

Серия FRAX

Анализаторы частотных характеристик



- Максимальные уровни точности и динамического диапазона на рынке
- Полностью соответствуют международным стандартам для измерений частотных характеристик
- Расширенный анализ и поддержка принятия решения, интегрированные в ПО
- Импорт данных из других систем измерений частотных характеристик
- Беспроводная коммуникация (FRAX 101)
- Питание от батарей (опция для FRAX 99 и FRAX 101)
- Контроль целостности заземления (FRAX 101)

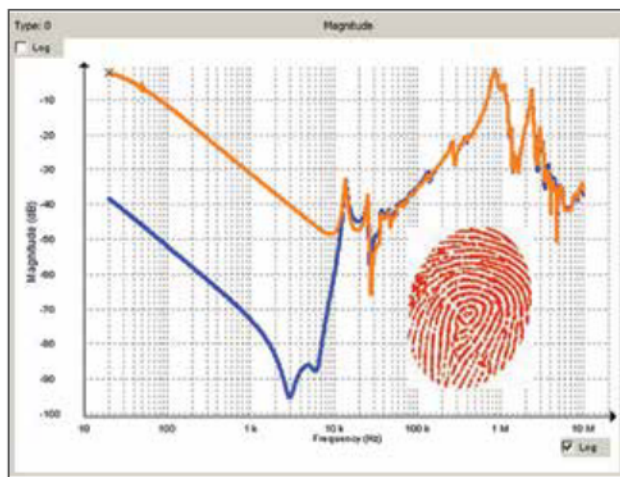
ОПИСАНИЕ

Силовые трансформаторы являются одним из наиболее важных компонентов современной инфраструктуры магистральных и распределительных электрических систем. Отказы в работе трансформаторов приводят к огромным финансовым потерям при непредвиденных отключениях и незапланированном обслуживании. Важно избежать этих простоев и делать их проверку и диагностику надежной и эффективной.

Серия анализаторов частотных характеристик FRAX (SFRA) обнаруживает механические и электрические изменения в сердечнике и в обмотках силовых трансформаторов. Крупные коммунальные предприятия и сервисные компании уже более десяти лет используют метод Анализа Частотного Отклика (FRA) и этот метод внесен в международные стандарты. Измерение выполняется легко и с его помощью получают «отпечаток пальца» трансформатора. Результат измерения сравнивается с эталонным отпечатком пальца, и на основании сравнения получают информацию, произошли ли какие-либо изменения в механических частях трансформатора или нет. Различия в сравниваемых диаграммах указывают на геометрические и/или электрические изменения в трансформаторе.

Анализаторы FRAX позволяют обнаружить следующие проблемы:

- Деформации или смещения обмоток
- Межвитковые замыкания и обрывы
- Повреждение сердечника
- Проблемы с сердечником трансформатора
- Частичное разрушение обмоток
- Неправильное заземление сердечника
- Смещение сердечника



Отбор «отпечатков пальцев», используя Анализ Частотного Отклика (FRA), является простым методом обнаружения электромеханических проблем в силовых трансформаторах и инвестицией, позволяющей сэкономить время и деньги.

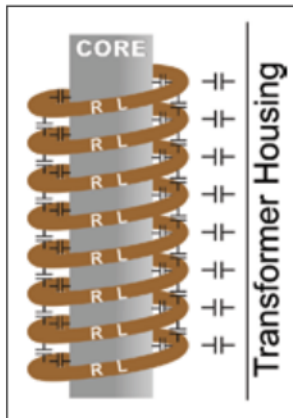
ПРИМЕНЕНИЕ

Силовые трансформаторы рассчитаны на то, чтобы выдерживать механические нагрузки как при транспортировке, так и в процессе эксплуатации, такие, как возникающие неисправности в электрической системе и молнии. Однако механические нагрузки могут превышать допустимые пределы в случае тяжелых неисправностей или когда механическая прочность изоляции ослаблена вследствие процессов старения. Сравнительно быстрое испытание, после которого первоначальный «отпечаток пальца» сравнивается с частотным откликом, полученным после произошедшего события, позволяет принять правильное решение о том, можно ли трансформатор безопасно вернуть в эксплуатацию или требуется дальнейшая диагностика.

Основы метода

Трансформатор состоит из емкостей, индуктивностей и резисторов, т.е. очень сложной схемы, которая имеет свою уникальную кривую отклика при подаче сигнала переменной частоты.

Емкость зависит от расстояния между проводниками. Движения в обмотках, следовательно, будут влиять на емкости и изменять форму кривой.



Метод SFRA основан на сравнении между измеренными кривыми, когда обнаруживаются изменения. Одно измерение SFRA состоит из нескольких разверток и показывает, была ли подвержена изменениям механическая или электрическая целостность трансформатора.

Практическое применение

Стандартное использование метода заключается в получении сравнительных кривых/отпечатков пальца обмоток, когда трансформатор является новым или когда он находится в известном хорошем состоянии. Эти кривые впоследствии могут быть использованы в качестве эталона для сравнений во время технических обслуживаний или когда имеются основания подозревать о проблеме.

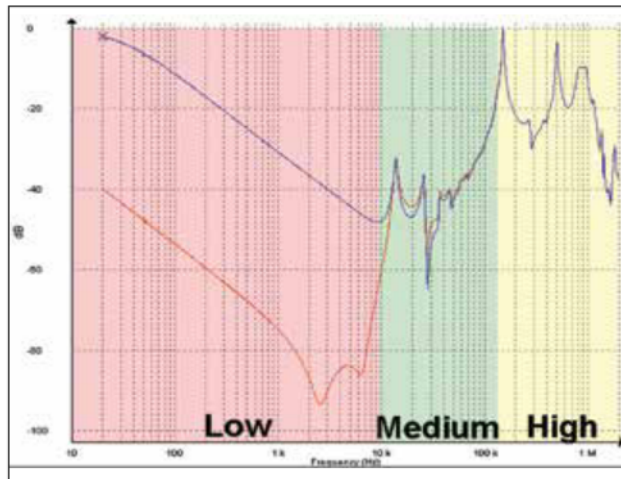
Самый надежный метод - это сравнение в разных временных периодах, когда сравниваются кривые, полученные в разное время на одном и том же трансформаторе. В другом методе используется сравнение кривых, полученных на схожих трансформаторах с одинаковым дизайном. Наконец, при определенных условиях, может использоваться сравнение измерений различных обмоток в одном и том же трансформаторе.

Эти сравнительные измерения могут быть выполнены: 1) до и после транспортировки трансформатора, 2) после серьезных сбоев в работе электросистемы, 3) до и после капитального ремонта и 4) в качестве диагностического измерения, если возникло подозрение о наличии потенциальных проблем. С помощью одного только измерения SFRA можно обнаружить проблемы в обмотках, которые без него потребовали бы нескольких испытаний с различными типами испытательного оборудования или проблемы, которые вообще не могут быть обнаружены другими способами. Испытание SFRA представляет собой быстрый и экономически эффективный способ оценить, произошли ли повреждения или подтвердить, что трансформатор снова может безопасно принять в эксплуатацию. Если проблема существует, результат измерения предоставляет ценную информацию, которая может быть использована при определении дальнейших действий.

Наличие эталонного измерения для важного трансформатора в случае, когда произошел сбой, является хорошим вложением средств, поскольку это позволит провести более простой и надежный анализ неисправности.

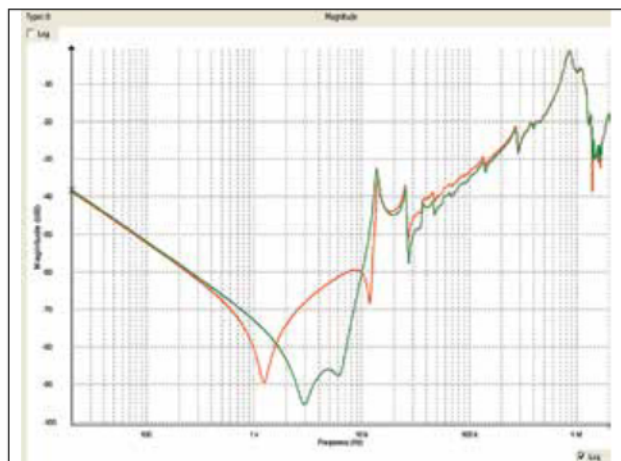
АНАЛИЗ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В качестве общей информации: межвитковые замыкания, намагниченность и другие проблемы, связанные с сердечником, изменяют форму кривой в диапазоне самых низких частот. Средние частоты отображают осевые или радиальные перемещения в обмотках, а высокие частоты указывают на проблемы, связанные с соединениями от обмоток до вводов и отпаек.



Пример откликов на низких, средних и высоких частотах.

Программное обеспечение FRAX предоставляет множество функций для эффективного анализа данных. Одновременно может быть открыто неограниченное количество измерений, а пользователь имеет полный контроль на каждом этапе сравнения. Отклик может рассматриваться в виде традиционной зависимости магнитуды от частоты и/или зависимости фазы от частоты. Пользователь также может выбрать представление данных, как зависимость импеданса или проводимости от частоты в случаях полного анализа на некоторых типах трансформаторов.



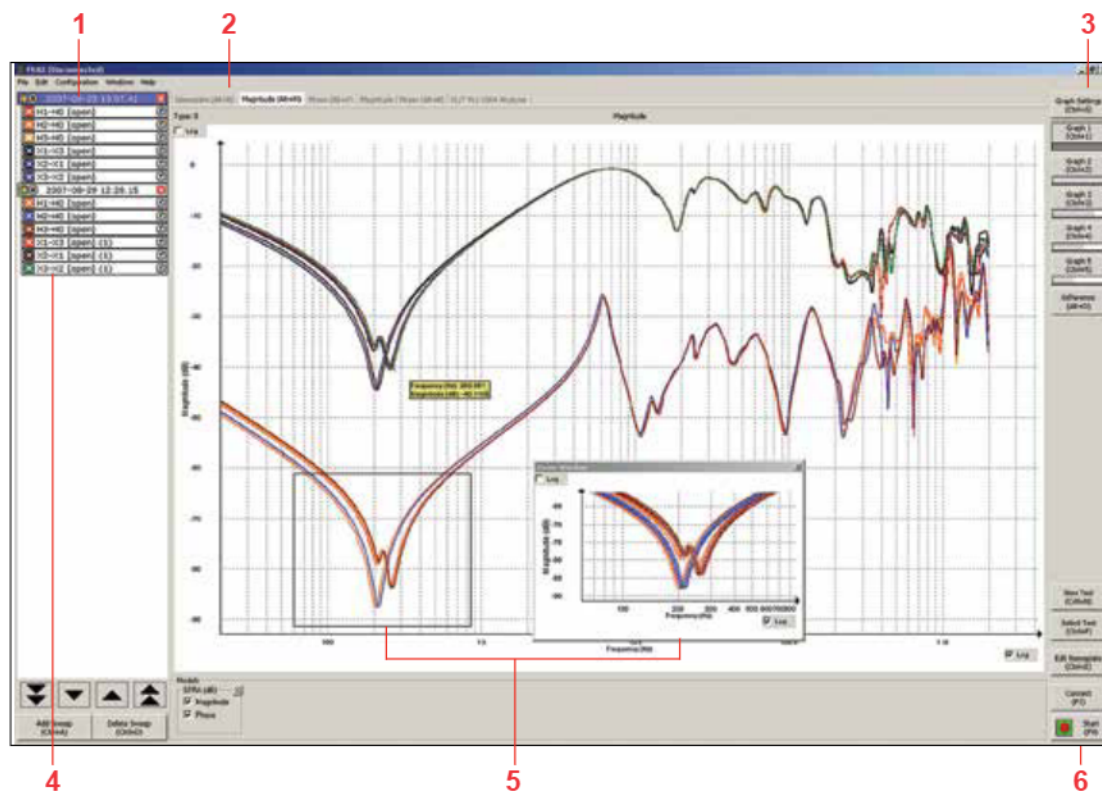
На рисунке выше показан однофазный трансформатор после капитального ремонта, где по ошибке не был заземлен сердечник трансформатора (красная кривая), и после корректного заземления (зеленая кривая). Эта потенциальная проблема явно проявилась на частотах от 1 кГц до 10 кГц и также видна в заметном изменении в диапазоне частот 10 кГц - 200 кГц.

ДОСТОИНСТВА

- Самый маленький и надежный прибор FRA в промышленности.
- Гарантированная повторяемость результатов при использовании превосходных технологий подключения и нормированном заземлении измерительного кабеля (IEC 60076-18, Метод 1).
- Соответствие международным стандартам для Анализа Частотного Отклика (SFRA) (IEC 60076-18, IEEE C57.1.8 и пр.).
- Высочайшие динамический диапазон и точность в промышленности, позволяющие обнаруживать даже самые небольшие электромеханические изменения внутри трансформатора.
- Расширенный анализ и инструменты ПО для принятия обоснованных решений в отношении дальнейшего анализа и/или мероприятий по обслуживанию трансформатора.
- Встроенный компьютер с мощной подсветкой для использования под прямым солнечным светом (FRAX 150).

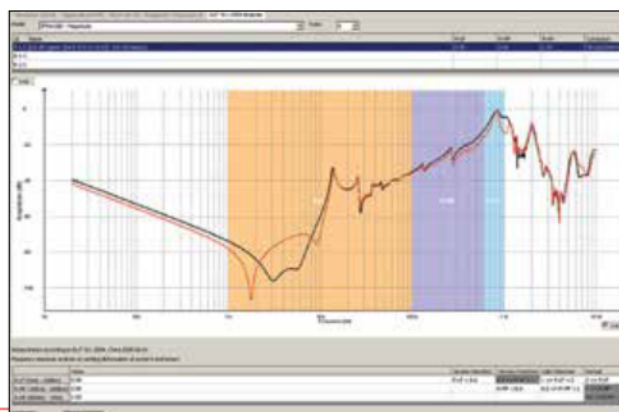
ОСОБЕННОСТИ

1. Гроудник для испытуемого объекта – неограниченное число измерений и откликов. Полный контроль со стороны пользователя.
2. Быстрый выбор режимов отображения – быстрое изменение представления на экране для различных перспектив и инструментов анализа.
3. Кнопки быстрых графических настроек – Программируемые настройки графиков позволяют быстро и просто менять представление на экране.
4. Настройки Отклика/Кривой – каждая развертка может быть индивидуально включена или отключена, изменен ее цвет, толщина и положение.
5. Динамическое масштабирование – увеличьте масштаб и перемещайте Ваш фокус на любую точку кривой.
6. Кнопки управления – все важные функции для Вашего отклика; выбор с мышкой, функциональные кнопки или сенсорный экран.
7. Автоматизированный анализ сравнивает две кривые с использованием алгоритма сравнения амплитуды, а также сдвига частоты и позволяет узнать, являются ли различия серьезными, очевидными или легкими.



Интегрированная в программное обеспечение поддержка решения обеспечивается с помощью программного инструмента корреляционного анализа, поддерживающего стандарт SFRA DL/T 911-2004.

7



ПОДХОДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ SFRA

Измерения SFRA сравниваются по прошествии времени или между различными испытываемыми объектами. Это подчеркивает необходимость проведения измерений с учетом высокой повторяемости и исключения влияния внешних параметров, таких как кабели, соединения и производительность прибора. Анализатор FRAX предлагает все необходимые инструменты, чтобы гарантировать, что измеренная кривая действительно внутреннее состояние трансформатора.

Хорошие соединения

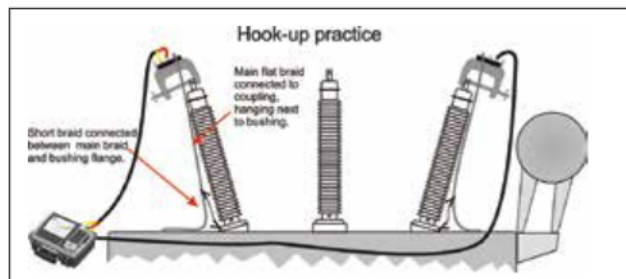
Плохие соединения могут исказить результаты измерений, поэтому в комплектности анализаторов FRAX предлагается прочный тестовый зажим, обеспечивающий хорошее соединение с вводом трансформатора и надежное соединение с прибором.



Соединения, выполненные С-струбцинами, гарантируют надежный контакт.

Соединение от экрана кабеля к земле должно быть одинаковым для каждого измерения на данном трансформаторе. Традиционные технологии заземления отказывают, когда дело доходит до предоставления повторяющихся условий. Это приводит к нежелательным отклонениям в измеренном отклике на высоких частотах и усложняет анализ.

Плетенный провод анализатора FRAX опускается из соединительного зажима рядом с изолирующими дисками к заземлению в основании ввода. Это создает почти одинаковые условия каждый раз, когда Вы подключаетесь к вводу (независимо от того, высокий он или короткий) и поэтому такой способ подключения рекомендуется стандартами CIGRE TB342 и IEC 60076-18.



Надежные соединения с использованием С-образных струбцин и руководство стандартом IEC 60076-18 метод 1 при соединении экрана с землей позволяют устранить проблем подключения и кабельных контуров, которые, в противном случае, оказывали бы влияние на результаты измерения.

Контроль контура заземления (FRAX 101)

Встроенная функция «Ground Loop Detector» в FRAX проверяет настройки измерения, а также правильность осуществленных подключений к заземлению.

Импорт и экспорт данных

Программное обеспечение FRAX может импортировать файлы данных из других инструментов FRA, что позволяет сравнивать данные, полученные с использованием другого прибора FRA. FRAX может импортировать и экспортировать данные в международном формате XFRA, а также в стандартных форматах CSV и TXT.

Оптимизированные настройки отклика

Программа предлагает пользователю функции, позволяющие осуществлять быстрое и эффективное измерение. Традиционные системы SFRA используют логарифмический шаг представления точек измерения. В результате, контрольных точек между 20 Гц и 200 Гц так же много, как и между 200 кГц и 2 МГц и, соответственно, измерение занимает относительно продолжительный промежуток времени.

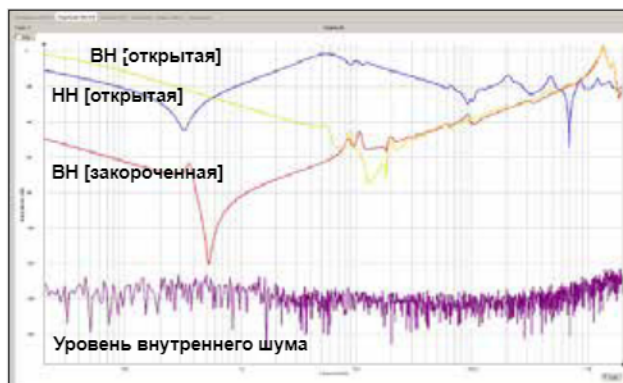
Частотный отклик от трансформатора содержит всего несколько резонансов в низкочастотном диапазоне, но много резонансов на более высоких частотах. FRAX позволяет пользователю задать меньше точек измерения на низких частотах и высокую плотность точек измерения на высоких частотах. В результате получается гораздо более быстрая развертка с большей детализацией, где это необходимо.

Изменяемое напряжение

Приложенное испытательное напряжение может влиять на отклик на низких частотах. В некоторых приборах FRA не применяется напряжение 10 В между пиками (peak-to-peak), используемое основными производителями, и это может усложнить сравнение между различными измерениями. Стандартное напряжение в анализаторах FRAX составляет 10 В между пиками, но FRAX также позволяет пользователю регулировать приложенное напряжение в соответствии с напряжением, использованным при измерении другим прибором.

Динамический диапазон

Выполнение точных измерений в широком диапазоне частот с высокой динамикой предъявляет большие требования к испытательному оборудованию, измерительным проводам и настройкам измерения. Анализаторы FRAX разработаны с учетом этих требований. Они прочные, способны отфильтровывать индуцированные помехи и имеют самый высокий динамический диапазон и точность в отрасли. Динамический диапазон FRAX показан на рисунке ниже, где красная кривая является внутренним шумом в блоке, а черная кривая является типичным измерением трансформатора. Широкий динамический диапазон (низкий внутренний шум) позволяет проводить точные измерения на каждом трансформаторе.



Пример сравнения измерения трансформатора с внутренним шумом в FRAX.

FRAX 150 СО ВСТРОЕННЫМ КОМПЬЮТЕРОМ

FRAX 150 оснащен встроенным компьютером, имеющим экран с высокой контрастностью и мощной подсветкой, подходящий для работы под прямым солнечным светом. Курсор управляется посредством встроенного джойстика или с помощью внешней USB-мыши, а встроенная клавиатура упрощает ввод данных.

Все данные сохраняются на встроенном жестком диске. Данные можно перенести на любой другой компьютер с помощью USB-накопителя.



Крупный план панели управления анализатора FRAX 150

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Технические характеристики являются действительными при номинальном напряжении и температуре окружающей среды $+25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$. Технические характеристики могут изменяться без предварительного уведомления.

Условия окружающей среды

Область применения	Инструмент предназначен для использования на подстанциях среднего и высокого напряжения и в промышленных средах.
--------------------	--

Температура окружающей среды

Рабочая	
FRAX 150	-5°C до $+50^{\circ}\text{C}$
FRAX 99/101	-20°C до $+55^{\circ}\text{C}$

Хранения	-20°C до 70°C
----------	---

Относительная влажность	$< 95\%$, без конденсата
-------------------------	---------------------------

Соответствие стандартам

EMC	2004/108/EC
CE	2006/95/EC

Общие характеристики

Источник питания DC	11 – 16 В DC
---------------------	--------------

Источник питания AC	90 – 264 В AC, 4. – 63 Гц
---------------------	---------------------------

Встроенная батарея (опционально)	24 Втч/2.2 Ач (FRAX99) 49 Втч/4.4 Ач (FRAX101)
----------------------------------	---

Размеры	
---------	--

Прибор	
FRAX 150	305 x 194 x 360 мм
FRAX 99/101	250 x 169 x 52 мм

Транспортировочный кейс	
FRAX 150	–
FRAX 99/101	520 x 460 x 220 мм

Вес	
-----	--

Прибор	
FRAX 150	6 кг
FRAX 99/101	1.4 кг 1.8 кг с батареей

Кейс и принадлежности	
FRAX 150	16 кг
FRAX 101	15 кг
FRAX 99	12 кг

Измеряемые параметры

Метод измерений	Анализ частотного отклика (SFRA)
-----------------	----------------------------------

Частотный диапазон	0.1 Гц – 25 МГц, выбирается пользователем
--------------------	---

Частот. разрешение	0.01%
--------------------	-------

Частот. точность	0.01% (ошибка измерения)
------------------	--------------------------

Разрешение уровня	0.001 dB
-------------------	----------

Количество точек	По умолчанию 1046, до 32 000 точек, выбирается пользователем
------------------	--

Время измерения	По умолчанию 64 сек, быстрые настройки, 37 сек (20 Гц – 2 МГц)
-----------------	--

Расположение точек	Логарифмическое, линейное или оба
--------------------	-----------------------------------

Настройки выборки	Индивидуальные настройки для выбранных пользователем диапазонов частот. Линейная или логарифмическая шкала или комбинация обеих
-------------------	---

Уровень внутреннего шума (средн. 20 Гц до 2 МГц)	< -140 dB (FRAX101 and 150) < -120 dB (FRAX99)
--	---

Динамический диапазон ¹⁾	>150 dB (FRAX101 и 150) >130 dB (FRAX99)
Погрешность (ошибка измерения)	± 0.1 dB от $+10$ dB до -50 dB ± 0.5 dB до -100 dB (FRAX 101/150) ± 1 dB до -100 dB (FRAX 99)
Ширина пропускания	Выбирается пользователем, по умолчанию $<10\%$
Коммуникация с ПК	
FRAX 99	USB (гальванически изолированный)
Программное обеспечение	FRAX for Windows 2000 / XP / Vista / 7 / 8 / 10
Стандарты	Выполняет требования стандартов IEC 60076-18, IEEE C57.149-2012, CIGRE Technical Brochure 342, DL/T 911-2004, а также другие международные стандарты и рекомендации

¹⁾ Динамический диапазон определяется от $+10$ dB до внутреннего шума в приборе

Аналоговый выход

Каналы	1
Выходное напряжение	0.20 – 24 В p-p (FRAX 101/150) 20 В p-p (FRAX 99)
Измерительное напряжение при 0 Ом	0.1 – 12 В p-p (FRAX 101/150) 10 В p-p (FRAX 99)
Выходной импеданс	50 Ом
Защита	Защита от короткого замыкания
Диапазон частот	0.1 Гц – 25 МГц
Настройки шкалы частот	От низкой к высокой или от высокой к низкой

Аналоговый вход

Каналы	2
Выборка	одновременно
Диапазон частот	0.1 Гц – 25 МГц
Входной импеданс	50 Ом
Частота выборки	100 МС/сек

Результаты измерений и анализ

Отображение данных	
Диаграмма	Магнитуда (линейная или 10_{dB}), фаза, разность, импеданс, проводимость, индуктивность, сопротивление, выбор пользователя
Анализ данных	Анализ поддиапазонов, разность, стандарт DL/T 911-2004, пользовательский корреляционный анализ (CCF)

Управление данными

Банк данных	открытый формат XML
Импорт	HP, Doble, Omicron, Tettext, TDT, CIGRE (*.xfra)
Экспорт	CIGRE (*.xfra), CSV, Txt, Doble export

PC (FRAX 150)

Операционная система	Windows® XP (встроенная)
Память	1000 records in internal memory External storage on USB stick

Требования к ПК (FRAX 99/101) Примечание: ПК не входит в комплектацию

Операционная система	Windows XP / Vista / 7 / 10
Процессор	Pentium 500 МГц или выше
Память	256 Mb RAM или больше
Жесткий диск	Минимум 30 Мб свободного объема
Коммуникация с ПК (удаленный контроль)	USB (гальванически изолированный) Беспроводной Bluetooth (FRAX101) Ethernet коммуникация от ПК

ВКЛЮЧЕННЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Включенные принадлежности показаны выше: кабель сетевого питания, заземляющий кабель, (2) набор крепления заземления, (2) заземляющий провод (изолированный), (2) С-струбины, генераторный кабель, измерительный кабель, полевой проверочный блок, нейлоновая сумка для принадлежностей, (2) заземляющий плетенный провод с зажимами, сумка для переноски кабелей.

**FTB101**

Несколько международных нормативов по Анализу Частотного Отклика (FRA) рекомендуют проверку целостности кабеля и функционирования инструмента до и после испытания с использованием испытательной схемы с известным сигналом FRA, предоставленным производителем оборудования. FRAX поставляется с полевым проверочным блоком FTB101 в качестве стандартного аксессуара и позволяет пользователю выполнять эту важную проверку в полевых условиях в любое время и подтверждать, т.о., качество измерений.

ОПЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**FDB101**

Демонстрационный блок FDB101 представляет собой небольшое трансформаторное устройство, с помощью которого можно проводить обучение и демонстрации в офисе. Небольшой трансформатор представляет собой однофазный блок с возможностью моделирования как обычных режимов работы, так и неисправностей. Можно проводить измерения как на холостом ходу, так и с короткозамкнутыми обмотками. Блок также содержит два испытательных импеданса, один из которых аналогичен используемому в полевом калибровочном блоке FTB101.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

Изделие	Артикул. No.
FRAX-101	
С принадлежностями, набор кабелей 18 м	AC-19090
С принадлежностями, набор кабелей 9 м	AC-19092
С принадлежностями, вкл. батарею, набор кабелей 18 м	AC-19091
С принадлежностями вкл. батарею, набор кабелей 9 м	AC-19093
FRAX-99	
С принадлежностями, набор кабелей 18 м	AC-29092
С принадлежностями, набор кабелей 9 м	AC-29090
С принадлежностями, вкл. батарею, набор кабелей 18 м	AC-29096
С принадлежностями, вкл. батарею, набор кабелей 9 м	AC-29095
FRAX-150	
С принадлежностями, набор кабелей 18 м	AC-39090
С принадлежностями, набор кабелей 9 м	AC-39092
Включенные принадлежности для всех моделей	
Генераторный кабель	
Измерительный кабель	
4 x 3 м набор заземления	
2 x 0,3 м провод с зажимами	
2 x C-струбцина (зажим для вводов)	
2 x G-зажим (для заземления)	
Полевой проверочный блок FTB101	
Заземляющий кабель 5 м	
Кабель сетевого питания	
ПО FRAX для Windows	
Руководство пользователя	
Дополнительные включенные принадлежности для FRAX 99	
Адаптер AC/DC	
Легкий транспортировочный кейс	
Сумка для переноски (для принадлежностей)	
Кабель USB	
Дополнительные включенные принадлежности для FRAX 101	
Адаптер AC/DC	
Транспортировочный кейс	
Адаптер Bluetooth	
Кабель USB	
Дополнительные включенные принадлежности для FRAX 150	
Сумка для переноски (для принадлежностей)	

Изделие	Артикул. No.
Опциональные принадлежности	
Калибровочный набор	AC-90020
FRAX демонстрационный блок FDB 101	AC-90050
FRAX генераторный и измерительный кабель, 9 м	GC-30040
FRAX генераторный и измерительный кабель, 18 м	GC-30042
FRAX измерительный кабель, 9 м	GC-30050
FRAX измерительный кабель, 18 м	GC-30052
C-струбцины	GC-80010
E-зажим (зажим для одной руки)	GC-80030