



Диагностические испытания измерительных трансформаторов

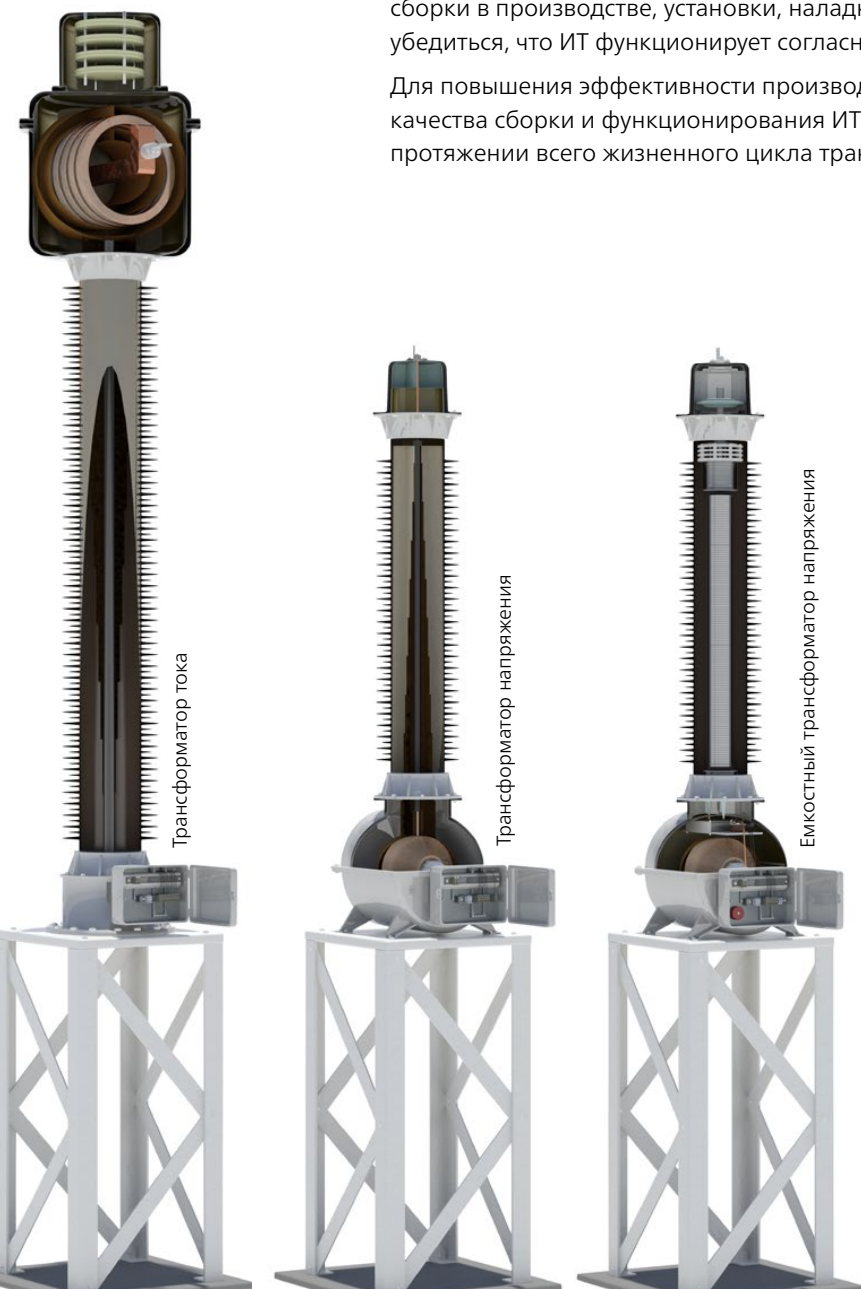


Проверка исправности и качества работы измерительных трансформаторов

Измерительные трансформаторы (ИТ) являются одним из ключевых факторов безопасной и бесперебойной систем электроснабжения, выступая связующим звеном между первичным и вторичным оборудованием.

Испытания ИТ крайне важны, поскольку помогают проверить качество их сборки в производстве, установки, наладки и запуска в эксплуатацию, а также убедиться, что ИТ функционирует согласно техническим характеристикам.

Для повышения эффективности производства и обеспечения высокого качества сборки и функционирования ИТ важно проводить измерения на протяжении всего жизненного цикла трансформаторов.



Типовые причины сбоев в работе ИТ

- > **Дефекты разработки**
Чаще всего связаны с магнитным сердечником, системой изоляции или коэффициентом трансформации
- > **Дефекты производства**
Обрывы цепи, КЗ, пробой изоляции
- > **Работа не соответствует техническим характеристикам**
Слишком низкая/высокая нагрузка, неправильные показатели тока/напряжения
- > **Электрические воздействия**
Коммутационное или электрическое перенапряжение, ток КЗ
- > **Износ/старение/коррозия**
Влага, кислоты, кислород, загрязнения, утечки

Разработка

Изготовление

Заводские
приемочные
испытания

форматоров на протяжении всего жизненного цикла

Испытания и выявленные повреждения

- > **В процессе производства**
Получение точных данных о состоянии и работе ИТ на определенных стадиях его изготовления позволяет избежать выпуска неточных или бракованных устройств и соответственно повысить эффективность производства.
- > **После изготовления**
Определите фактические характеристики работы ИТ согласно стандартам и получите эталонные показатели, с которыми можно будет сравнивать результаты последующих проверок.
- > **После транспортировки**
Испытание ИТ после транспортировки позволяет убедиться, что устройству не нанесены механические повреждения и оно по-прежнему работает согласно техническим характеристикам.
- > **Во время установки и пусконаладки**
Убедитесь, что ИТ установлен надлежащим образом и работает в среде эксплуатации согласно техническим характеристикам.
- > **Во время плановых проверок**
Регулярная диагностика состояния ИТ позволяет избежать поломок, аварий и длительных простоев оборудования

Жизненный цикл измерительных трансформаторов

Транспортировка

Установка
и ввод в
эксплуатацию

Эксплуатация

Компоненты измерительных трансформаторов и их неисправности



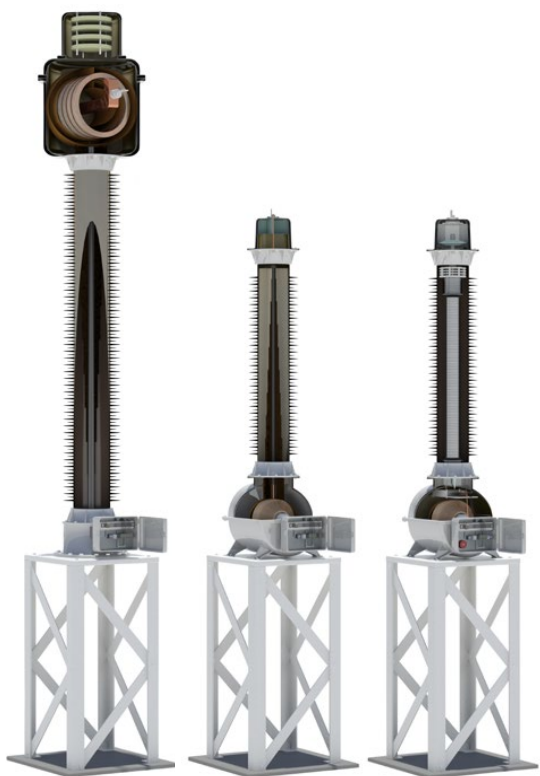
Компонент	Обнаруживаемые неисправности
Изоляция	Частичные разряды
	Влага в бумажной изоляции
	Старение, повышенная влажность, загрязнение изоляционной жидкости
Обмотки	Дефекты в емкостных слоях системы выравнивания потенциалов
	Короткое замыкание (межвитковое)
	Обрыв цепи
Сердечник	Проблемы с контактами
	Механическая деформация
	Плавающее заземление сердечника
	Ослабление зажимов
Емкостный делитель напряжения	Магнитное короткое замыкание
	Предварительное намагничивание / остаточная намагниченность
Компенсационный реактор (только комбинированные ТТН)	Частичный пробой отдельных емкостных слоев
	КЗ в витках
Вся электромагнитная цепь	Точность (погрешность КТ и угловая погрешность)
	Погрешность коэффициента трансформации (полная)
	Полярность
Нагрузка	Неправильная номинальная мощность ИТ
	Неправильное номинальное значение
	Неправильное или неисправное соединение между ИТ и счетчиком / реле

■¹: Неисправности снижают точность ИТ

■²: Обнаружить эти неисправности зачастую очень сложно, они становятся очевидными лишь при сравнении показателей с предыдущими результатами измерений.

Возможные методы измерения											
							■				
								■			
								■	■		
									■		
	■ ¹	■		■ ²	■						
	■ ¹	■		■ ²	■						
	■ ¹	■			■						
	■ ¹			■ ²							
	■	■									■
	■ ¹	■									
	■ ¹										
	■									■	
	■	■									
	■	■	■								■
	■	■							■		■
						■					■
			■			■					
Точность (погрешность КТ и угловая погрешность)											
Коэффициент трансформации / погрешность коэффициента трансформации											
Характеристики намагничивания											
Сопротивление обмотки											
Нагрузка											
Анализ частичных разрядов											
Анализ диэлектрического отклика обмоток											
Измерение коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь											
Предельная кратность тока (ALF) и напряжение на выводах (V _b)											
Измерение остаточной индукции											
Параметры ТТ при переходных процессах											

Идеальное испытательное решение для конкретных требований,



	CT ANALYZER	VOTANO 100
Точность (погрешность КТ и угловая погрешность)	■	■
Коэффициент трансформации / погрешность коэффициента трансформации	■ ¹	■
Полярность	■	■
Характеристики намагничивания	■	■
Сопротивление обмотки	■	■
Нагрузка	■	■
Анализ частичных разрядов		
Анализ диэлектрического (частотного) отклика обмоток		
Измерение коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь: при 50 или 60 Гц при регулируемой частоте		
Предельная кратность тока (ALF) и напряжение на выводах (V_b)	■	
Измерение остаточной индукции	■	
Параметры ТТ при переходных процессах	■	

¹ Измеряет коэффициента трансформации ТТ и ТН.

² СРС 100 измер яет коэффициент трансформации ТТ и ТН; для испытаний с большими амплитудами требуется СР TD12/15 и усилитель тока и усилитель тока.

³ Только для ТТ.

⁴ Требуется дополнительный блок СР TD12/15.

⁵ С ограниченной точностью.

⁶ Требуется дополнительный источник питания и эталонный конденсатор.

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


Высокочастотное переносное устройство для испытания и калибровки трансформаторов напряжения.




условий и задач

CPC 100	CPC 80 + CP TD12/15	COMPANO 100	DIRANA	MPD 800	TANDO 700
■ ²		■ ⁵			
■		■			
■ ³					
■					
■		■		■	
			■		
■ ⁴	■		■		■ ⁶
■ ⁴	■		■		■ ⁶
■					


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




Испытательный комплект для измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь (со встроенным источником питания и эталонным конденсатором) различного высоковольтного оборудования.



Переносной комплект для испытаний с подачей напряжения/тока на первичное и вторичное оборудование, а также базового тестирования стандартных защитных устройств.




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



Универсальная система измерения и анализа частичных разрядов (ЧР)



Исключительно точная измерительная система для измерения емкости и коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь высоковольтного оборудования (необходимы также внешний источник ВН и эталонный конденсатор)



Методы испытаний измерительных трансформаторов

Прямой электрический метод испытания

Первичные величины (напряжение/ток) подаются на первичную (ВН) сторону ИТ, а затем на вторичной (НН) стороне измеряются соответствующие значения. Определяются такие параметры, как коэффициент трансформации, погрешность, полярность и т. д.

Во время измерения погрешности к ИТ необходимо подключать различную нагрузку, чтобы учесть в расчетах её влияние на работу трансформатора. Может применяться как к стандартным, так и к нестандартным ИТ.

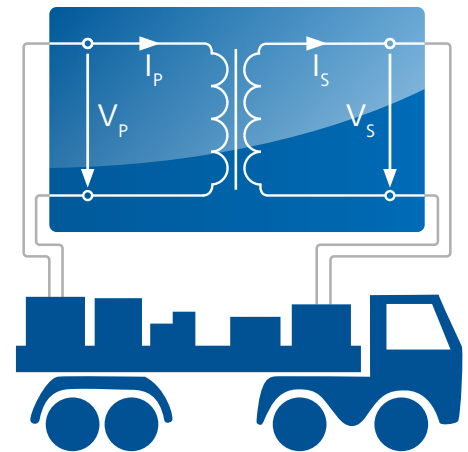
Этот вид испытаний с номинальным током/напряжением является обязательным при заводских испытаниях ИТ.

Подача номинального тока/напряжения на первичную обмотку

Используются испытательные сигналы с номинальным значением (ток/напряжение). Во время измерения к ИТ подключена рабочая нагрузка.

Этот метод используется в калибровочных лабораториях, а иногда и на месте эксплуатации, где испытательное оборудование высокой точности монтируется на огромные платформы.

Испытательные системы, как правило, громоздкие и тяжелые, перевозить их дорого и хлопотно, поэтому они не очень подходят для тестирования на месте эксплуатации.



Подача номинального тока/
напряжения на первичную обмотку

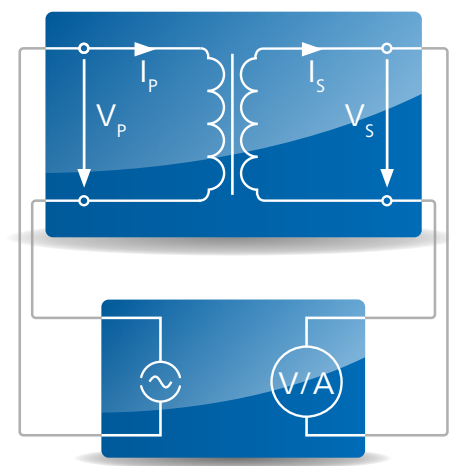
Подача сигналов на первичную обмотку

В этом испытании на первичное оборудование подаются проверочные сигналы напряжения или тока (не обязательно номинальные значения). Испытание применяется только для проверки работы ИТ и не подходит для калибровки или проверки класса трансформатора (нелинейность ИТ).

Для испытания нестандартных измерительных трансформаторов (НИТ) могут быть применены сигналы небольшой амплитуды в соответствии с данными производителя о нелинейности ИТ.

Как правило, для испытаний используются переносные системы, но их точность обычно ограничена.

Следовательно, этот метод вполне подходит для пусконаладочных испытаний на месте эксплуатации оборудования.



Подача сигналов на первичную обмотку

Непрямой электрический метод испытания

По этому методу измерения выполняются с вторичной стороны, а испытательные сигналы отличаются от первичных значений. Этот метод применяется к стандартным ИТ (ТТ, ТН, ТТН).

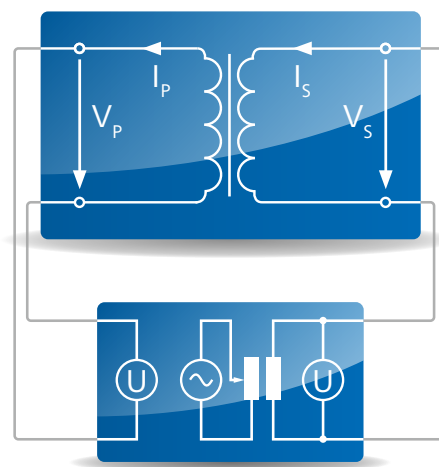
Подача напряжения на вторичную обмотку

Специальное испытание для трансформаторов тока с подачей напряжения на вторичную сторону. Испытательное напряжение равно рабочему напряжению на клеммах при номинальной нагрузке.

Измерение кривой намагничивания выполняется в соответствии с международными стандартами.

Для определения полной погрешности необходимо подать напряжение в соответствии с конкретными условиями работы ТТ, измерить соответствующий ток намагничивания и рассчитать погрешность.

Важным преимуществом этого испытания является применение компактной и легкой испытательной системы (вместо громоздкого оборудования для подачи первичного тока), которую можно без труда доставить на место эксплуатации.



Подача напряжения на вторичную обмотку

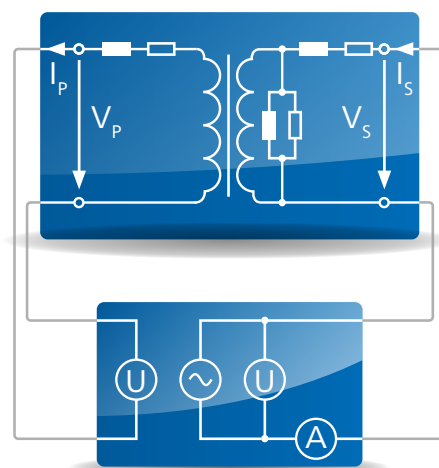
Испытания на основе моделирования

Для подачи сигналов с низкими значениями, которые используются в этом испытании, создаются компактные легкие и безопасные приборы.

По этому методу измерительные трансформаторы моделируются с использованием их эквивалентных схем (ЭС). На основе всех измеренных и выявленных параметров ЭС рассчитываются необходимые значения ИТ, такие как точность, коэффициент трансформации и полярность.

Метод может использоваться как для калибровки, так и для диагностики оборудования, поскольку параметры ЭС обеспечивают точную информацию об устройстве и даже позволяют определить ключевую причину отказа.

Кроме того, благодаря точным и легковесным приборам такие испытания можно проводить как в лаборатории, так и на месте эксплуатации.



Испытания на основе моделирования

Точность (согласно стандартам IEC и IEEE)

Что можно протестировать?

- Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- ✓ Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

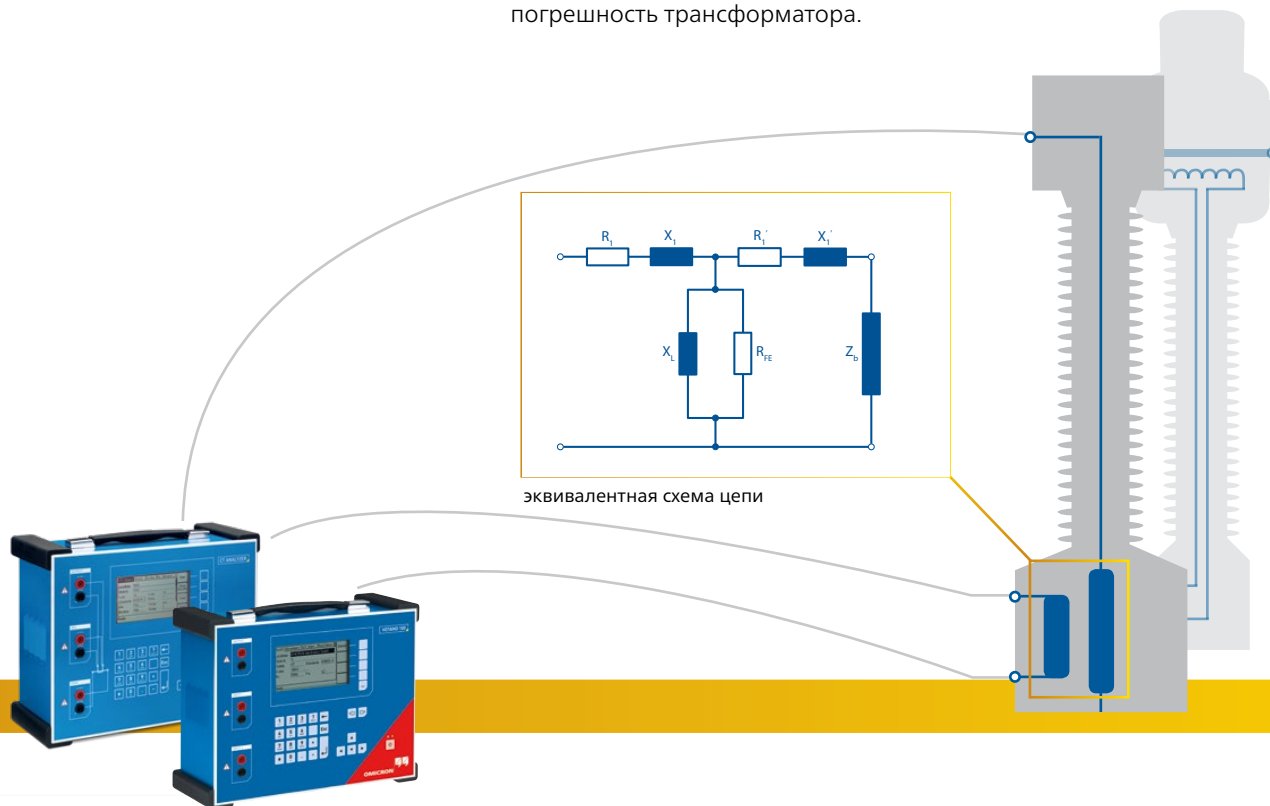
Зачем нужны измерения?

Измерения позволяют оценивать исправность измерительного трансформатора, как части надёжной, безопасной и экономически выгодной системы электроснабжения. Благодаря точной работе ИТ вторичные цепи подстанции обтекаются токами и напряжениями, пропорциональными первичным.

В индуктивных трансформаторах тока и напряжения (ТТ и ТН) и емкостных трансформаторах напряжения (ЕТН) могут со временем возникать отклонения от коэффициента трансформации и качания фазового угла. В ходе работы, под воздействием разных нагрузок, токов и напряжений, в ИТ могут измениться значения погрешности коэффициента трансформации и сдвига фаз, что повлияет на способность трансформатора выполнять свои функции согласно заявленной точности. Кроме того, такие дефекты, как КЗ в витках трансформаторов тока и пробой емкостных слоев в пакетном конденсаторе ЕТН, часто остаются незамеченными. Все это ведет к ошибкам показателей, финансовым убыткам, а иногда и к полному отказу оборудования. Измерение точности можно проводить на этапе производства, в испытательных лабораториях или на месте эксплуатации.

Как это работает?

Точность работы трансформатора (погрешность КТ и сдвиг фазы) определяется методом моделирования. Моделируется ИТ по его эквивалентной схеме с применением встроенных математических алгоритмов. Параметры цепи определяются по результатам полуавтоматических измерений на месте эксплуатации оборудования с подачей низковольтного напряжения. Затем, на основе измеренных параметров и с учетом режима нагрузки, рассчитывается погрешность трансформатора.



Познавательная информация

Только метод на основе моделирования позволяет учесть и смоделировать влияние различных нагрузок и рабочих диапазонов на точность работы трансформатора.

Измерение точности можнотакже выполнять с подачей первичныхсигналов с подключенной нагрузкой. В стандартных испытаниях используются ток и напряжение больших величин.

Измерения точности на основе моделирования могут применяться для дальнейшей диагностики трансформаторов, особенно ТТН. Помимо измерения погрешности КТ и фазового сдвига, испытание дает возможность определить параметры цепи. Проанализировав эти параметры, можно выявить основную причину снижения точности трансформатора.

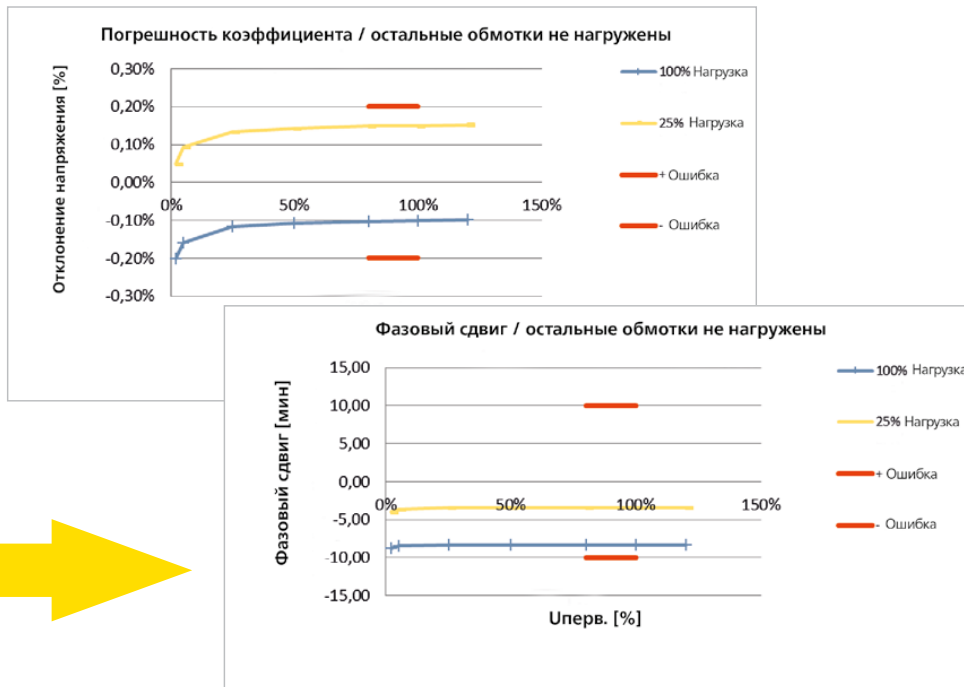
Поскольку метод предполагает использование тока и напряжения исключительно малых амплитуд, измерения можно проводить даже на этапе производства при отсутствии основной изоляции.

Пользователи могут переносить измеренные параметры ИТ в программ сетевого моделирования для учета реального поведения трансформаторов тока и напряжения.

Преимущества CT Analyzer и VOTANO 100

- > Результаты испытаний защитных и измерительных трансформаторов Вы получаете сразу на месте эксплуатации
- > Единственный существующий метод измерения с использованием сравнительно безопасных испытательных сигналов малой мощности
- > Испытательный комплект отличается компактностью, безопасностью и удобством использования и превосходит по этим параметрам все существующие традиционные установки
- > Быстрые измерения без эталонных объектов с помощью небольших установок
- > Возможность смоделировать различные режимы работы после измерений
- > При подключении дополнительных устройств можно выполнять измерения также на многодиапазонных ТТ и многоотпаечных ТН
- > Автоматическая оценка результатов со значениями, которые определены в выбранном стандарте: IEEE, ANSI или IEC

Погрешность коэффициента и фазовый сдвиг измерительного трансформатора



Коэффициент трансформации / погрешность коэффициента тр

Что можно протестировать?

- Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник
- ✓ Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- ✓ Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

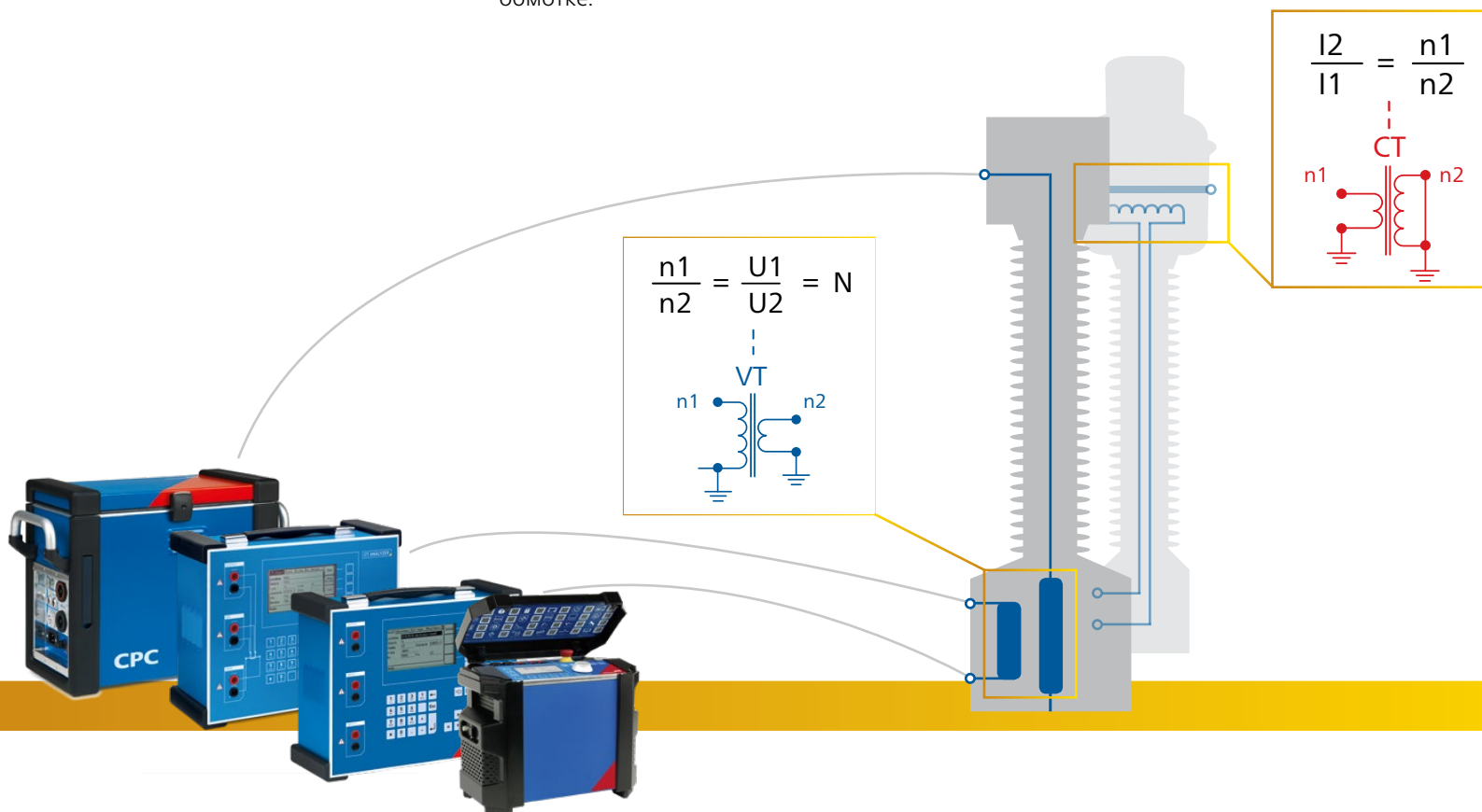
Зачем нужны измерения?

Измерение коэффициента трансформации (КТ) выполняется для функциональной проверки ИТ в процессе производства, во время заводских приемочных испытаний и пусконаладочных работ, а также оценки работы ИТ после повреждений в системе. Измеренный коэффициент трансформации ИТ сравнивается с данными в паспортной табличке и спецификациях, а также с результатами предыдущих измерений. Погрешность можно рассчитать для каждой контрольной точки. Отклонение от значений в спецификации может свидетельствовать о внутренних неполадках системы (например, обрыве цепи или наличии КЗ). Погрешность коэффициента трансформации может привести к сбоям в работе устройств защиты и неправильной оценке напряжения и тока в системе.

Как это работает?

Объектом испытания выступает ТТ или ТН с подключенной нагрузкой или без нее. Если к измерительному трансформатору не подключена нагрузка, вторичная обмотка ТТ должна быть замкнута, а вторичная обмотка ТН — разомкнута. Проверочный сигнал подается на высокую или низкую сторону. А измерения выполняются на другой стороне ИТ.

Метод подачи напряжения на вторичную обмотку подходит, помимо прочего, для измерения коэффициента трансформации по соотношению витков, погрешности КТ и полной погрешности. При этом измеряются вторичное напряжение, ток намагничивания и индуцированное напряжение на первичной обмотке.



ансформации

Познавательная информация

Проверка коэффициента трансформации является обычным функциональным испытанием и не может использоваться для определения точности по стандартам IEC/IEEE.

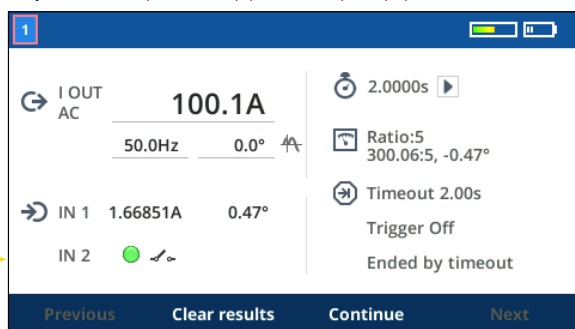
Для емкостных ТН стоит отдельно проводить измерения коэффициента емкостного делителя и коэффициента трансформации индуктивного промежуточного ТН. Это позволит точнее определить, где возникла неисправность: в емкостном делителе или в электромагнитной цепи.

Если результаты получились неоднозначными, рекомендуется выполнить дополнительные испытания измерительных трансформаторов по методу моделирования.

КТ трансформаторов тока также можно определить с помощью испытаний с подачей сигналов на вторичную обмотку. Для правильного расчета коэффициента трансформации по соотношению витков необходимо учитывать падение напряжения на сопротивлении вторичной обмотки.

Благодаря точным фазовым измерениям можно даже выявлять КЗ магнитной цепи (что особенно важно на этапе изготовления оборудования).

Результаты измерения коэффициента трансформации ТТ



Преимущества CPC 100

- > Подача проверочных сигналов мощностью до 2 кА и 12 кВ/15 кВ
- > Один испытательный комплект для подачи сигналов как на первичную обмотку (прямой метод испытания), так и на вторичную (непрямой метод)
- > Подходит для испытания нестандартных измерительных трансформаторов по стандарту IEC 61850

Преимущества CT Analyzer

- > Возможность измерения КТ и комплексная оценка точности
- > Восстановление параметров паспортной таблички, если эти данные неизвестны
- > Гарантированная безопасность испытаний благодаря применению низковольтных проверочных сигналов
- > Высокая точность измерений (0,05 %)

Преимущества VOTANO 100

- > Возможность измерения КТ и комплексная оценка точности
- > Возможность отдельно измерять коэффициент трансформации в емкостных и индуктивных ТН
- > Высокая точность измерений (погрешность 0,05–0,2 %)

Преимущества COMPANO 100

- > Позволяет определять коэффициент трансформации ТТ/ТН и одновременно выполнять проверку целостности электрической цепи и полярности, а также измерять параметры нагрузки
- > Частотно-избирательные измерения

Полярность

Что можно протестировать?

- Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- ✓ Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

Зачем нужны измерения?

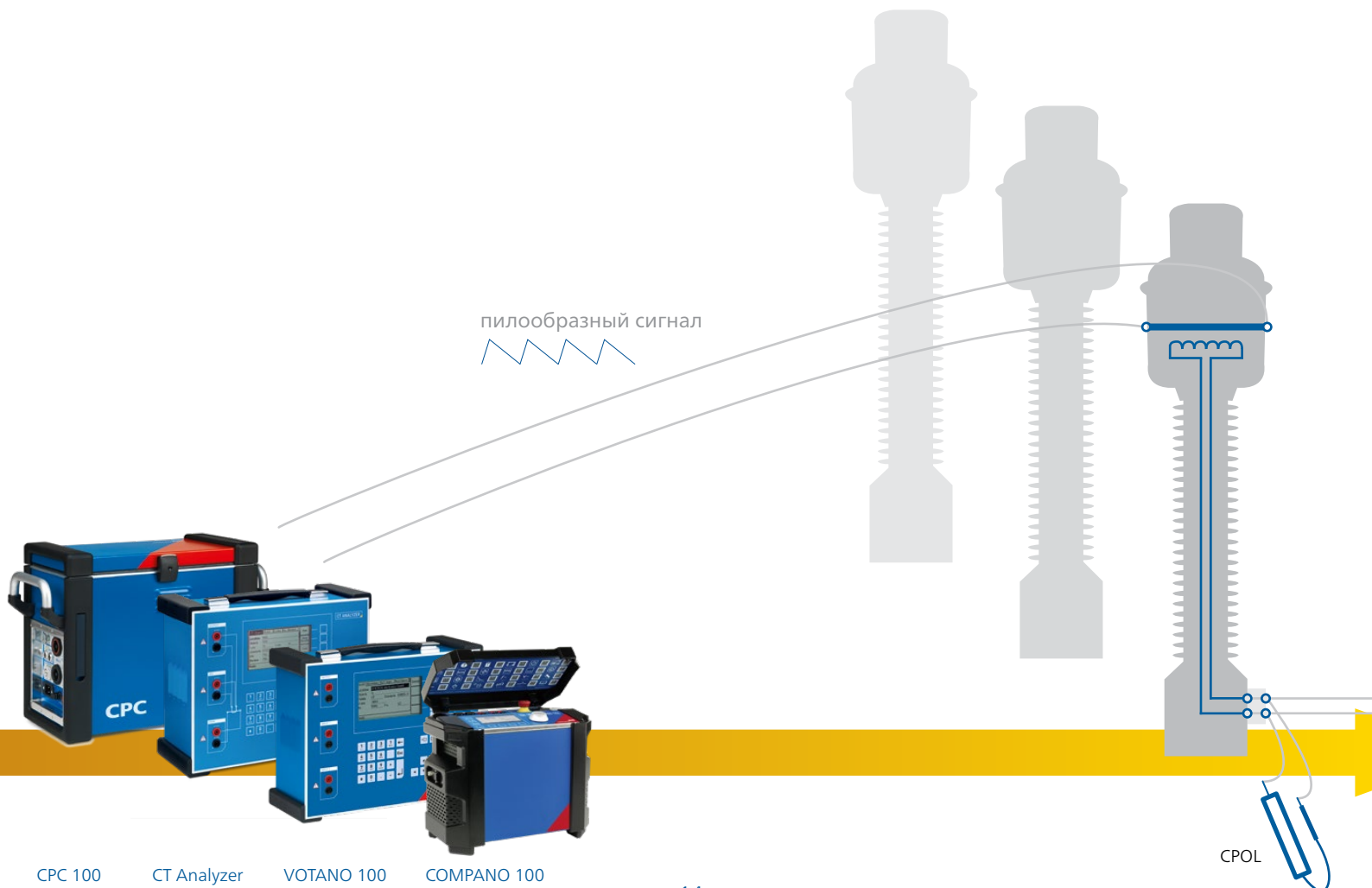
Проверка полярности позволяет убедиться, что полярность между первичной и вторичной обмотками ИТ правильна, а значит, и переток электроэнергии имеет правильное направление. Это необходимо для правильного функционирования подключенных устройств защиты. Селективность дистанционной и других защит можно обеспечить только при правильной полярности вторичных цепей. Эти испытания также дают возможность убедиться, что вторичные устройства надлежащим образом и с правильной полярностью подключены к ИТ.

Как это работает?

Существует два метода такой проверки:

Согласно первому, в систему подается пилообразный сигнал. Это может быть как сигнал тока, так и напряжения. Тестером полярности (CPOL) проверяется полярность поданного сигнала вдоль всей цепи — он точно показывает, правильна ли полярность. Таким образом можно проверить ИТ, подключенные кабели и клеммник.

При использовании второго метода на ИТ подается синусоидальное напряжение, на другой стороне измеряется сигнал, а затем сравниваются векторы напряжения/тока на первичной и вторичной сторонах.



Познавательная информация

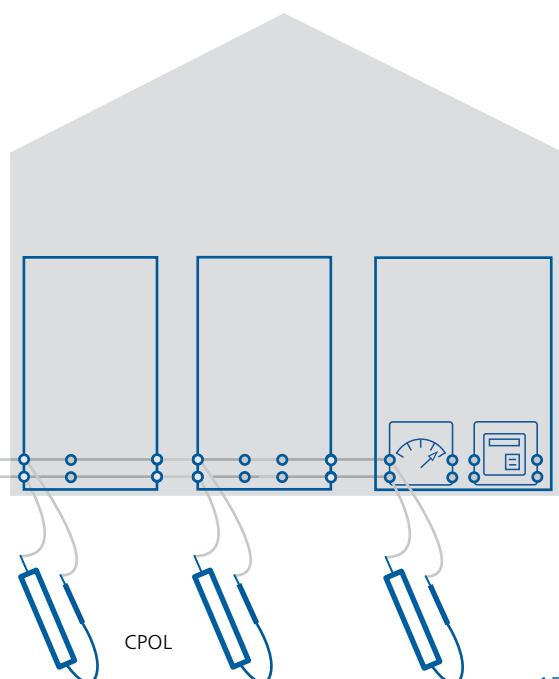
Проверку полярности рекомендуется включать в пусконаладочные испытания, чтобы верифицировать правильность подключений установленных ИТ и гарантировать их надлежащую работу.

При наличии в системе трансформаторов тока такая проверка позволяет убедиться, что эти ТТ правильно установлены и подключены.

Прежде полярность часто проверяли с помощью батарей и традиционных мультиметров. В ходе проверки происходило насыщение сердечника, после которого могло произойти неправильное срабатывание устройства защиты. При применении переменного ток или пилообразного сигнала насыщения сердечника не происходит.

При появлении короткого замыкания в цепях ТН он выйдет из строя, поскольку не предназначен для работы на короткое замыкание.

При разрыве вторичной цепи ТТ он также выйдет из строя, поскольку не предназначен для работы в условиях обрыва вторичной цепи.



Преимущества CPC 100

- > Проверка полярности по всей цепи включая ТТ, ТН и подключенные кабели
- > Использование простого в использовании портативного тестера полярности CPOLE
- > Возможность генерировать пилообразные сигналы мощностью до 2 кВ или 800 А
- > Подходит для испытания нестандартных измерительных трансформаторов по стандарту IEC 61850

Преимущества CT Analyzer

- > Определение полярности ТТ по сравнению векторов синусоидального напряжения
- > Дополнительное измерение таких важных параметров, как КТ и сдвиг фазы
- > Генерирование пилообразного сигнала для проверки вторичных цепей

Преимущества VOTANO 100

- > Измерение полярности ТН без тестера CPOLE с подачей синусоидального напряжения
- > Одновременное измерение коэффициента трансформации и полярности
- > Специальная установка для ТН

Преимущества COMPANO 100

- > Проверка полярности по всей цепи включая ТТ, ТН и соединительные кабели, а также проверка направленности реле
- > Для проверки используется несимметричный сигнал без постоянной составляющей тока и тестер полярности CPOLE

Характеристики намагничивания

Что можно протестировать?

- Изоляция
- ✓ Обмотки
- ✓ Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- ✓ Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

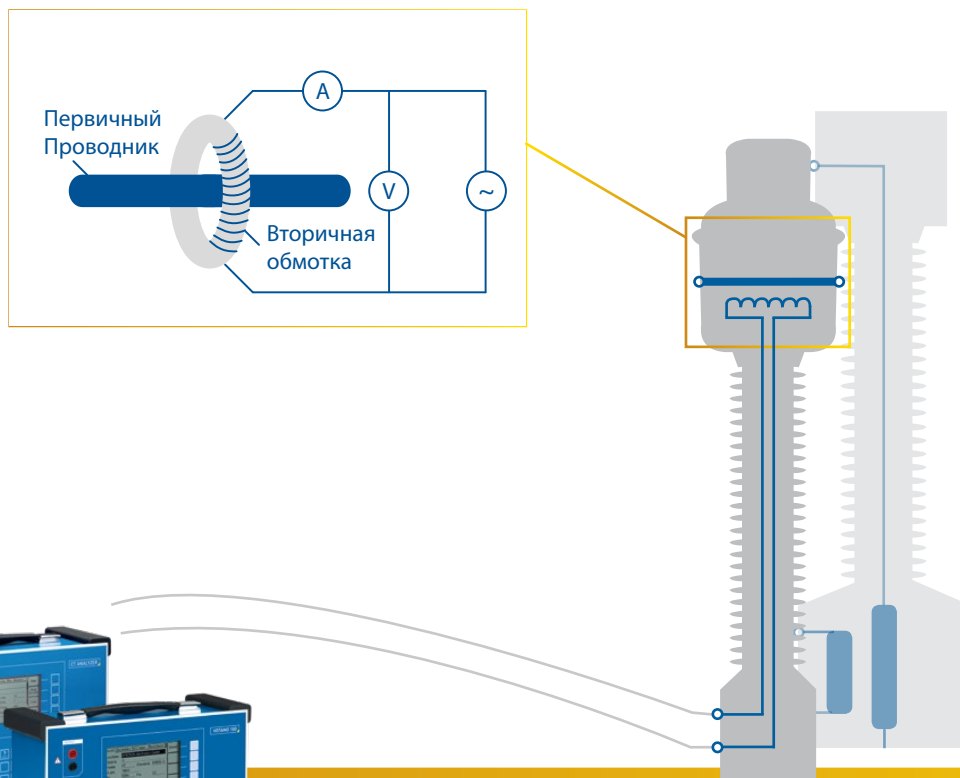
Зачем нужны измерения?

Ток намагничивания связан с погрешностью ИТ и является показателем его правильной работы. Напряжение в точке перегиба важно для правильного функционирования подключенного устройства защиты. При тестировании измерительных ТТ кривая намагничивания может использоваться для анализа предельной кратности тока. Параметры защитных ТТ по стандартам IEC и IEEE задаются с учетом характеристик намагничивания. Кривая намагничивания ТН может использоваться для анализа феррорезонансных процессов и моделирования сети и позволяет выявить короткозамкнутые витки и повреждения сердечников.

Как это работает?

Намагничивание измеряется непрямым способом — со вторичной стороны ИТ. На вторичные обмотки подается напряжение, а затем измеряется напряжение намагничивания. Испытание выполняется на номинальной частоте или переменной частоте, что позволяет сократить время испытания и измерить значения напряжения в точках перегиба напряжением до нескольких киловольт при низких значениях подаваемого напряжения.

После этого рассчитываются точки перегиба для ТТ по техническим характеристикам на базе стандартов IEC или IEEE.



CPC 100

CT Analyzer

VOTANO 100

Познавательная информация

Применяя различные методы испытания, мы разными способами получаем одни и те же данные.

Преимуществом измерений на переменной частоте является использование низковольтных проверочных сигналов, сокращение длительности испытаний и возможность тестировать ТТ со сравнительно высокими значениями напряжения в точках перегиба (до 40 кВ).

Очень важно размагничивать измерительные трансформаторы до и после испытания, чтобы остаточная индукция не нарушила их работу.

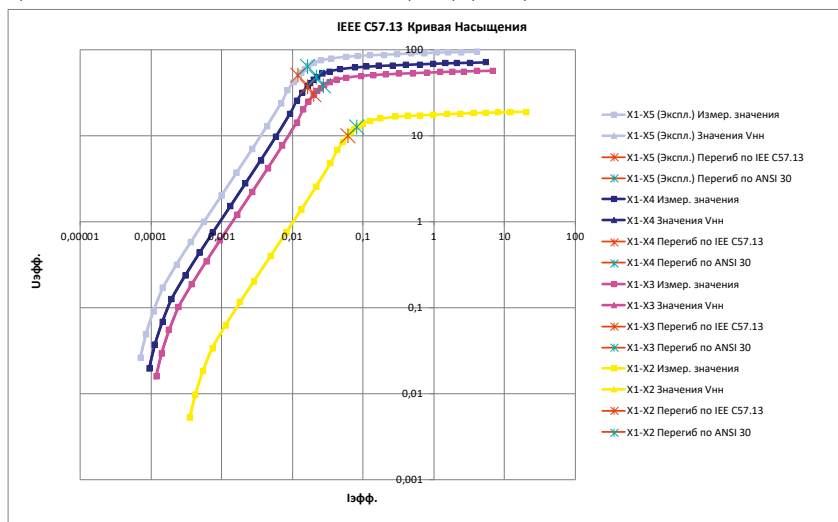
Преимущества CPC 100

- > Для испытаний можно использовать сравнительно высокие значения напряжения: от 0 до 2 кВ
- > Для построения трендов и анализа данных используется ПО Primary Test Manager
- > Измерения выполняются на переменной частоте в диапазоне от 15 до 400 Гц

Преимущества CT Analyzer и VOTANO 100

- > Безопасность благодаря сравнительно низкому испытательному напряжению (до 120 В)
- > Сокращение длительности испытания при использовании метода измерений на переменной частоте
- > Невосприимчивость к помехам от силовых линий под напряжением, расположенных рядом с местом измерения
- > Интеграция измерения намагничивания в комплексный рабочий процесс испытания ТТ
- > Возможность измерения точек перегиба с высоким напряжением (до 40 кВ) с использованием переменной частоты
- > Сравнение снятой кривой намагничивания непосредственно с эталонной кривой (построение трендов)

Кривые намагничивания многодиапазонного трансформатора тока



Сопротивление обмотки

Что можно протестировать?

- Изоляция
- ✓ Обмотки
- Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

Зачем нужны измерения?

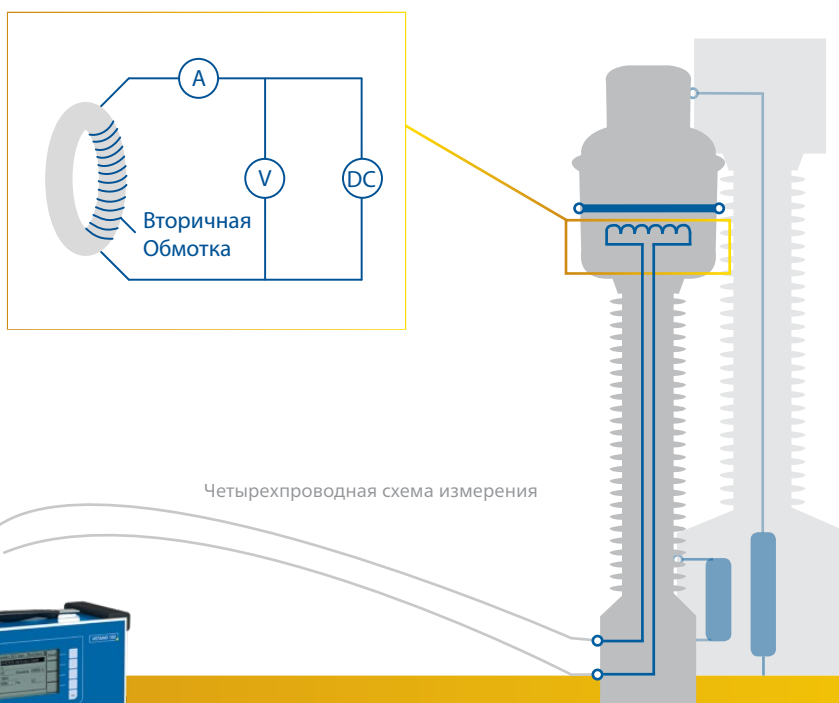
Эти измерения позволяют выявить возможное электрическое повреждение в обмотках или неисправные контакты. Уровень индукции в трансформаторах тока зависит от значения сопротивления вторичной обмотки. Для определения индукции используется показатель падения напряжения на сопротивлении вторичной обмотки, а также значение нагрузки. Если сопротивление вторичной обмотки отличается от заявленного в технических характеристиках из-за конструктивных дефектов, неправильного подключения или функциональных нарушений, индукция может быть слишком велика, а это может привести к перегреву или рабочим ограничениям.

Сопротивление вторичной обмотки влияет на предельную кратность тока и погрешность ТТ. Чем выше сопротивление, тем меньше кратность. Наличие КЗ в витках влияет на значение сопротивления обмотки и ставит под угрозу работу ИТ (обычно в трансформаторах напряжения). Обрывы цепи во вторичных обмотках ТТ очень опасны. Они могут привести к отказу трансформатора вследствие перегрева или повышения напряжения.

Как это работает?

На вторичную обмотку ИТ подается постоянный ток или напряжение постоянного тока. Для проверки целостности цепи стоит также измерить сопротивление первичной обмотки ТТ при наличии в ней нескольких витков.

После насыщения сердечника будет достигнуто стабильное значение для измеряемого тока. Сопротивление обмотки рассчитывается затем делением напряжения на ток.



CPC 100

CT Analyzer

VOTANO 100

Познавательная информация

Эти измерения позволяют проверить правильность установки трансформаторов тока, встроенных в силовое оборудование (например, трансформаторы или выключатели).

По некоторым стандартам сопротивление обмоток ТТ указывается в технических характеристиках.

При измерениях с подачей постоянного тока происходит насыщение сердечника, следовательно, после измерений сопротивления обмоток постоянному току необходимо обязательно размагнитить сердечник.

Во время намагничивания постоянным током невозможность достичь стабильных показателей сопротивления. Поэтому необходимо задать допустимое отклонение — $R_{откл}$. Если измеренное значение на протяжении некоторого времени находится в пределах заданного отклонения, его можно использовать для измерений (см. график ниже).

Преимущества CPC 100

- > Шаблон испытания встроен в многофункциональный испытательный комплект
- > Надежные результаты измерений с учетом влияния сердечника
- > Нечувствительность к внешнему шуму
- > Высокая точность измерений

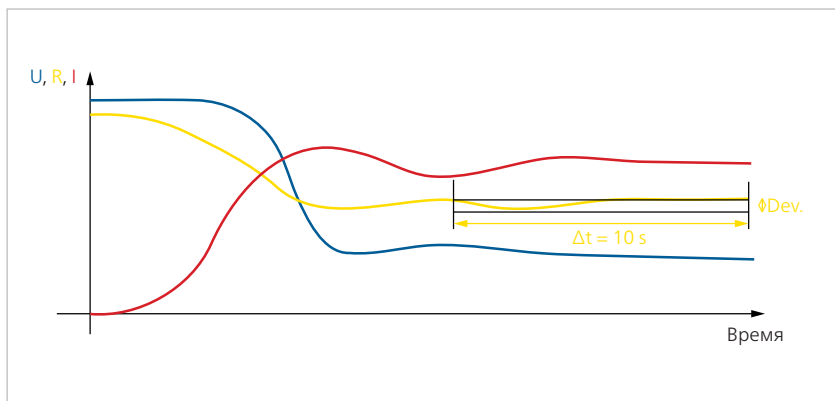
Преимущества CT Analyzer

- > Измерение можно интегрировать в комплексную процедуру испытания ТТ, которая, помимо прочего, включает верификацию точности, измерение намагничивания, расчет коэффициента безопасности прибора и т. д.
- > Высокая точность с типовой погрешностью 0,05 % + 1 мОм с разрешением 1 мОм

Преимущества VOTANO 100

- > Благодаря обязательным внешним подключениям и коммутатору VBO2 оператор может выполнять испытания, находясь в безопасной зоне. При этом не используются длинные кабели, которые могут снизить точность измерений.
- > Измерение интегрировано в процедуру стандартного тестирования трансформаторов напряжения

Изменение сопротивления обмотки во времени



Измерение нагрузки

Что можно протестировать?

- Изоляция
- Обмотки
- Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- Вся электромагнитная цепь
- ✓ Нагрузка

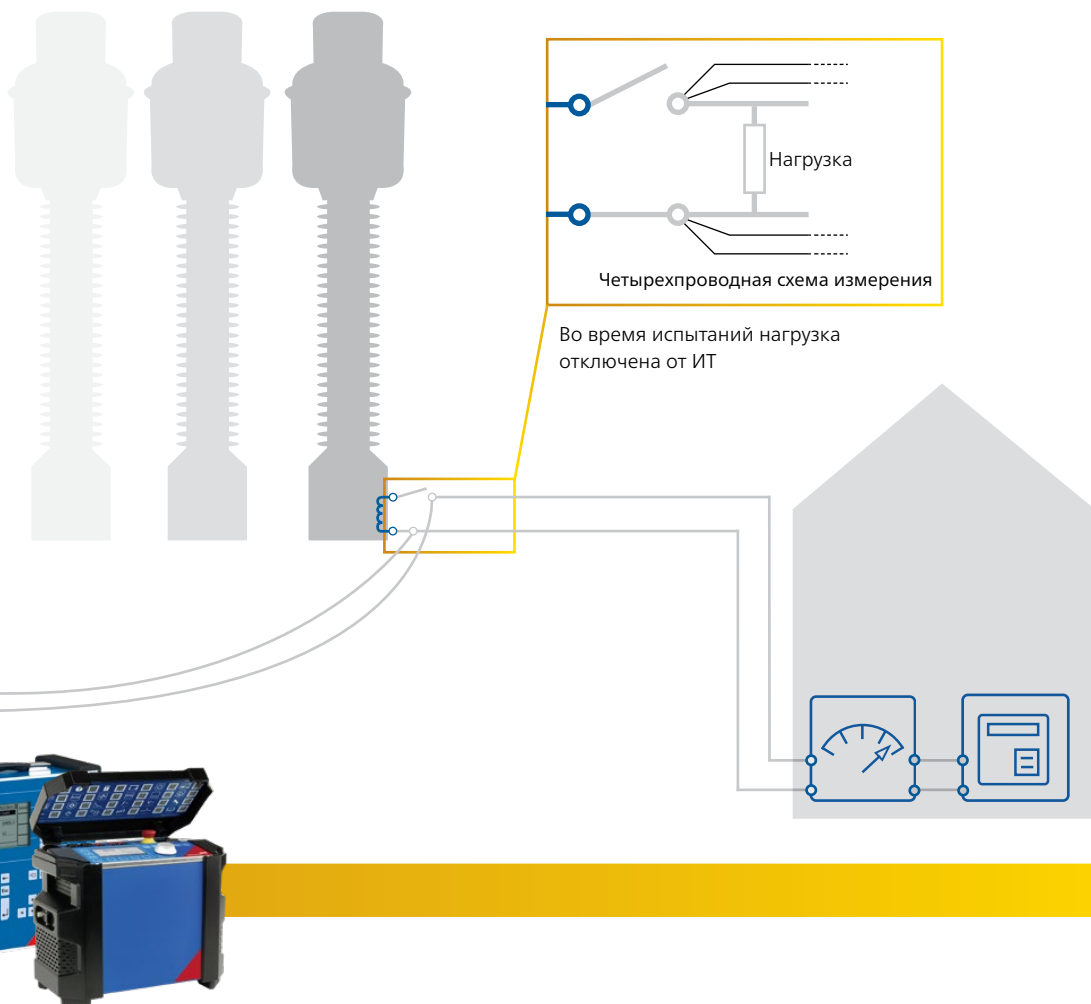
Зачем нужны измерения?

Поскольку подключенная нагрузка существенно влияет на работу ИТ, не зная ее параметров, невозможно обеспечить правильное функционирование трансформатора. Данное измерение позволяет определить влияние кабелей и подключений на полное сопротивление нагрузки. Поскольку именно от нагрузки во многом зависит точность ИТ, необходимо знать ее параметры. При этом рабочее значение не должно выходить за заданные пределы.

По результатам измерения нагрузки можно также определить наличие неправильных подключений или КЗ в соединениях, чтобы не допустить повреждения ТТ вследствие работы при обрыве цепи и избежать повреждения ТН при работе в условиях короткого замыкания.

Как это работает?

Нагрузка подключается к измерительному устройству вместо ИТ. Посредством комплексного измерения полного сопротивления (включая амплитуду и фазу) определяется рабочая нагрузка. Значение нагрузки отображается в вольт-амперах и в формате полного сопротивления. Номинальное значение в вольт-амперах всегда связано с номинальным значением вторичного напряжения или тока.



Познавательная информация

При изменении рабочей точки нагрузка ухудшает предельную кратность тока защитных ТТ из-за преждевременного насыщения сердечника. В случае измерительных ТТ неправильно заданная или неправильно подключенная нагрузка может вызвать повреждение подключенного счетчика из-за позднего насыщения сердечника.

Что касается трансформаторов напряжения, ток нагрузки и ток намагничивания могут привести к погрешностям в их работе. При этом влияние тока намагничивания обычно не столь велико и компенсируется еще на этапе производства, в то время как ток нагрузки играет решающую роль. Поэтому важно проверять значения рабочей нагрузки.

Если в соединениях возникли короткие замыкания (для ТН) или обрывы цепи (для ТТ), возможно повреждение ИТ.

Преимущества CPC 100

- > Многофункциональное использование для тестирования ТТ и ТН, а также нагрузок всевозможных типов и параметров
- > Погрешность измерения составляет 0,1 % от автоматически выбранного диапазона (0–0,3 / 3 / 30 / 300 В перем. тока)
- > Существующие данные измерений можно в любое время загрузить в измерительное устройство
- > Технические характеристики выходов дают возможность выполнять измерения с номинальными и повышенными значениями напряжения и тока

Преимущества CT Analyzer и VOTANO 100

- > Измерение нагрузки можно встроить в процедуру комплексного тестирования ИТ, включающую измерение всех значимых параметров согласно стандарту
- > Возможность выполнить повторный расчет и моделирование погрешности ИТ для разных нагрузок, а также первичных токов или напряжений
- > Существующие данные измерений можно в любое время загрузить в измерительное устройство

Преимущества COMPANO 100

- > Комбинированная процедура проверки подключений и измерений нагрузок
- > Небольшой вес и питание от батареи позволяют с легкостью переносить установку в нужное расположение

Влияние нагрузки на точность ТН

Мощность			Погрешность Ктн в % при % номинального напряжения				
ВА	cos Phi	Нагрузка в %	2%	5%	80%	100%	120%
15	0.8	100	0.088%	0.123%	0.177%	0.177%	0.176%
		3.75	25	0.033%	0.362%	0.415%	0.417%
15	0.8	100	4.825	4.287	3.180	3.186	3.245
		3.75	25	2.802	2.263	1.155	1.161
15	0.8	100	-0.57%	-0.54%	-0.482%	-0.481	-0.483%
		3.75	25	-0.33%	-0.30%	-0.246%	-0.245
15	0.8	100	2.320	1.7825	0.678	0.683	0.737
		3.75	25	0.302	-0.235	-1.340	-1.335

Влияние нагрузки на точность ТТ

мощность			Погрешность КТТ в % при % номинального тока							
ВА	cos Phi	Нагрузка в %	1 %	5 %	10 %	20 %	50 %	100 %	120 %	200 %
15	0.8	100	-0,023	-0,023	-0,021	-0,018	-0,013	-0,010	-0,009	-0,008
		25	-0,023	-0,023	-0,021	-0,018	-0,013	-0,010	-0,009	-0,008
7,5	0.8	100	-0,008	-0,010	-0,010	-0,008	-0,006	-0,004	-0,003	-0,002
		25	-0,008	-0,010	-0,010	-0,008	-0,006	-0,004	-0,003	-0,002
3,75	1	100	0,005	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
		25	0,005	0,001	0,000	-0,001	-0,000	0,000	0,001	0,001
0	1	100	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004
		25	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004

Анализ частичных разрядов

Что можно протестировать?

- ✓ Изоляция
- Обмотки
- Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

Зачем нужны измерения?

Частичные разряды (ЧР) могут повредить изоляцию измерительных трансформаторов. ЧР возникают при наличии полостей и пустот в бумажной, пропитанной смолой изоляции ИТ, а также при возникновении участков чрезмерного нагрева, при существовании неровностей поверхности или при попадании влаги в ИТ (при любом типе изоляции). Конструктивные дефекты также ведут к локальному повышению напряженности электрического поля и возрастанию активности ЧР. Это может стать причиной выхода ИТ из строя и привести к затратному простоям оборудования.

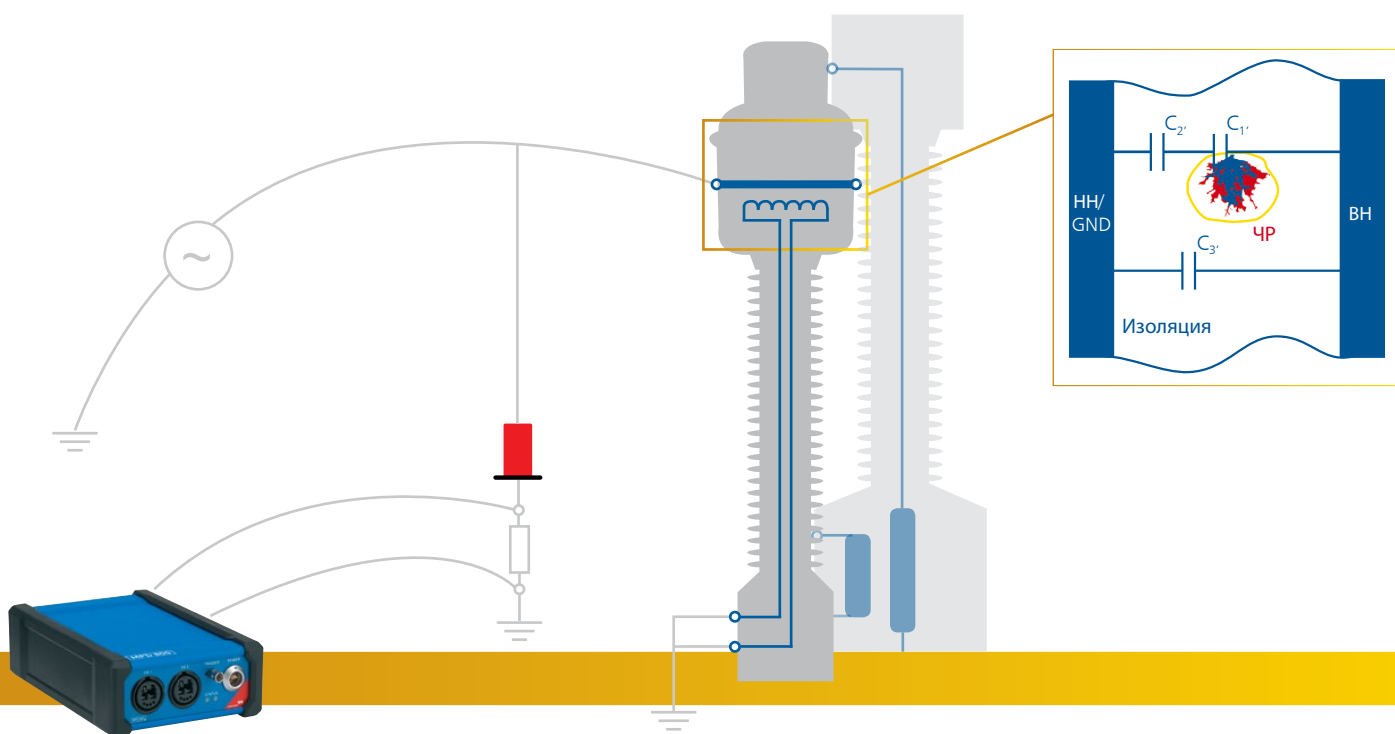
ЧР также возникают при старении, загрязнении или пробое материала изоляции между компонентами с разными электрическими потенциалами.

Измерение ЧР — это надежный неинвазивный метод диагностики состояния изоляции в ИТ. Его можно использовать как в лабораторных условиях (в ходе заводских приемочных испытаний), так и во время плановой диагностики на месте эксплуатации для выявления критических дефектов и оценки рисков повреждения.

Как это работает?

Методы измерения и анализа активности ЧР в ИТ зависят от типа трансформатора и применяемых стандартов. В зависимости от типа измерительного трансформатора система анализа ЧР подключается либо к конденсатору связи, либо к заземляющему контуру ИТ.

ЧР обычно измеряются в пикокулонах. Современные технологии подавления шумов позволяют выполнять измерения при наличии высокого уровня помех.



Познавательная информация

Частичные разряды (ЧР) представляют собой локальные электрические разряды, которые шунтируют только часть твердой или жидкой изоляции под воздействием высокого напряжения.

Испытательная цепь устанавливается так, чтобы шунтированная ёмкость перезаряжалась от конденсатора связи. В процессе передачи энергии можно измерить ток и соотнести его с уровнем разрядов.

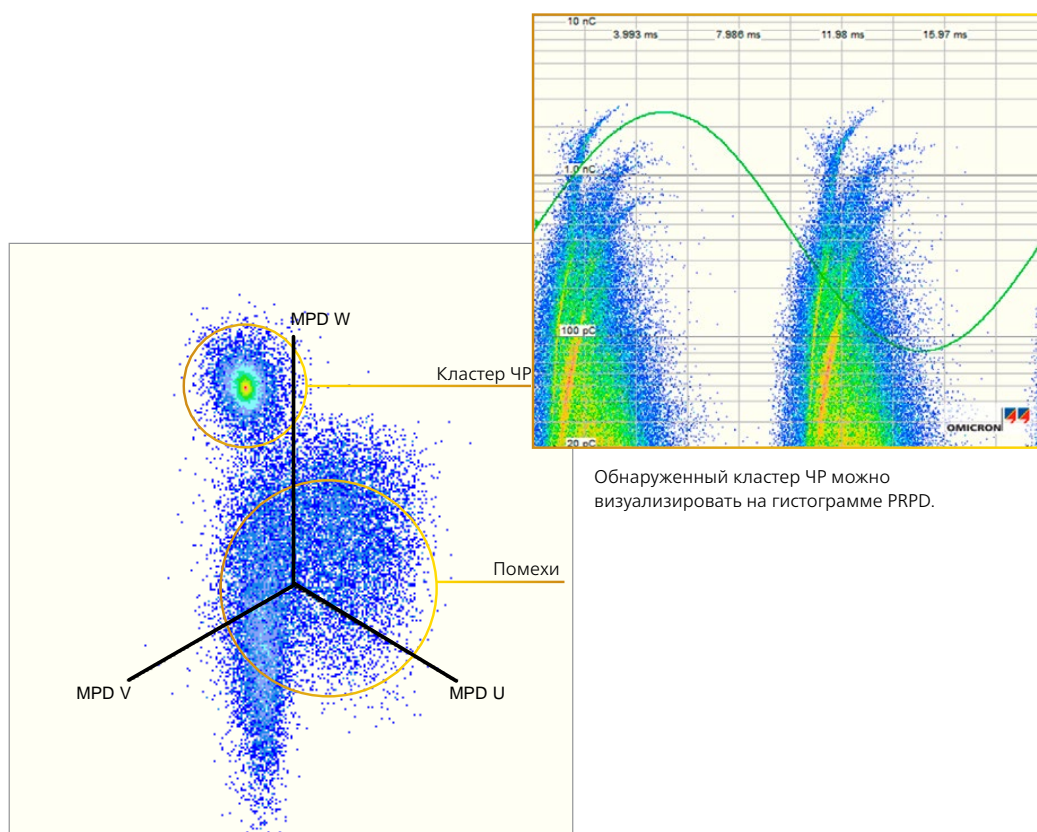
Благодаря анализу очагов возникновения можно разделить внутренние и внешние ЧР, а также отделить скользящие разряды и плавающий потенциал.

Мультиспектральный анализ частотных откликов ЧР, называемый ЗCFRD, позволяет разделять источники ЧР при использовании только одного измерительного канала.

Уравновешенный измерительный мост (МВВ1) обеспечивает возможность пофазного тестирования ЧР с помощью установок, использующих переменный либо постоянный ток, и может использоваться как в лабораторных условиях, так и на месте эксплуатации оборудования. Это особенно важно для измерений средах с высокой интерференцией.

Преимущества MPD 800

- > Измерения активности частичного разряда в соответствии со стандартом IEC на измерительных трансформаторах.
- > Гальваническая изоляция с помощью волоконно-оптических кабелей обеспечивает безопасную эксплуатацию.
- > Синхронные многоканальные измерения и стробирование ЧР.
- > Запись и воспроизведение потоков данных ЧР для последующего анализа.
- > Активное шумоподавление и методы стробирования обеспечивают оптимальную точность даже при высокой интенсивности помех.
- > Настраиваемое программное обеспечение позволяет выбирать только необходимые инструменты анализа ЧР.



Обнаруженный кластер ЧР можно визуализировать на гистограмме PRPD.

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

Анализ диэлектрического (частотного) отклика обмоток

Что можно протестировать?

- ✓ Изоляция
- Обмотки
- Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

Зачем нужны измерения?

Анализ диэлектрического (или, как еще говорят, диэлектрического частотного) отклика обмоток применяется на индуктивных ИТ с бумажно-масляной изоляцией для оценки содержания влаги в целлюлозной изоляции и, соответственно, определения ее состояния.

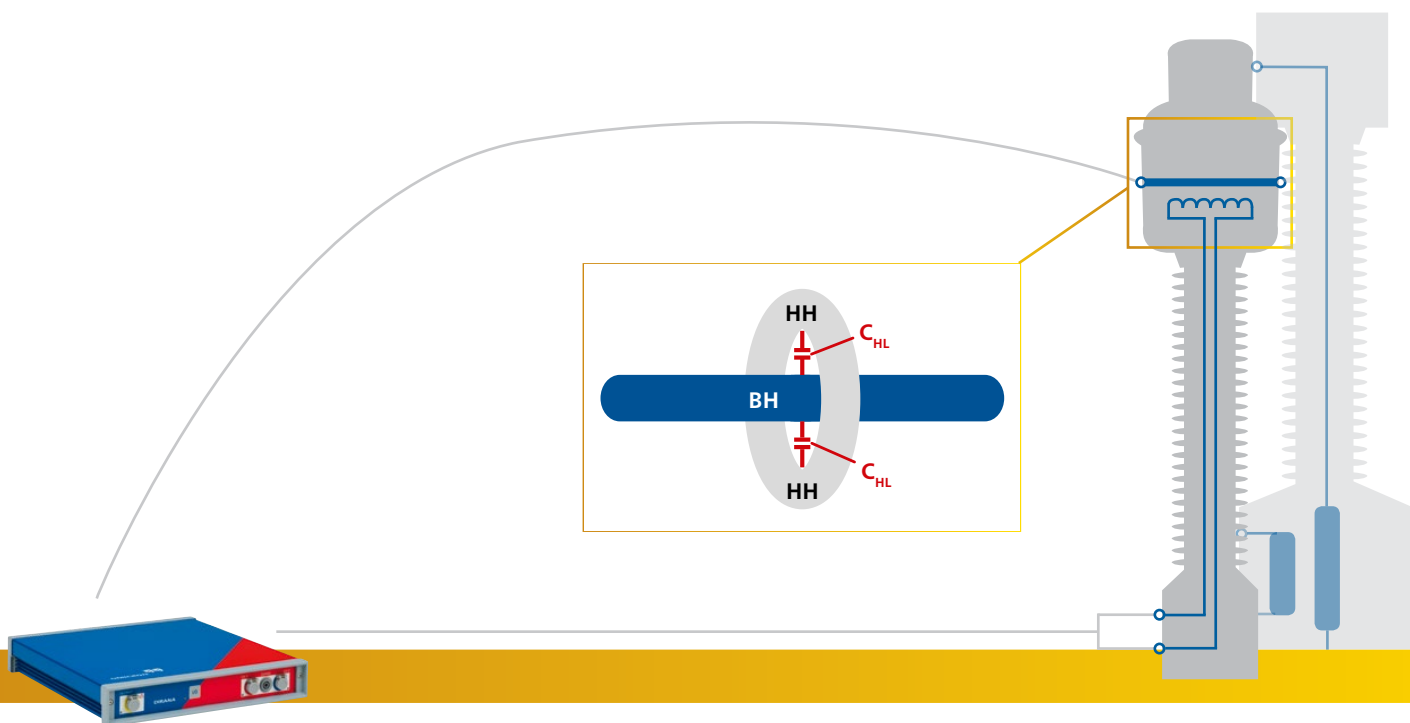
Причиной повышения влажности в бумажно-масляной изоляции ИТ может стать недостаточное просушивание на этапе производства либо наличие утечек. Избыточная влажность повышает вероятность пробоя масляной изоляции и увеличивает электрические потери.

В случае ИТ с бумажно-масляной изоляцией это может привести к короткому замыканию и полному отказу трансформатора. Поэтому так важно замерять содержание влаги в изоляции в ходе оценки ее состояния.

Как это работает?

На ТТ необходимые измерения можно выполнять в изоляции напрямую. На ТН невозможно получить доступ сразу ко всей массе основной изоляции, поскольку она представляет собой совокупность изоляций отдельных витков первичной обмотки. В этом случае измеряется диэлектрический отклик между первичной и вторичной обмотками, а также между первичной обмоткой и землей.

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



Познавательная информация

Других сравнительно точных неинвазивных методов измерения влажности в ИТ не существует.

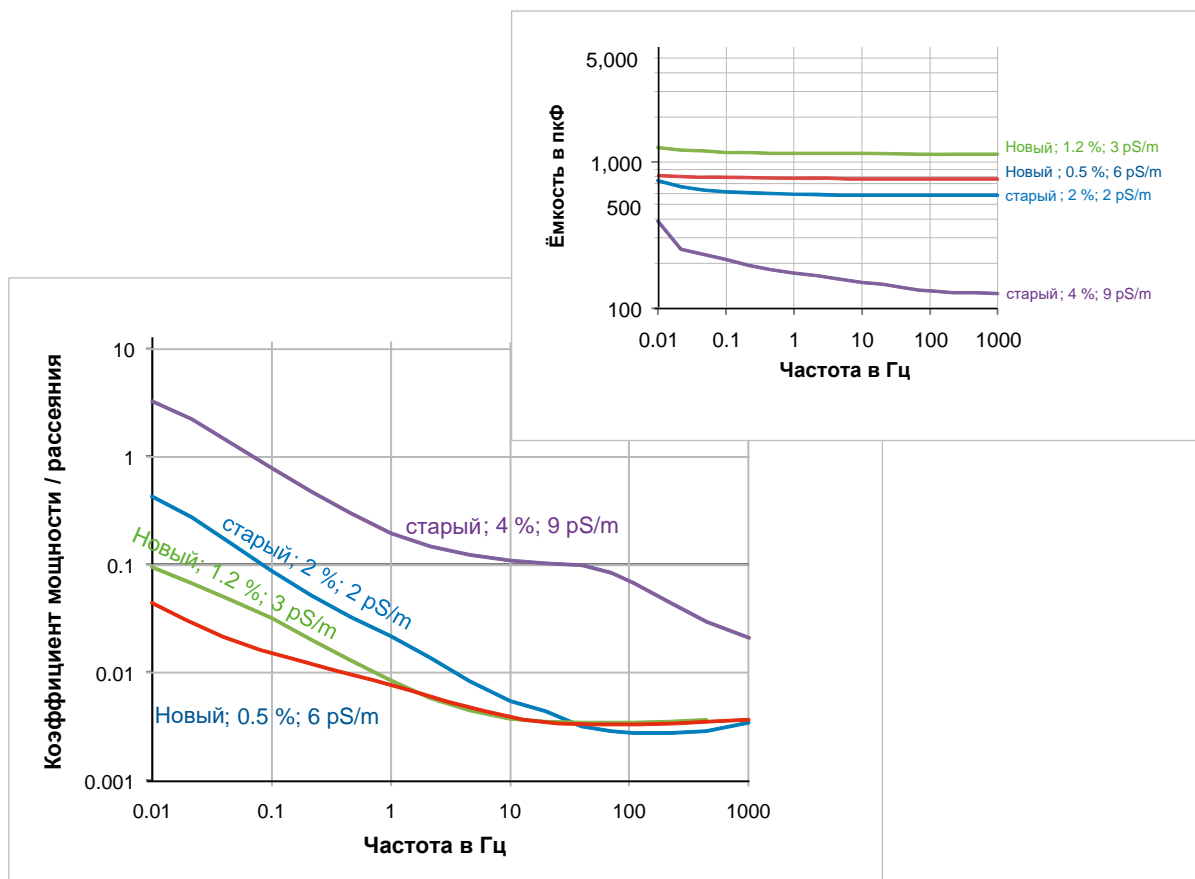
Содержание влаги измеряется напрямую в целлюлозе, а не выводится умозрительно по уровню влаги в масле. Поэтому метод может использоваться при любой температуре и нет необходимости ждать, пока уравнивается влажность бумаги и масла.

Чтобы еще больше повысить надежность результатов измерения, стоит выполнить несколько измерений на отдельных ИТ и дополнительно как можно больше измерений на аналогичных ИТ, а затем сравнить результаты.

Измерения емкости на разных частотах позволяет выявить износ изоляции. На новых ИТ значение емкости остается на одном уровне, а на старых снижается с повышением частоты.

Преимущества DIRANA

- > Надежное определение уровня влажности в измерительных трансформаторах
- > Сочетание нескольких методов измерения (FDS и PDC) позволяет значительно сократить длительность испытания
- > Широкий частотный диапазон (от 10 мкГц до 5 кГц)



Диэлектрический отклик и показатель емкости измерительных трансформаторов с разным периодом эксплуатации и разным состоянием

Измерение емкости и коэффициента мощности / тангенса угла

Что можно протестировать?

- ✓ Изоляция
- Обмотки
- Сердечник
- ✓ Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

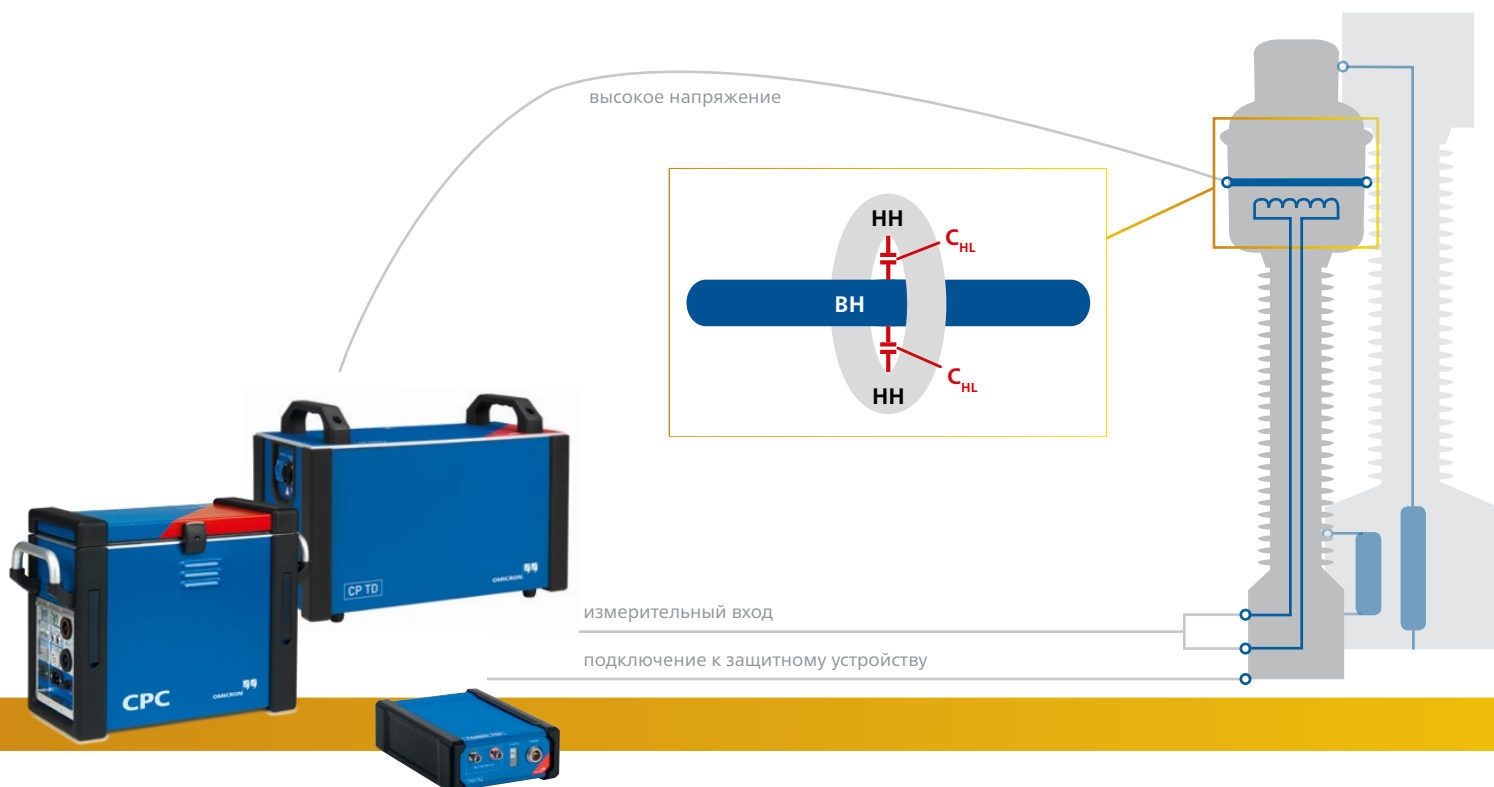
Зачем нужны измерения?

Измерение коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь (PF/DF) позволяет оценить состояние изоляции ИТ, от которого зависит надежность работы трансформатора.

Поступление воды повышает потери в диэлектрике, что может быть выявлено измерением коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь. В пакетном конденсаторе ЕТН такое измерение выявляет пробой емкостных слоев. Одной из наиболее распространенных причин неправильного функционирования измерительного трансформатора является повреждение в изоляции.

Как это работает?

Измерения выполняются на основной изоляции ИТ, которая доступна на участке между первичным и вторичным проводниками. Для ТТ обмотки закорачиваются, и на одну из них подается испытательное напряжение. При этом измеряется ток в изоляции противоположной обмотки. На ТН доступ к основной обмотке затруднен, поэтому диэлектрический отклик измеряется между первичной и вторичной обмотками либо между первичной обмоткой и землей.



диэлектрических потерь

Познавательная информация

Для более точной оценки полученные показатели стоит сравнить с результатами предыдущих испытаний, результатами измерений аналогичных ИТ и эталонными данными, указанными для испытуемого оборудования в соответствующих стандартах.

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

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.

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, не влага ли стала причиной высокого коэффициента мощности / тангенса угла диэлектрических потерь.

Преимущества системы CPC 100 + CP TD12/15

- > Общая оценка состояния различного оборудования на месте его эксплуатации или еще в процессе производства

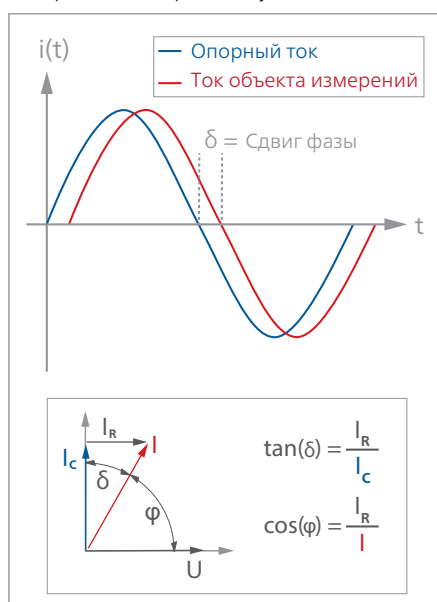
Преимущества системы CPC 80 + CP TD12/15

- > Узконаправленное измерение / тангенса угла диэлектрических потерь в различного оборудования на месте его эксплуатации или еще в процессе производства

Преимущества TANDO 700

- > Высоковольтные испытания в лабораторных условиях, например для контрольных и типовых испытаний или испытаний материалов различного оборудования

Потери в диэлектрике могут вызывать сдвиг по фазе



Предельная кратность тока (ΔLF) и напряжение на выводах (V_b)

Что можно протестировать?

- Изоляция
- ✓ Обмотки
- ✓ Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- ✓ Вся электромагнитная цепь
- ✓ Нагрузка

Зачем нужны измерения?

Ввиду нелинейности магнитного сердечника, точность ТТ во многом зависит от условий его работы. Когда вследствие насыщения сердечника его индуктивность снижается, то погрешность возрастает. Следовательно, в условиях перегрузки по току точность трансформатора снижена. По значениям предельной кратности тока (IEC) и напряжения на выводах (IEEE) можно определить, будет ли защитный ТТ замеры токи КЗ с достаточной точностью и с учетом указанной/подключенной нагрузки.

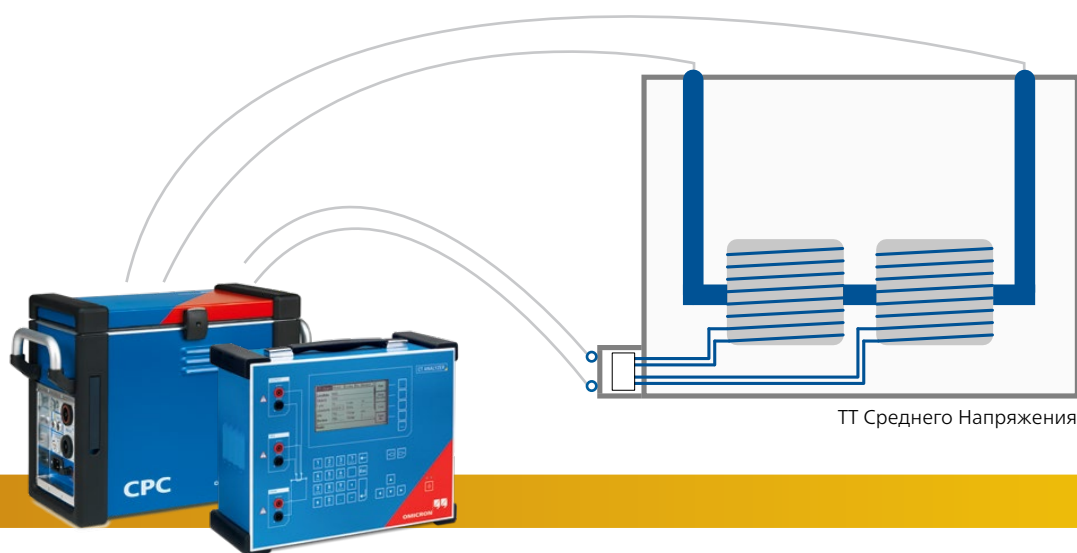
Предельная кратность тока описывается как наибольшая кратность рабочего тока к номинальному току, при которой полная погрешность не превышает заданные пределы. Напряжение на выводах (V_b) представляет собой напряжение при стандартной нагрузке при 20-кратном номинальном токе и полной погрешностью, не превышающей 10 %.

Как это работает?

При использовании непрямого метода по стандарту IEC выполняется прямое измерение сопротивления обмоток, нагрузки и кривой намагниченности. По этим данным на основе упрощенной эквивалентной схемы цепи можно рассчитать предельную кратность.

Чтобы проверить, отвечает ли ТТ класса «С» стандарта IEEE требованиям в отношении напряжения на выводах (например, 400 В), на основе кривой намагничивания и нагрузки рассчитывается поправка к коэффициенту трансформаторов тока (или полная погрешность) при 20-кратном значении номинального вторичного тока. Если поправка к коэффициенту трансформации ниже 10 %, работа ТТ удовлетворяет требованиям стандарта.

При прямом методе на первичную обмотку ТТ подается синусоидальный ток, равный первичному току предельной кратности. Вторичная обмотка подключена к номинальной нагрузке. При этом определяется точность ТТ.



Познавательная информация

Отношение номинального предельного первичного тока I_{PL} к номинальному первичному току I_{PR} называется Предельная Кратность Тока (ALF) для защитных ТТ и Коэффициент Безопасности (FS) для измерительных ТТ.

К измерительным и защитным трансформаторам выдвигаются разные требования. Измерительные ТТ работают в линейном диапазоне и должны насыщаться при перегрузке по току для защиты подключенных устройств. Защитные ТТ должны работать на линейном участке характеристики как при номинальном токе, так и при больших токах при большем насыщении.

Для определения напряжения на выводах V_b , если оно неизвестно, необходимо измерить напряжение на нагрузке, при котором погрешность составляет ровно 10%. Если полученное напряжение равно, допустим, 480 В, класс точности ТТ определяется как ТТ «С» 400.

Преимущества CPC 100

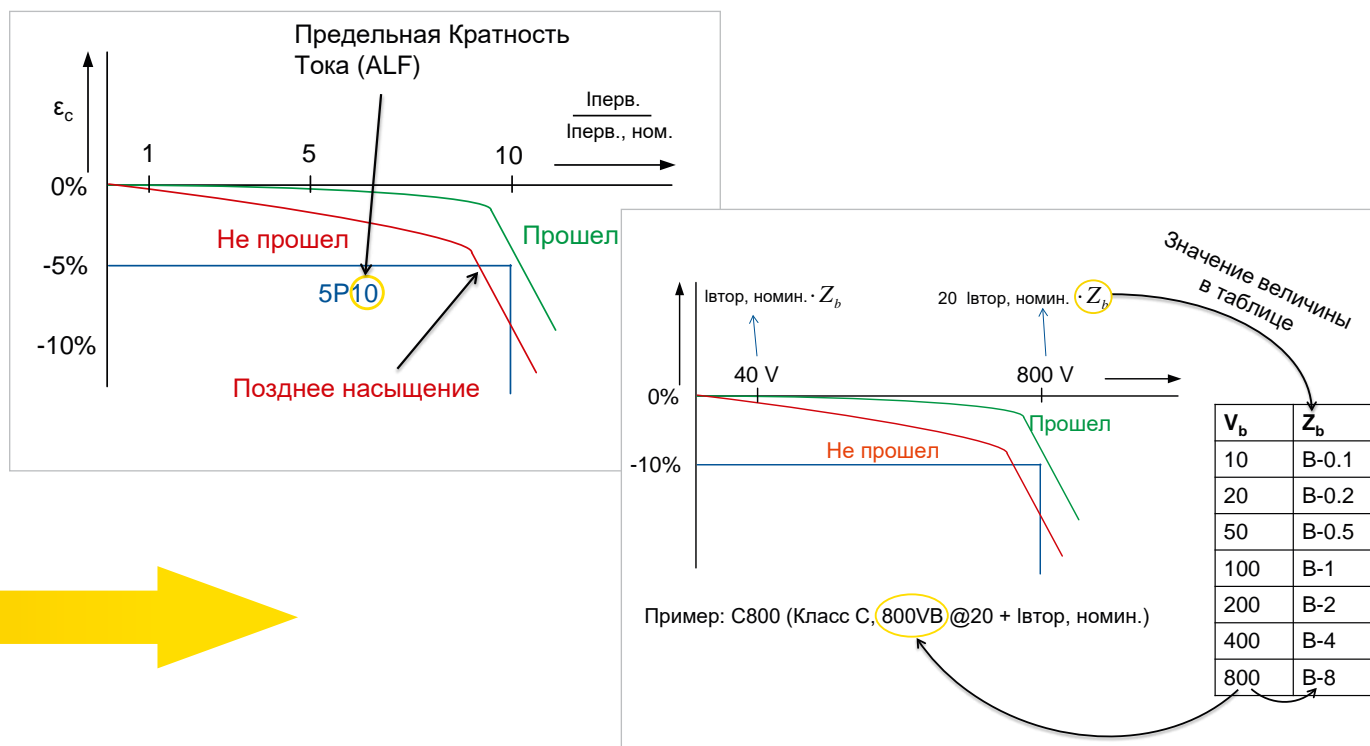
- > Комплект для испытаний с подачей сигналов на первичные обмотки ТТ
- > Шаблон ALF позволяет также рассчитывать предельную кратность тока (ALF) непрямым методом

Преимущества CT Analyzer

- > Оценка предельной кратности с помощью прямого метода (как описано в стандартах IEC 60044-1 и IEC 61869-2)
- > Измерение включено в комплексное испытание ТТ с применением низких напряжений
- > Определение предельной кратности тока прямым и непрямым методом
- > Оценка напряжения на выходах, если этот показатель неизвестен
- > Возможность оценить состояние ТТ согласно требованиям стандартов

Погрешность ТТ, связанная с первичным током:

для объяснения требований к показателям предельной кратности и напряжения на выводах



Измерение остаточной индукции

Что можно протестировать?

- Изоляция
- Обмотки
- ✓ Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

Зачем нужны измерения?

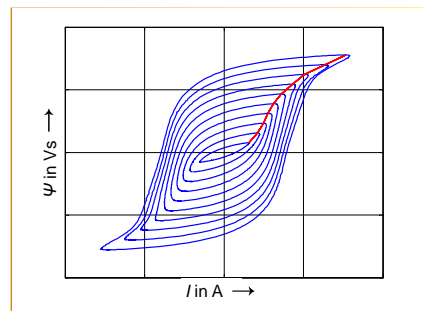
Измерение позволяет выявить остаточную намагниченность в магнитном сердечнике, появившуюся из-за воздействия токов КЗ, составляющих постоянного тока при переключениях, после удара молнии и после измерений с подачей постоянного тока.

Остаточная намагниченность в ТТ может вызвать сдвиг рабочей точки, что нарушит работу защитных реле или приведет к неправильной оценке токов в системе в целом.

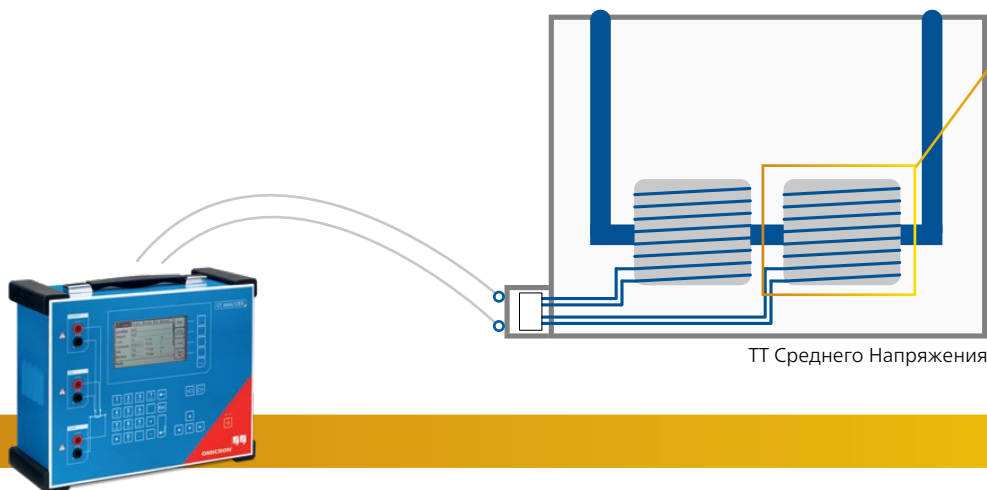
Измерение и анализ остаточной намагниченности необходимо проводить перед вводом ТТ в эксплуатацию (для обеспечения его надлежащего функционирования), после событий в системе или воздействия составляющих постоянного тока, а также после измерения сопротивления обмоток постоянному току.

Как это работает?

Программный инструмент определяет значение остаточной намагниченности в сердечнике ТТ. На вторичную обмотку подается напряжение постоянного тока изменяемой полярности для насыщения сердечника и определения насыщения. Теперь поток насыщения известен. Затем рассчитывается остаточный магнитный поток как разность начальной характеристики намагничивания и характеристики, полученной после нескольких циклов напряжения постоянного тока, когда система опять стала симметричной. По завершении измерения сердечник ТТ размагничивается.



Описание сердечника ТТ с помощью кривой гистерезиса



Познавательная информация

При возникновении короткого замыкания в системе устройства защиты, подключенные к ИТ, отключают поврежденные участки сети, чтобы не допустить более серьезных повреждений.

Однако иногда происходит неселективное срабатывание систем защиты при отсутствии фактического КЗ на защищаемом участке (т. н. излишнее отключение), которое нарушает нормальную работу электросети, снижая ее надежность и ухудшая селективность.

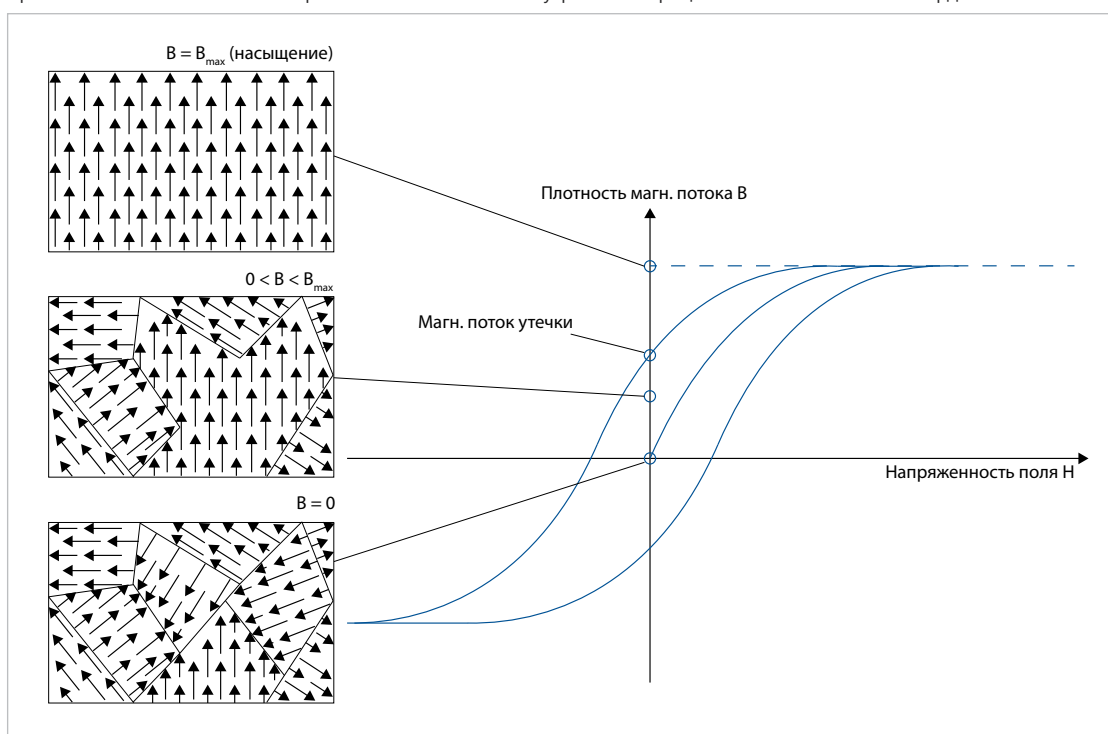
Остаточный магнитный поток снижает запас увеличения потока намагничивания в одном направлении и повышает вероятность насыщения сердечника при КЗ, поэтому важно знать о наличии такого потока в сердечнике ТТ.

Для предотвращения отрицательного воздействия остаточной намагниченности могут применяться сердечники увеличенного размера либо с воздушными зазорами в конструкции. Воздушные зазоры позволяют сгладить кривую гистерезиса: насыщение сердечника начинается при более высоком магнитном поле и уровень остаточной намагниченности снижается. Чем больше воздушные зазоры, тем меньше остаточная намагниченность. Лучше, если несколько таких зазоров будут расположены вокруг сердечника.

Преимущества CT Analyzer

- > Точное измерение коэффициента остаточной намагниченности и остаточного магнетизма
- > Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r и остаточного магнитного потока в одном автоматическом цикле испытания
- > Размагничивание сердечника ТТ после измерений позволяет быть уверенным в том, что в сердечнике нет остаточной индукции
- > Результаты за несколько секунд

Кривая намагничивания / гистерезиса в соответствии с внутренними процессами намагничивания сердечника



Параметры ТТ при переходных процессах

Что можно протестировать?

- Изоляция
- Обмотки
- ✓ Сердечник
- Емкостный делитель напряжения
- Компенсационный реактор
- ✓ Вся электромагнитная цепь
- Нагрузка

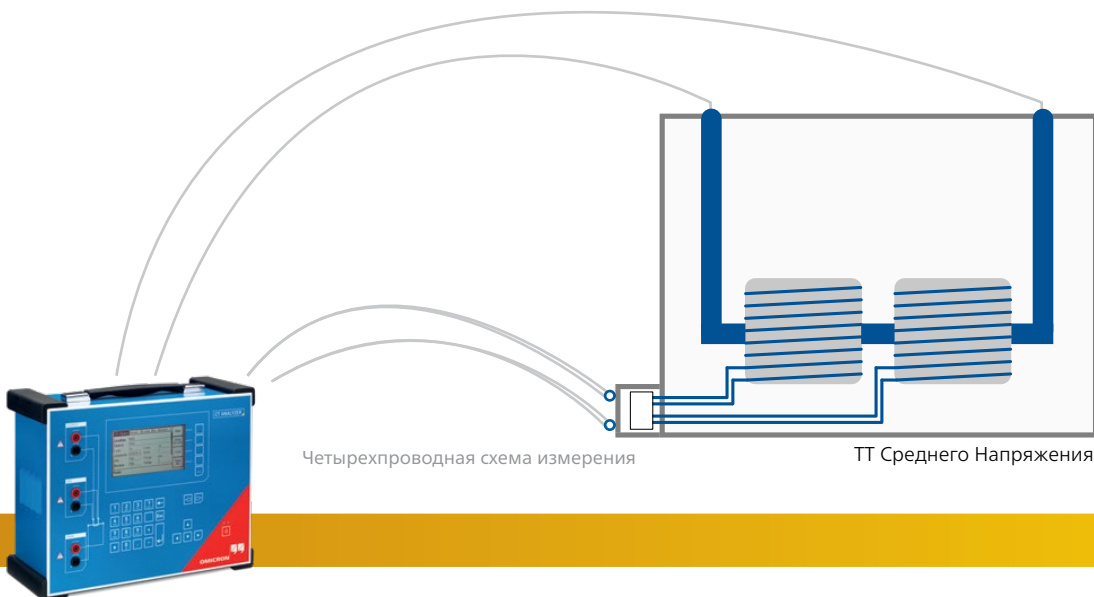
Зачем нужны измерения?

Трансформаторы тока работают в условиях симметричной нагрузки переменным током, однако под влиянием рабочей среды, а также в ходе эксплуатации или ремонта могут подвергаться воздействиям составляющих постоянного тока. Во время переходных событий, таких как короткие замыкания, АПВ или переключения, ТТ может подвергаться воздействию экспоненциально снижающейся составляющей постоянного тока. Это ведет к асимметричному намагничиванию и, как результат, к появлению остаточной индукции в сердечнике ТТ. Асимметричное намагничивание и остаточная индукция могут нарушить работу защитных устройств.

Сердечник защитного ТТ должен быть достаточных размеров чтобы обеспечить правильную работу как в нормальном режиме, так и при коротких замыканиях и даже при воздействии составляющих постоянного тока. Составляющие постоянного тока намагничивают и могут насыщать сердечник ТТ (это зависит от материала и конструкции сердечника). Это ведет к несимметричной работе. Чтобы описать поведение ТТ в таких условиях, определен целый ряд параметров. Ключевыми параметрами переходных процессов являются: K_{td} , t_{al} , K_{eff} , K_x , K_{ssc}

Как это работает?

Измерив параметры эквивалентной схемы ТТ, можно рассчитать параметры переходных процессов на основе входных значений и величины вторичной нагрузки.



Познавательная информация

Стандарт IEC определяет классы защитных ТТ. Для классов TRX, TPY и TPZ предусмотрены особые требования к работе в условиях переходных процессов. Постоянная составляющая не должна влиять на работу трансформаторов этих классов при коротком замыкании и в циклах АПВ.

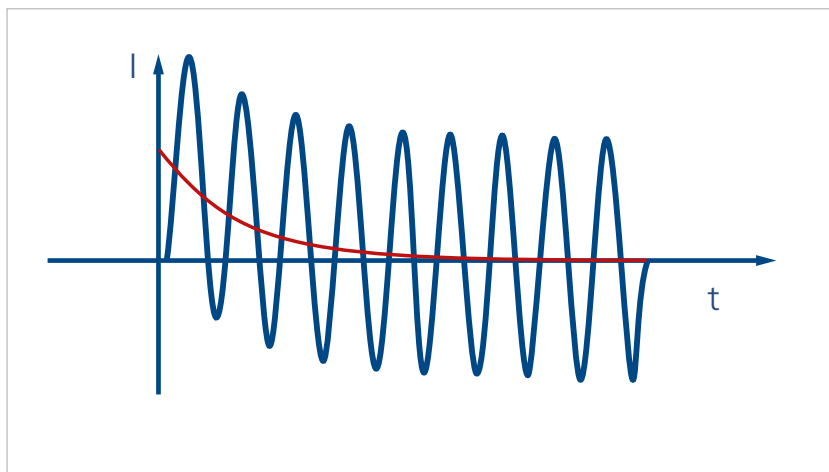
Этого можно достичь, увеличив размер сердечника ТТ, используя материалы с невысоким показателем магнитной индукции или предусмотрев воздушные зазоры в конструкции сердечника. Зазоры обеспечивают линейность работы. Компонент постоянного тока не может полностью трансформироваться и не вредит ТТ.

Для определения потока остаточной намагниченности в сердечнике ТТ выполняется ряд специальных измерений (см. разделы, посвященные потоку остаточной намагниченности). После каждого испытания ТТ, в особенности измерения сопротивления обмоток постоянному току, необходимо размагнитить сердечник.

Преимущества CT Analyzer

- > Определение параметров поведения ТТ при различных коротких замыканиях — в том числе, на самых ранних этапах производства трансформатора
- > Возможность определить, подходит ли ТТ для конкретной сети с определёнными расчетными токами КЗ
- > Возможность определить, подходит ли ТТ для конкретных рабочих нагрузок
- > Понимание поведения ТТ при переходных процессах для правильного задания параметров работы релейной защиты

Ток короткого замыкания со снижающейся составляющей постоянного тока (красная линия)



Мы предлагаем нашим клиентам только лучшее...

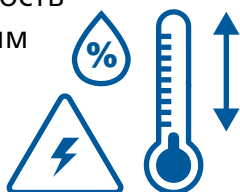
— Качество —

Обеспечение высоких стандартов безопасности



Максимальная надежность благодаря проведенным на протяжении

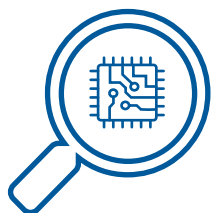
72



часов заводским испытаниям

100%

стандартных испытаний всех компонентов оборудования

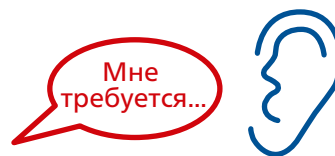


ISO 9001
TÜV & EMAS
ISO 14001
OHSAS 18001



Соответствие международным стандартам

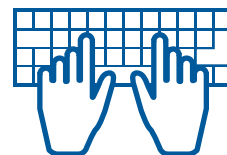
— Инновации —



... продукция, соответствующая моим требованиям

Более

200



разработчиков обеспечивают актуальность решений

Более

15%



годового дохода инвестируется в исследования и разработки

Экономия до

70%

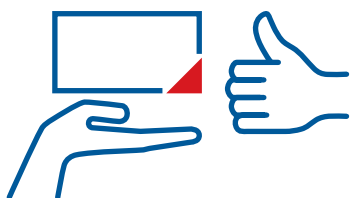


времени на испытания благодаря использованию шаблонов и автоматизации

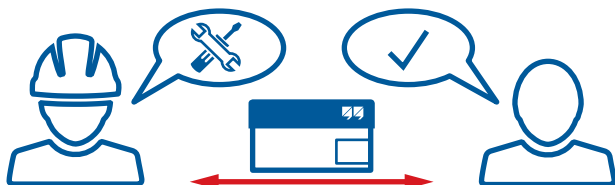
— Поддержка —

24/7

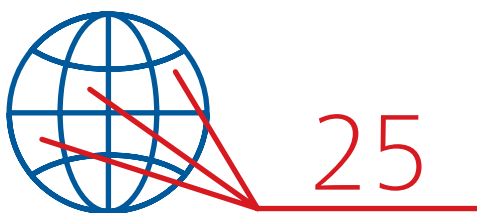
Круглосуточная профессиональная техподдержка



Аренда установок для сокращения времени простоя



Рентабельность и простота обслуживания/калибровки



представительства по всему миру

— Знания —

Более

300

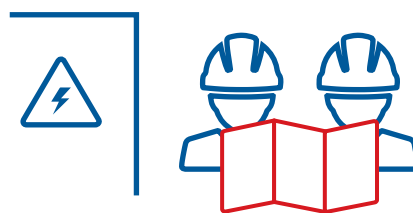


учебных курсов и множество практических тренингов на протяжении года

Проведение компанией OMICRON встреч пользователей, семинаров и конференций



к тысячам пособий и указаний по применению



Огромный опыт в сфере консалтинга, испытаний и диагностики

OMICRON — международная компания, видящая своей главной целью идею сделать системы электро-снабжения надежными и безопасными. Наши новаторские разработки созданы для решения сегодняшних и будущих вызовов в электроэнергетике. Мы всегда делаем ещё 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 удобных современных решений для испытания оборудования высокого и среднего напряжения, проверки устройств защиты, испытания цифровых подстанций и обеспечения кибербезопасности.

С момента основания в 1984 году компания OMICRON накопила значительный опыт в области электроэнергетики. Команда из более 900 специалистов в 25 офисах по всему миру обеспечивает поддержку наших продуктов в режиме «24/7» для клиентов из более чем 160 стран.

Более подробную информацию, дополнительную литературу и подробную контактную информацию наших региональных офисов по всему миру вы можете найти на нашем веб-сайте.

