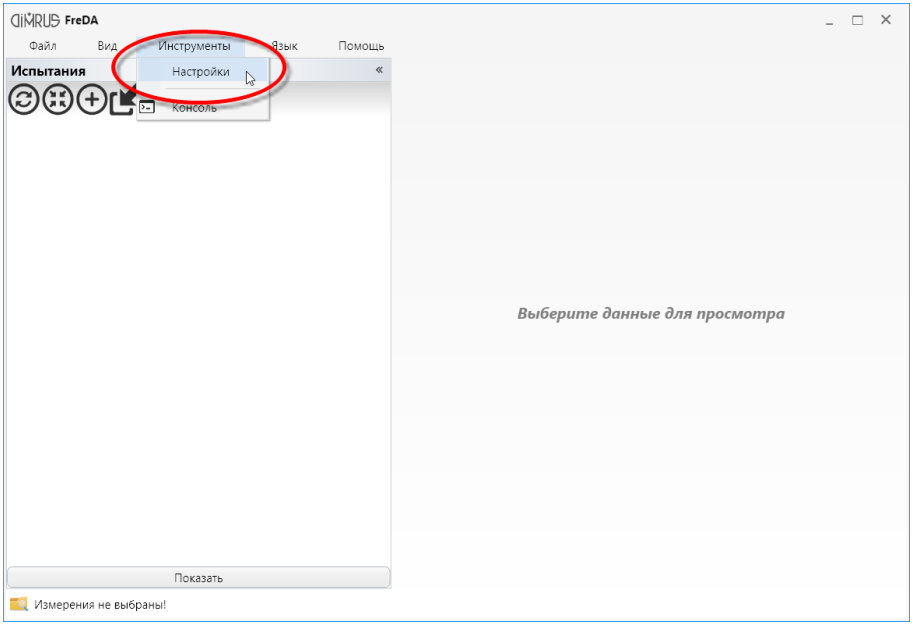
После его успешной установки, подключите прибор по USB и включите его. Система найдёт новое устройство и установит драйвер для него. После этого

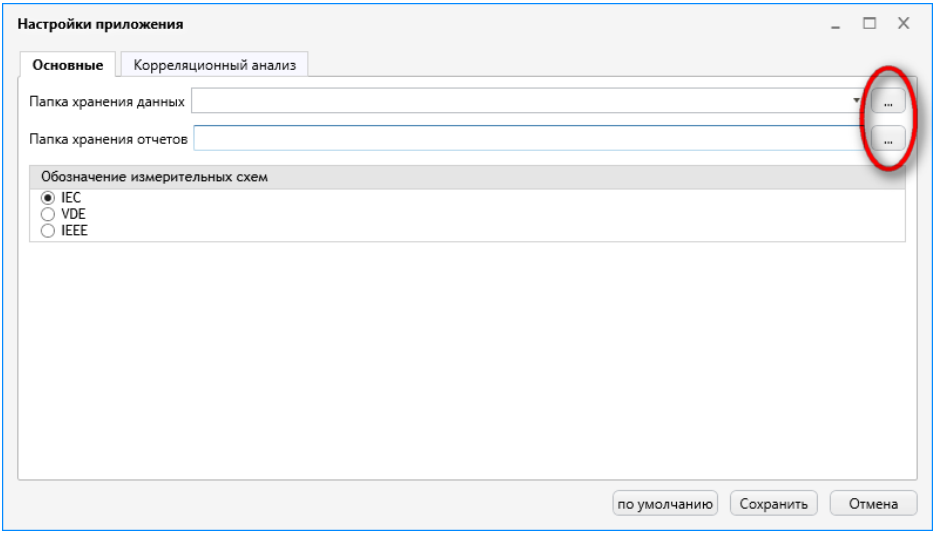
в Устройствах системы появится “Vibro-Center/Dimrus Device”. Это значит, что драйвер USB установлен правильно.

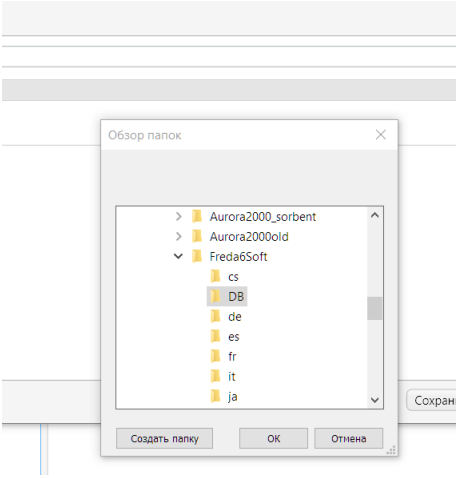


3.3 Первый запуск на компьютере

При первом запуске необходимо выбрать папку для хранения данных и хранения отчетов.

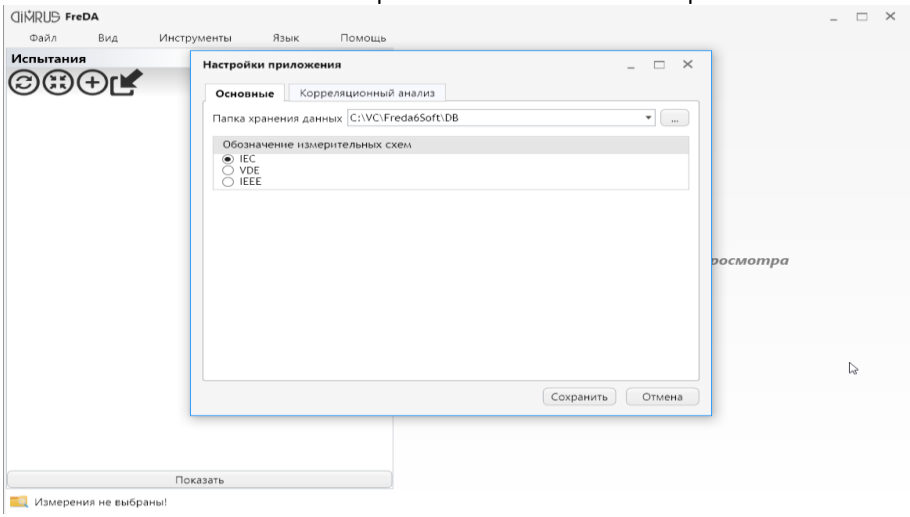

FreDA
Файл
Вид
Инструменты
Язык
Помощь
Испытания
Настройки
Консоль
Выберите данные для просмотра
Показать
Измерения не выбраны!


Настройки приложения
Основные
Корреляционный анализ
Папка хранения данных
Папка хранения отчетов
Обозначение измерительных схем
IEC
VDE
IEEE
по умолчанию
Сохранить
Отмена



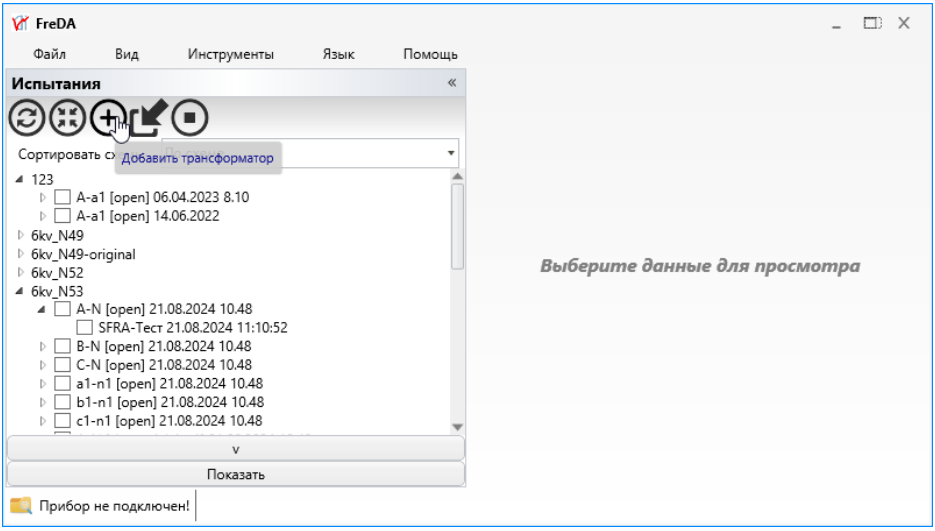
Если у Вас есть замеры с другого компьютера, их также можно просмотреть, выбрав папку для хранения данных.

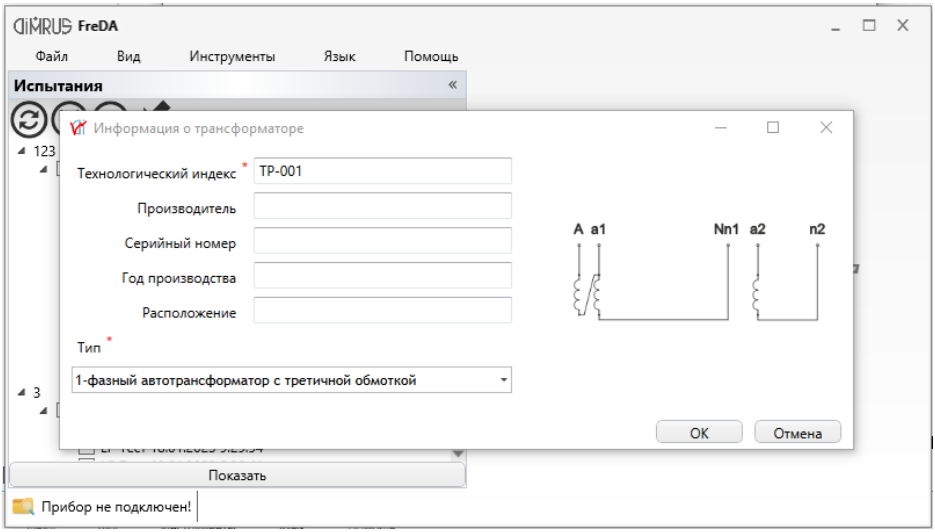
В этом-же окне можно выбрать тип обозначения измерительных схем.



3.4 Добавление трансформатора

Перед проведением измерений необходимо добавить описание трансформатора.

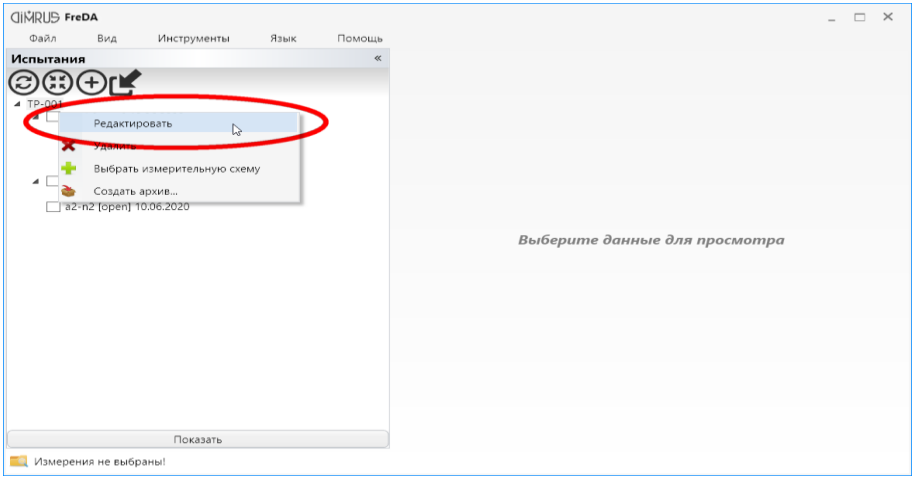




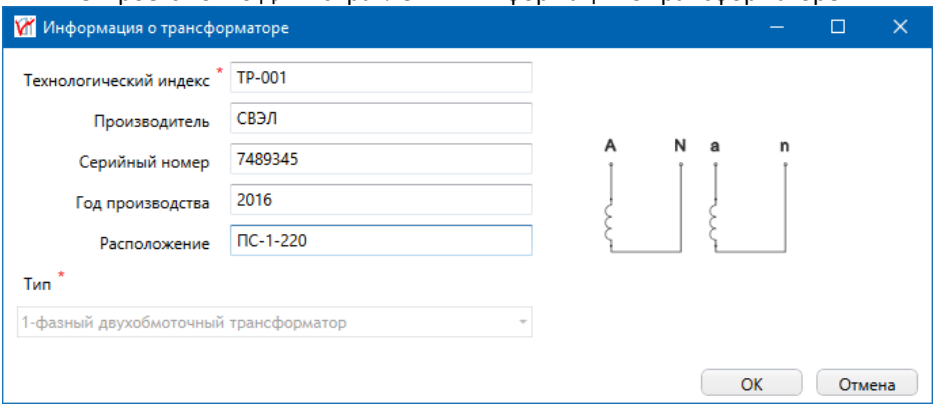
Трансформатор TP-001 появится в окне «Испытания».

3.5 Редактирование данных о трансформаторе

Выберите ЛКМ трансформатор, вызовите меню ПКМ и выберите пункт «Редактировать».

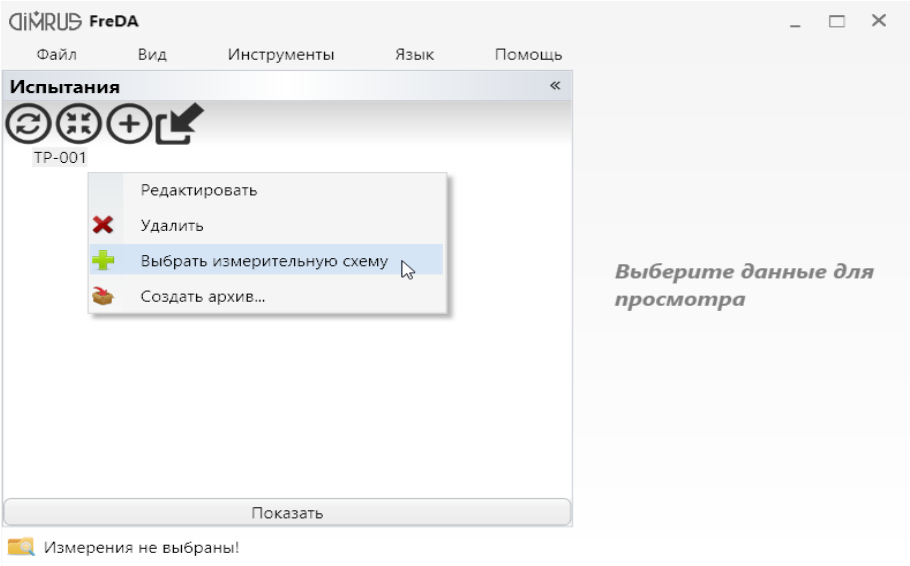


Откроется окно для исправления «Информации о трансформаторе».

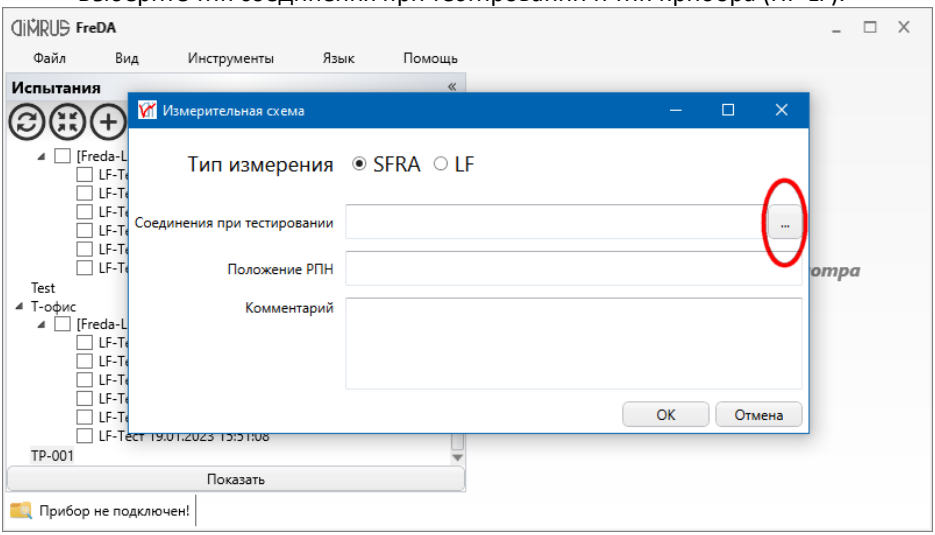


3.6 Выбор измерительной схемы

Выберите трансформатор левой кнопкой мыши (ЛКМ), затем правой кнопкой мыши (ПКМ) вызовите меню.

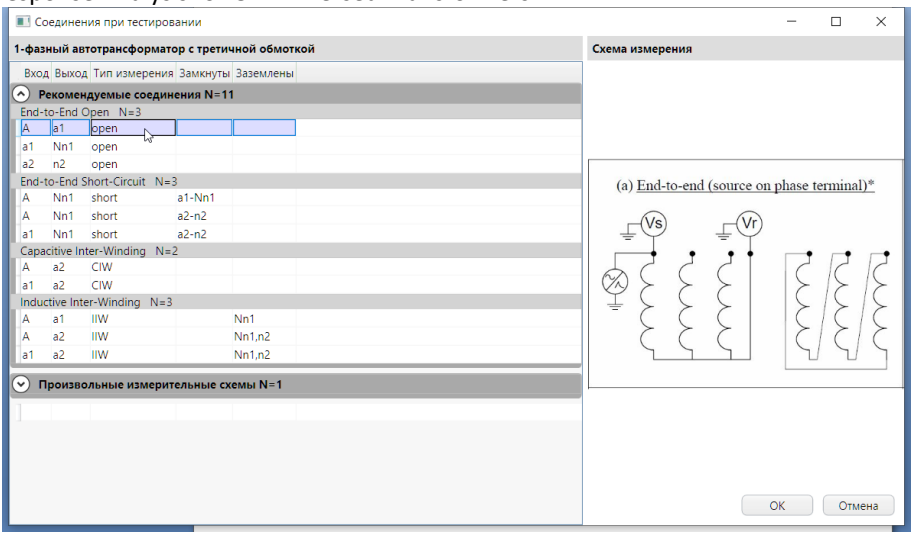


Выберите тип соединения при тестировании и тип прибора (HF-LF).

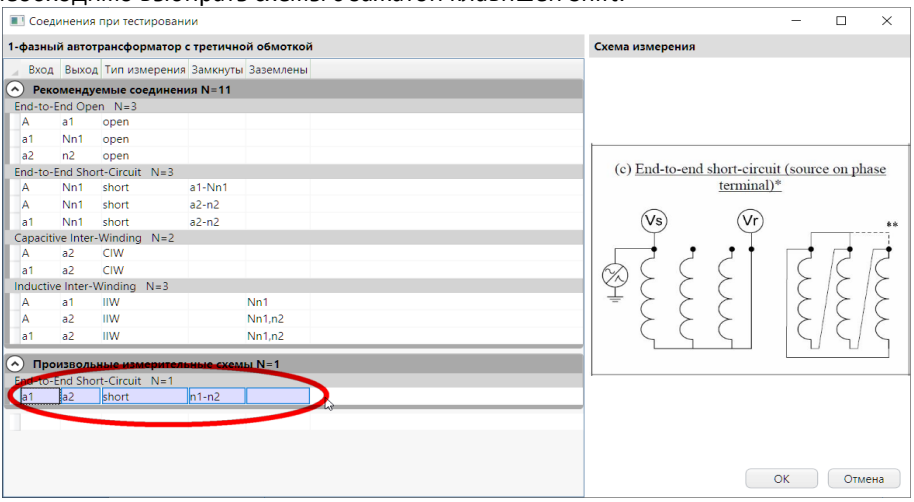


Список соединений доступен только для прибора Freda-HF и зависит от выбранного типа трансформатора.

В списке указаны рекомендуемые схемы соединения, согласно IEEE Std C57.149-2012 «IEEE Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil-Immersed Transformers».



В этом-же окне можно добавить другие произвольные схемы соединений, для того чтобы единовременно добавит несколько схем необходимо выбирать схемы с зажатой клавишей Shift.



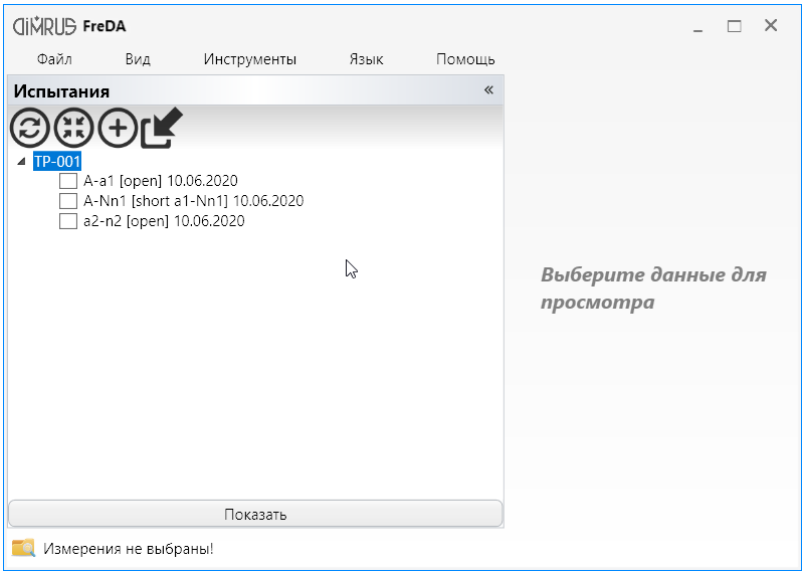
В первой позиции необходимо выбрать обмотку, на которую будет подаваться сигнал с генератора, и с которой будет производиться измерение на референсном канале (Reference).

Во второй позиции необходимо выбрать обмотку или нейтраль, с которой будет регистрироваться ответный сигнал.

В третьей позиции задается тип подключения обмоток. В зависимости от выбранного типа, необходимо заполнить 4 и 5 позиции. При выборе типа измерения “Short” необходимо указать замкнутые обмотки в 4 позиции. При выборе типа измерения с индуктивной связью (IIW), необходимо указать места заземления обмоток в 5 позиции.

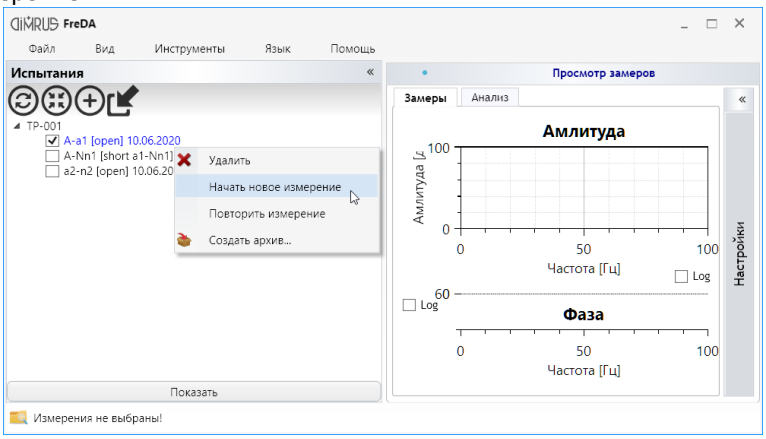
Выбранная схема появится в окне «Испытания».

Вы можете добавить к трансформатору дополнительные схемы соединений.

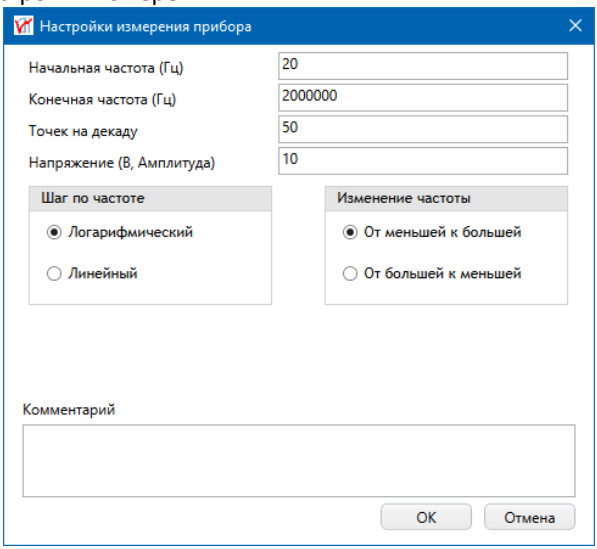


3.7 Проведение измерения

Выберите ЛКМ тип соединения, вызовите меню ПКМ и выберите «Начать новое измерение».

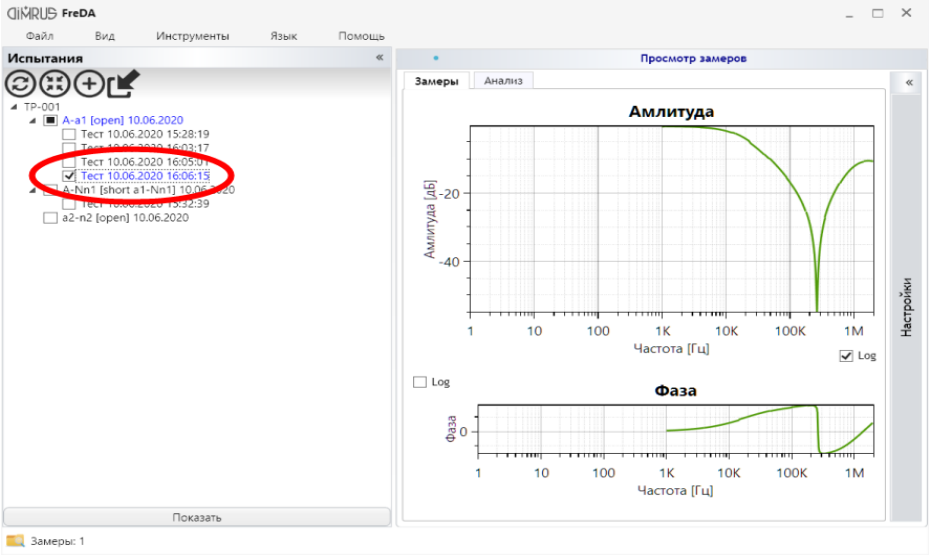


Введите настройки измерения.

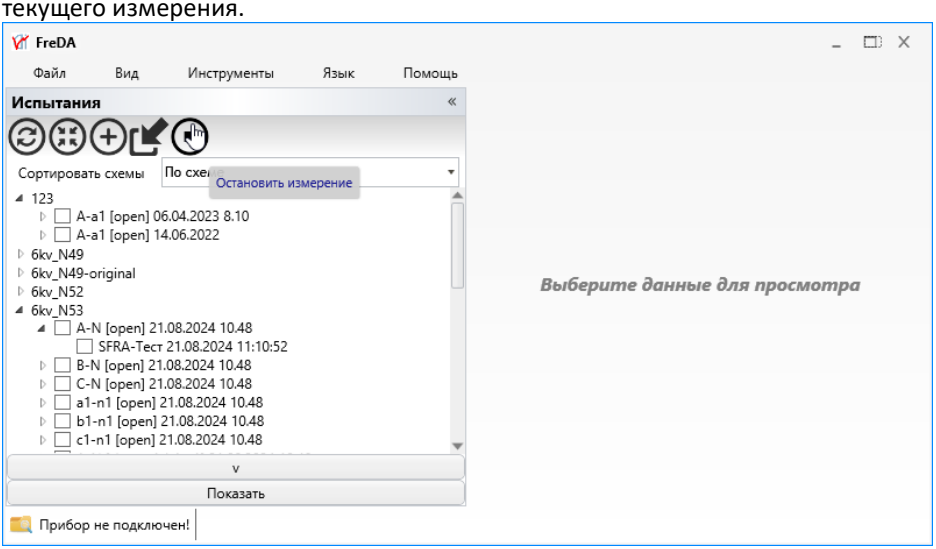


В данном случае частота синусоиды будет изменяться от 20 Гц до 2 МГц. Будет проведено 100 измерений на декаду (изменение частоты в 10 раз), с логарифмическим шагом по частоте.

После начала измерения на графиках будут отображаться результаты. Дождитесь окончания измерения. Оно появится в окне «Испытания».

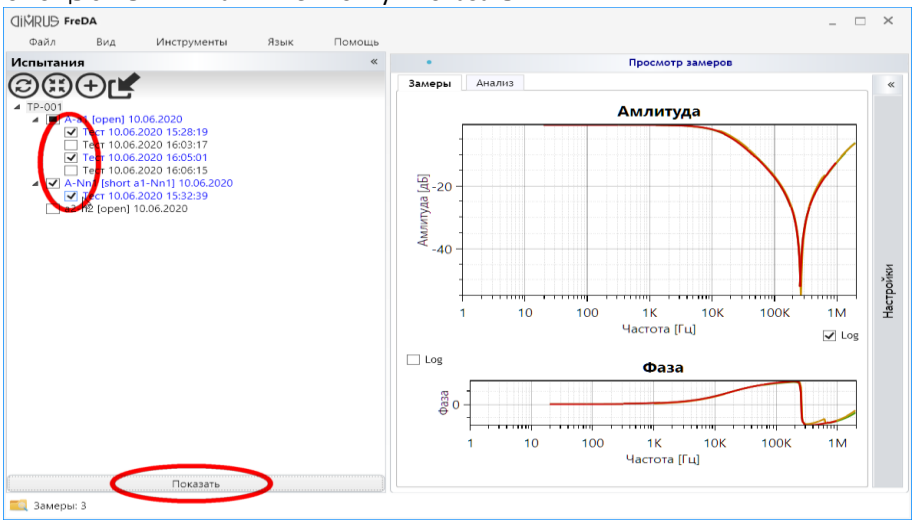


Для остановки измерения нажмите кнопку «Остановить измерение», которая находится на главной панели приложения, или в контекстном меню текущего измерения.



3.8 Просмотр измерений

Для просмотра графиков других измерений и сравнения отметьте их с помощью мыши и нажмите кнопку «Показать».



Справа появятся графики выбранных измерений.

Верхний график – зависимость передаточной функции амплитуды от частоты. Передаточная функция – это соотношение амплитуды синусоиды, поданной с генератора (входной) и амплитуды измеренной синусоиды. Оно отображается в децибелах:

Амплитуда = 20 * Lg10 (Аизм / Авх)

Например -20 дБ означает, что измеренная амплитуда в 10 раз меньше входной, -40 дБ – измеренная амплитуда в 100 раз меньше.

Диапазон измерения прибора FreDA равен -120 дБ. Это значит, что он может измерить соотношение амплитуд в 1 миллион раз. Если используется входной сигнал амплитудой 10 Вольт (стандартное значение), то прибор может измерить сигнал амплитудой 10 микроВольт.

Верхний график практически всегда имеет отрицательные значения. Это значит, что входной сигнал при прохождении через обмотки затухает.

Удобнее смотреть ось частоты в логарифмическом масштабе. Для этого отметьте галкой пункт «Log». В таком случае каждая отметка по оси X (1кГц – 10кГц – 100кГц – 1 МГц) будет соответствовать одной декаде.

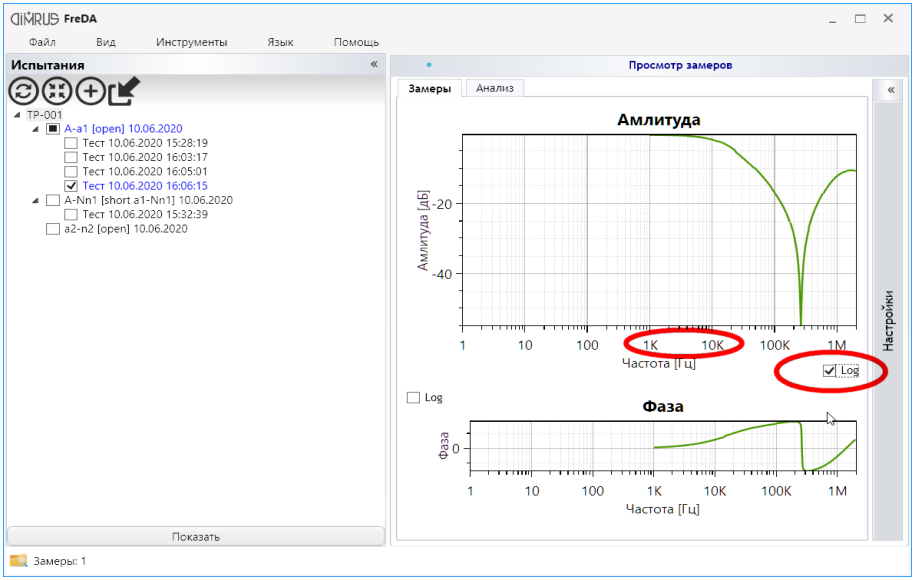
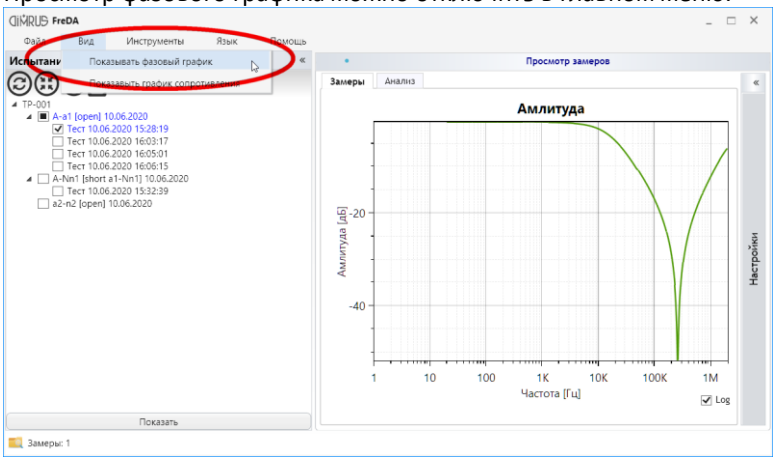


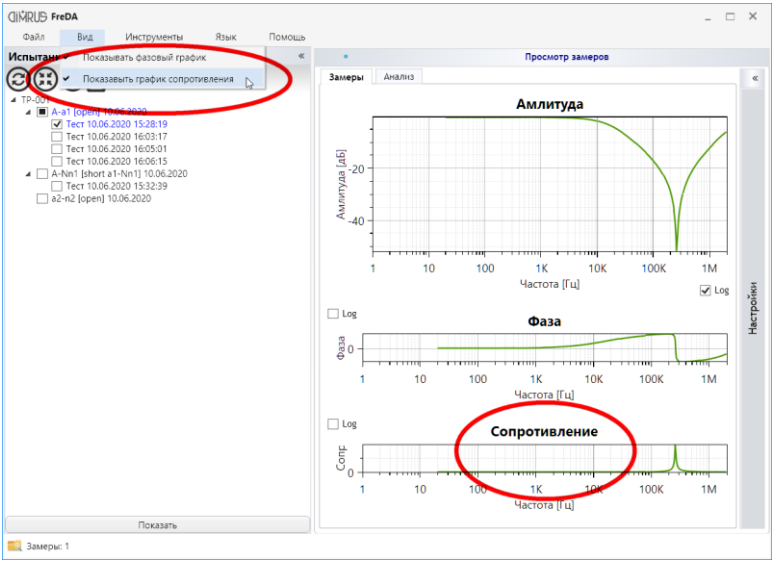
График фазы – это запаздывание измеренного сигнала от входного. По оси Y – сдвиг фазы в градусах. Можно также отобразить его в логарифмическом масштабе.

Этот график мало информативен и редко даёт полезную информацию.

Просмотр фазового графика можно отключить в главном меню.



Дополнительно можно включить просмотр графика сопротивления.



Сопротивление (Ом) полезно для оценки, если кривая отклоняется на низких частотах. Увеличение сопротивления на низких частотах может быть результатом плохого контакта. Оно пересчитывается из графика «Амплитуда».

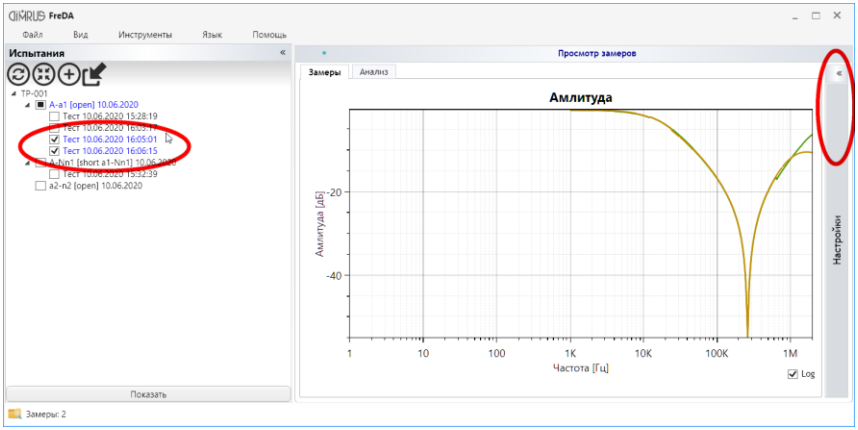
$$Z = U/I = 50*(A0-A1)/A1$$

3.9 Сравнение измерений

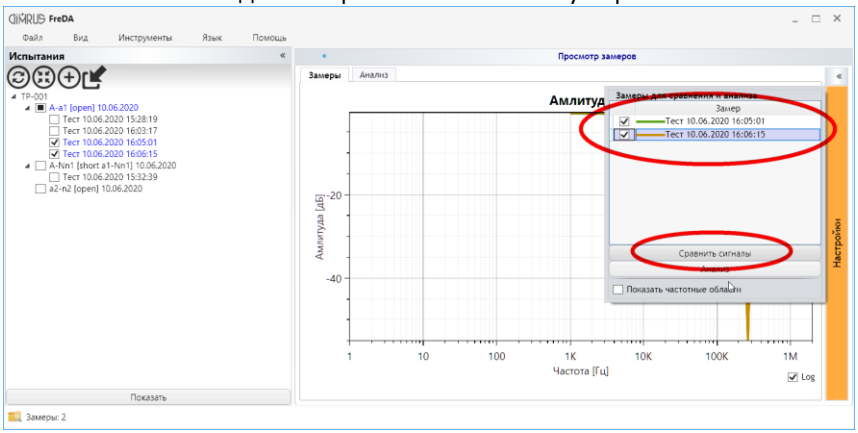
Для быстрой оценки изменений можно сравнить два графика «Амплитуд».

Для этого необходимо, чтобы в окне «Просмотр замеров» было не менее двух измерений.

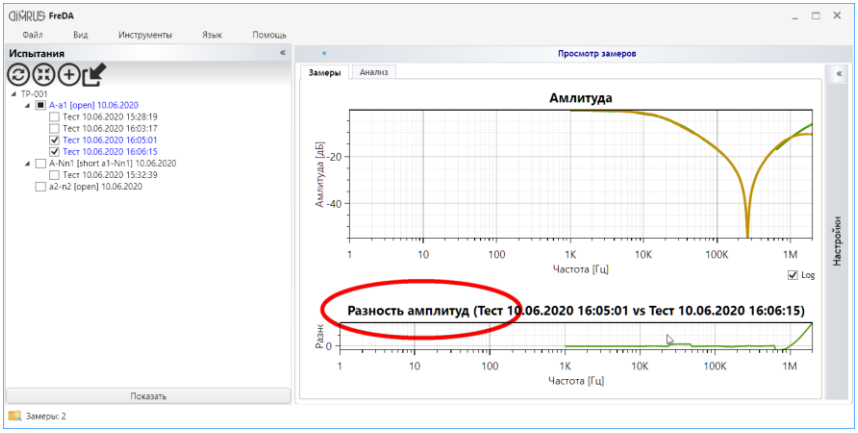
Откройте окно «Настройки» кнопкой справа.



Отметьте галочками два замера и нажмите кнопку «Сравнить сигналы».



Появится график «Разность амплитуд», отображающий разницу двух графиков Амплитуд в децибелах в зависимости от частоты.

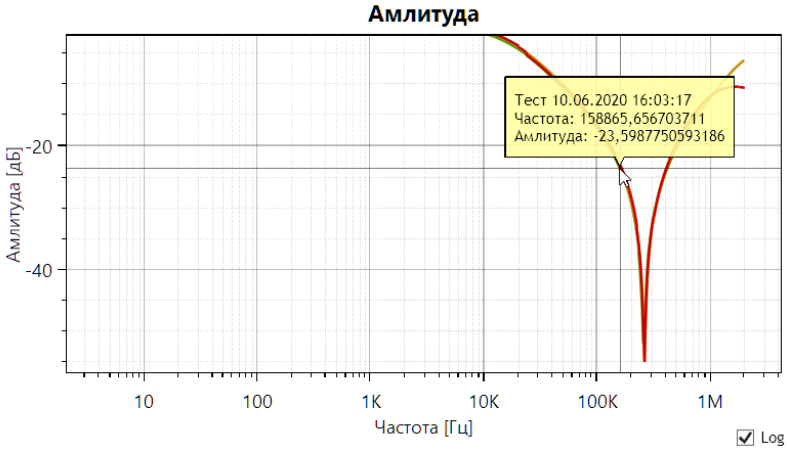


Чтобы убрать график «Разность амплитуд», нажмите кнопку «Показать».

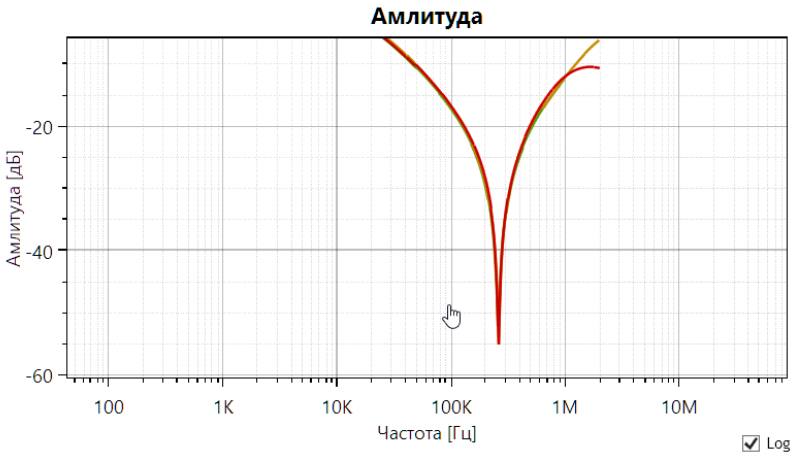
3.10 Просмотр графика

С помощью мыши можно более подробно рассмотреть график.

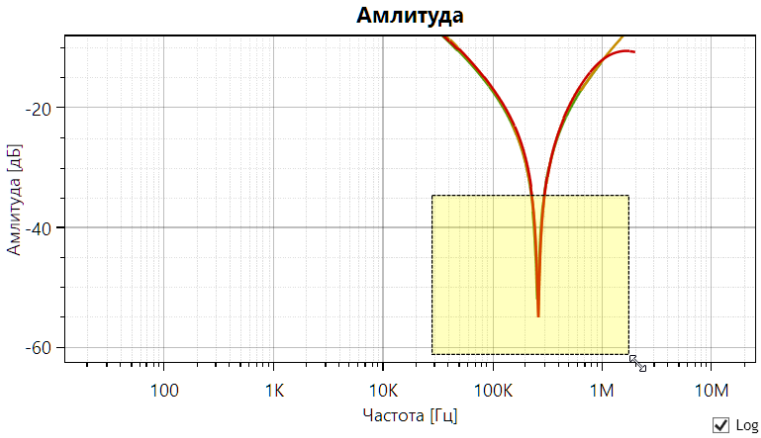
Зажмите ЛКМ и ведите курсор мыши по графику. В жёлтом окошке появятся значения частоты и амплитуды под курсором мыши.



Зажмите ПКМ либо Alt + ЛКМ и ведите курсор мыши, чтобы сдвинуть график. Также сдвигают график стрелки на клавиатуре и комбинации клавиш Ctrl + стрелки.



Зажмите Ctrl + ПКМ и обведите область на графике, чтобы увеличить её. Ту же функцию выполняют Средняя Кнопка Мыши или комбинация Ctrl + Alt + ЛКМ.



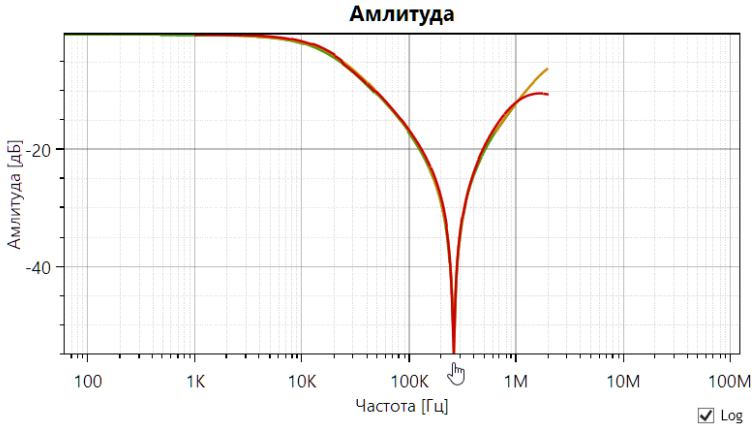
Колёсико мыши увеличивает или уменьшает график вокруг курсора мыши. Ctrl + колёсико – более точное изменение масштаба.

Дополнительная (серая) клавиша «+», «PageUp», комбинации Ctrl+, Ctrl PageUp увеличивают график от центра.

Дополнительная (серая) клавиша «-», «PageDown», комбинации Ctrl-, Ctrl PageDown уменьшают график.

2 клика Средней кнопкой или 2 клика Ctrl + Alt + ЛКМ, клавиша Home или «A» возвращают график в исходный масштаб.

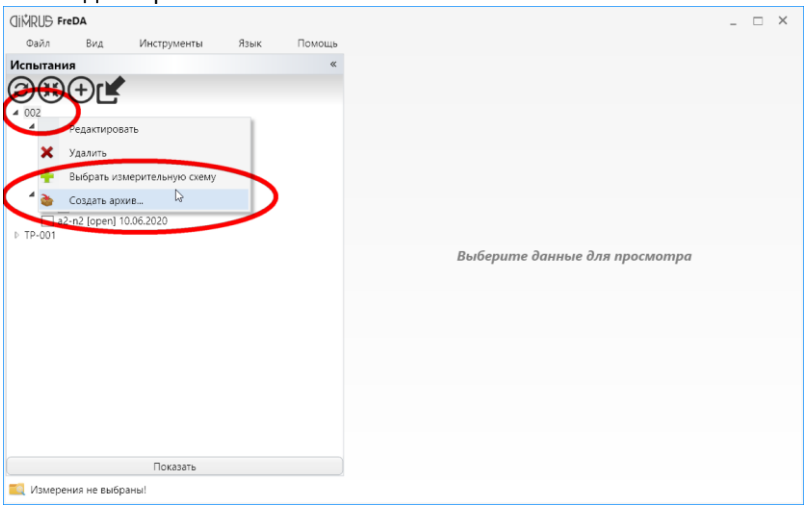
Alt + ЛКМ на оси сдвигает только эту ось.



Ctrl + C копирует картинку графика в Буфер Обмена. После этого её можно вставить в другой документ.

3.11 Копирование замеров на другой компьютер

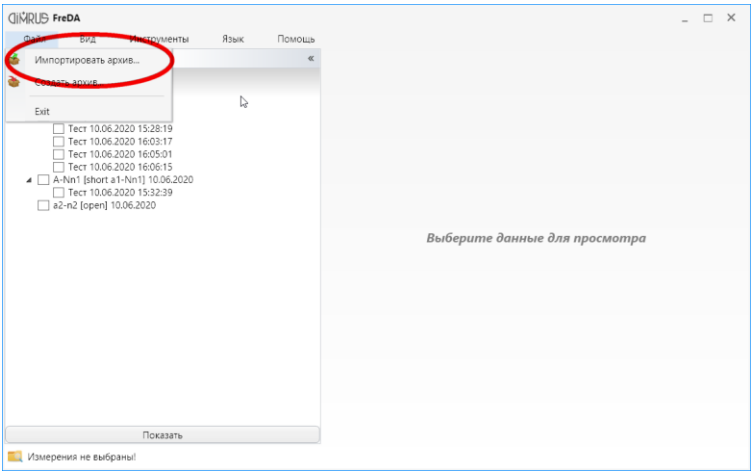
Выберите ЛКМ Трансформатор, Испытание или Измерение и вызовите ПКМ меню «Создать архив».



Укажите имя файла и файл с данными Испытаний будет создан. Он имеет расширение .zip.

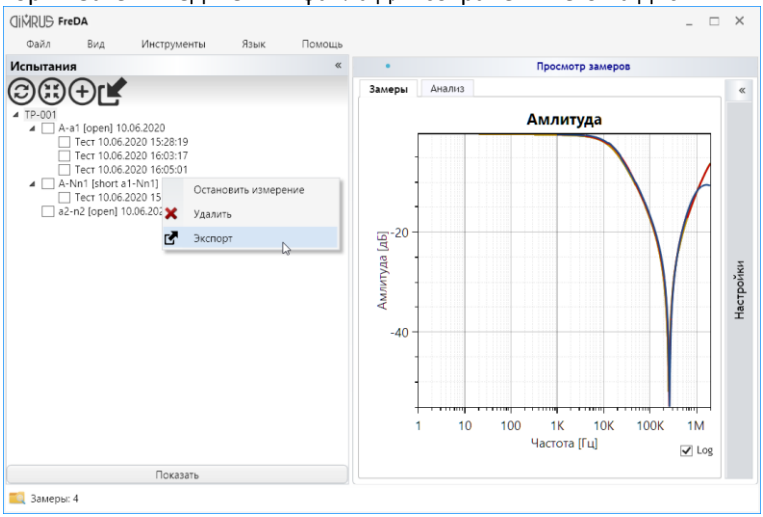
Этот файл можно перенести на другой компьютер и добавить в базу «Испытания».

Для этого выберите пункт меню «Импортировать архив» и укажите имя файла.



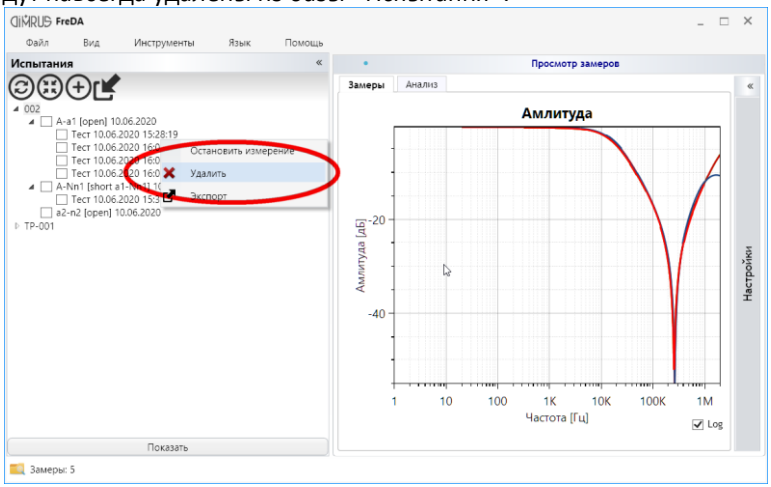
Можно сохранить измерение в формате .xfra (CIGRE paper 342 data format).

Для этого выберите измерение ЛКМ, вызовите меню ПКМ и выберите пункт «Экспорт». Затем введите имя файла для сохранения его на диск.



3.12 Удаление данных

Для удаления Трансформатора, Испытания или Измерения встаньте на него ЛКМ, вызовите меню ПКМ и выберите «Удалить». После потверждения эти данные будут навсегда удалены из базы «Испытания».



4 Типовые схемы соединения при измерении методом SFRA

4.1 Обозначения

Для обозначения схем соединения используется стандарт IEC.

- Концы обмоток не замкнуты (Open).
- Концы обмоток замкнуты (Short).
- Емкостная связь между обмотками (CIW).
- Индуктивная связь между обмотками (IIW).

Концы обмоток не замкнуты (Open). A-N [Open].

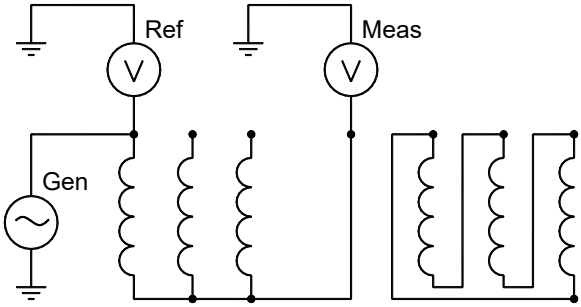


Рисунок 4.1. Схема A-N [Open]

В этой схеме измерения сигнал с генератора подается на один конец обмотки, и измерение производится с другого конца обмотки, вторичные обмотки разомкнуты.

Концы обмоток замкнуты (Short). A-N [Short].

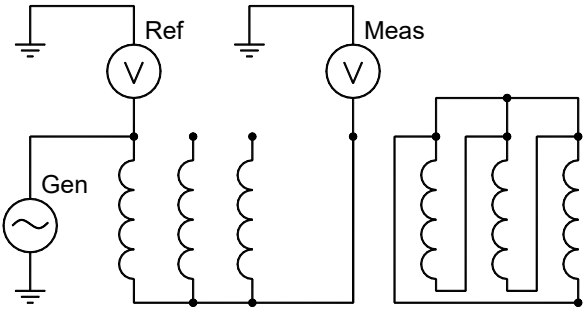


Рисунок 4.2. A-N [Short]

В этой схеме измерения сигнал с генератора подается на один конец обмотки, и измерение производится с другого конца обмотки, вторичные обмотки замкнуты.

Емкостная связь между обмотками (CIW). A-a1 [CIW].

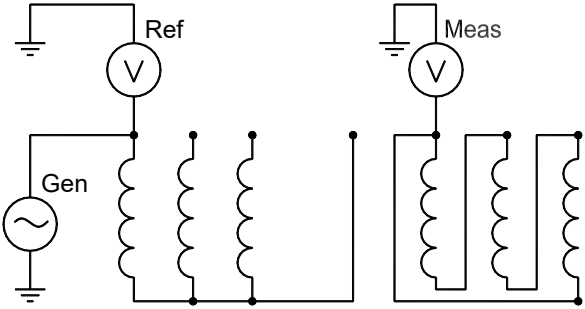


Рисунок 4.3. A-a1 [CIW]

Сигнал с генератора подключается к первичной обмотке, измеряется с вторичной обмотки той же фазы. В этом измерении преобладает емкостная связь между обмотками.

Индуктивная связь между обмотками (IIW). A-a1 [IIW, GND N,n1].

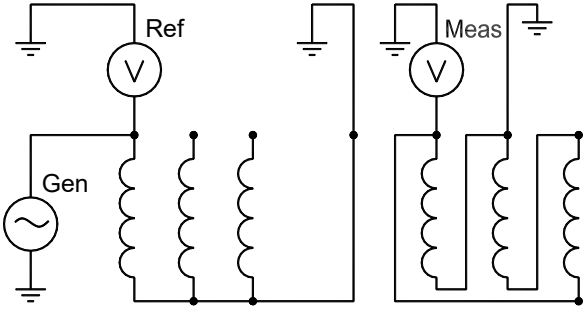


Рисунок 4.4. A-a1 [IIW, GND N,n1]

Сигнал с генератора подключается к первичной обмотке, измерение производится с вторичной обмотки той же фазы. Концы обеих обмоток заземлены. В этом измерении преобладает индуктивная связь между обмотками.

4.2 Соединения обмоток при тестировании

Перевод из “IEEE Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil-Immersed Transformers” – IEEE Std C57.149™-2012

Основой анализа FRA является сравнение с эталонными измерениями; Если имеются эталонные измерения, настоятельно рекомендуется повторять измерения точно так же, как были сделаны эталонные измерения.

Все новые измерения должны следовать основному принципу: измерять обмотки «от головы к хвосту», и, следовательно, рекомендуемые тестовые соединения будут зависеть от конфигурации обмотки. Тестовые соединения в Таблицах в этом разделе предназначены для конфигураций Группа 1 (нет сдвига фаз) и Группа 2 (отставание на 30 градусов). Если требуются конфигурации обмоток трансформатора, которые не рассматриваются в Таблицах 1-6, см. Паспортную табличку трансформатора. Конфигурационные векторы будут определять процедуру тестирования.

Описанные здесь тестовые соединения не включают повторение тестов для разных положений РПН. Ввода, которые не подвергаются испытанию, в том числе нейтрали, должны быть отсоединены от земли, если заземление не требуется в соответствии с местными рекомендациями и / или требованиями.

Рекомендуется выполнять все тесты [open] и все [short], например, Тест 1 - Тест 9 в Таблице 1. Как минимум, рекомендуется, выполнять тесты выделенные в таблице толстой рамкой.

Альтернативой предложенным ниже тестовым последовательностям могут быть выбранные на основе рекомендаций изготовителя трансформатора, изготовителя испытательного оборудования, пользователя испытательного оборудования и типа применяемого испытательного напряжения.

Все обмотки должны быть протестированы, как показано ниже в таблицах тестового подключения. Таблицы для следующего оборудования:

Таблица 1 – Двух обмоточный трансформатор
Таблица 2 – Автотрансформатор без третичной обмотки
Таблица 3 – Автотрансформатор с третичной обмоткой
Таблица 4 – Автотрансформатор с заземлённой третичной обмоткой
Таблица 5 – Трёх обмоточный трансформатор. Часть 1
Таблица 6 – Трёх обмоточный трансформатор. Часть 2

Если требуются конфигурации обмоток трансформатора, которые не охвачены в таблицах с 1 по 6, см. Паспортную табличку трансформатора. Конфигурационные векторы будут определять процедуру тестирования.

4.3 Трансформаторы с двумя обмотками – 15 тестов

Тест	Номер	Dy1	Yd11	Dd0	Yy0	
		3ϕ D-Y Group 2 θ ⇒ 30° LAG	3ϕ Y-d Group 2 θ ⇒ 30° LAG	3ϕ D-d Group 1 θ ⇒ 0°	3ϕ Y-Y Group 1 θ ⇒ 0°	1ϕ
HV Open Circuit [open] All Other Terminals Floating	1	A-C	A-N	A-C	A-N	A-B (A-N)
	2	B-A	B-N	B-A	B-N	
	3	C-B	C-N	C-B	C-N	
LV Open Circuit [open] All Other Terminals Floating	4	a1-n1	a1-b1	a1-c1	a1-n1	a1-b1 (a1-n1)
	5	b1-n1	b1-c1	b1-a1	b1-n1	
	6	c1-n1	c1-a1	c1-b1	c1-n1	
Short Circuit [short] Short [a1-b1-c1][a]	7	A-C	A-N	A-C	A-N	A-B Short [a1-b1][a]
	8	B-A	B-N	B-A	B-N	
	9	C-B	C-N	C-B	C-N	
Capacitive Inter-Winding [CIW] All Other Terminals Floating	10	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1
	11	B-b1	B-b1	B-b1	B-b1	
	12	C-c1	C-c1	C-c1	C-c1	
Inductive Inter-Winding High (A) to Low (a1) [IIW] Ground (A- and a1-)[b]	13	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1 Ground [B, b1]
	14	B-b1	B-b1	B-b1	B-b1	
	15	C-c1	C-c1	C-c1	C-c1	

Примечания для всех таблиц:

[a] Обозначает, что терминалы объединены вместе, но не заземлены. Нейтраль не входит в 3-фазном соединении, но может входить при 1-фазном соединении.

[b] Обозначает другой конец обмотки, противоположный измеряемому.

4.4 Автотрансформатор без третичной – 12 тестов

Тест	Номер	3ф	1ф
Series Winding [open] All Other Terminals Floating	1	A-a1	A-a1
	2	B-b1	
	3	C-c1	
Common Winding [open] All Other Terminals Floating	4	a1-Nn1	a1-Nn1
	5	b1-Nn1	
	6	c1-Nn1	
Short Circuit [short] High (A) to Low (a1) Short [a1-b1-c1][a]	7	A-Nn1	A-Nn1 Short [a1-Nn1][a]
	8	B-Nn1	
	9	C-Nn1	
Inductive Inter-Winding High (A) to Low (a1) [IIW] Ground (Nn1)	10	A-a1	A-a1 Ground [Nn1]
	11	B-b1	
	12	C-c1	

4.5 Автотрансформатор с третичной – 33 теста

Тест	Номер	3ф	1ф
Series Winding [open] All Other Terminals Floating	1	A-a1	A-a1
	2	B-b1	
	3	C-c1	
Common Winding [open] All Other Terminals Floating	4	a1-Nn1	a1-Nn1
	5	b1-Nn1	
	6	c1-Nn1	
Tertiary Winding [open] All Other Terminals Floating	7	a2-b2	a2-b2 (a2-n2)
	8	b2-c2	
	9	c2-a2	
Short Circuit [short] High (A) to Low (a1) Short [a1-b1-c1][a]	10	A-Nn1	A-Nn1 Short [a1-Nn1][a]
	11	B-Nn1	
	12	C-Nn1	
Short Circuit [short] High (A) to Tertiary (a2) Short [a2-b2-c2][a]	13	A-Nn1	A-Nn1 Short [a2-b2][a]
	14	B-Nn1	
	15	C-Nn1	
Short Circuit [short] Low (a1) to Tertiary (a2) Short [a2-b2-c2][a]	16	a1-Nn1	a1-Nn1 Short [a2-b2][a]
	17	b1-Nn1	
	18	c1-Nn1	
Capacitive Inter-Winding [CIW] High (A) to Tertiary (a2) All Terminals Float	19	A-a2	A-a2
	20	B-b2	
	21	C-c2	
Capacitive Inter-Winding [CIW] Low (a1) to Tertiary (a2) All Terminals Float	22	a1-a2	a1-a2
	23	b1-b2	
	24	c1-c2	
Inductive Inter-Winding [IIW] High (A) to Low (a1) Ground (Nn1)	25	A-a1	A-a1 Ground [Nn1]
	26	B-b1	
	27	C-c1	
Inductive Inter-Winding [IIW] High (A) to Tertiary (a2) Ground (Nn1 and a2-)[b]	28	A-a2	A-a2 Ground [Nn1, b2]
	29	B-b2	
	30	C-c2	
Inductive Inter-Winding [IIW] Low (a1) to Tertiary (a2) Ground (Nn1 and a2-)[b]	31	a1-a2	a1-a2 Ground [Nn1, b2]
	32	b1-b2	
	33	c1-c2	

4.6 Автотрансформатор с заземлённой третичной – 18 тестов

Тест	Номер	3ф	1ф
Series Winding [open] All Other Terminals Floating	1	A-a1	A-a1
	2	B-b1	
	3	C-c1	
Common Winding [open] All Other Terminals Floating	4	a1-Nn1	a1-Nn1
	5	b1-Nn1	
	6	c1-Nn1	
Short Circuit [short] High (A) to Low (a1) Short [a1-b1-c1][a]	7	A-Nn1	A-Nn1 Short [a1-Nn1][a]
	8	B-Nn1	
	9	C-Nn1	
Capacitive Inter-Winding [CIW] High (A) to Tertiary (a2) All Terminals Float	10	A-a2	A-a2
	11	B-a2	
	12	C-a2	
Capacitive Inter-Winding [CIW] Low (a1) to Tertiary (a2) All Terminals Float	13	a1-a2	a1-a2
	14	b1-a2	
	15	c1-a2	
Inductive Inter-Winding [IIW] High (A) to Low (a1) Ground (Nn1)	16	A-a1	A-a1 Ground [Nn1]
	17	B-b1	
	18	C-c1	

4.7 Трёхобмоточный трансформатор – 36 тестов

		Dd0d0	Dd0y1	Dy1d0	Dy1y1	
Тест	Номер	3ϕ D-d-d Group 1 θ ⇒ 0°	3ϕ D-d-y Group 2 θ ⇒ 30° LAG	3ϕ D-y-d Group 2 θ ⇒ 30° LAG	3ϕ D-y-y Group 2 θ ⇒ 30° LAG	1ϕ
HV Open Circuit [open] All Other Terminals Floating	1	A-C	A-C	A-C	A-C	A-B (A-N)
	2	B-A	B-A	B-A	B-A	
	3	C-B	C-B	C-B	C-B	
LV (a1) Open Circuit [open] All Other Terminals Floating	4	a1-c1	a1-c1	a1-n1	a1-n1	a1-b1 (a1-n1)
	5	b1-a1	b1-a1	b1-n1	b1-n1	
	6	c1-b1	c1-b1	c1-n1	c1-n1	
LV (a2) Open Circuit [open] All Other Terminals Floating	7	a2-c2	a2-n2	a2-c2	a2-n2	a2-b2 (a2-n2)
	8	b2-a2	b2-n2	b2-a2	b2-n2	
	9	c2-b2	c2-n2	c2-b2	c2-n2	
Short Circuit [short] High (A) to Low (a1) Short [a1-b1-c1][a]	10	A-C	A-C	A-C	A-C	A-N Short [a1-b1][a]
	11	B-A	B-A	B-A	B-A	
	12	C-B	C-B	C-B	C-B	
Short Circuit [short] High (A) to Low (a2) Short [a2-b2-c2][a]	13	A-C	A-C	A-C	A-C	A-N Short [a2-b2][a]
	14	B-A	B-A	B-A	B-A	
	15	C-B	C-B	C-B	C-B	
Short Circuit [short] Low (a1) to Low (a2) Short [a2-b2-c2][a]	16	a1-c1	a1-c1	a1-n1	a1-n1	a1-n1 Short [a2-b2][a]
	17	b1-a1	b1-a1	b1-n1	b1-n1	
	18	c1-b1	c1-b1	c1-n1	c1-n1	

Capacitive Inter-Winding High (A) to Low (a1) [CIW] All Terminals Float	19	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1
	20	B-b1	B-b1	B-b1	B-b1	
	21	C-c1	C-c1	C-c1	C-c1	
Capacitive Inter-Winding High (A) to Low (a2) [CIW] All Terminals Float	22	A-a2	A-a2	A-a2	A-a2	A-a2
	23	B-b2	B-b2	B-b2	B-b2	
	24	C-c2	C-c2	C-c2	C-c2	
Capacitive Inter-Winding Low (a1) to Low (a2) [CIW] All Terminals Float	25	a1-a2	a1-a2	a1-a2	a1-a2	a1-a2
	26	b1-b2	b1-b2	b1-b2	b1-b2	
	27	c1-c2	c1-c2	c1-c2	c1-c2	
Inductive Inter-Winding High (A) to Low (a1) [IIW] Ground (A- and a1-)[b]	28	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1 Ground [B, b1]
	29	B-b1	B-b1	B-b1	B-b1	
	30	C-c1	C-c1	C-c1	C-c1	
Inductive Inter-Winding High (A) to Low (a2) [IIW] Ground (A- and a2-)[b]	31	A-a2	A-a2	A-a2	A-a2	A-a2 Ground [B, b2]
	32	B-b2	B-b2	B-b2	B-b2	
	33	C-c2	C-c2	C-c2	C-c2	
Inductive Inter-Winding Low (a1) to Low (a2) [IIW] Ground (a1- and a2-)[b]	34	a1-a2	a1-a2	a1-a2	a1-a2	a1-a2 Ground [b1, b2]
	35	b1-b2	b1-b2	b1-b2	b1-b2	
	36	c1-c2	c1-c2	c1-c2	c1-c2	

4.8 Трёх обмоточный трансформатор – 36 тестов

		Yy0y0	Yy0d11	Yd11y0	Yd11d11
Тест	Номер	3ϕ Y-y-y Group 1 θ ⇒ 0°	3ϕ Y-y-d Group 2 θ ⇒ 30° LAG	3ϕ Y-d-y Group 2 θ ⇒ 30° LAG	3ϕ Y-d-d Group 2 θ ⇒ 30° LAG
HV Open Circuit [open] All Other Terminals Floating	1	A-N	A-N	A-N	A-N
	2	B-N	B-N	B-N	B-N
	3	C-N	C-N	C-N	C-N
LV (a1) Open Circuit [open] All Other Terminals Floating	4	a1-n1	a1-n1	a1-b1	a1-b1
	5	b1-n1	b1-n1	b1-c1	b1-c1
	6	c1-n1	c1-n1	c1-a1	c1-a1
LV (a2) Open Circuit [open] All Other Terminals Floating	7	a2-n2	a2-b2	a2-n2	a2-b2
	8	b2-n2	b2-c2	b2-n2	b2-c2
	9	c2-n2	c2-a2	c2-n2	c2-a2
Short Circuit [short] High (A) to Low (a1) Short [a1-b1-c1][a]	10	A-N	A-N	A-N	A-N
	11	B-N	B-N	B-N	B-N
	12	C-N	C-N	C-N	C-N
Short Circuit [short] High (A) to Low (a2) Short [a2-b2-c2][a]	13	A-N	A-N	A-N	A-N
	14	B-N	B-N	B-N	B-N
	15	C-N	C-N	C-N	C-N
Short Circuit [short] Low (a1) to Low (a2) Short [a2-b2-c2][a]	16	a1-n1	a1-n1	a1-b1	a1-b1
	17	b1-n1	b1-n1	b1-c1	b1-c1
	18	c1-n1	c1-n1	c1-a1	c1-a1

Capacitive Inter-Winding High (A) to Low (a1) [CIW] All Terminals Float	19	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1
	20	B-b1	B-b1	B-b1	B-b1
	21	C-c1	C-c1	C-c1	C-c1
Capacitive Inter-Winding High (A) to Low (a2) [CIW] All Terminals Float	22	A-a2	A-a2	A-a2	A-a2
	23	B-b2	B-b2	B-b2	B-b2
	24	C-c2	C-c2	C-c2	C-c2
Capacitive Inter-Winding Low (a1) to Low (a2) [CIW] All Terminals Float	25	a1-a2	a1-a2	a1-a2	a1-a2
	26	b1-b2	b1-b2	b1-b2	b1-b2
	27	c1-c2	c1-c2	c1-c2	c1-c2
Inductive Inter-Winding High (A) to Low (a1) [IIW] Ground (A- and a1-)[b]	28	A-a1	A-a1	A-a1	A-a1
	29	B-b1	B-b1	B-b1	B-b1
	30	C-c1	C-c1	C-c1	C-c1
Inductive Inter-Winding High (A) to Low (a2) [IIW] Ground (A- and a2-)[b]	31	A-a2	A-a2	A-a2	A-a2
	32	B-b2	B-b2	B-b2	B-b2
	33	C-c2	C-c2	C-c2	C-c2
Inductive Inter-Winding Low (a1) to Low (a2) [IIW] Ground (a1- and a2-)[b]	34	a1-a2	a1-a2	a1-a2	a1-a2
	35	b1-b2	b1-b2	b1-b2	b1-b2
	36	c1-c2	c1-c2	c1-c2	c1-c2

5 Корреляционный анализ DL/T 911-2016

5.1 Математика

В программе используется корреляционный метод анализа. Проводится сравнение полученного набора АЧХ для разных фаз между собой. Если имеется ранее полученный набор АЧХ для данного оборудования, то проводится сравнительный анализ этих измерений. Также можно сравнивать характеристики, полученные с аналогичного оборудования.

При экспертной оценке, для выявления дефектов используется анализ, в котором реализован метод расчета, основанный на стандарте электроэнергетической промышленности Китайской народной республики (Китай) – DL/T 911-2016. Анализ выполняет вычисление коэффициентов сигналов X и Y в трех диапазонах частот по следующему алгоритму:

Расчет дисперсии

$$D_x = \frac{1}{N}\sum_{K=0}^{N-1}\left[X(k) - \frac{1}{N}\sum_{K=0}^{N-1}X(k)\right]^2$$

Расчет ковариации

$$C_{xy} = \frac{1}{N}\sum_{K=0}^{N-1}\left[\left(X(k) - \frac{1}{N}\sum_{K=0}^{N-1}X(k)\right)\left(Y(k) - \frac{1}{N}\sum_{K=0}^{N-1}Y(k)\right)\right]$$

Расчет коэффициента корреляции

$$R_{x,y} = \frac{cov(X,Y)}{\sqrt{D[X]D[Y]}}$$

Расчет относительного коэффициента (relative factors)

$$RF_{xy} = \begin{cases} 10 & 1 - R_{xy} < 10^{-10} \\ -lg(1 - R_{xy}) & \end{cases}$$

Таблица. Критерии оценки степени деформации обмоток.

Коэффициенты R (relative factors)	Степень деформации обмотки
RLF < 0.6	Сильная деформация
1.0 > RLF ≥ 0.6 или RMF < 0.6	Явная деформация

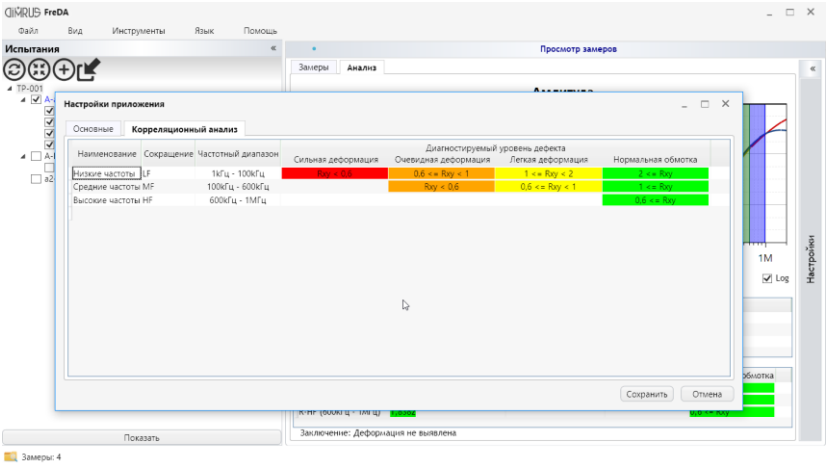
2.0 > RLF ≥ 1.0 или 0.6 ≤ RMF < 1.0	Легкая деформация
RLF ≥ 2.0, RMF ≥ 1.0 и RHF ≥ 0.6	Нормальное состояние

RLF – коэффициент, когда кривая находится в диапазоне низких частот (1кГц ÷ 100кГц);

RMF – коэффициент, когда кривая находится в диапазоне средних частот (100кГц ÷ 600кГц)

RHF – коэффициент, когда кривая находится в диапазоне высоких частот (600кГц ÷ 1МГц).

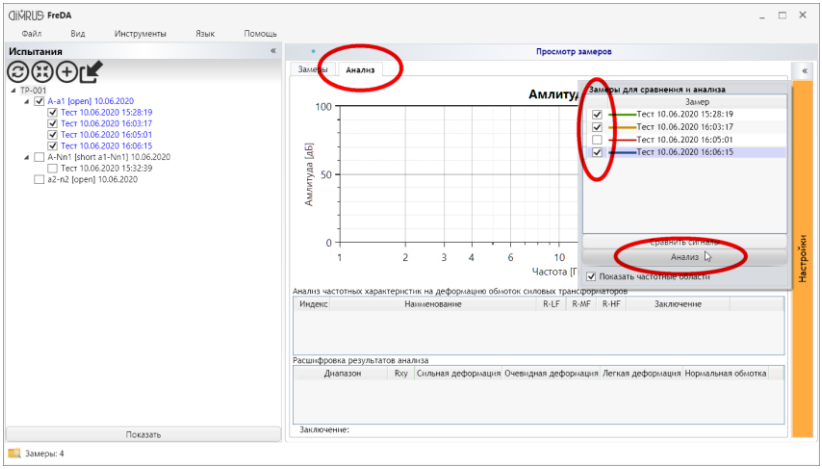
Эти значения можно редактировать в программе. Для этого выберите в главном меню «Настройки приложения», «Корреляционный анализ».



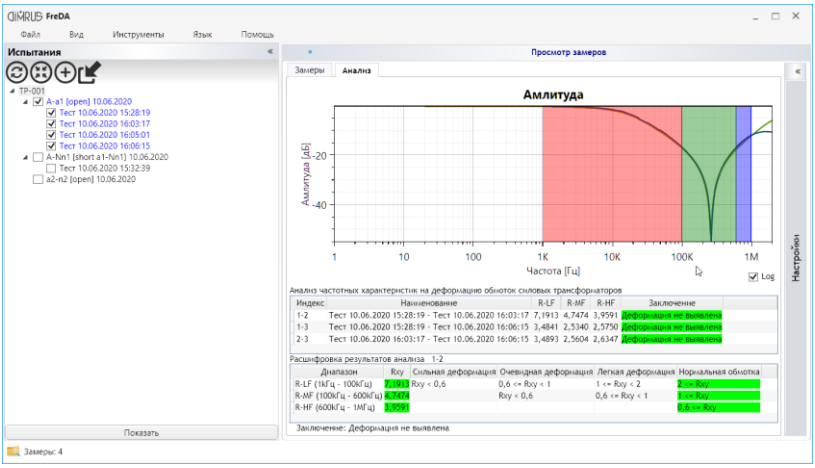
5.2 Просмотр анализа

Анализ производится для 2-х или 3-х кривых, включенных в просмотр и стоящих в начале списка замеров. Графики должны перекрывать заданный диапазон от Низких до Высоких частот (по умолчанию от 1кГц до 1 МГц).

Перейдите во вкладку «Анализ», отметьте в Настройках два или три замера и нажмите кнопку «Анализ».



Появится окно с корреляционными коэффициентами и результатами Анализа.



5.3 Отчет

По результатам анализа можно сформировать отчет в формате документа MS Word *.docx. Для этого необходимо нажать на кнопку «Отчет», которая расположена в панели «Настройки» в правой части окна программы.

В отчет попадут параметры трансформатора или нескольких трансформаторов (если происходил анализ различных трансформаторов), график амплитуды, график анализа DL/T 911 – 2016, таблица с анализом частотных характеристик и таблица с расшифровкой результата анализа. Также в

конце будут добавлены измерительные схемы каждого замера, который участвовал в анализе.

6 Список литературы о методе SFRA

ГОСТ Р 59239-2020 (МЭК 60076-18:2012)
ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ И РЕАКТОРЫ
Метод измерения частотных характеристик

Стандарт IEC 60076-18(2012)
Трансформаторы силовые. Часть 18. Измерения частотных характеристик

CIGRE Working Group A2.26, Brochure 342
Mechanical Condition Assessment of Transformer Windings using Frequency Response Analysis (FRA)

CIGRE Working Group A2.53, Brochure 812
Advances in the interpretation of transformer Frequency Response Analysis (FRA)

IEEE Std C57.149™-2012
IEEE Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil-Immersed Transformers

Стандарт DL/T 911-2016
Frequency response analysis on winding deformation of power transformers

7 Техническое описание прибора FreDA-LF

7.1 Назначение

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

При проведении измерений в этом диапазоне частот регистрируется сумма трех токов, протекающих через высоковольтную изоляцию. Эти токи имеют различную природу возникновения.

В первую очередь, это емкостный ток проводимости изоляции, зависящий от ее диэлектрической проницаемости. Этот ток всегда связан с частотой приложенного испытательного напряжения и максимален при более высоких частотах. Вектор этого тока характеризует тангенс угла потерь изоляции на частотах, близких к номинальной частоте рабочего напряжения.

Во-вторых, это ток 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 возникновения. Этот ток максимален при самых низких частотах, в идеале при постоянном испытательном напряжении.

Регистрация суммы этих токов дает много полезной информации для контроля технического состояния и оценки остаточного ресурса изоляции высоковольтных силовых трансформаторов.

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

1. Влагосодержание в твердой изоляции (целлюлозе) обмоток трансформатора.
2. Диэлектрические параметры изоляционного масла в баке трансформатора.
3. Геометрические параметры обмоток трансформатора. Также на процесс измерений частотных параметров влияет температура внутри бака трансформатора.

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

В результате измерения отображается графики зависимости параметров изоляции от частоты:

- Тангенс угла потерь изоляции
- Сопротивление изоляции
- Ёмкость изоляции

7.2 Краткое описание метода измерения

С выхода GENERATOR прибора подаётся переменное напряжение заданной амплитуды и переменной частоты от 1000 Гц и ниже, до 0,0001 Гц. Через кабель со струбциной оно подключается на вход измеряемого объекта.

В приборе есть два независимых канала измерения: MEASURE 1 и MEASURE 2. Они подключаются на выход измеряемого объекта.

Обязательно заземлить все остальные обмотки и прибор с помощью клеммы заземления.

Прибор измеряет сопротивление и ёмкость изоляции и строит график Тангенса угла потерь изоляции в зависимости от частоты.

По этому графику программа рассчитывает влагосодержание в изоляции.

7.3 Технические характеристики прибора

Технический параметр	Значение
Диапазон частот для контроля влагосодержания в изоляции, Гц	0,0001 ÷ 1000
Выходное напряжение внутреннего генератора модуля, В, Размах	1 ÷ 200
Количество каналов измерения	2
Частота преобразования на канал, кГц	32
Динамический диапазон регистрируемых сигналов, dB	120
Интерфейс связи с персональным компьютером	USB
Время работы от аккумулятора, часов	4
Напряжение питания внешнего блока питания, В	~220
Диапазон допустимых внешних рабочих температур, при работе без термостата, градусов С	-20 ÷ +50
Габаритные размеры прибора, мм	230x150x100
Габаритные размеры прибора в транспортной упаковке, мм	520x430x220
Масса прибора, кг	2,2

7.4 Расположение внешних разъемов на приборе

Прибор состоит из двух блоков – измерительного и модуля питания с аккумуляторами.

Блоки соединяются между собой коротким кабелем.

1. Клемма заземления
2. Разъём USB для связи с компьютером
3. Два одинаковых разъёма для связи с модулем питания.
4. Светодиод Статус, отображающий процесс измерения
5. Вход внешней синхронизации

6. Два одинаковых разъёма для связи с измерительным модулем и другими модулями
7. Светодиод Статус, отображающий процесс работы и зарядки аккумуляторов

1. Вход измерительного канала 1
2. Вход измерительного канала 2
3. Выход генератора
4. Красный светодиод. Горит, когда прибор в режиме измерения и на выходе генератора есть высокое напряжение.
5. Разъем для подключения питания 220 В

8 Проведение измерений прибором FreDA-LF

8.1 Подключение прибора к объекту измерения

С прибором поставляются струбцины, которые используются для подключения измерительных кабелей к объекту очень простым способом. Струбцины позволяют произвести подсоединение к любым конструкциям вводов, обеспечивая надежный контакт.

На трёхфазном стержневом трансформаторе требуется закоротить между собой:

- фазы высокого напряжения A-B-C-N
- низкого напряжения a1-b1-c1-n1
- третичные обмотки (если есть) a2-b2-c2-n2

8.2 Техника безопасности при работе с прибором

При измерении с прибора на объект измерения подаётся опасное напряжение до 200 Вольт размаха. При включённом высоком напряжении горит красный светодиод на заднем торце прибора.

8.3 Рекомендуемые схемы подключения для двухобмоточного трансформатора

В этих схемах возможно измерение ёмкостей:

- C_H – ввод высокого напряжения на бак трансформатора
- C_L – ввод низкого напряжения на бак
- C_{HL} – ёмкость между вводами высокого и низкого напряжения

Схема lf_2_1: GSTg-1(CH)/UST-2(CHL)

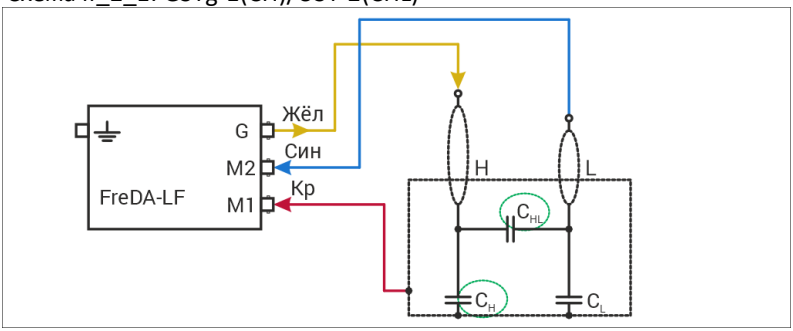
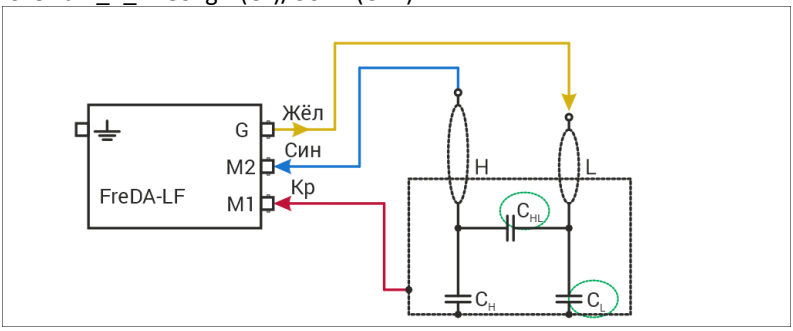


Схема lf_2_2: GSTg-1(CL)/UST-2(CHL)



8.4 Рекомендуемые схемы подключения для трёхобмоточного трансформатора

В этих схемах возможно измерение ёмкостей:

- C_H – ввод высокого напряжения на бак
- C_L – ввод низкого напряжения на бак
- C_T – ввод третичной обмотки на бак
- C_{HL} – ёмкость между вводами высокого и низкого напряжения
- C_{LT} – ёмкость между вводами низкого напряжения и третичной обмоткой
- C_{HT} – ёмкость между вводами высокого напряжения и третичной обмоткой

Схема lf_3_1: UST-1(CHL)/UST-2(CLT)

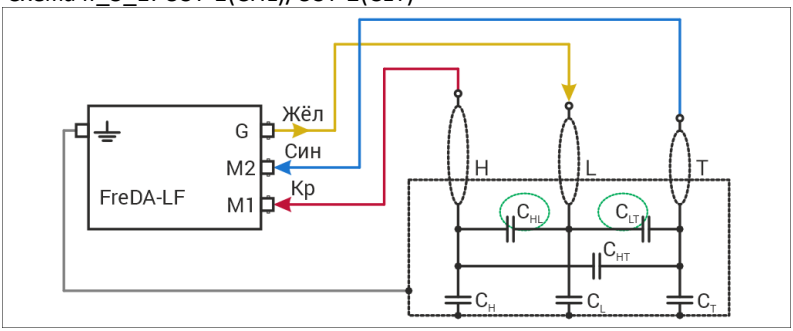


Схема lf_3_2: GSTg-1(CH)/UST-2(CHL)

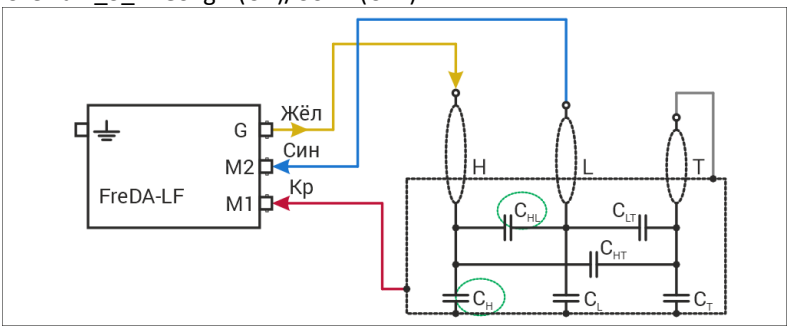


Схема lf_3_3: GSTg-1(CT)/UST-2(CHT)

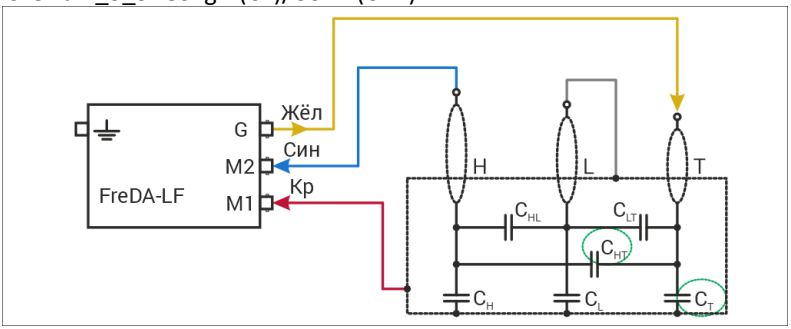
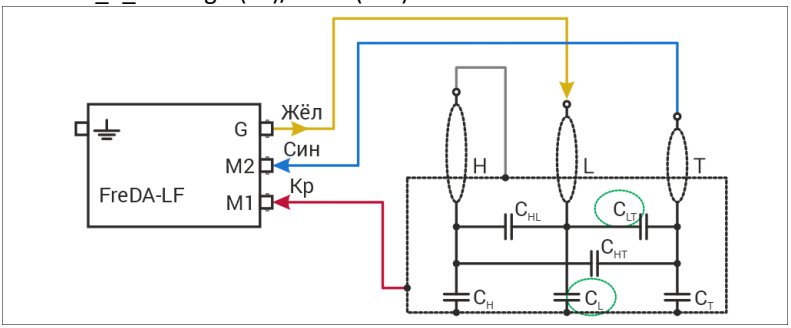


Схема lf_3_4: GSTg-1(CL)/UST-2(CLT)



8.5 Рекомендуемые схемы подключения для измерения отдельного ввода

В этих схемах возможно измерение ёмкостей:

- C_1 – ёмкость между токоведущим стержнем и измерительным выводом ввода
- C_2 – ёмкость между измерительным выводом и заземленным фланцем

Схема lf_1_1: GSTg-1(C2)/UST-2(C1)

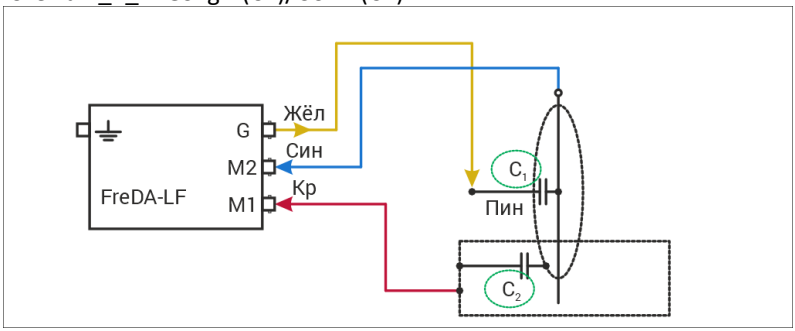
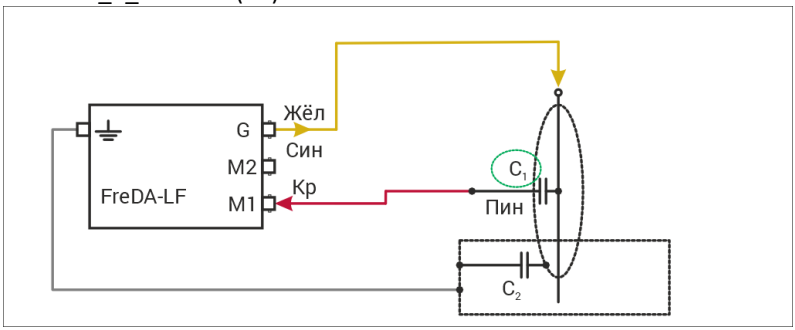


Схема lf_1_2 : UST-1(C1)



9 Работа с программой прибора FreDA-LF

9.1 Установка программного обеспечения FreDA

Смотри пункт 3.1

9.2 Установка драйвера USB

Смотри пункт 3.2

9.3 Первый запуск на компьютере

Смотри пункт 3.3

9.4 Добавление трансформатора

Смотри пункт 3.4

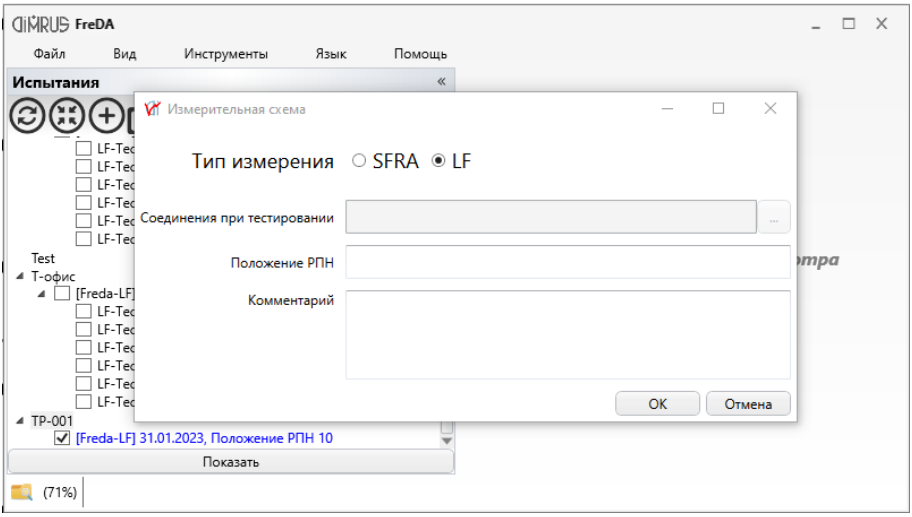
9.5 Редактирование данных о трансформаторе

Смотри пункт 3.5

9.6 Выбор измерительной схемы

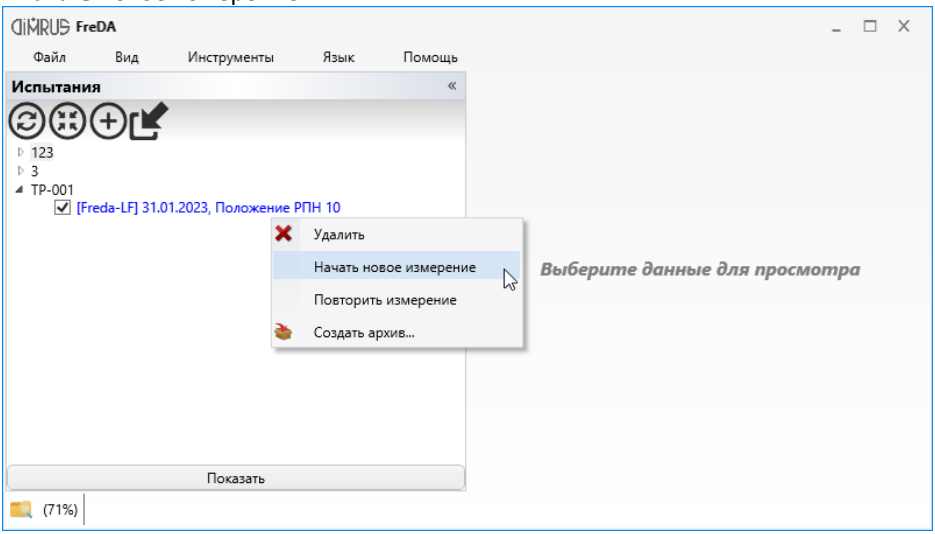
В открывшемся окне необходимо выбрать тип прибора LF

Выбрать измерительную схему, предусмотренную для данного типа трансформатора, либо добавить пользовательскую схему, если необходимо провести измерение по произвольной схеме.

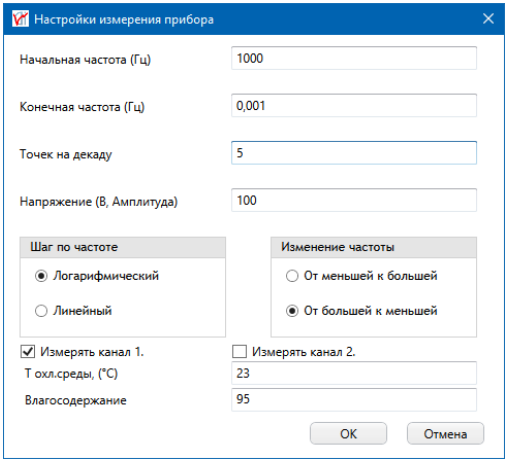


9.7 Проведение измерений

Выберите ЛКМ добавленное измерение, вызовите меню ПКМ и выберите «Начать новое измерение».



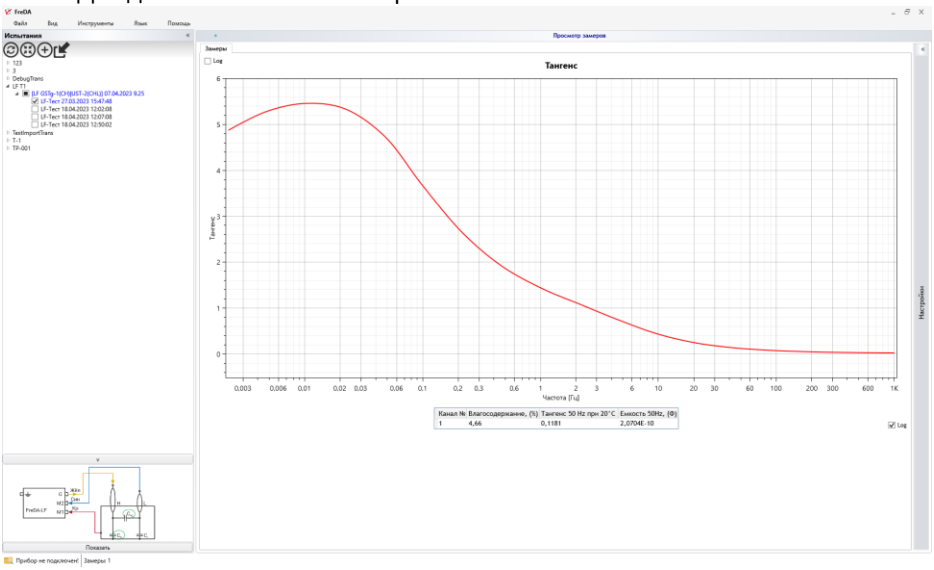
В появившемся окне ввести параметры измерения



В данном случае частота синусоиды будет изменяться от 1000 Гц до 0,001 Гц. Будет проведено 10 измерений на декаду, с логарифмическим шагом по частоте. Дополнительно нужно ввести температуру охлаждающей среды, которой может быть, как масло, так и воздух, в зависимости от исполнения трансформатора. Влагосодержание носит справочный характер, не участвует в расчетах.

После начала измерения на графиках будут отображаться результаты.

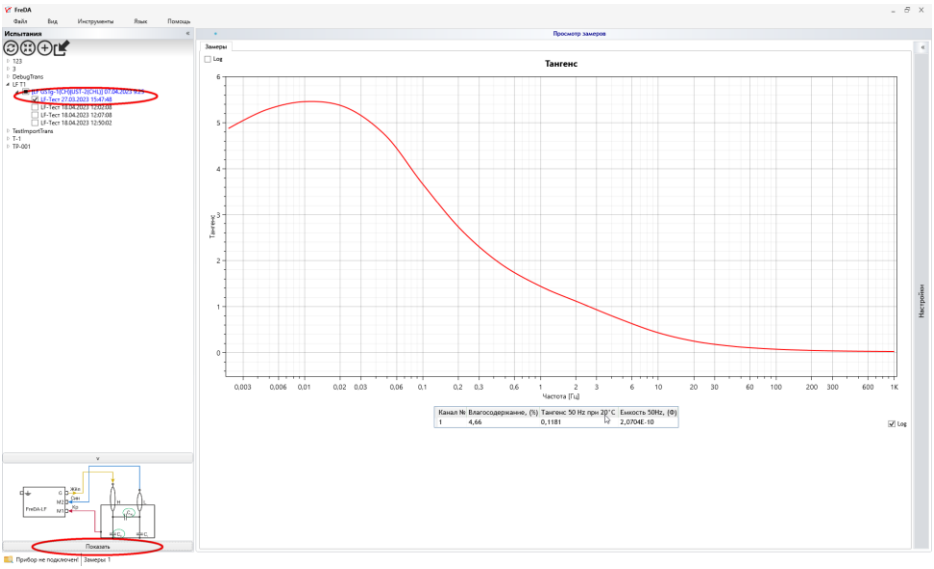
Дождитесь окончания измерения. Оно появится в окне «Испытания».



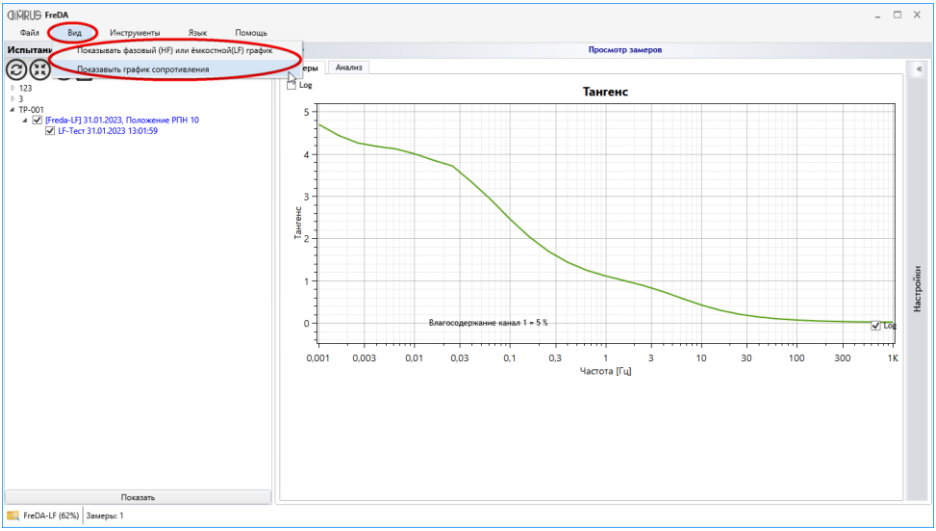
В зависимости от того какие каналы были включены, под графиком тангенса будут отображены значения влагосодержания в изоляции в процентах для соответствующего канала, тангенс при частоте 50Hz приведенный к 20°C, емкость при частоте 50Hz в Фарадах.

9.8 Просмотр измерений

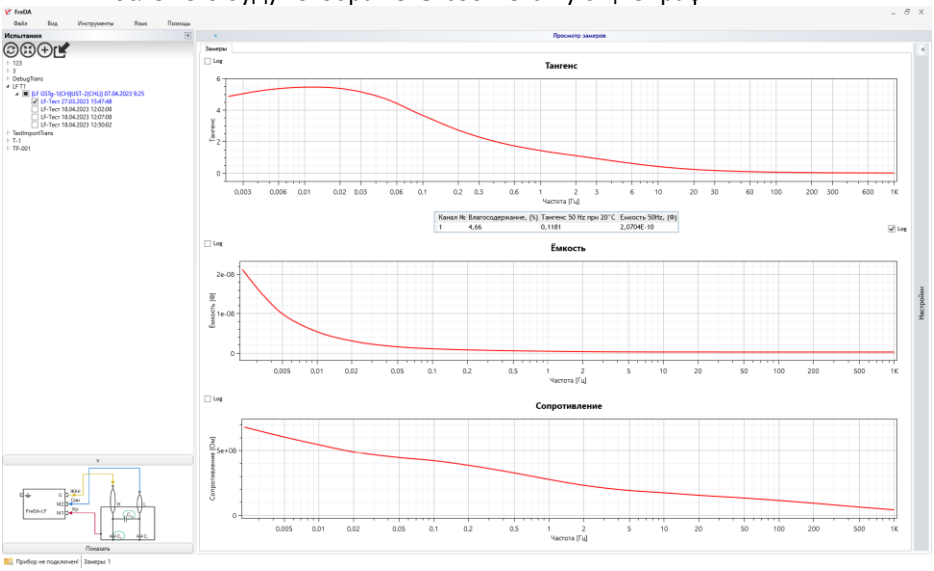
Для отображения измерения, нужно выбрать его ЛКМ и нажать кнопку «Показать»:



Для дополнительной информации можно отобразить графк ёмкости и сопротивления, для этого в меню «Вид» нужно выбрать соответствующие графики:



После чего будут отображены соответствующие графики



9.9 Копирование измерений на другой компьютер

Данный пункт аналогичен пункту 3.11, с той разницей что для Freda-LF не предусмотрен экспорт данных в формат .xfra (CIGRE paper 342 data format).

9.10 Удаление данных

Данный пункт аналогичен пункту 3.12

9.11 Отчет

По результатам анализа можно сформировать отчет в формате документа MS Word *.docx. Для этого необходимо нажать на кнопку «Отчет», которая расположена в панели «Настройки» в правой части окна программы.

В отчет попадут параметры трансформатора или нескольких трансформаторов (замеры которых отображены на графике тангенса), график тангенса, график емкости (если включено отображение в окне программы), график сопротивления (если включено отображение в окне программы), схема подключения каждого измерения, отображаемого на графике тангенса и таблица с влагосодержанием, тангенсом и емкостью.

Краткая информация о фирме:

ООО «ДИМРУС» (г. Пермь)

Разработка и поставка приборов и программного обеспечения для диагностики в различных отраслях промышленности.

Россия, 614500, г. Пермь,
д.Ванюки,
Шоссейный въезд, д.2
Тел./факс: +7 (342) 212-23-18

Адрес в интернете:
https://dimrus.ru
https://dimrus.com
E-mail: dimrus@dimrus.ru