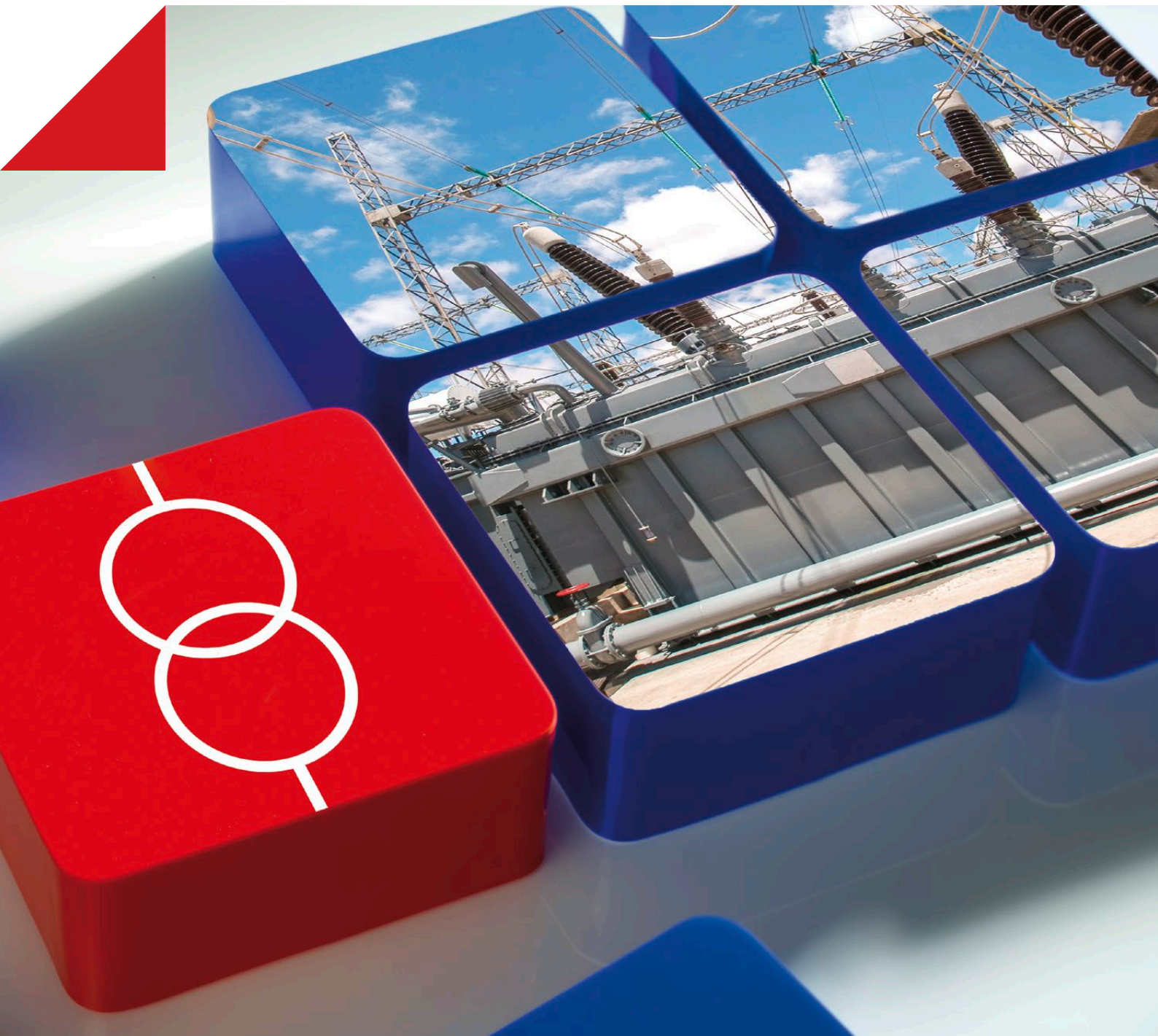




Диагностические испытания и мониторинг силовых трансформаторов



Правильная оценка состояния трансформатора позволяет раци

Важно, чтобы во время ввода в эксплуатацию и последующей работы трансформатор был в хорошем состоянии. На срок службы трансформатора влияют множество факторов.

Диагностические испытания и мониторинг помогут определить состояние трансформатора и выбрать правильные методы корректировки, которые повысят надежность работы и продлят срок его службы.

Факторы, сокращающие срок службы трансформатора

- **Температурное воздействие**
Перегрузка, перегрев, условия окружающей среды
- **Износ/старение**
Влага, кислоты, кислород, загрязнения, утечки
- **Механическое воздействие**
Повреждения при транспортировке, усилия при коротком замыкании, сейсмическая активность
- **Электрические воздействия**
Коммутационное или электрическое перенапряжение, ток КЗ
- **Проблемы с защитой**
Отказ, неправильная работа РЗА

Состояние трансформатора



Изготовление

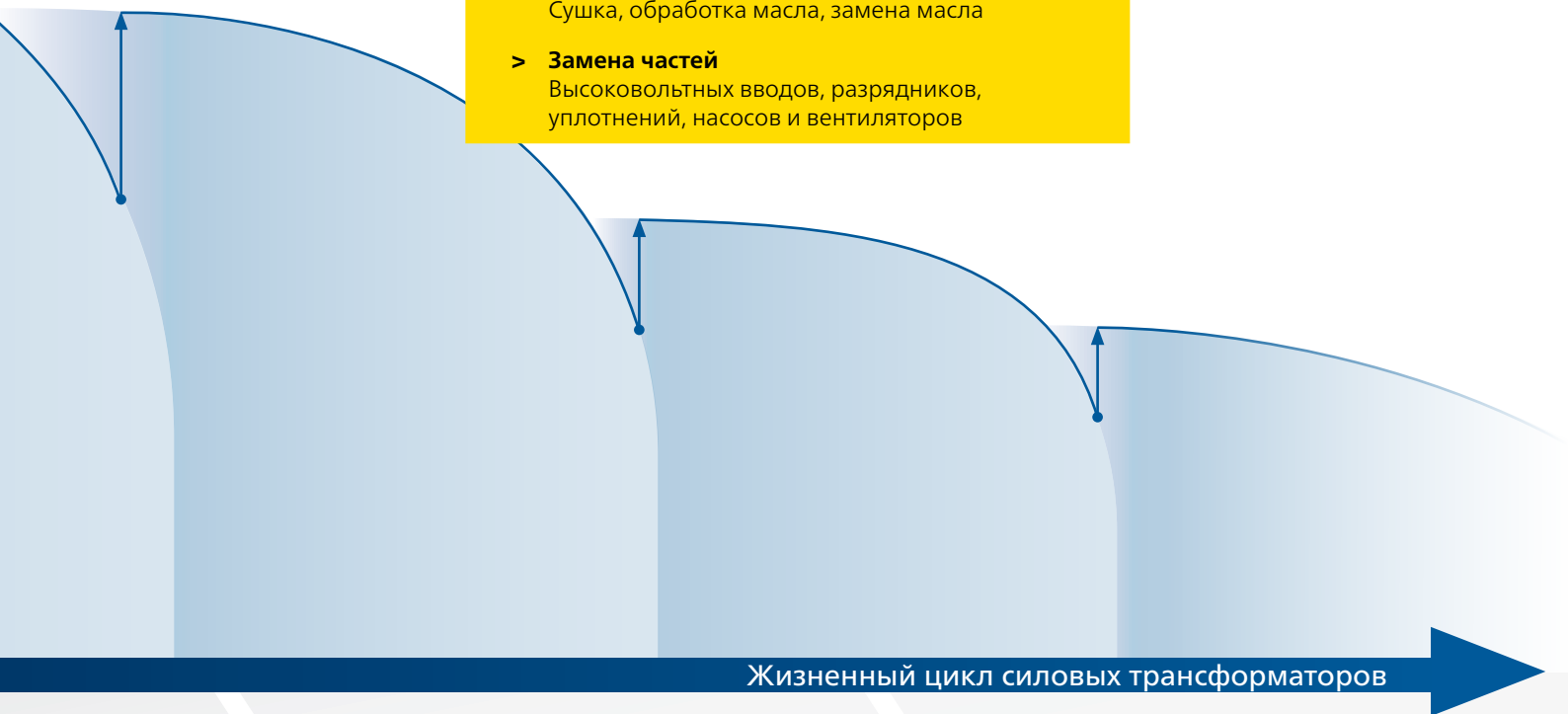
Заводские
приемочные
испытания

Транспо

онально использовать его ресурс.

Испытания и корректировочные меры для увеличения срока службы трансформатора

- > **Техобслуживание вспомогательных компонентов**
Переключателей ответвлений, системы охлаждения, поглотителей влаги
- > **Восстановление изоляции**
Сушка, обработка масла, замена масла
- > **Замена частей**
Высоковольтных вводов, разрядников, уплотнений, насосов и вентиляторов

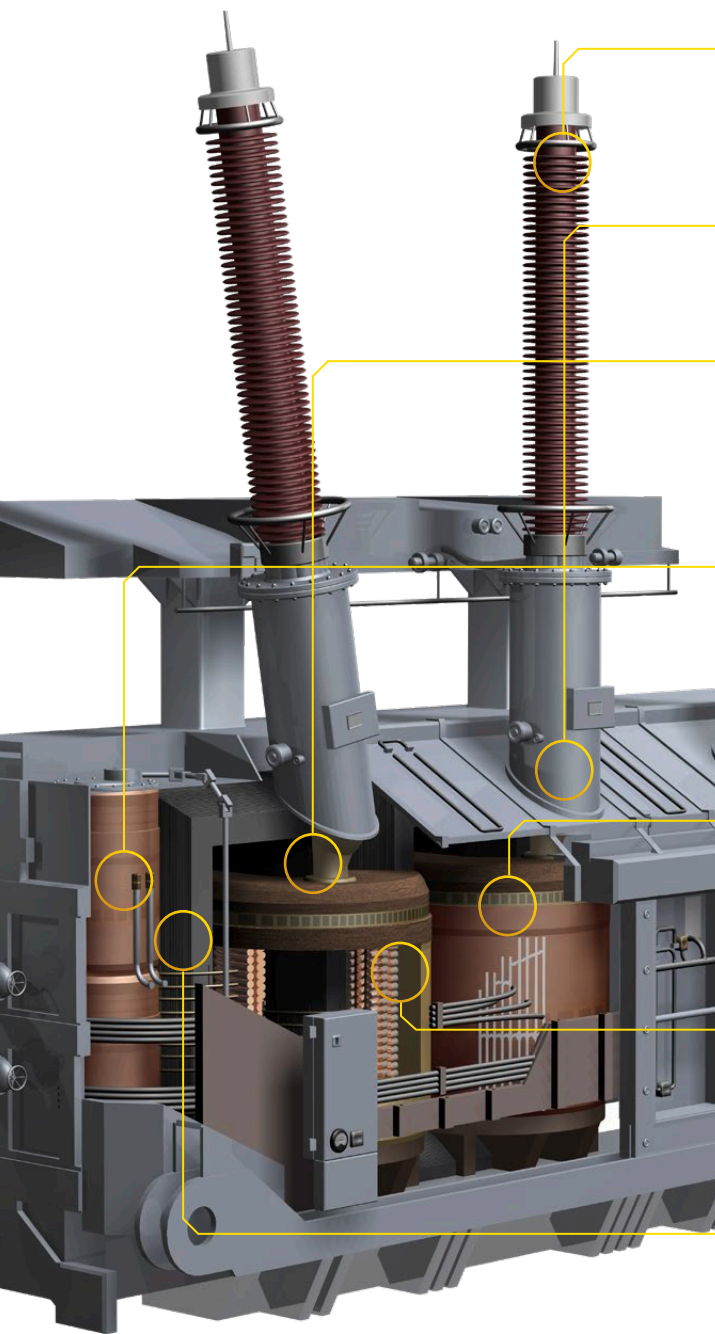


Монтаж и ввод в эксплуатацию

Работа

Выход из эксплуатации

Компоненты трансформаторов и их неисправности



Компонент	Обнаруживаемые неисправности
Высоковольтные вводы	Частичный пробой между слоями, трещины в изоляции
	Износ и попадание влаги
	Открытое или неисправное измерительное ответвление
Ввод ТТ	Частичные разряды в изоляции
	Точность
	Полярность
	Проверка маркировок
Выводы	Остаточное намагничивание
	Проблемы с контактами
Переключатель ответвлений	Механическая деформация
	Проблемы с контактами в переключателе ответвлений и в дивертерном переключателе
	Незамкнутый контур, короткозамкнутые витки, увеличенное контактное сопротивление
	Привод двигателя
	Анализ времени срабатывания
	Механическая целостность
Изоляция	Проблемы с контактами в ПБВ
	Влага в твердой изоляции
	Старение, повышенная влажность, загрязнение изоляционной жидкости
	Частичные разряды
Обмотки	КЗ между обмотками или витками
	Короткие замыкания между параллельными проводниками
	Обрывы цепи в параллельных проводниках
	Короткое замыкание на землю
	Механическая деформация
	Проблемы с контактами, обрывы цепи
Сердечник	Механическая деформация
	Плавающее заземление сердечника
	Короткие замыкания пластин сердечника
	Остаточная намагниченность

Измерение ёмкости и тангенса угла потерь при 100 Гц

Идеальное решение для конкретных потребностей, условий и за

	TESTRANO 600	CPX 200	MPD 800
Измерение ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь:			
при 50 или 60 Гц	■ ¹	■ ²	
при испытании с опрокидыванием	■ ¹	■ ²	
при переменной частоте	■ ¹	■ ²	
Измерение сопротивления изоляции		■	
Измерение сопротивл. обмотки	■	■	
Динамическое измерение сопротивления (сканирование РПН)	■		
Виброакустическое измерение	■		
Измерение коэффициента трансформации	■	■	
Измерение тока намагничивания	■	■ ³	
Измерение импеданса короткого замыкания / реактивного сопротивления утечки	■	■	
Измерение частотной характеристики потерь рассеяния (FRSL)	■		
Размагничивание	■	■	
Анализ диэлектрической частотной характеристики			
Анализ частотной характеристики (SFRA)			
Анализ проходного трансформатора тока (ТТ)		■	
Анализ частичных разрядов			■
Локализация частичного разряда			
Измерение и кратковременный мониторинг частичных разрядов на работающем оборудовании			

¹ Требуется принадлежность CP TD12/15

² Требуется принадлежность HVX10

³ Доступно с CPXpert 1.10 (скоро)

⁴ Требуется дополнительный источник питания и эталонный конденсатор

Трёхфазный испытательный комплект для быстрого выполнения комплексной диагностики силовых трансформаторов и оценки их состояния.



Многофункциональный испытательный комплект для комплексной диагностики и оценки состояния различного высоковольтного оборудования.



Универсальная система для измерения и анализа частичных разрядов (ЧР).



дач

DIRANA

FRANEO 800

CT ANALYZER

TANDO 700

PDL 650

MONTESTO 200

-
-
-
- 4
- 4
- 4

■

■

■

■

■

Портативный испытательный комплект для быстрого и точного определения содержания влаги в силовых трансформаторах с бумажно-масляной изоляцией.



Автоматическая установка для анализа частотной характеристики (SFRA) сердечника и обмоток силового трансформатора.



Удобный, легкий и предельно точный испытательный комплект для калибровки и проверки состояния трансформаторов тока.



Исключительно точный испытательный комплект для измерения емкости и коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь высоковольтного оборудования (с применением внешнего источника питания и эталонного конденсатора).



Испытательный комплект для простого выявления частичных разрядов на силовых трансформаторах.



Портативная система для онлайн-измерений и временного мониторинга частичных разрядов.



Измерение ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь:

Что можно протестировать?

- ✓ Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- ✓ Изоляция
- Обмотки
- Сердечник

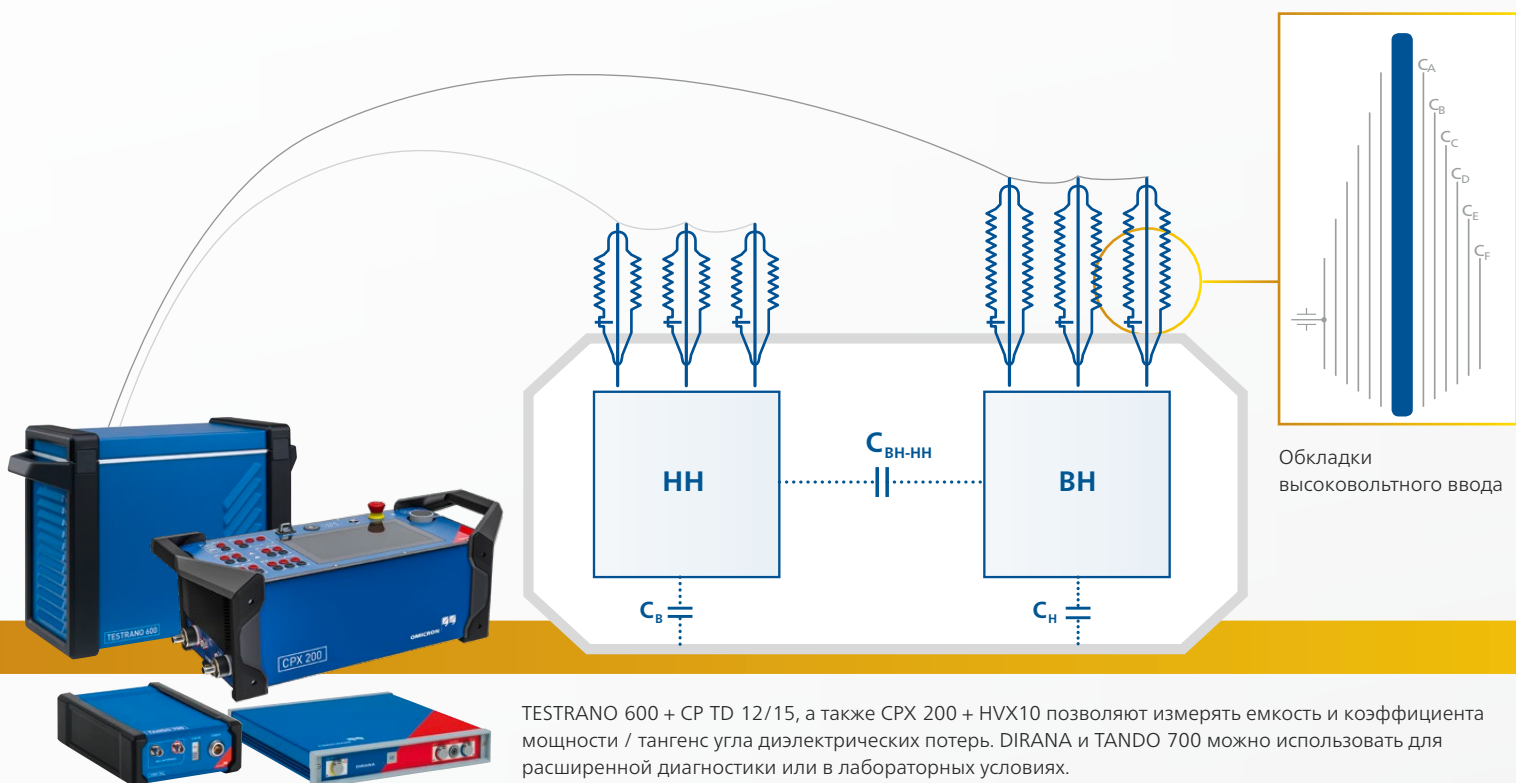
Зачем нужны измерения?

По результатам измерений емкости и коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь (PF/DF) можно оценить состояние изоляции силовых трансформаторов и высоковольтных вводов. Эти две системы изоляции крайне важны для обеспечения стабильной работы трансформатора.

Высокая электропроводность масла, деградация материала и увеличение влагосодержания свидетельствуют об ухудшении свойств изоляции. Эти симптомы также ведут к увеличению потерь, которые можно определить, измерив коэффициент мощности / тангенс угла диэлектрических потерь.

Изменение значений емкости указывает на возможный пробой изоляции между обкладками в высоковольтном вводе. Измеряя емкость и потери, можно выявлять износившуюся изоляцию до того, как случится отказ.

Одной из наиболее распространенных причин простоев трансформатора является замена высоковольтных вводов из-за повреждения или пробоя изоляции.



Как это работает?

Измерения на силовых трансформаторах производятся на основной изоляции между обмотками (C_{HL}) и на изоляции между обмотками и баком (C_{HT} , C_L). Обмотки закорачиваются, и на одну из них подается испытательное напряжение. Ток через изоляцию измеряется на противоположной обмотке или баке.

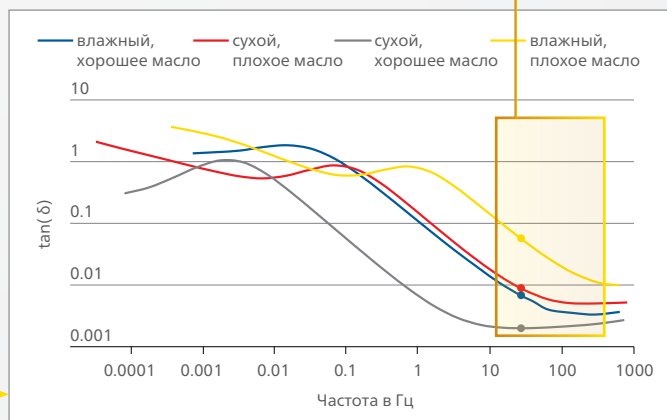
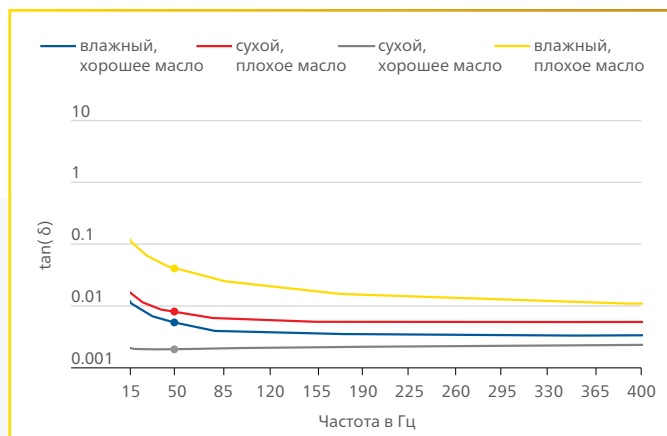
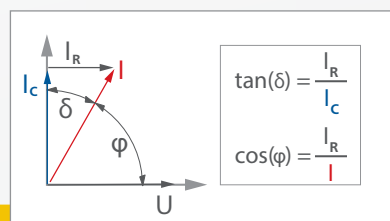
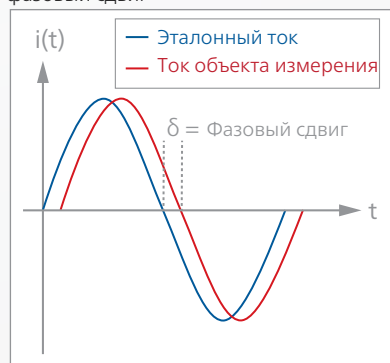
На высоковольтных вводах напряжение подается на основной проводник, а ток измеряется на измерительном ответвлении.

Коэффициент рассеяния, также называемый $\tan(\delta)$, вычисляется через тангенс угла δ между измеренным значением тока и идеальным значением тока, который протекал бы при отсутствии потерь. Коэффициент мощности — косинус угла φ , или $\cos(\varphi)$, между выходным напряжением и измеренным значением тока.

Использование частот, отличных от частоты линии, повышает чувствительность измерения, так как многие проблемы сначала проявляются на таких частотах. Современное испытательное оборудование обеспечивает автоматическое изменение частоты или напряжению.

Значения $\tan(\delta)$ четырех трансформаторов при частоте выше или ниже значения частоты линии (50 Гц).

Потери в диэлектрике вызывают фазовый сдвиг



В зависимости от испытательного комплекта для измерения доступны различные диапазоны частот — 15–600 Гц с TESTRANO 600 и от 10 мкГц до 5 кГц с DIRANA.

Измерение ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь:

Полезная информация

После завершения измерений полученные показатели стоит сравнить с результатами предыдущих испытаний и эталонными данными, указанными для испытуемого оборудования в соответствующих стандартах.

Повышение емкости на 10 % по сравнению с результатами предыдущих измерений обычно считается тревожным симптомом для высоковольтных вводов. Это означает, что часть изоляции повреждена, а оставшаяся изоляция подвергается слишком высокой нагрузке напряжением.

В результате дополнительного испытания при изменении приложенного напряжения может быть выявлено плохое состояние контактов в обкладках высоковольтного ввода или на измерительном ответвлении. О нем свидетельствует понижение коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь.

Стандартные измерения коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь, выполняемые на частоте 50 или 60 Гц, помогают выявить повышенную влажность или износ изоляции только на довольно поздних стадиях. Чтобы обнаружить эти нарушения как можно раньше и вовремя принять меры, указанные измерения проводятся в более широком диапазоне частоты.

При высоком коэффициенте мощности / тангенсе угла диэлектрических потерь следует перепроверить результат, выполнив дополнительно анализ диэлектрического отклика обмоток. Широкодиапазонное испытание диэлектрического отклика позволит судить о том, влага либо же высокая электропроводимость масла стали причиной высокого коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь.

Изоляционная жидкость	Номинальное значение	Номинальное значение $\tan(\delta)$	Предельно допустимое значение
Минеральное масло	< 230 кВ	0,5 %	1,0 %
Минеральное масло	\geq 230 кВ	0,5 %	1,0 %
Обычное масло	Все	1,0 %	1,0 %

Типовые значения коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь трансформаторов в зависимости от типа изоляционной жидкости при температуре 20 °C и в соответствии с международными стандартами (IEEE C.57-152)

Тип изоляции	Новые высоковольтные вводы	IEEE C57.19.01	IEC 60137
Ввод с бумажной изоляцией, пропитанной смолой (RIP)	от 0,3 % до 0,4 %	< 0,85 %	< 0,70 %
Ввод с бумажно-масляной изоляцией (OIP)	от 0,2 % до 0,4 %	< 0,50 %	< 0,70 %
Ввод с бумажной изоляцией, склеенной смолой (RBP)	от 0,5 % до 0,6 %	< 2,00 %	< 1,50 %

Типовые значения коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь вводов на частоте линии при температуре 20 °C и в соответствии с международными стандартами

Наше решение...

Наша компания предлагает широкий диапазон устройств для измерения емкости и коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь ($\tan \delta$). В их число входят как компактные устройства для удобного проведения испытания на месте эксплуатации, так и высокоточные системы для использования в лабораторных условиях, а также специализированные испытательные комплекты, позволяющие выполнить расширенную диагностику состояния силовых трансформаторов, в частности определить уровень влажности.

	Диапазон измерений	Типовое применение
TESTRANO 600 + CP TD12/15	0 ... 12 кВ/15 кВ от 15 Гц до 400 Гц	Оценка состояния силовых трансформаторов на месте их эксплуатации или в процессе производства
CPX 200 + HVX10	0 ... 10 кВ от 1 Гц до 600 Гц	Общая оценка состояния различного оборудования на месте его эксплуатации или в процессе производства
TANDO 700	Значение напряжения в зависимости от внешнего источника от 5 Гц до 400 Гц	Высоковольтные испытания в лабораторных условиях, например для контрольных и типовых испытаний различного оборудования или испытаний материалов
DIRANA	макс. 200 В _{пик.} от 10 мкГц до 5 кГц)	Расширенная диагностика масляно-бумажной изоляции и определение уровня ее влажности

Полезная информация

Испытания сопротивления изоляции могут выполняться последовательно для измерения разных частей трансформатора (например, СН1, СН, СЛ) или вводов (например, фазы А/Н1, фазы В/Н2, фазы С/Н3, N/НО).

При выполнении нескольких последовательностей испытаний рекомендуется выдержать паузу в несколько минут между испытаниями, чтобы изоляция могла деполяризоваться после воздействия постоянного тока высокого напряжения. Это время ожидания помогает повысить точность измерений.

Процесс можно ускорить, если подключить все короткозамкнутые обмотки к потенциалу заземления.

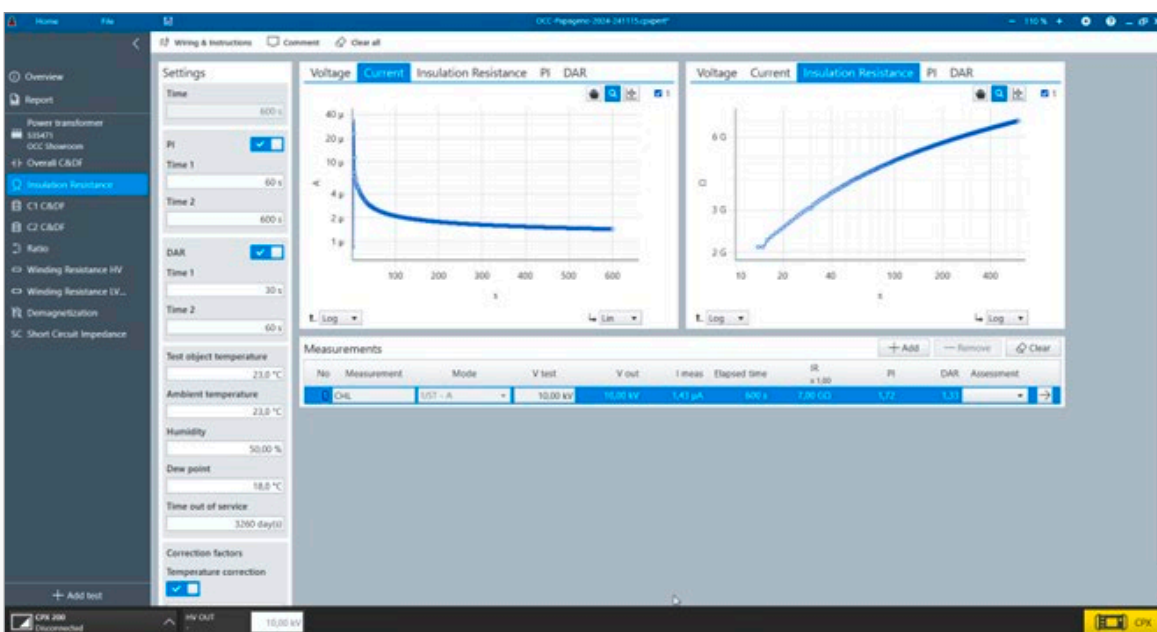
На результат измерения могут негативно влиять силы токов утечки (например, по поверхности ввода). Чтобы этого избежать, можно использовать так называемый «горячий хомут» (hot-collar band), который крепится ко второму или третьему «верхнему ребру» ввода и подключается к входу экрана. Такая схема позволяет шунтировать силы токов утечки, улучшая точность измерений.

Преимущества CPX 200 + HVX10

- > Та же схема подключения, что и для измерений емкости и коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь
- > Запись кривых для детального анализа
- > Автоматический расчет индекса поляризации (PI) и коэффициента деполяризационного поглощения (DAR)
- > Настраиваемая продолжительность измерения (например, 60 с, 600 с)
- > Измерение до четырех вводов без переподключения

Преимущества DIRANA

- > Комбинированное измерение диэлектрической частотной характеристики и сопротивления изоляции
- > Запись кривых для детального анализа
- > Автоматический расчет индекса поляризации (PI) и коэффициента деполяризационного поглощения (DAR)



Измерение сопротивления изоляции с использованием программного обеспечения CPXpert

Измерение сопротивл. обмотки

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- ✓ Выводы
- ✓ Переключатель ответвлений
- Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник

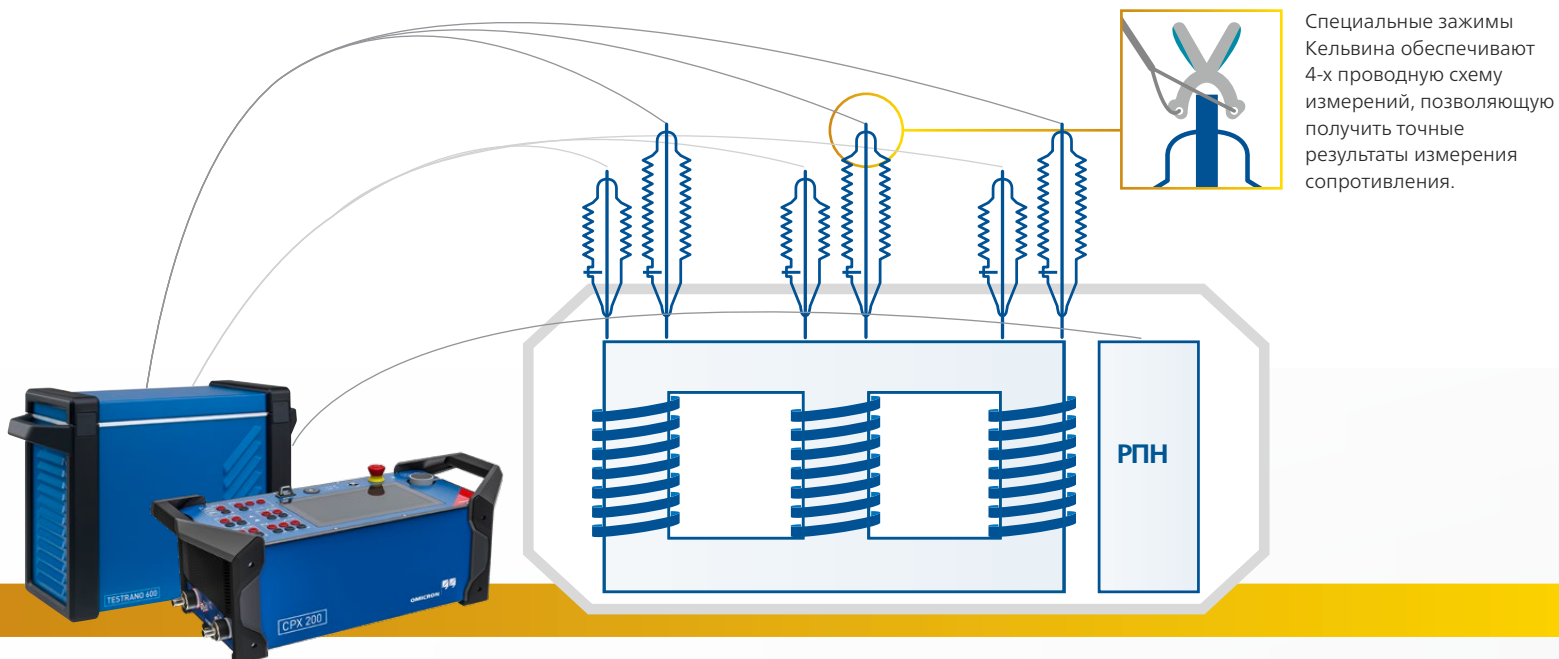
Зачем нужны измерения?

Измерения сопротивления обмотки выполняются для того, чтобы проверить наличие потенциальных повреждений обмоток или проблем с контактами, соединяющими, например, вводы с обмотками или обмотки с переключателем ответвлений.

Проще всего определить потенциальные проблемы с обмоткой и регулятором напряжения под нагрузкой (РПН), выполнив статические измерения сопротивления обмотки. При этом оценивается уровень сопротивления в каждом положении при последовательном переключении РПН. Затем результаты сравниваются с эталонными значениями, которые указаны производителем.

Как это работает?

Прежде чем измерять сопротивление обмотки, её следует зарядить до насыщения сердечника. Сопротивление определяют по результатам измерения тока и падения напряжения DC. При проверке обмоток с ответвлениями такие измерения следует выполнить для каждого ответвления отдельно, проводя, таким образом, одновременное испытание состояния обмоток и переключателей РПН.



Благодаря TESTRANO 600 можно быстро и удобно провести измерения сопротивления обмоток силовых трансформаторов без дополнительных переподключений.

Полезная информация

Результаты измерения сопротивления обмоток постоянному току не должны более чем на 1 % отличаться от эталонного измерения. Кроме того, разница между фазами обычно составляет менее 2–3 %.

При сравнении результатов измерений сопротивления обмоток следует учитывать поправку на температуру. Обычно эталонная температура 20 °C или 75 °C.

Обнаруженные обрывы цепи можно перепроверить измерением коэффициента трансформации, а проблемы с контактами — анализом частотной характеристики.

При обеих этих неисправностях появляется точка нагрева, что может быть выявлено анализом газа. Однако результаты газового анализа не являются однозначными и не могут использоваться для определения причины неполадки.

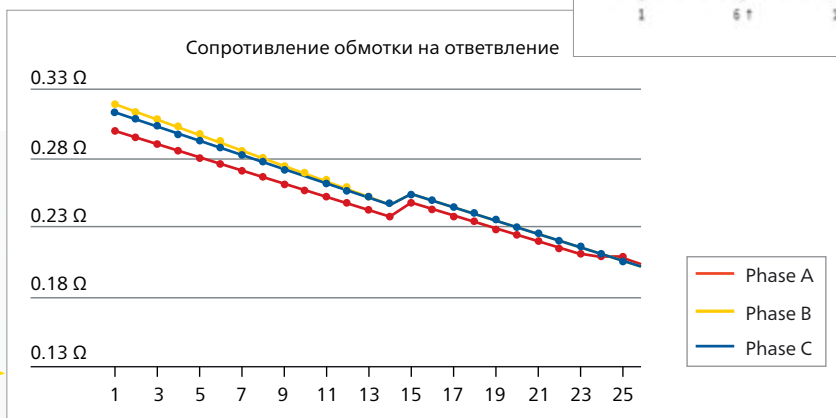
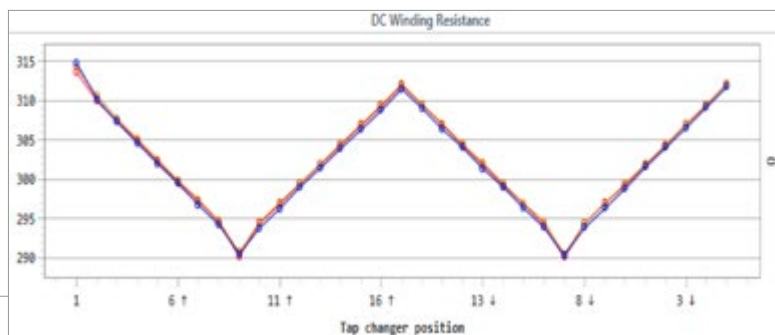
Во время измерения сопротивления обмоток постоянному току намагничивается сердечник трансформатора. Поэтому по завершении процедуры его рекомендуется размагнитить.

Почему TESTRANO 600

- > Трехфазное измерение обмоток и ВН и НН без переподключения при токе до 33 А DC
- > Однофазное измерение обмоток с малым омическим сопротивлением при токе до 100 А DC
- > Автоматическое управление РПН и измерение тока и напряжения двигателя РПН
- > Размагничивание сердечника и измерение коэффициента трансформации без переподключения проводов

Преимущества СРХ 200

- > Однофазное измерение обмоток с малым омическим сопротивлением при токе до 100 А DC
- > Автоматическое управление переключателем ответвлений
- > Высокая точность измерений



Сопротивление обмотки по ответвлениям записанное при статическом измерении сопротивления обмотки.

Динамическое измерение сопротивления / динамическое сканирование

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- ✓ Переключатель ответвлений
- Изоляция
- Обмотки
- Сердечник

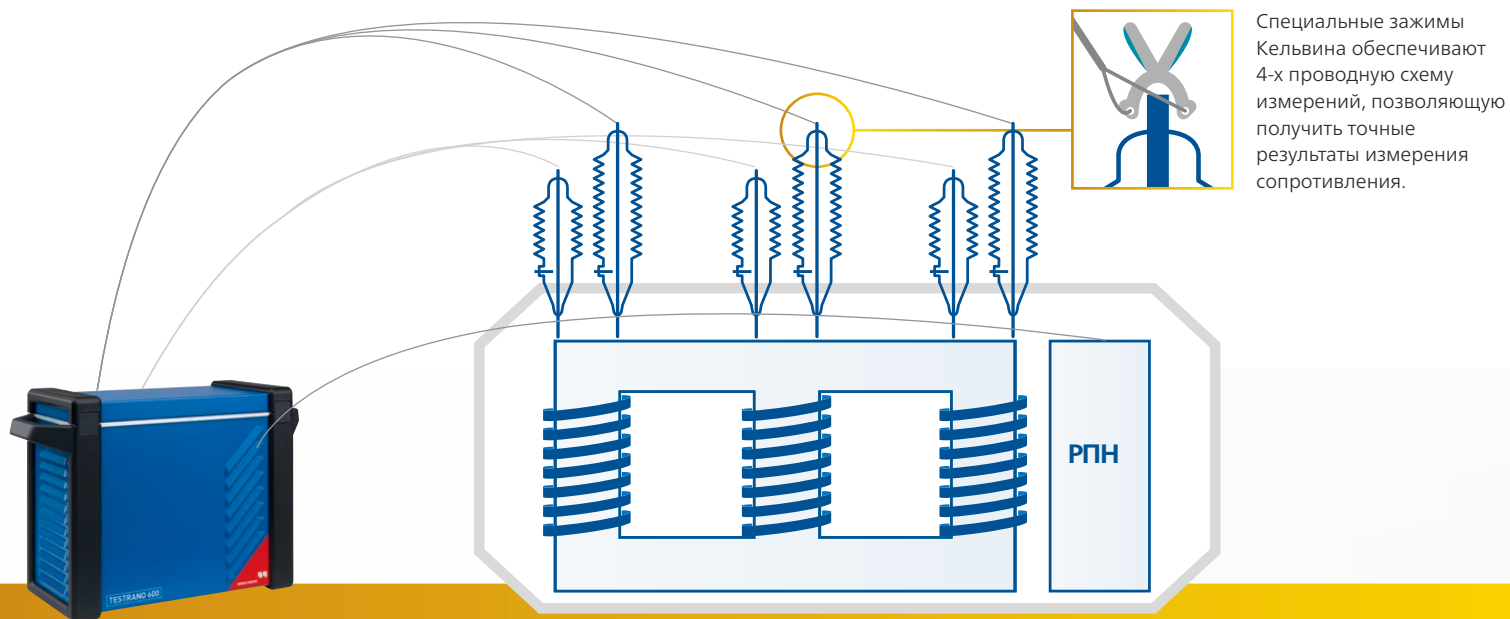
Зачем нужны измерения?

Динамическое сканирование РПН (DRM) — это наше передовое решение проведения динамического измерения сопротивления, ведущий диагностический метод для оценки состояния регуляторов напряжения под нагрузкой (РПН). Оно предоставляет критически важную дополнительную информацию к традиционному статическому измерению сопротивления обмотки, фиксируя быстрые переключения диверторного или селекторного переключателя.

Это дает представление о времени переключения, позволяет выявить потенциальные прерывания и обнаружить износ контактов. Сравнение динамических кривых с эталоном, полученным при вводе в эксплуатацию, или сравнение между фазами — ключ к эффективному анализу.

Как это работает?

Для выполнения DRM постоянный ток подается в испытываемую обмотку. После стабилизации тока испытательный комплект автоматически переключает РПН. Изменение тока во время переключения фиксируется, а затем анализируется для выявления прерываний тока и отклонений по времени переключения.



TESTRANO 600 дает возможность выполнять как статическое, так и динамическое измерение сопротивления силовых трансформаторов без дополнительных переключений проводов.

рование РПН

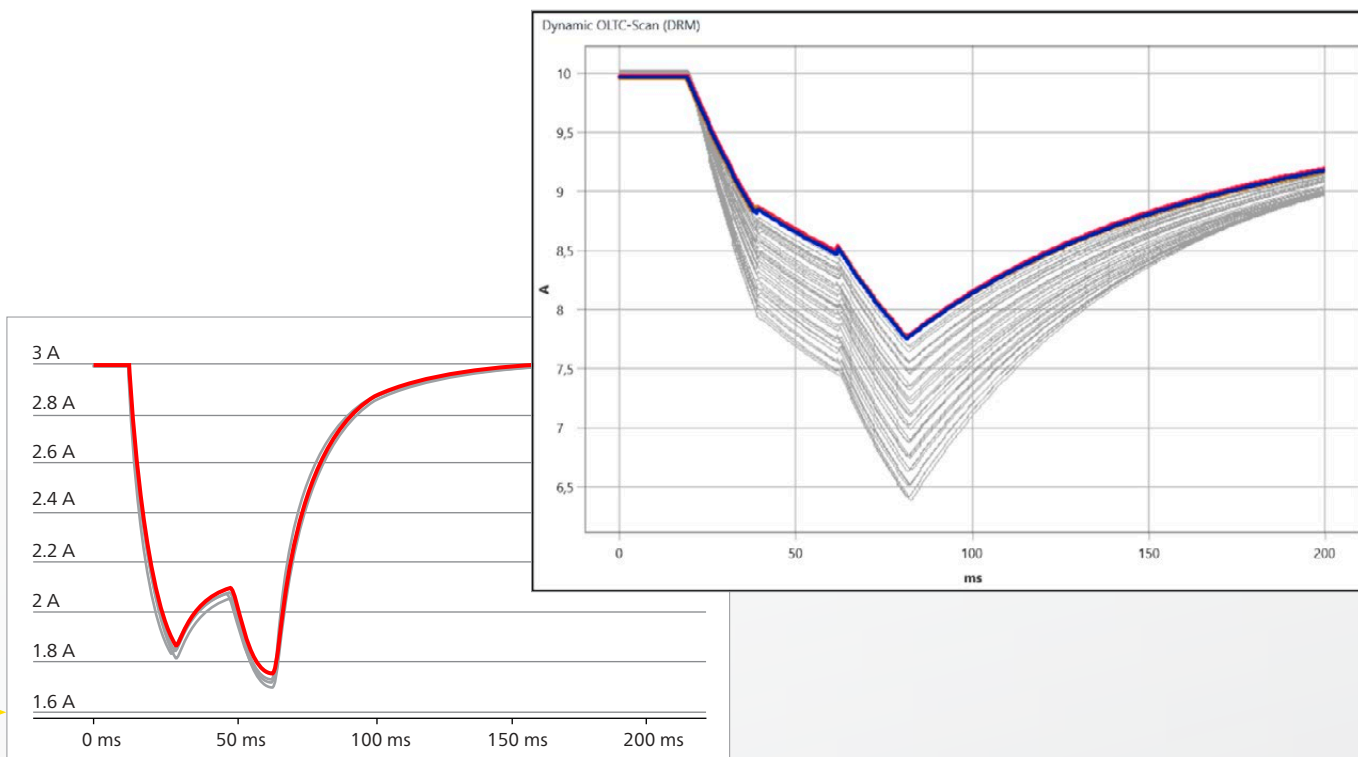
Полезная информация

Путем короткого замыкания противоположной стороны наша методика испытания повышает чувствительность сигнала тока. Это усиливает пульсации тока, делая критические этапы переключения четко различимыми. В TESTRANO 600 автоматическое закорачивание обмоток легко настраивается одним параметром в программном обеспечении.

С дополнительными токовыми клещами TESTRANO 600 может также записывать ток двигателя во время переключения ответвлений. Такая запись помогает оценить состояние привода, выявить потенциальные механические проблемы или износ, а также дает важную информацию для диагностического технического обслуживания.

Почему TESTRANO 600

- > Система «2 в 1»: динамическое сканирование РПН включает автоматическое статическое измерение сопротивления обмотки
- > Возможность трехфазного DRM для ускорения измерения
- > Удобное сравнение и анализ значений времени переключения
- > Запись тока двигателя для комплексной диагностики
- > Динамическое закорачивание обмоток для идеальной чувствительности



Переходной ток в процессе переключения дивертерных РПН резистивного типа, записанный с использованием динамического измерения сопротивления.

Виброакустические измерения

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- ✓ Переключатель ответвлений
- Изоляция
- Обмотки
- Сердечник

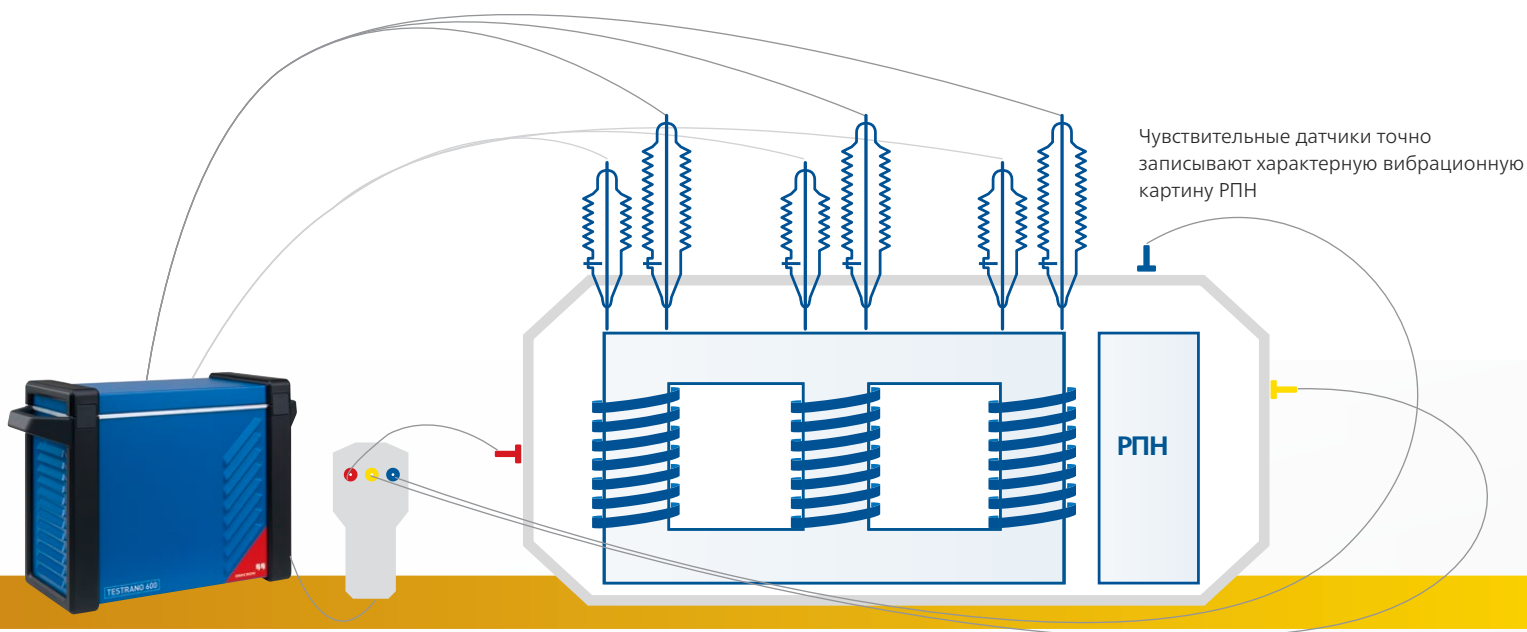
Зачем нужны измерения?

Метод виброакустического измерения (VAM) использует чувствительные датчики для точной регистрации характерной вибрационной картины, возникающей при переключении переключателя ответвлений. Эта вибрационная картина уникальна для каждого РПН и ее можно сравнить с эталоном, который желательно записать при вводе в эксплуатацию.

Акустические сигналы, возникающие при механических перемещениях и электрической дуге во время переключения, фиксируются в широком диапазоне частот. Анализируя эти детализированные сигналы, VAM позволяет всесторонне оценить механическое состояние переключателя ответвлений.

Как это работает?

Измерение VAM использует ту же схему подключения, что и динамическое сканирование РПН, но дополнительно включает датчики ускорения на стенке бака трансформатора для фиксации сигналов вибрации, генерируемых РПН во время переключения. Датчики размещаются максимально близко к внутренним подвижным частям РПН для получения максимально четких сигналов и минимизации помех от внешних вибраций. Размещение рядом с жесткими конструктивными элементами корпуса трансформатора дополнительно повышает четкость и точность сигнала для надежной диагностики.



TESTRANO 600 позволяет одновременно проводить динамическое сканирование РПН и измерение VAM с синхронной записью всех данных.

Полезная информация

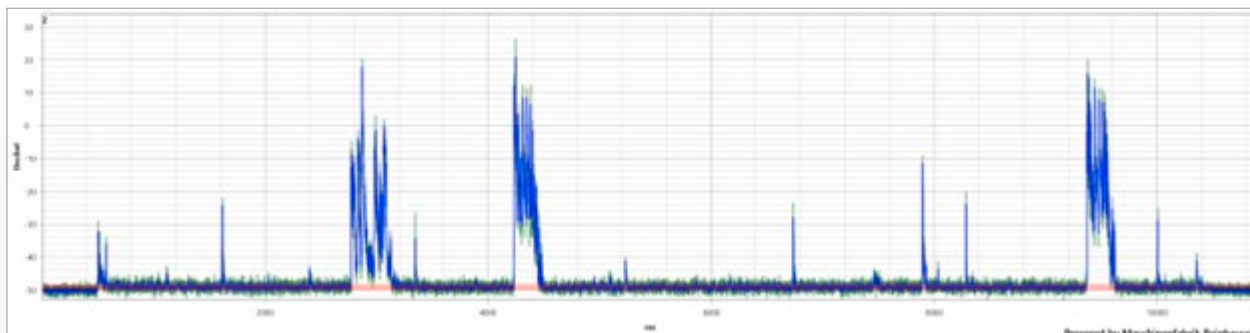
Используя технологию VAM, разработанную в сотрудничестве с Maschinenfabrik Reinhausen (MR), TESTRANO 600 генерирует готовые к анализу данные. Эти данные можно загрузить на Customer Portal MR для заказа услуги по анализу VAM.

Чтобы обеспечить надежность измерений, в программном обеспечении PTM используется функция автоматической оценки качества сигнала. Такая система анализирует ключевые параметры прямо на месте и предупреждает о недостаточном качестве сигнала, позволяя оперативно выявить и устранить возможные проблемы с измерениями.

VAM также может применяться на работающем трансформаторе, так как датчики крепятся магнитами к стенке бака трансформатора. Такой подход позволяет проверять РПН на наличие механических отклонений между регламентными обслуживаниями и помогает определить приоритеты для ремонтных работ.

Почему TESTRANO 600

- > Система «3 в 1»: виброакустическое измерение включает автоматическое измерение статического сопротивления обмотки и динамическое сканирование РПН
- > Измерение в режиме реального времени возможно без вывода трансформатора
- > Удобное сравнение и анализ значений времени переключения
- > Встроенная система оценки качества сигнала — прямо на месте



Запись виброакустического измерения при переключении одного отвода

Измерение коэффициента трансформации

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник

Зачем нужны измерения?

Витковой коэффициент трансформации (КТТ) измеряется для проверки основной функции силового трансформатора. Измерения коэффициента трансформации и фазового угла между обмотками позволяют обнаруживать обрывы цепи и короткие замыкания в витках.

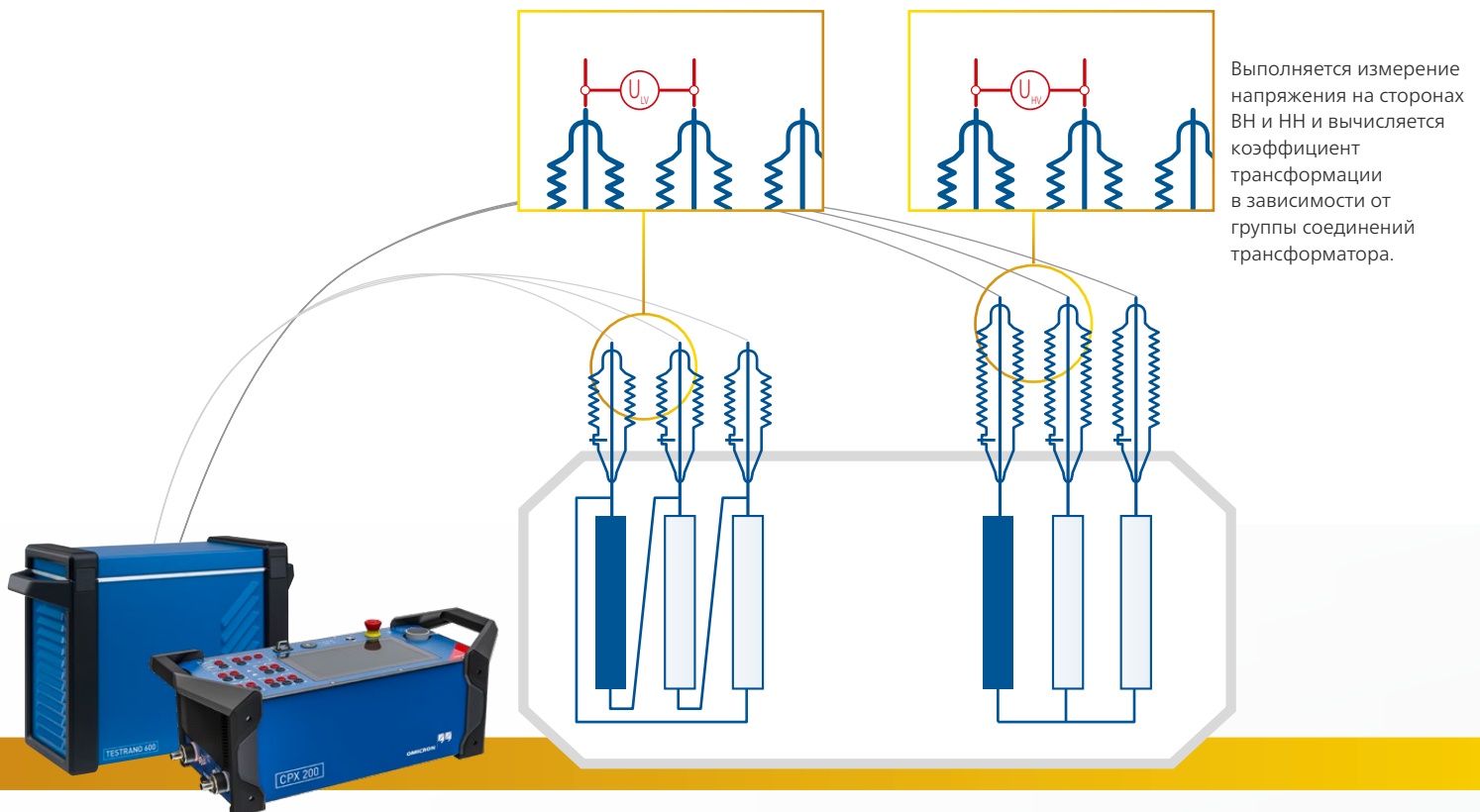
Коэффициент трансформации измеряется во время приемочных испытаний, и затем его следует регулярно проверять в рамках планового обслуживания. Это измерение может также оказаться необходимым после проведения других диагностических испытаний, таких как анализ растворенных газов, и измерения коэффициента мощности и тангенса угла диэлектрических потерь.

Как это работает?

При использовании **однофазного источника** испытательное напряжение подается на обмотку ВН каждой фазы и измеряется на обмотке ВН и соответствующей обмотке НН одного и того же стержня.

В случае использования **трехфазного источника** это же измерение производится для всех трех фаз одновременно.

Измеренный коэффициент трансформации сравнивается с результатами заводских испытаний, имеющимися на паспортной табличке.



Система TESTRANO 600, как и CPX 200, дает возможность выполнять измерения коэффициента трансформации по соотношению витков в силовых трансформаторах без дополнительных переключений проводов.

Полезная информация

Результаты измерения сравниваются с данными в паспортной табличке и показателями по остальным фазам. В соответствии со стандартами IEC 60076-1 и IEEE C57.152, полученные результаты не должны отличаться от номинального коэффициента более чем на 0,5 %.

Коэффициент трансформации обычно измеряется от стороны ВН к стороне НН, чтобы избежать опасного напряжения на измерительных входах.

На результаты измерения могут отрицательно повлиять такие факторы, как намагничённость сердечника и отсутствие подключения к заземлению. Поэтому очень важно убедиться, что сердечник размагничён, а каждая обмотка должным образом заземлена.

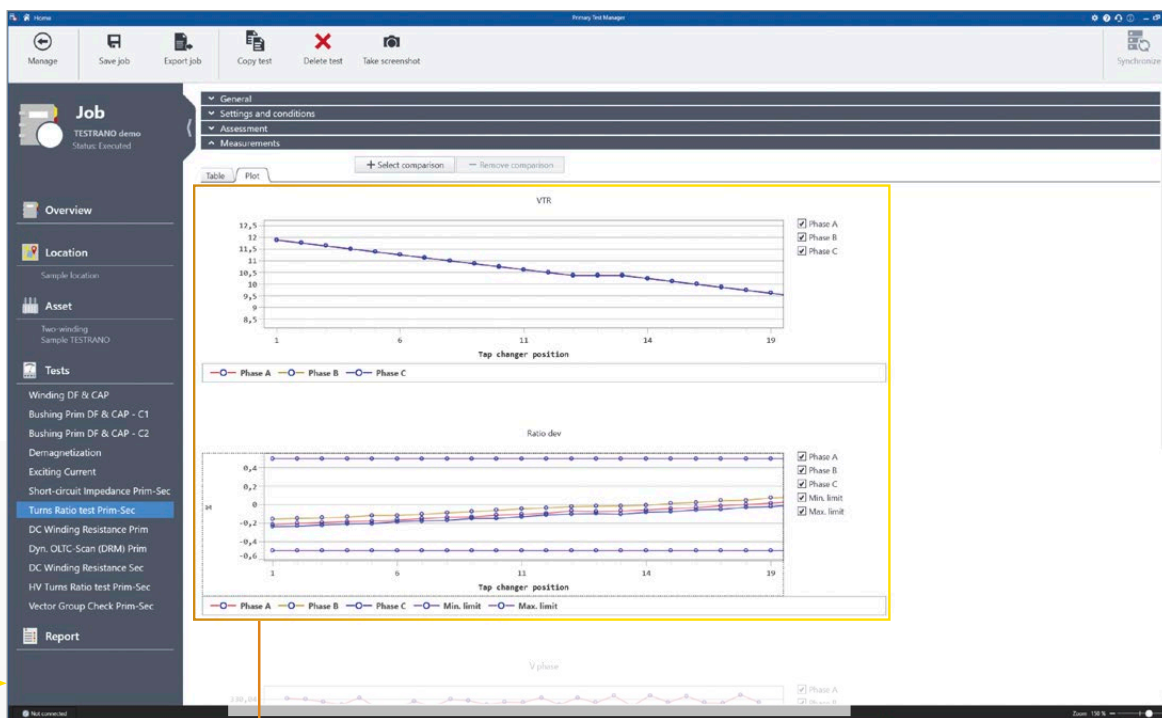
Чтобы подтвердить или опровергнуть наличие выявленных проблем, при подозрении короткого замыкания дополнительно выполняется измерение тока намагничивания, при подозрении обрыва цепи - измерение сопротивления обмотки постоянному току.

Почему TESTRANO 600

- > Действительное трехфазное измерение для определения погрешности коэффициента трансформации и фазового сдвига обмоток любой конфигурации
- > Измерения при подаче до 400 В AC (L-L) без переподключения
- > Использование той же схемы подключения для измерения сопротивления обмотки постоянному току; переподключение не требуется
- > Автоматическое переключение РПН в процессе измерений

Преимущества CPX 200

- > Действительное трехфазное измерение для определения погрешности коэффициента трансформации и фазового сдвига обмоток любой конфигурации
- > Поддержка однофазного измерения
- > Автоматическое управление переключателем ответвлений



Коэффициент трансформации по соотношению витков измеряется для всех трех фаз в каждом положении РПН. В соответствии с международными стандартами, полученные результаты не должны отличаться от номинального коэффициента более чем на 0,5 %.

Измерение тока намагничивания

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- Изоляция
- ✓ Обмотки
- ✓ Сердечник

Зачем нужны измерения?

Ток намагничивания измеряется для оценки состояния межвитковой изоляции обмоток, магнитной цепи трансформатора, а также переключателя ответвлений.

Особенно ценной является возможность выявлять межвитковые замыкания в обмотках. Физическое смещение пластин или серьезное повреждение сердечника может повлиять на показатели магнитного сопротивления и изменить значение тока намагничивания. Изменения в значениях этого параметра могут также свидетельствовать об износе контактов или неправильном монтаже проводов переключателя ответвлений.

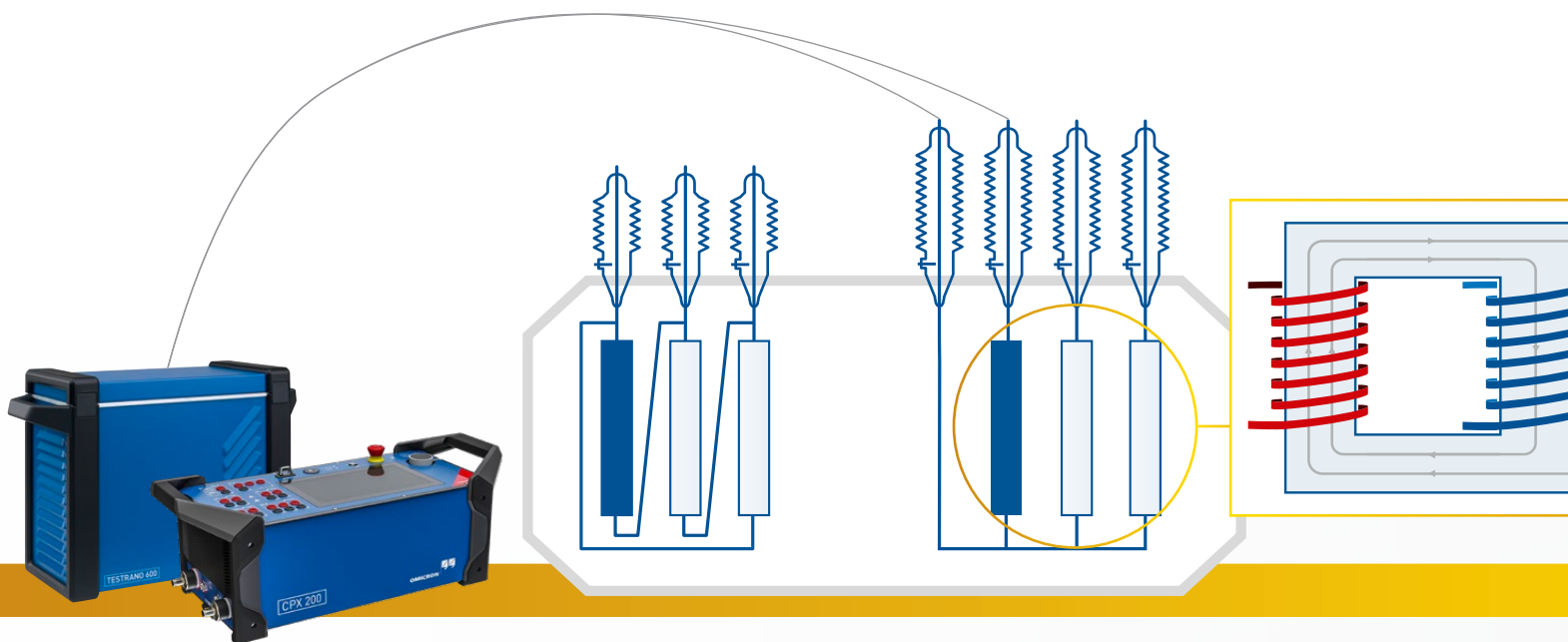
Как это работает?

Измерение тока намагничивания выполняется без нагрузки. Переменное напряжение подается на одну (обычно высоковольтную) сторону трансформатора, а противоположная сторона остается разомкнутой. Амплитуда тока, протекающего в первичной обмотке, прямо пропорциональна энергии, которая требуется для возбуждения трансформатора, т. е. для индукционирования напряжения на вторичной обмотке.

Для выявления межвитковых коротких замыканий рекомендуется выбирать самое высокое испытательное напряжение, допустимое по ограничениям испытательного комплекта и обмоток.

Стандартное испытательное напряжение — 10 кВ.

Схема подключения зависит от конфигурации обмоток. Обычно ввод нейтрали обмотки, на которую подается напряжение (при ее наличии), следует подключать к обратному низковольтному проводу. Ввод нейтрали разомкнутой обмотки следует заземлить, если заземление предусмотрено при эксплуатации.



TESTRANO 600 + CP TD12/15, как и CPX 200 + HVX10, дает возможность выполнять измерения тока намагничивания в силовых трансформаторах без переподключений проводов.

Полезная информация

Результаты испытания тока намагничивания следует сравнивать по фазам и положению переключателя РПН. В зависимости от конструкции трансформатора и количества стержней результаты фазных измерений должны соответствовать определённому типу с двумя или тремя идентичными фазами (В-Н-В, Н-В-Н, В-В-В). Значения для идентичных фаз не должны отличаться друг от друга более чем на 5–10 %.

Если для всех трех фаз получены разные значения тока намагничивания, следует выполнить дополнительные проверки. Отличия в фазных измерениях могут быть вызваны намагничённостью сердечника или проблемой с обмотками.

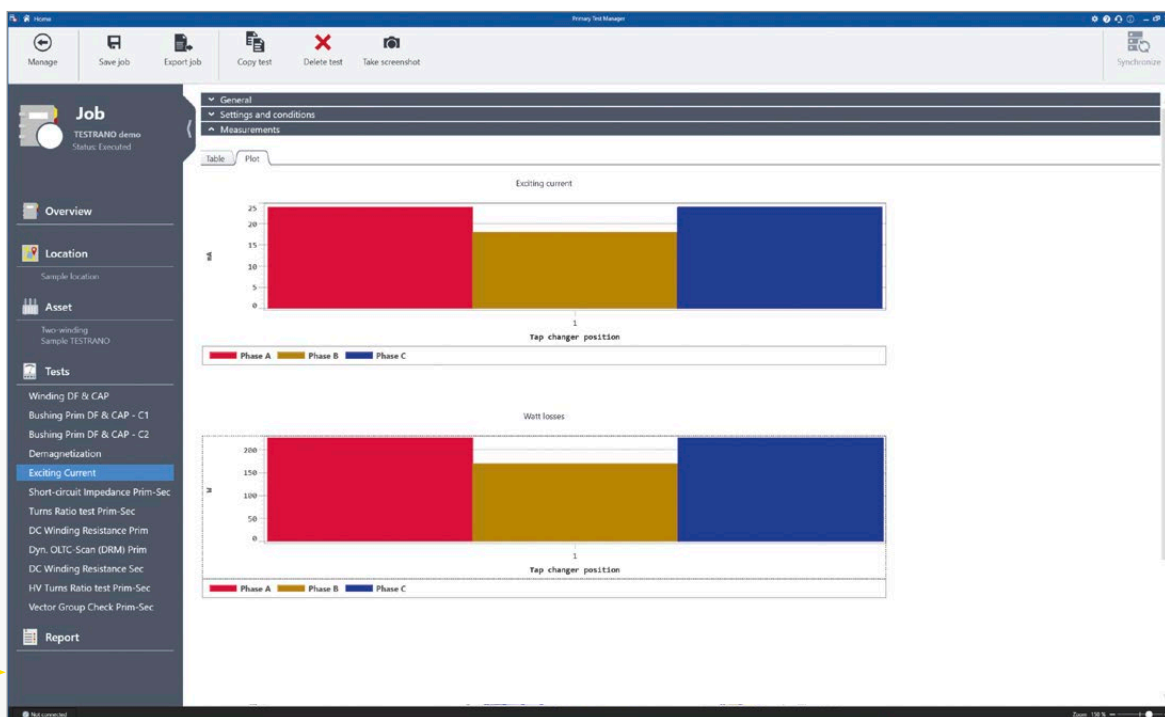
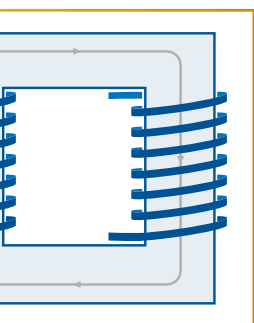
Напоминаем, остаточная намагничённость сердечника влияет на результаты измерения. В этом случае требуется размагнитить трансформатор и повторить испытание.

Кроме результатов фазных измерений можно получить и результаты измерений во всех положениях РПН, которые различаются для разных типов РПН. Даже если типовые результаты для определённого РПН не известны, они должны оставаться одинаковыми для всех фаз.

Наличие короткозамкнутых витков подтверждается затем измерением коэффициента трансформации (ТТР), а анализ частотной характеристики (SFRA) помогает провести дополнительную диагностику сердечника и подтвердить наличие повреждений в нём.

Преимущества TESTRANO 600 + CP TD12/15 и CPX 200 + HVX10

- > Проведение испытаний тока намагничивания при обычном испытательном напряжении 10 кВ
- > Определение тока намагничивания при измерении коэффициента трансформации по соотношению витков без переподключения
- > Определение токов намагничивания на всех трех фазах
- > Автоматическое управление переключателем ответвлений



Стандартная диаграмма фазы В-В трехстержневого трансформатора с двумя идентичными высокими значениями на внешних фазах и одним более низким значением на центральной фазе.

Измерение импеданса короткого замыкания / реактивного сопр

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник

Зачем нужны измерения?

Измерения импеданса короткого замыкания / реактивного сопротивления утечки — это действенные методы оценки наличия деформаций или смещения обмоток.

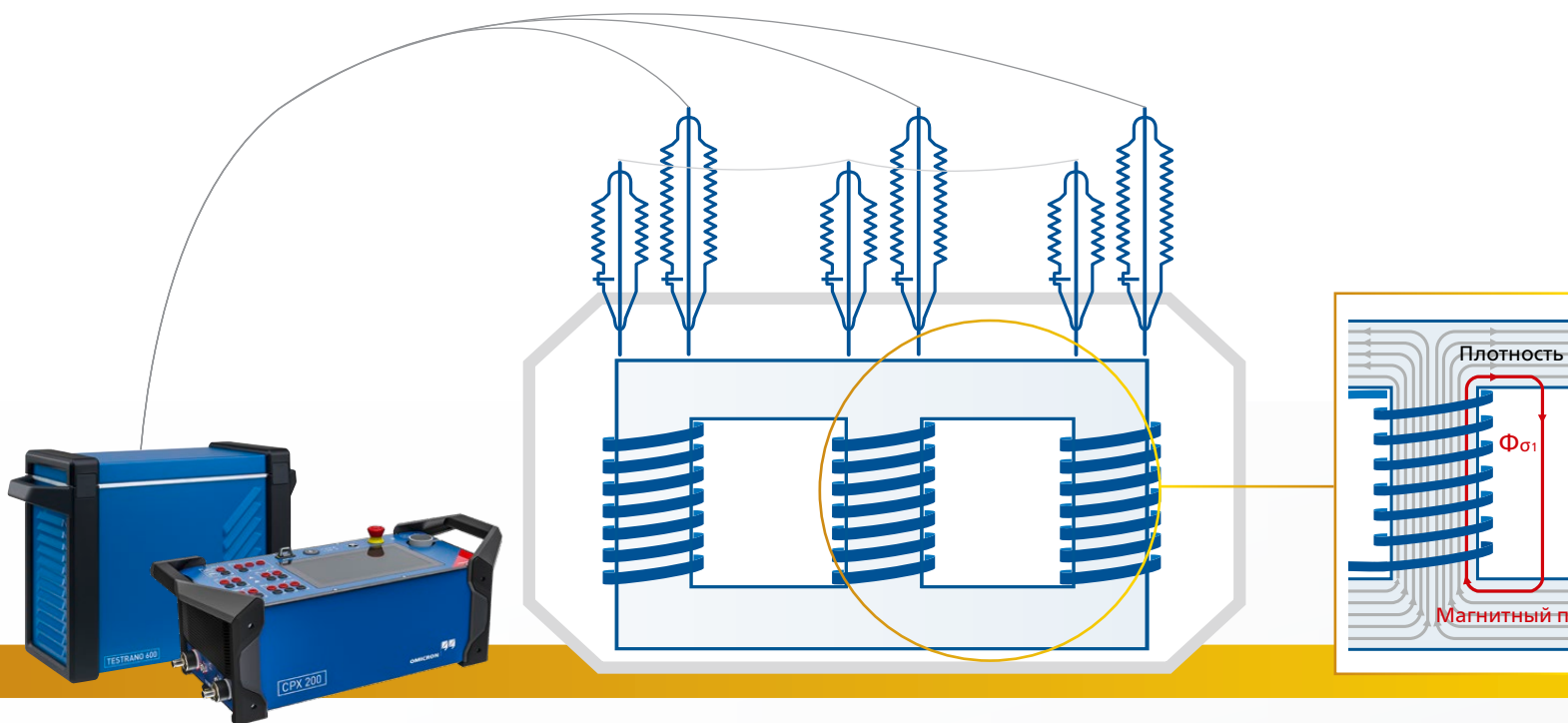
Подобные дефекты возникают при перемещении силового трансформатора или в результате мощных коротких замыканий. Поэтому в таких случаях рекомендуется измерять импеданс короткого замыкания / реактивное сопротивление утечки.

Эти испытания обычно проводятся в виде трехфазного измерения, результат которого можно сравнить со значением, установленным производителем во время заводских приемочных испытаний. Поскольку этот показатель является средним значением для всех трех фаз, на обмотках рекомендуется также выполнить пофазные измерения.

Как это работает?

К каждой фазе высоковольтной обмотки подсоединен источник переменного тока. Во время трехфазного измерения все три фазы на низкой стороне закорачиваются без подключения к нейтрали (при ее наличии). При пофазном испытании закорачивается только соответствующая обмотка на низкой стороне.

Таким образом, ток и напряжение на высоковольтной обмотке измерены по амплитуде и фазе. После этого в соответствии с определенными значениями номинальной мощности трансформатора вычисляется значение импеданса КЗ.



TESTRANO 600, как и CPX 200, дает возможность выполнять для силовых трансформаторов измерения импеданса короткого замыкания / реактивного сопротивления утечки. С помощью TESTRANO 600 можно провести трехфазное измерение, не изменяя подключение проводов.

Отклонения от номинального значения

Полезная информация

Значение импеданса КЗ, полученное в результате трехфазных измерений, не должно отличаться от значения, указанного в паспортной табличке, более чем на 3 %.

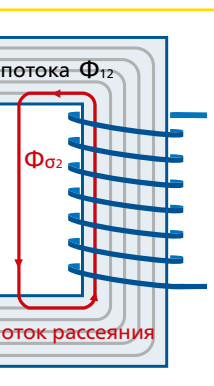
Однако более существенные отклонения значения все же нельзя автоматически расценивать как признак деформации обмотки. Признаком деформации служит существенное отклонение результата по меньшей мере одного испытания пофазного реактивного сопротивления утечки.

Результат по каждой фазе следует сравнить со средним значением всех трех пофазных измерений. В большинстве случаев отклонения от усредненного значения будут составлять менее 1 % и не превысят порог 2–3 %. Результаты пофазного испытания нельзя сравнивать со значением на паспортной табличке.

Реактивное сопротивление утечки свидетельствует лишь о реактивной части импеданса короткого замыкания. Хотя эти названия часто используют как синонимы для той же испытательной методики.

Для более детального исследования сдвига и деформации обмоток дополнительно выполняется анализ частотной характеристики (SFRA).

Реактивное сопротивление утечки указывает на поток рассеяния, который проходит не только по сердечнику. Сдвиг или деформация обмоток влияют на магнитное сопротивление пути утечки и, соответственно, на сопротивление.



Short circuit impedance results (Zk)					
	Phase	I AC	V1 AC	V1 AC phase	Wat
Start	A	941,02 mA	164,73 V	87,09 °	1,87
Start	B	959,90 mA	168,62 V	87,08 °	8,24
Start	C	970,41 mA	168,56 V	86,97 °	8,64

Assessment uk		
Phase	uk meas (%)	uk ref (%)
	8,67 %	8,45 %

Импеданс КЗ вычисляется на основе результатов трехфазного измерения и номинальных мощностей трансформатора. После этого полученное значение сравнивается со значениями, указанными в паспортной табличке трансформатора.

Почему TESTRANO 600

- > Трехфазное измерение для определения импеданса короткого замыкания без переподключения
- > Поддержка испытательной группы для проведения стандартных испытаний трансформаторов в одной последовательности
- > Функция Auto-LRT для замыкания клемм с помощью проводов подключения TESTRANO

Преимущества CPX 200

- > Однофазные измерения для определения трехфазного эквивалентного импеданса короткого замыкания / реактивного сопротивления утечки

Transformer Type: ODL 16 000 / 110 Serial No.: 561525
 Year: Manufacturing 1966 Operation DB
 50 Hz Cooling S Vector Group Yd11
 Power P: PRIM 12 000 TERT SEC 12 000 kVA
 Rated Voltage: 13 12 62 00 54.9 53.0 10 600 V A
 25 9 38 00 73.9
 Impedances: PRIM-TERT TERT-SEC PRIM-SEC 8.45 %
 8.15
 Weight: Total 424 Oil 17.6 Active Part 18 Shipping 41 t

Измерение частотной характеристики потерь рассеяния (FRSL)

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник

Зачем нужны измерения?

Испытание состоит в измерении активной составляющей импеданса КЗ на различных частотах. Это единственное электрическое испытание, позволяющее выявлять короткие замыкания между параллельными проводниками и участки нагрева вследствие чрезмерных потерь на вихревые токи.

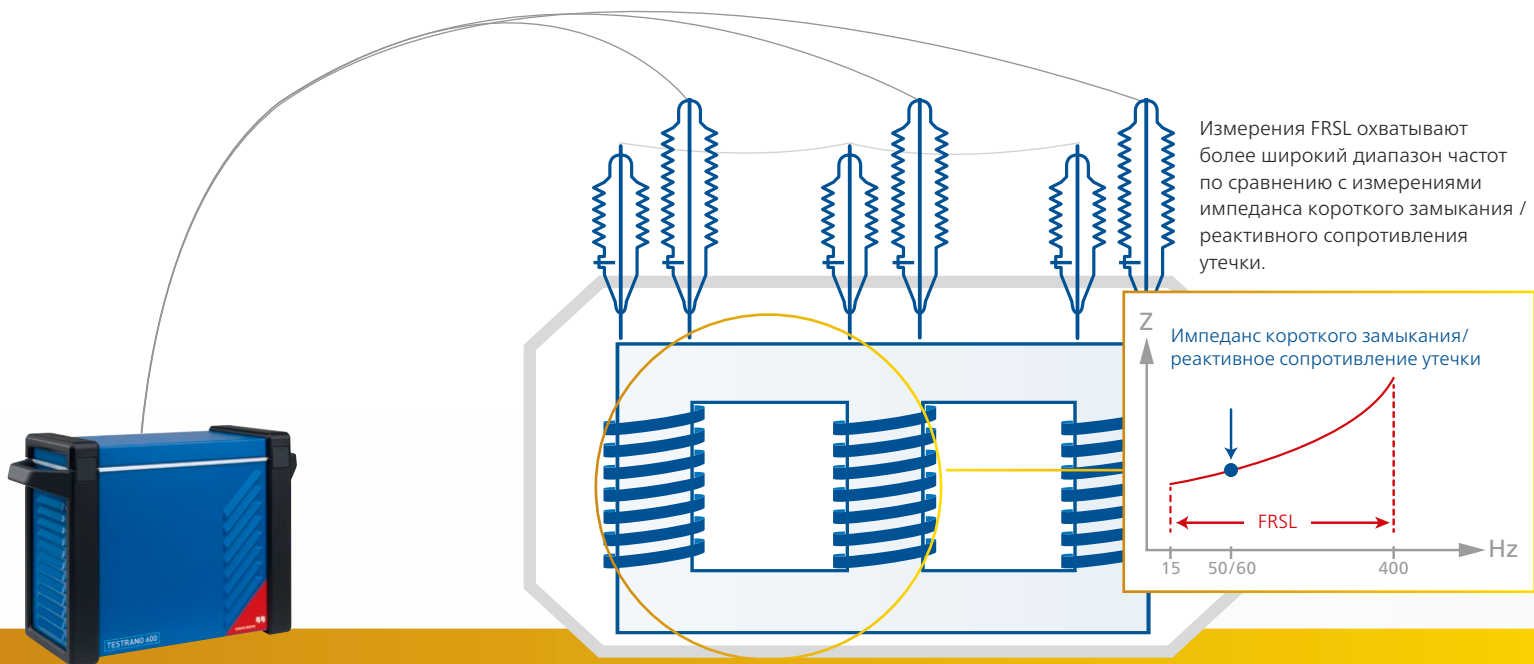
Измерение частотной характеристики потерь рассеяния (как и измерения импеданса короткого замыкания и реактивного сопротивления утечки) рекомендуется выполнять во время приемо-сдаточных и пусконаладочных испытаний для определения эталонных показателей. Упомянутые процедуры обычно не входят в программу плановых испытаний и выполняются лишь для расширенной диагностики. Это испытание также выполняется как трехфазное или однофазное.

Как это работает?

Настройки и процедура для испытания FRSL будут такими же, как и для испытания импеданса короткого замыкания / реактивного сопротивления утечки, поэтому эти два испытания могут выполняться одновременно.

К каждой фазе высоковольтной обмотки подсоединен источник переменного тока. Во время трехфазного измерения все три фазы на низкой стороне закорачиваются без подключения к нейтрали (при ее наличии). При пофазном испытании закорачивается только соответствующая обмотка на низкой стороне.

По результатам измеренного значения тока, напряжения и сдвига фазы вычисляется резистивный компонент импеданса короткого замыкания при дискретных частотах в диапазоне 15–599 Гц. Поскольку на высоких частотах в трансформаторе больше потерь на вихревые токи, рост резистивного компонента легко заметить при наложении результатов на диапазон частот.



TESTRANO 600 дает возможность измерять частотную характеристику потерь рассеяния (FRSL) путем трехфазного испытания без переподключения.

Полезная информация

Анализ результатов отображается в графическом представлении и включает сравнение с данными по другим фазам и показателями предыдущих измерений. Поскольку потери на вихревые токи увеличиваются с частотой, импеданс также увеличивается во всем диапазоне частот.

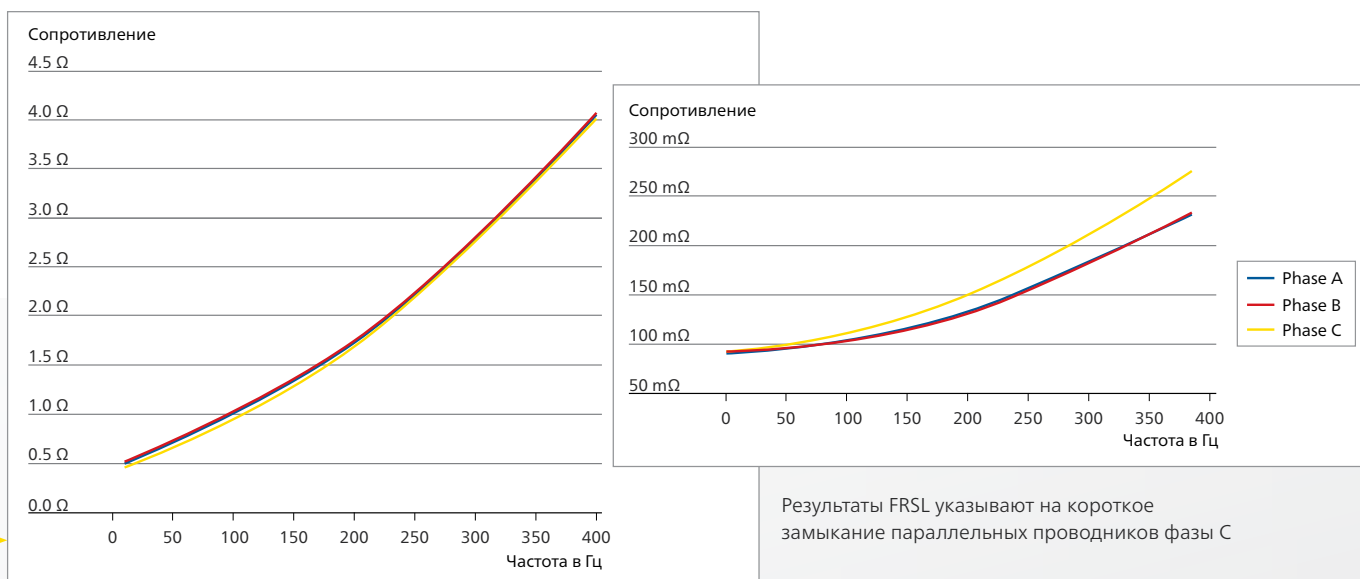
Это повышение должно быть одинаковым для всех трех фаз, отображаясь в виде плавной экспоненциальной кривой. Отклонения в пределах 3 %, особенно на высоких частотах, могут быть признаком коротких замыканий параллельных проводников.

Результаты измерения частотной характеристики потерь рассеяния следует перепроверить, выполнив анализ растворенных газов. Многие неполадки, диагностируемые в результате измерения FRSL, продуцируют горючий газ. К примеру, КЗ в проводниках могут вызвать слишком сильный перегрев, на который укажут результаты анализа растворенных в масле газов.

Наиболее распространенные проблемы, которые могут исказить результаты FRSL, — плохое соединение и малые закоротки. В этом случае между фазами наблюдается вертикальное смещение.

Почему TESTRANO 600

- > Трехфазное измерение для выполнения измерения FRSL без переподключения
- > Использование той же схемы подключения для измерения импеданса КЗ / реактивного сопротивления утечки
- > Возможно измерение до 599 Гц для удобства выявления коротких замыканий параллельных проводников
- > Графическое сравнение для удобного пофазного анализа



Приемлемые результаты FRSL

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- Изоляция
- Обмотки
- ✓ Сердечник

Зачем нужны измерения?

При отключении силового трансформатора от энергосистемы на сердечнике остается остаточное намагничивание из-за фазового сдвига. Остаточный магнетизм также остается после подачи напряжения постоянного тока на обмотку трансформатора, например, во время типового испытания сопротивления обмотки в полевых или заводских условиях.

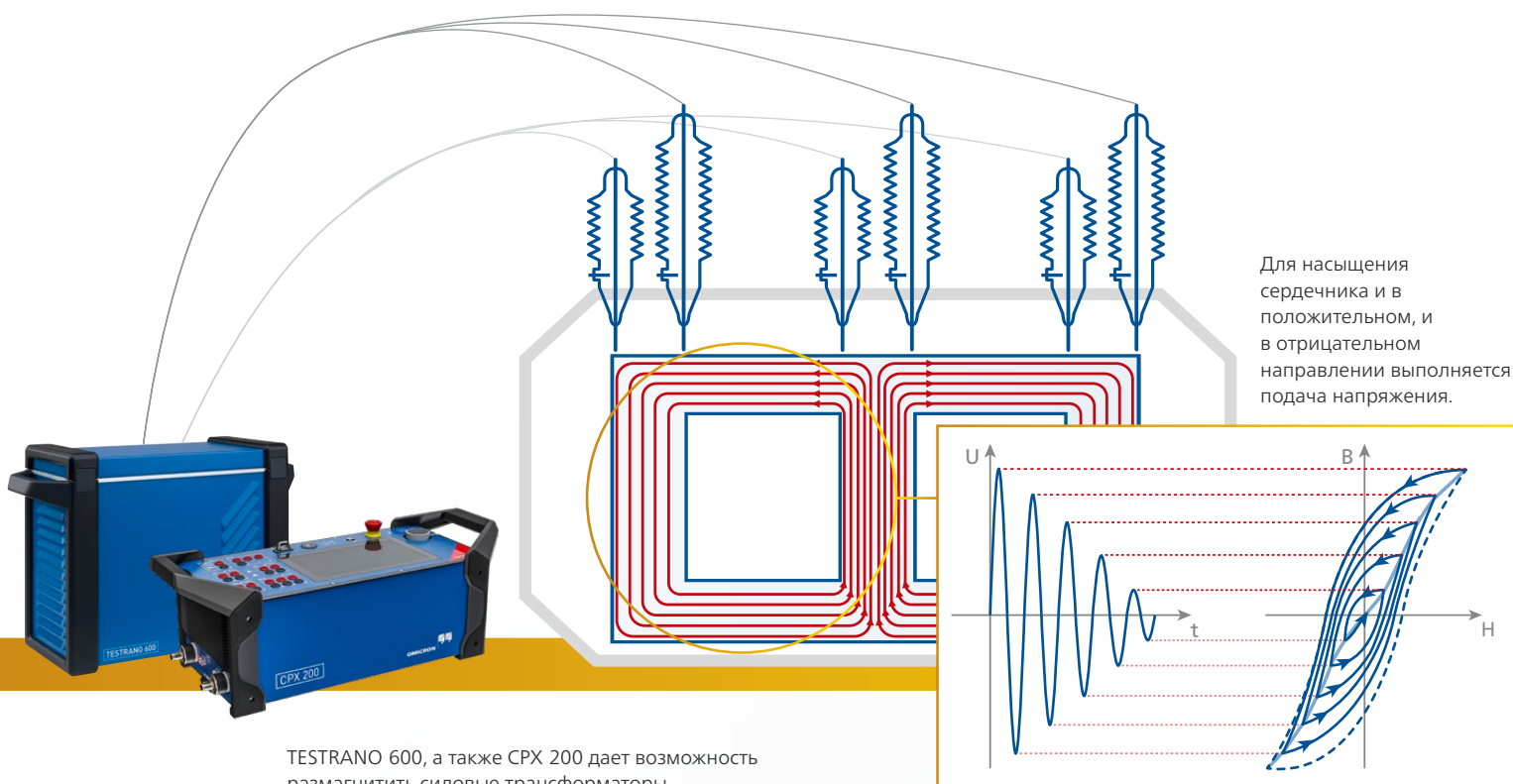
Из-за наличия в сердечнике остаточной намагниченности пусковой ток трансформатора резко возрастает и может достигать тока КЗ. Это подвергает трансформатор излишней нагрузке при включении его в работу. Кроме того, остаточное намагничивание может повлиять на многие диагностические измерения, усложняя получение достоверной оценки.

Поэтому рекомендуется размагнитить сердечник как перед включением трансформатора в работу, так и после диагностического испытания с применением постоянного тока.

Как это работает?

Сначала сердечник насыщается в обоих направлениях, после чего определяются параметры гистерезиса и вычисляется исходный поток. На основании этих параметров используется итеративный алгоритм, позволяющий сократить поток путем соответствующего изменения напряжения и частоты. После нескольких итераций сердечник размагничивается до менее чем 1 % от максимального показателя.

Описанный подход для размагничивания сердечника силового трансформатора применим как для малых, так и для больших силовых трансформаторов.



Полезная информация

Размагничивание сердечника силового трансформатора при возвращении трансформатора в работу сводит к минимуму риск для персонала и для оборудования.

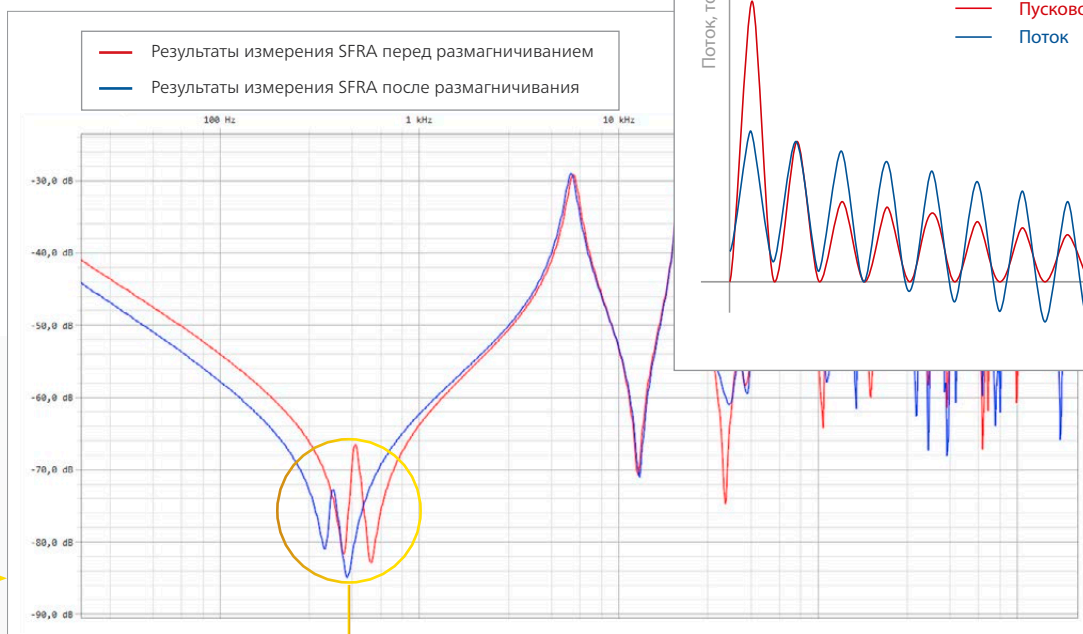
Эта процедура также рекомендуется перед измерением тока намагничивания, измерения потерь холостого хода при малом напряжении, выполнением анализа частотной характеристики (SFRA) или измерения магнитного баланса. На все эти измерения может повлиять намагниченность сердечника трансформатора, что приведет к неверной интерпретации их результатов.

Залог успеха размагничивания состоит в постоянном мониторинге состояния магнитного потока (ф) в сердечнике при размагничивании.

Преимущества TESTRANO 600 и CPX 200

- > Быстрое и надежное размагничивание сердечника силового трансформатора
- > Измерение остаточной намагниченности для дальнейшей диагностики, в частности неожиданных результатов измерения тока намагничивания
- > Размагничивание до уровня менее 1 % максимальной намагниченности сердечника

Из-за остаточного магнетизма возникает высокий пусковой ток, который может подвергнуть опасности трансформатор при повторном включении его в работу.



Результаты измерения SFRA фазы А: Смещение точки резонанса указывает на влияние намагниченности сердечника на измерение.

Анализ частотной характеристики (SFRA)

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- ✓ Выводы
- Переключатель ответвлений
- Изоляция
- ✓ Обмотки
- ✓ Сердечник

Зачем нужны измерения?

Анализ частотной характеристики (SFRA) используется для выявления механических или электрических повреждений в обмотках, контактах или сердечниках силовых трансформаторов. Сдвиг или деформация обмоток возникают при перемещении силового трансформатора или в результате мощных коротких замыканий.

С момента принятия стандарта IEC 60076-18 этот метод стал одним из стандартных электрических испытаний и его распространение в энергетике значительно выросло.

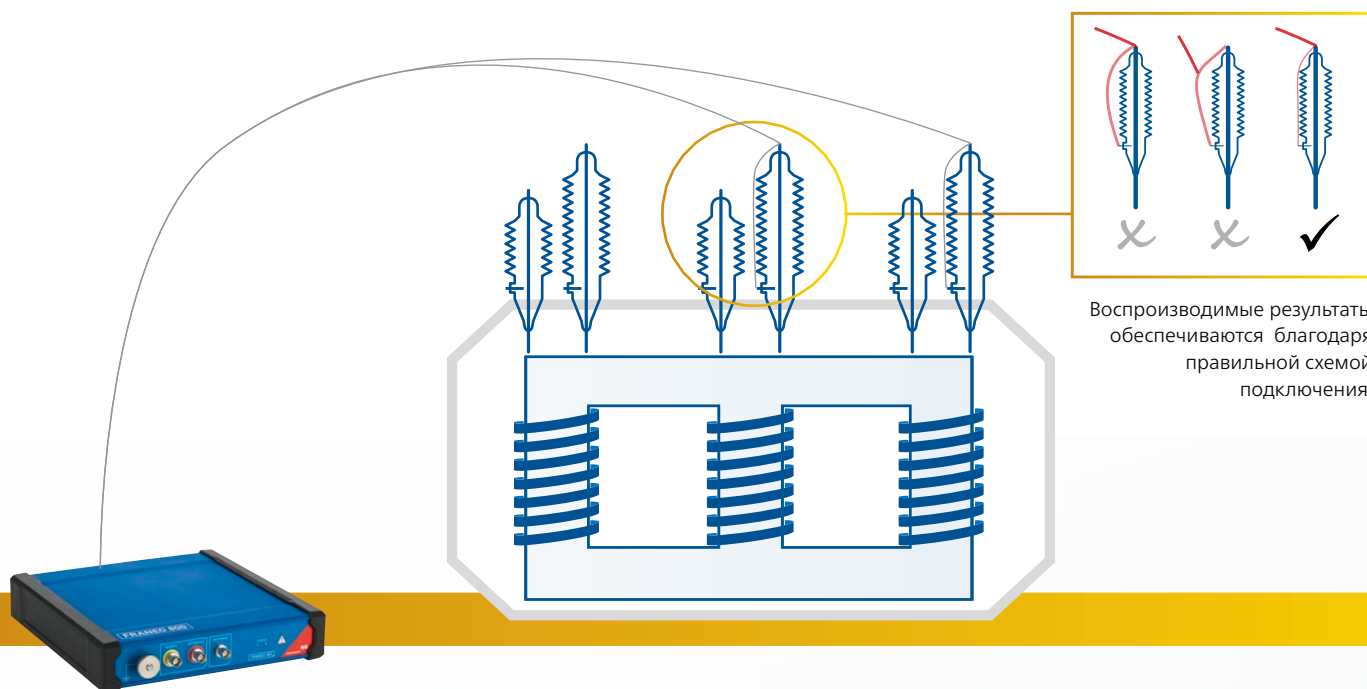
Испытания SFRA рекомендуется выполнять в завершение заводских приемо-сдаточных испытаний для подтверждения исходных характеристик трансформатора, а затем после транспортировки устройства и во время ввода его в эксплуатацию.

Как это работает?

Силовые трансформаторы могут быть представлены как сложная электрическая сеть емкостей, индуктивностей и резисторов. Каждая электрическая сеть имеет уникальную частотную характеристику.

Синусоидальное напряжение с непрерывно увеличивающейся частотой подаётся на один конец обмотки трансформатора, и измеряется ответный сигнал на другом конце обмотки. Сравнение входного и выходного сигналов даёт уникальную частотную характеристику, которую можно сопоставить с эталонными данными.

Изменения, сдвиги или деформация внутренних частей приводят к изменениям в переходной характеристике трансформатора; их можно выявить при сравнении диаграмм.



Воспроизводимые результаты обеспечиваются благодаря правильной схеме подключения.

FRNEO 800 позволяет выполнять надёжную диагностику сердечников и обмоток силовых трансформаторов с помощью анализа частотной характеристики.

Полезная информация

Испытание SFRA базируется на сравнении текущих результатов измерения с предыдущими. Если исходные данные не доступны, для сравнения можно воспользоваться результатами испытания другой фазы или аналогичного трансформатора.

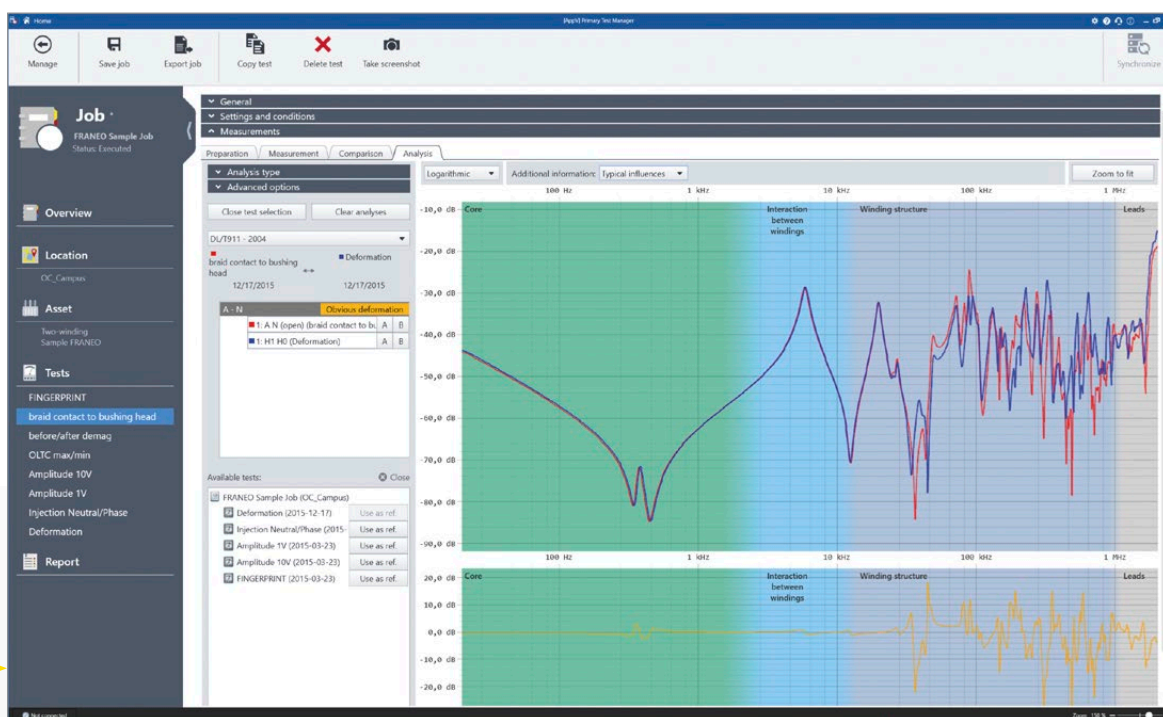
Обнаруженные неисправности можно подтвердить и другими измерениями, в частности измерением сопротивления обмотки постоянному току, частотной характеристики потерь рассеяния (FRSL), импеданса КЗ / реактивного сопротивления утечки, испытанием тока намагничивания или измерением коэффициента трансформации.

Испытание SFRA является неинвазивным методом. Оно позволяет выполнить надежную оценку исправности силового трансформатора без подачи высоких напряжений.

Это — наиболее чувствительный метод выявления механических деформаций в активной части силовых трансформаторов.

Преимущества FRANEO 800

- > Широчайший динамический диапазон измерений в отрасли (> 150 дБ)
- > Воспроизводимые результаты благодаря инновационной технике подключения на основе IEC 60076-18, метод 1
- > Управление с помощью ПО Primary Test Manager™ процессом настройки параметров испытания, выполнением измерений и оценкой результатов, что позволяет с легкостью провести диагностику оборудования даже без специальной подготовки
- > Малое время измерения благодаря интеллектуальным алгоритмам изменения частоты
- > Компактное и легкое оборудование гарантирует оптимальное удобство эксплуатации



ПО PTM позволяет выполнить автоматическую оценку и сравнение результатов испытаний, а также дает визуальное представление типичных причин отклонений от эталонных значений.

Анализ диэлектрической частотной характеристики

Что можно протестировать?

- ✓ Высоковольтные вводы
- Проходные ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- ✓ Изоляция
- Обмотки
- Сердечник

Зачем нужны измерения?

Анализ диэлектрической частотной характеристики (или, как еще говорят, диэлектрического отклика) применяется для оценки содержания влаги в целлюлозной изоляции и, соответственно, определения ее состояния.

Влага проникает в силовые трансформаторы вследствие старения бумажно-масляной изоляции либо из-за нарушенной герметичности (подтекание уплотнений или так называемое «дыхание трансформатора»). Это повышает вероятность пробоя изоляции и ускоряет ее старение.

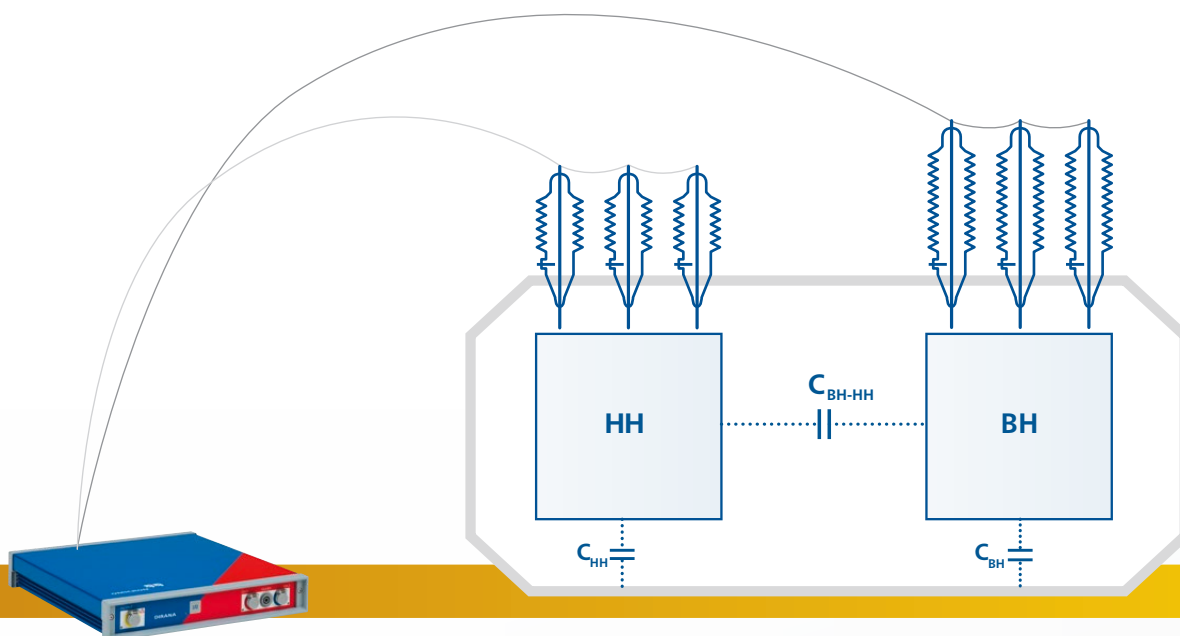
Данные о содержании влаги важны для оценки состояния силового трансформатора и его высоковольтных вводов. Кроме того, анализ диэлектрического отклика применяется для проверки уровня влажности в изоляции новых трансформаторов после процесса высушивания.

Как это работает?

Основная масса целлюлозной изоляции в активной части силового трансформатора расположена между первичной и вторичной обмотками. Для оценки состояния этой изоляции выход прибора подключается к высоковольтной обмотке, а вход — к низковольтной. Нежелательные токи (емкостной и активный) отводятся на бак трансформатора и не создают помех.

Коэффициент мощности / тангенс угла диэлектрических потерь такой изоляции измеряется в широком диапазоне частот. Полученная в результате кривая отображает данные о состоянии изоляции.

На предельно низких частотах собирается информация о влажности твердой изоляции, а на средних частотах («склон» кривой) можно получить данные о проводимости изоляционной жидкости. Приложение сравнивает фактическую кривую с типовыми графиками и рассчитывает содержание влаги в целлюлозной изоляции.



По результатам анализа диэлектрического частотного отклика DIRANA определяет содержание влаги в бумажно-масляной изоляции силовых трансформаторов, а также оценивает состояние высоковольтных вводов.

Полезная информация

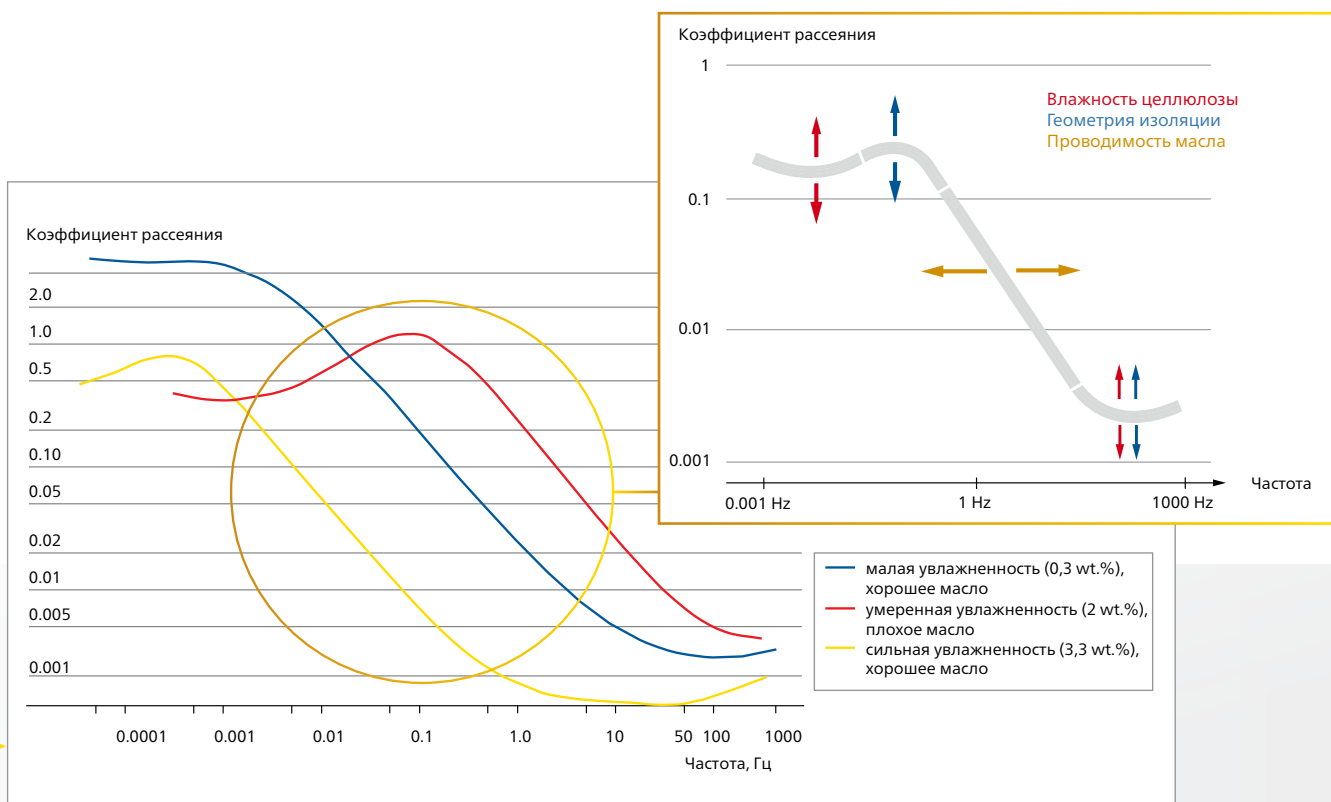
Этот метод одобрен международной организацией CIGRÉ. Других столь же точных неинвазивных методов оценки уровня влаги в трансформаторе не существует.

Содержание влаги измеряется напрямую в целлюлозе, а не вычисляется по уровню влаги в масле. Поэтому метод может использоваться при любой температуре и нет необходимости ждать, пока уравнивается влажность бумаги и масла.

Оценка результатов выполняется в соответствии со стандартом IEC 60422, в котором уровням влажности назначены категории.

Преимущества DIRANA

- > Надежное определение уровня влажности в силовых трансформаторах и высоковольтных вводах с бумажно-масляной изоляцией (OIP)
- > Сочетание нескольких методов измерения (FDS и PDC+) позволяет значительно сократить длительность испытания
- > Широкий частотный диапазон (от 10 мкГц до 5 кГц)



Анализ проходного ТТ

Что можно протестировать?

- Высоковольтные вводы
- ✓ Проходные ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- Изоляция
- Обмотки
- Сердечник

Зачем нужны измерения?

Производители силовых трансформаторов испытывают проходные ТТ в ходе окончательных приемо-сдаточных испытаний, а операторы подстанций — во время ввода оборудования в эксплуатацию. Таким образом, проверяется способность ТТ правильно передавать сигналы в систему РЗА подстанции.

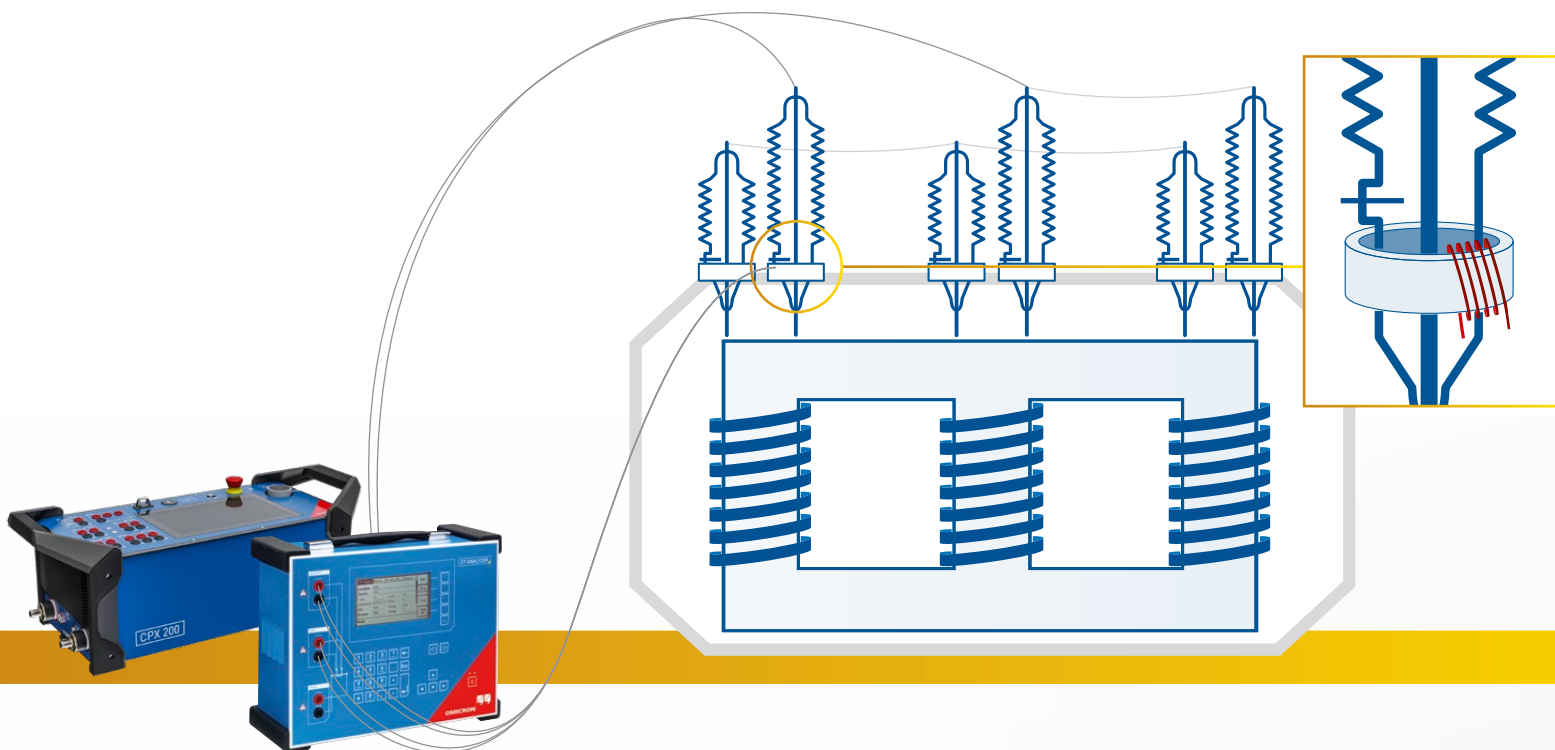
Ошибочные сигналы приводят к неправильному функционированию защитной системы, что, в конечном итоге, может повлечь повреждение оборудования. В ходе испытания проверяются следующие параметры: погрешность ТТ, включая погрешность коэффициента ТТ и угловую погрешность, погрешность при разных нагрузках, сопротивление обмотки ТТ, характеристики намагничивания ТТ, предельная кратность тока (ALF) и коэффициент безопасности (FS).

Все испытания выполняются в соответствии со следующими стандартами: IEC 60044-6, IEC 60044-1, IEC 61869-2, IEEE C57.13

Как это работает?

Каждую фазу следует проверять отдельно, остальные фазы нужно замкнуть накоротко. Напряжение подается на вторичные обмотки. Вследствие этого создается магнитное поле и плотный магнитный поток в сердечнике ТТ. Степень погрешности ТТ вычисляется с учетом нагрузки и данных модели ТТ (эквивалентной схемы), параметры которых уже заданы.

Это испытание проводится только один раз, и источник высокого тока для этого не требуется, даже если в дальнейшем ТТ будут оценивать с использованием других нагрузок и первичных токов. Выполняется точное измерение значений всех соответствующих параметров ТТ с учетом нагрузки и характеристик намагничивания устройства.



Диагностические испытания проходных ТТ выполняет CT Analyzer.

Полезная информация

Циклы и показатели для диагностических испытаний проходных ТТ описаны в соответствующих стандартах и в руководствах по вводу в эксплуатацию ТТ.

Погрешность ТТ определяется для разных методов соединения обмоток трансформатора. Корректность полярности ТТ и его обмотки определяется проверкой полярности. Вычисляются кривая возбуждения и точки перегиба. Измеряется остаточная намагниченность, а затем ТТ размагничивается, чтобы избежать сбоев в работе системы РЗА.

Чем больше импеданс нагрузки, тем быстрее достигается насыщение. Насыщение сердечника происходит в тот момент, когда намагниченность больше не повышается, а напряженность внешнего магнитного поля продолжает возрастать. Вследствие этого резко снижается КПД и эксплуатационные характеристики ТТ.

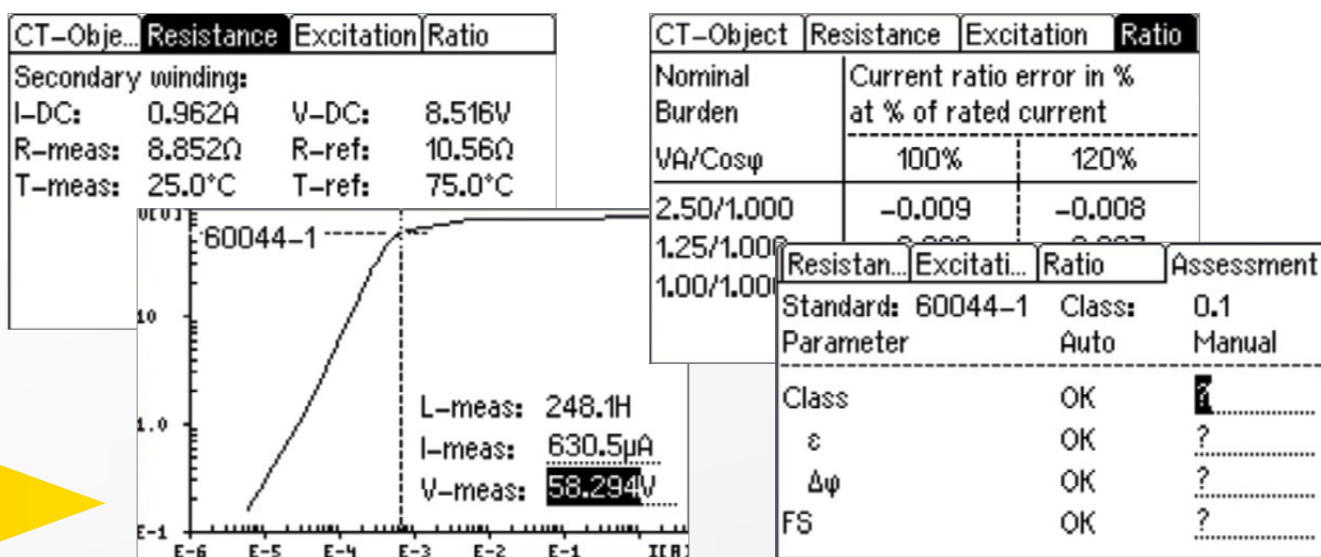
Из-за наличия импеданса обмотки трансформатора при измерении Ктт встроенных ТТ используется метод подачи напряжения, а не тока. При этом на вторичные обмотки ТТ подается испытательное напряжение, а на высоковольтных вводах трансформатора выполняется измерение напряжения. Такое испытание также можно произвести при помощи CPC 100 для проверки соотношения, полярности и класса защиты ТТ.

Преимущества CT Analyzer

- > Автоматическое размагничивание ТТ позволяет избежать нарушения работы защитной системы
- > Автоматическое создание протоколов испытаний в соответствии со стандартами
- > Метод подачи вторичного напряжения, единственный возможный способ испытания проходных ТТ, встроенных в силовые трансформаторы
- > Исключительная точность (в среднем 0,02 %) измерений ТТ класса точности до 0,1
- > Компактность и небольшой вес (< 8 кг)

Преимущества CPX 200

- > Компенсация коэффициента трансформации для проходного ТТ в обмотках, соединенных по схеме треугольник
- > 4-проводная схема измерения для точности измерений в соответствии со стандартами



Разные тестовые карты позволяют проверить и оценить соответствующие параметры ТТ (Ктт, сопротивление и класс защиты).

Анализ частичных разрядов

Что можно протестировать?

- ✓ Высоковольтные вводы
 - ТТ
 - Выводы
 - Переключатель ответвлений
- ✓ Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник

Зачем нужны измерения?

ЧР разрушают материалы изоляции высоковольтных вводов и обмоток силовых трансформаторов. Это может стать причиной выхода их из строя и привести к затратному простоям оборудования.

ЧР появляются во вводах и обмотках трансформаторов при старении, загрязнении или повреждении материала изоляции между частями с разными электрическими потенциалами.

Измерение ЧР является надежным неинвазивным методом диагностики состояния изоляции силового трансформатора. Его можно выполнять как в ходе приемочных испытаний на заводе, так и во время испытаний при запуске оборудования в эксплуатацию и плановой диагностики на участке для выявления критических дефектов и оценки рисков повреждения.

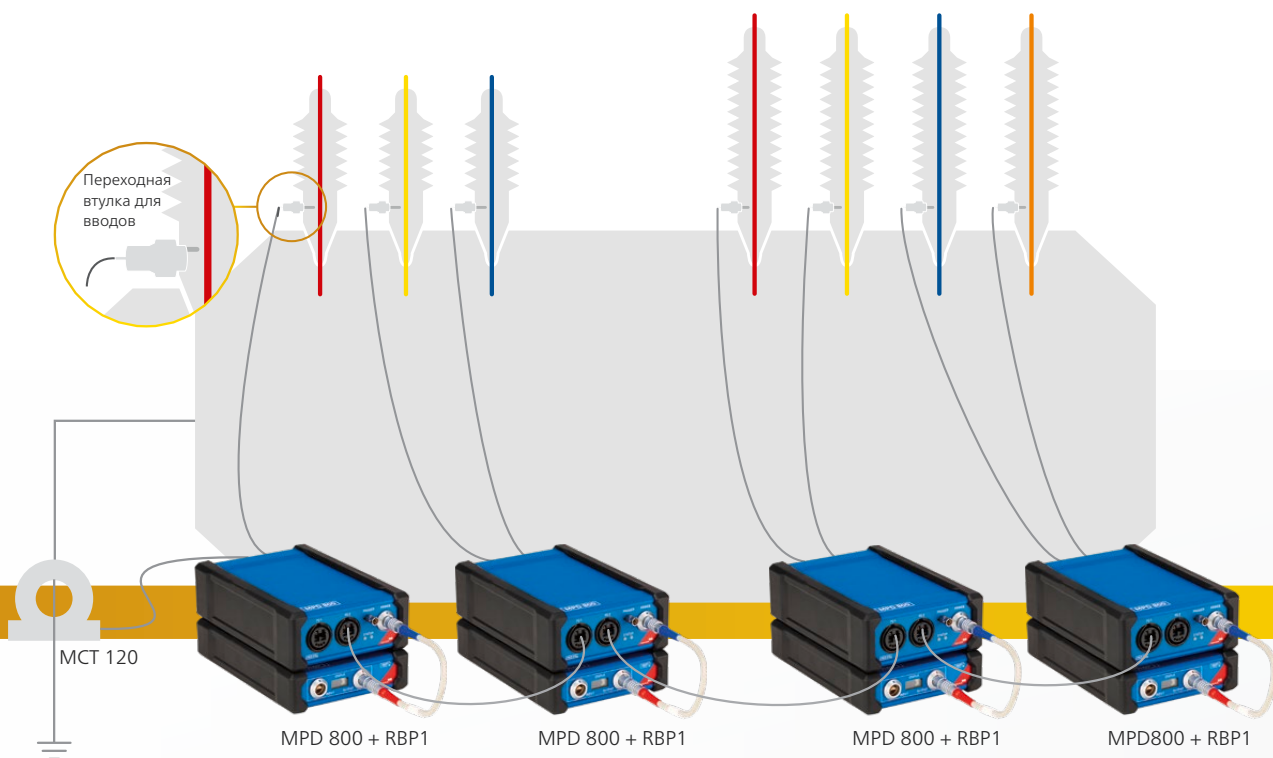
Как это работает?

Методы измерения и анализа активности ЧР в силовых трансформаторах зависят от типа трансформатора и применяемых стандартов.

В зависимости от типа высоковольтного ввода система анализа ЧР подключается либо к емкостному ответвлению высоковольтного ввода, либо к конденсатору связи. Это позволяет выполнять на трансформаторе электрические измерения ЧР.

ЧР измеряется в мкВ (по стандартам IEEE) или в пКл (по стандарту IEC 60270).

Современные технологии подавления шумов позволяют выполнять измерения при наличии высокого уровня помех.



Полезная информация

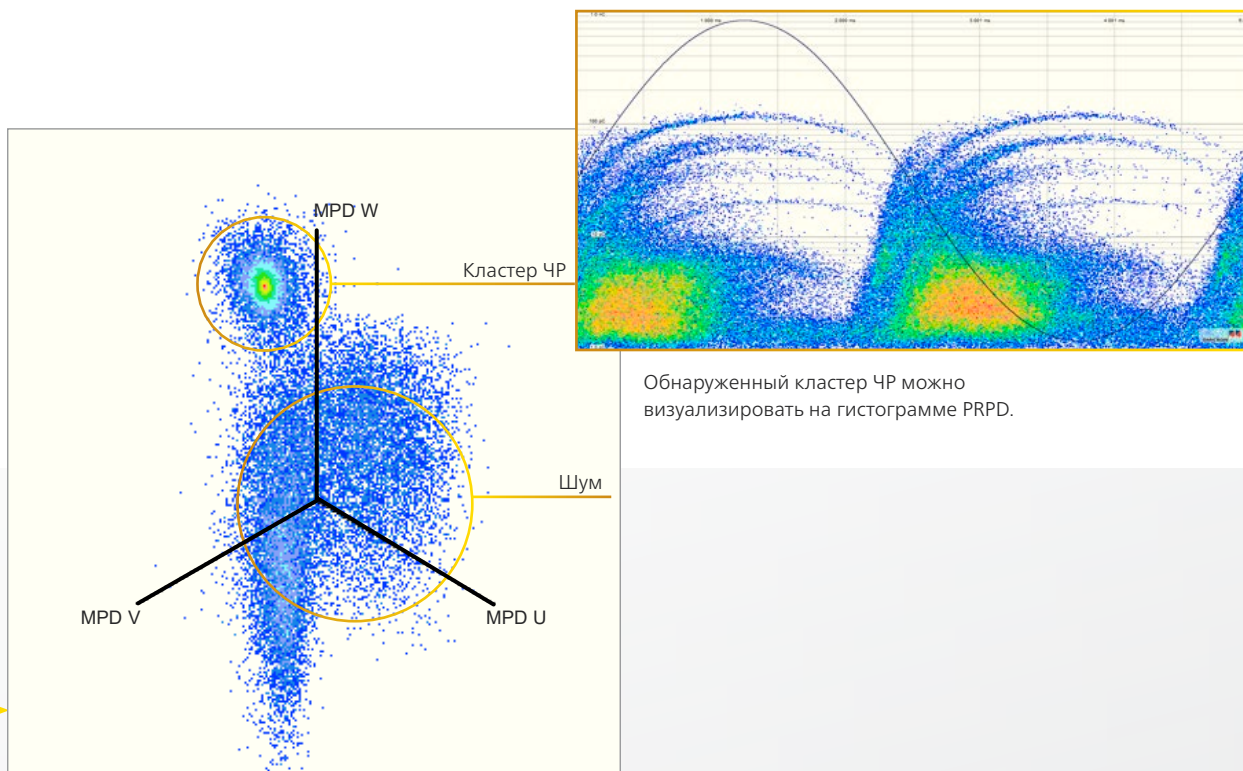
ЧР также можно измерить непосредственно внутри бака трансформаторов с жидкостной изоляцией, воспользовавшись датчиками сверхвысоких частот (СВЧ). Измерения ЧР с помощью СВЧ-датчиков можно использовать как эффективный метод стробирования: импульсы ЧР, измеренные на вводах, учитываются системой только при наличии СВЧ-импульсов внутри бака трансформатора.

После выявления ЧР для точной локализации дефектов трансформатора используются акустические измерения ЧР.

С целью отслеживания факторов риска можно установить систему постоянного мониторинга состояния изоляции высоковольтных вводов и трансформаторов.

Преимущества MPD 800

- > Измерения частичных разрядов в соответствии со стандартом IEC на силовых трансформаторах
- > Гальваническая изоляция с помощью волоконно-оптических кабелей обеспечивает безопасную эксплуатацию
- > Предоставляется возможность выполнения синхронных многоканальных измерений и стробирования ЧР
- > Запись и воспроизведение наборов данных ЧР для последующего анализа
- > Одновременные измерения ЧР (Q_{IEC}) и напряжения радиопомех (RIV) для эффективных заводских приемочных испытаний
- > Усовершенствованные методы подавления помех и разделения нескольких источников для надежного обнаружения ЧР
- > Настраиваемое программное обеспечение позволяет выбирать только те инструменты анализа ЧР, которые нужны



Обнаруженный кластер ЧР можно визуализировать на гистограмме PRPD.

Инструмент ZPARD (диаграмма соотношения по амплитудам трех фаз) отделяет источники ЧР от шума

Локализация частичного разряда

Что можно протестировать?

Высоковольтные вводы

ТТ

Выводы

Переключатель ответвлений

✓ Изоляция

✓ Обмотки

Сердечник

Зачем нужны измерения?

Частичные разряды (PD) могут привести к необратимому повреждению изоляции силового трансформатора задолго до ее естественного износа. Даже если анализ и мониторинг позволили обнаружить дефекты изоляции, чрезвычайно важно точно определить место ее повреждения в трансформаторе.

Для этого используется акустический метод измерения активности ЧР, который с высокой точностью выявляет ослабленные или поврежденные участки изоляции. После точного определения таких мест можно запланировать и провести ремонтные работы, которые помогут избежать повреждения трансформатора.

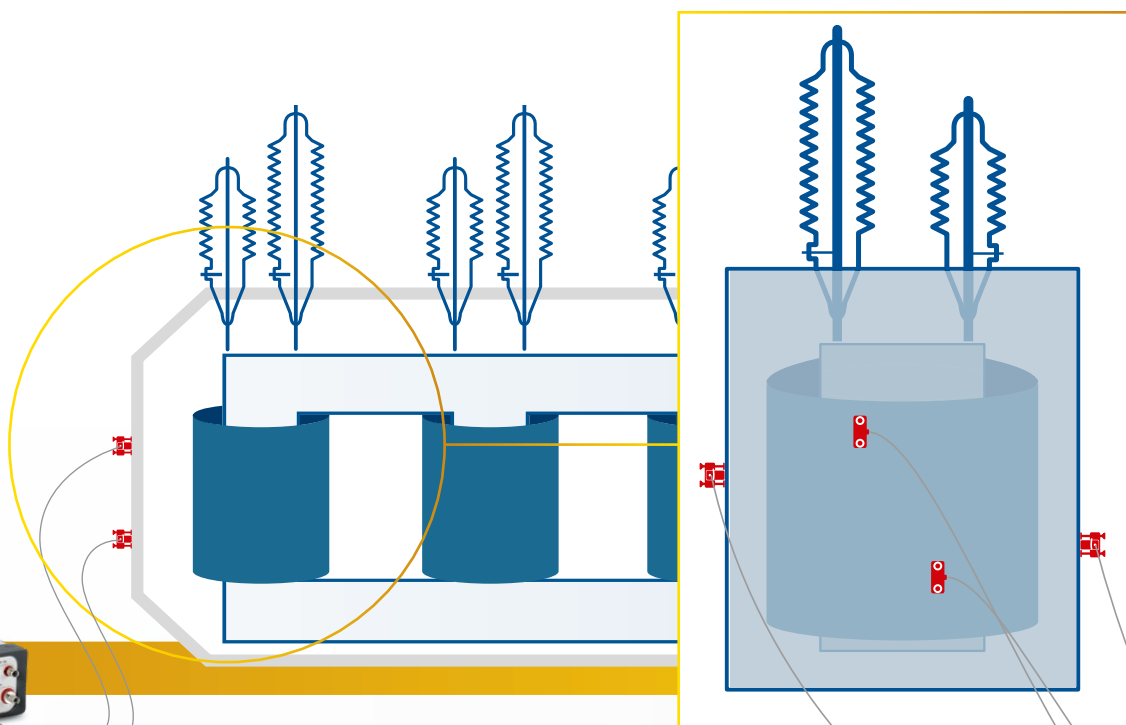
Акустический метод используется после того, как во время заводских приемосдаточных испытаний обнаруживается активность ЧР, и является неотъемлемой составляющей диагностических измерений при обслуживании силового трансформатора на участке его эксплуатации.

Как это работает?

К поверхности бака силового трансформатора при помощи магнитов крепятся несколько акустических датчиков. Каждый из них засекает время распространения акустического сигнала от источника частичных разрядов к стенке бака. Затем производится расчет на основе разницы по времени, расположения датчика и времени распространения сигнала, а также одновременного сравнения результатов, полученных от разных датчиков. Таким образом с высокой точностью можно обнаружить место дефекта.

В стандарте IEEE C57.127-2007 описан типичный процесс акустического метода измерения.

PDL 650 присоединяется к силовому трансформатору при помощи четырех акустических датчиков.



Акустические датчики распределяются по стенке трансформатора с целью определения места возможного дефекта.

Полезная информация

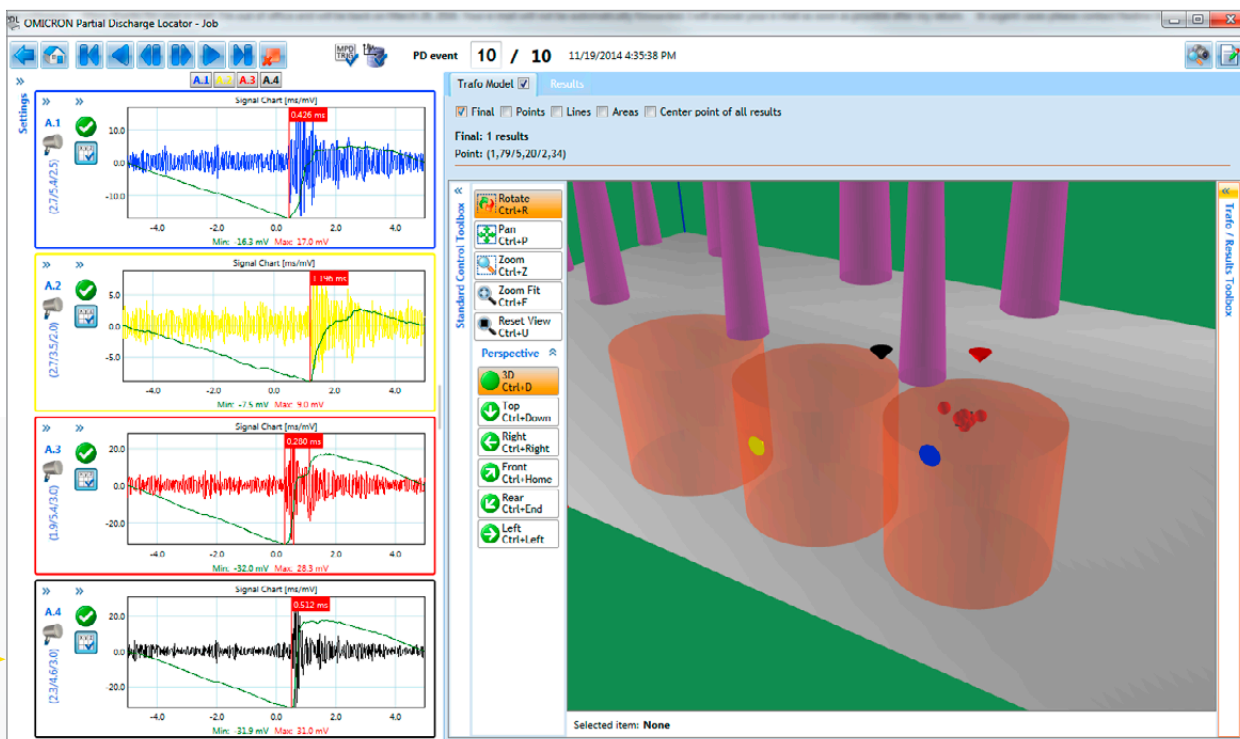
Анализ растворенных в газы (DGA) может определить наличие ЧР, но не место их повышенной активности в силовом трансформаторе. Акустические измерения ЧР выполняются тогда, когда результаты анализа растворенных в газы свидетельствуют об активности ЧР.

Электрические измерения и измерения ультравысокой частоты ЧР можно использовать в качестве стробирующих при акустических измерениях. Благодаря этому обеспечивается надлежащая точность локализации ЧР в средах с высоким уровнем помех.

Акустические измерения ЧР проводятся на работающем силовом трансформаторе. Таким образом, не требуется отключать устройство для полного обслуживания.

Преимущества PDL 650?

- > Легкая компактная конструкция, облегчающая транспортировку и установку на месте
- > Безопасность благодаря гальванической развязке оператора от высокого напряжения
- > Трехмерное визуальное представление, позволяющее оператору четко рассмотреть расположение дефектных участков внутри трансформатора
- > Использование электрического стробирования (MPD 600 и УВЧ-датчики) обеспечивает оптимальную локализацию ЧР в средах с высоким уровнем помех



На трехмерной модели трансформатора отображается точное расположение ЧР.

Измерение и кратковременный мониторинг частичных разрядов

Что можно протестировать?

- ✓ Высоковольтные вводы
- ТТ
- Выводы
- Переключатель ответвлений
- ✓ Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник

Зачем нужны измерения?

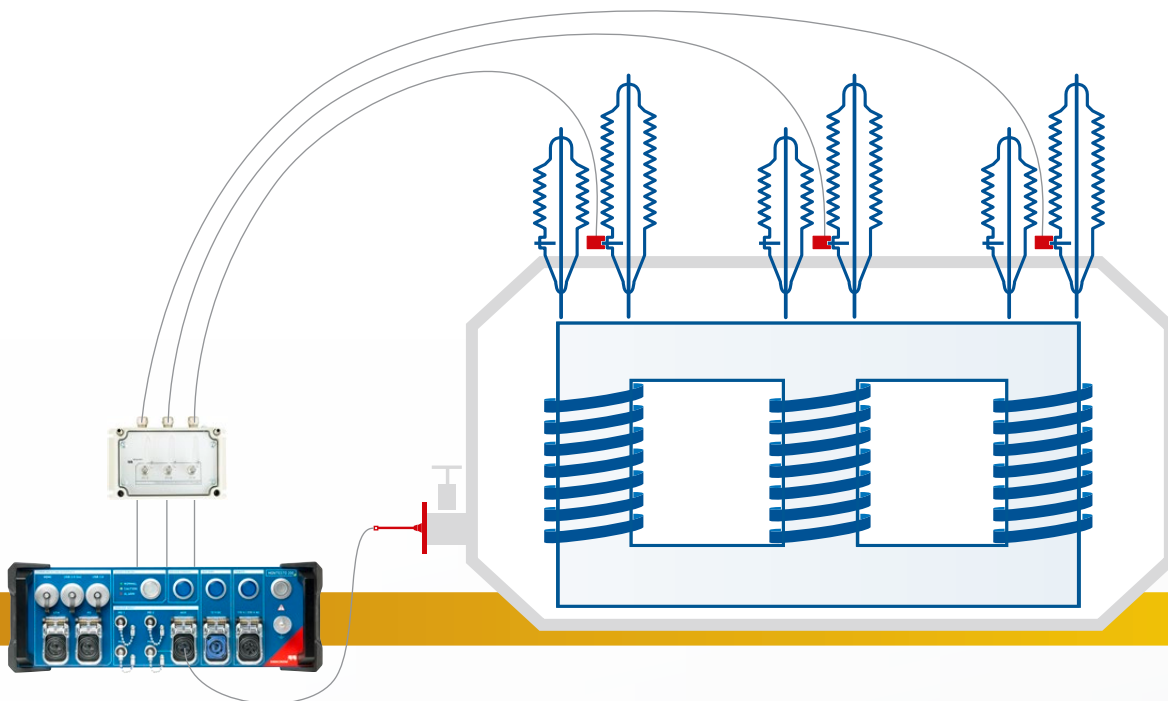
ЧР разрушают изолирующие материалы высоковольтных вводов и обмоток силовых трансформаторов. Это может стать причиной пробоя изоляции и привести к дорогостоящему простоя оборудования. ЧР в высоковольтных вводах и обмотках силовых трансформаторов возникают при старении, загрязнении или пробое материала изоляции между компонентами с разными электрическими потенциалами.

Измерение ЧР на работающем оборудовании позволяет оценить активность ЧР и получить снимок состояния изоляции на силовом трансформаторе. Кратковременный мониторинг ЧР на работающем оборудовании указывает на наличие изменений в активности ЧР в течение конкретных периодов времени срока службы силового трансформатора.

Данные, собранные во время измерения и мониторинга ЧР на работающем оборудовании, позволяют инженерам выявить потенциальный риск отказа электрооборудования. Такая важная информация, полученная на основании данных о состоянии, помогает оптимизировать стратегии обслуживания, а также процессы управления оборудованием и планирования инвестирования.

Как это работает?

Систему для измерения и кратковременного мониторинга частичных разрядов на работающем оборудовании можно легко подключить к переходным датчикам для высоковольтных вводов с помощью клеммной коробки. Таким образом, удобное и безопасное подключение возможно даже тогда, когда силовой трансформатор работает. Оператор может выполнять измерение ЧР в любое время, даже при нормальных эксплуатационных условиях без отключения трансформатора.



Систему MONTESTO 200 для измерения и временного мониторинга частичных разрядов можно легко подключить к стационарным датчикам высоковольтных вводов с помощью клеммной коробки. Таким образом, удобное и безопасное подключение возможно даже тогда, когда силовой трансформатор работает.

в на работающем оборудовании

Активность ЧР одновременно измеряется на всех трех фазах на ответвлениях высоковольтных вводов и внутри бака трансформатора в диапазоне УВЧ. Усовершенствованные средства диагностики, такие как 3PARD (трехфазная диаграмма зависимости амплитуд), используются для разделения источников шума и нескольких источников ЧР для обеспечения надежной интерпретации.

Полезная информация

Текущая активность ЧР на высоковольтных вводах и обмотках лучше всего проверяется при мониторинге ЧР на ответвлениях высоковольтных вводов и в диапазоне УВЧ.

Подтвердить диэлектрические показатели можно путем выявления побочных продуктов разрушения изоляции в трансформаторном масле. Для этого рекомендуется выполнять периодический забор масла и лабораторный анализ растворенных в масле газов (DGA).

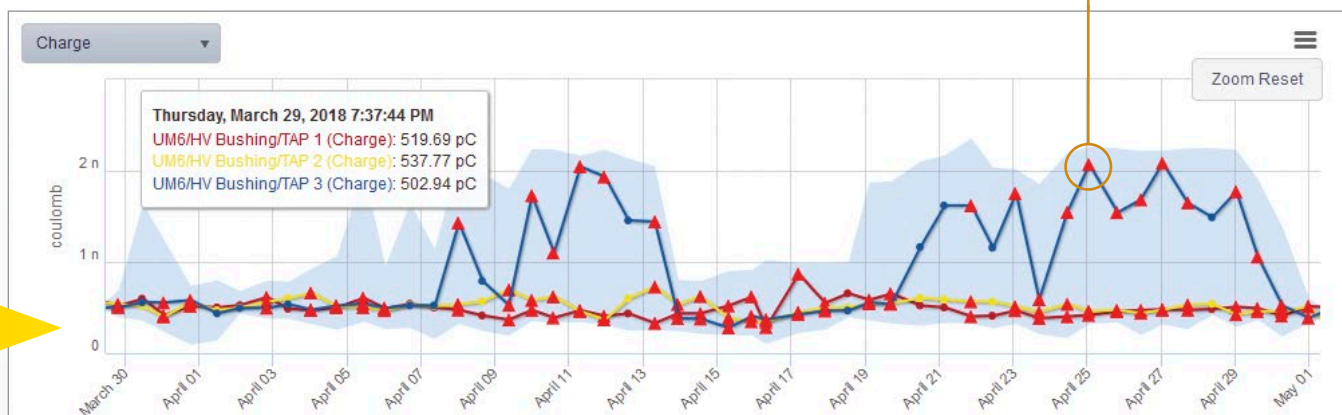
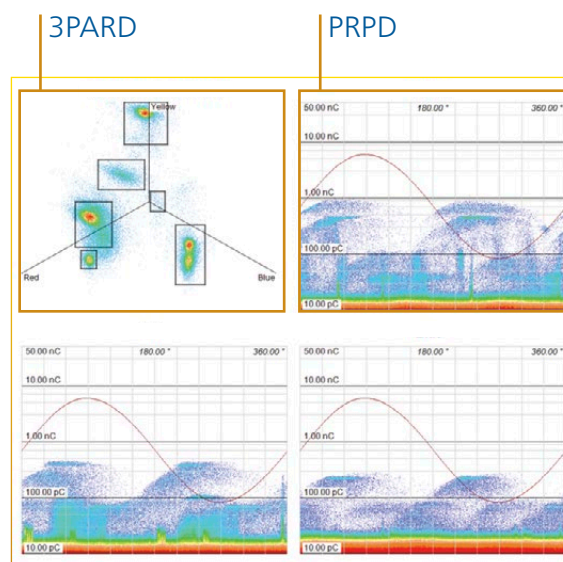
После выявления ЧР для точной и надежной локализации повреждений изоляции в обмотках трансформатора можно выполнять акустические измерения ЧР.

Преимущества MONTESTO 200

- > Система «2 в 1» для онлайн-измерений и временного мониторинга ЧР на работающем оборудовании
- > Удобство транспортировки благодаря легкости и компактности
- > Возможность применения как в помещении, так и вне его
- > Встроенный компьютер для непрерывного сбора и хранения данных на протяжении длительного периода
- > Веб-интерфейс для удобного удаленного доступа к данным
- > Автоматизированные функции программного обеспечения для быстрого анализа ЧР и создания отчетов

Event Log - TRAF0 UM6		
Confirm All		
Start Date	End Date	Level
8/22/2018 3:14 PM	8/22/2018 3:15 PM	Critical
8/22/2018 3:14 PM	8/22/2018 3:15 PM	Warning
8/22/2018 3:14 PM	8/22/2018 3:15 PM	Warning

Связанные с ЧР события, вызвавшие появление предупреждений или аварийных сигналов, обозначаются в журнале желтым и красным цветом соответственно.



Графики тенденций ЧР для каждой фазы или канала. При наведении курсора на точки отображаются значения ЧР. Пользователь может увеличить масштаб для просмотра деталей.

Мы предлагаем нашим клиентам только лучшее...

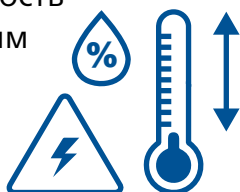
— Качество —

Обеспечение высоких стандартов безопасности



Максимальная надежность благодаря проведенным на протяжении

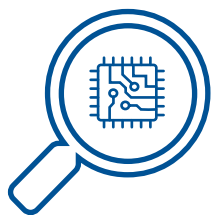
72



часов заводским испытаниям

100%

стандартных испытаний всех компонентов оборудования

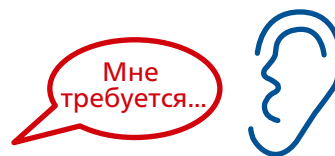


ISO 9001
TÜV & EMAS
ISO 14001
OHSAS 18001



Соответствие международным стандартам

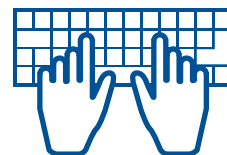
— Инновации —



... продукция, соответствующая моим требованиям

Более

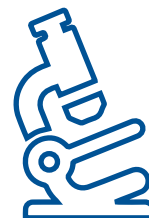
200



разработчиков обеспечивают актуальность решений

Более

15%



годового дохода инвестируется в исследования и разработки

Экономия до

80%

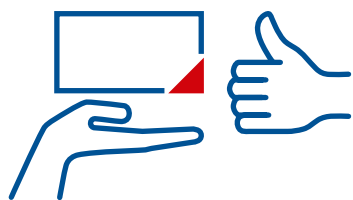


времени на испытания благодаря использованию шаблонов и автоматизации

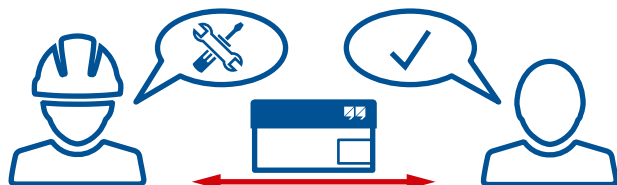
— Поддержка —

24/7

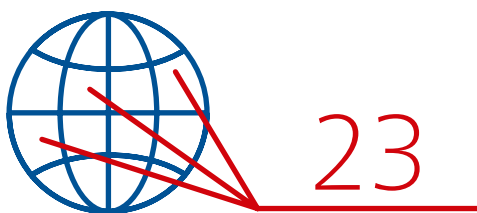
Круглосуточная профессиональная техподдержка



Аренда установок для сокращения времени простоя



Рентабельность и простота обслуживания/калибровки



представительства по всему миру

— Знания —

Более

300

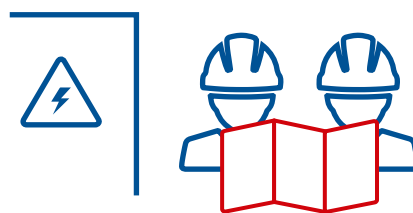


учебных курсов и множество практических тренингов на протяжении года

Проведение компанией OMICRON встреч пользователей, семинаров и конференций



к тысячам пособий и указаний по применению



Огромный опыт в сфере консалтинга, испытаний и диагностики

OMICRON — ведущий международный поставщик решений, которые призваны повысить надежность и безопасность энергосистем. Это наша главная цель и задача. Наши новаторские разработки позволяют решать самые актуальные на сегодня проблемы и подготовиться к вызовам, которые принесет завтрашний день. Мы всегда делаем еще больше для наших пользователей: оперативно реагируем на потребности, обеспечиваем высококачественную поддержку на местах и делимся своими знаниями и наработками.

Опытные специалисты OMICRON проводят исследования и разрабатывают инновационные технологии для всех областей электроэнергетики. Пользователи со всего мира полагаются на точность, качество и быстрое действие наших надежных и удобных решений для электрических испытаний оборудования среднего и высокого напряжения, проверки систем защиты, тестирования цифровых подстанций и обеспечения кибербезопасности.

С момента основания в 1984 году компания OMICRON накопила значительный опыт в области электроэнергетики. Команда из более чем 1300 специалистов в 23 офисах по всему миру обеспечивает поддержку наших продуктов в режиме 24/7 для клиентов из более чем 170 стран.



Emotions are energy. Our energy moves.

Развивайтесь вместе с нами! Отсканируйте QR-код, чтобы узнать о наших мероприятиях, учебных курсах и продуктах. Оставайтесь на связи в социальных сетях.