

Ввод в эксплуатацию: испытания трансформаторов тока и напряжения

Трансформаторы тока и напряжения — жизненно важные компоненты системы защиты. Поэтому их следует рассматривать и испытывать как часть системы, а не как отдельные устройства.

Ввод в эксплуатацию — это отличная возможность убедиться, что трансформаторы тока и напряжения работают надлежащим образом. Единственная проблема заключается в том, что на это остается совсем мало времени. Поэтому нам нужно понять, как организовать качественное проведение испытаний трансформаторов и систем защиты в сжатые сроки. В настоящем документе изложены предложения относительно того, каким должен быть план испытаний при вводе в эксплуатацию либо обновлении системы защиты.

Кто определяет, что именно и каким образом следует испытывать?

Чтобы обеспечить надлежащий уровень качества и сопоставимости испытаний, оператор электрической установки должен задать объем и методику их проведения в руководящем документе. Контроль нужно будет осуществлять также в соответствии с этим документом. Если у оператора нет собственного руководящего документа, то за основу принимаются отраслевые документы, применимые в данном случае.

Отраслевые документы описывают применение систем защиты в электрических сетях и содержат рекомендации по организации испытаний трансформаторов при вводе их в эксплуатацию. Эти рекомендации предусматривают:

- сравнение данных, указанных на заводской табличке, с требуемыми значениями;
- проведение испытаний изоляции, которые должны подтвердить соответствие характеристик изоляции сердечников относительно земли и друг друга надлежащему уровню;
- проверку проводки и коэффициента трансформации отдельных сердечников трансформатора тока, в идеальном случае — испытанием трансформатора первичным током;
- проверку направления намотки (в случае, если ознакомиться с отчетом о заводских испытаниях, который предоставляет производитель трансформатора, не представляется возможным);
- измерение эксплуатационной нагрузки;
- измерение внутренней нагрузки (в случае, если она неизвестна).

Выполнение наладочных работ в рекомендуемом отраслевыми стандартами объеме обеспечивает в том числе и определенный уровень юридической защиты исполнителя в случае последующего выхода оборудования из строя.

Предлагаемая последовательность испытания трансформатора тока

Информация с заводской таблички важна, поскольку она служит для идентификации объекта испытания в протоколах. Неправильно установленные трансформаторы можно легко выявить, сверив данные с заводской таблички с электрическими схемами или чертежами электрической установки. При этом также можно удобно сравнить монтажную ориентацию трансформатора тока (направления P1 и P2) с однолинейной электрической схемой. Если требуется испытать трансформатор тока с несколькими коэффициентами трансформации первичной обмотки, то перед проведением любых измерений также следует проверить его конфигурацию.

На следующем этапе рекомендуется ввести ток с асимметричными величинами, например 100 мА, 200 мА или 300 мА, с помощью испытательного комплекта для проверки защиты (**рис. 1**), чтобы убедиться, что проводка от клеммной коробки трансформатора до защитного устройства

выполнена правильно. Эти значения можно проверить на дисплее или путем использования на устройстве датчика тока.

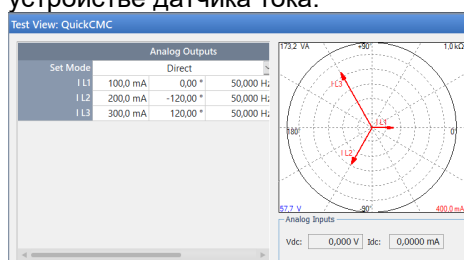


Рис. 1: подача асимметричных токов с QuickCMC.

Измерение параметров изоляции выполняется в соответствии с рекомендациями FNN. Сопротивление изоляции измеряют для каждого сердечника или линии с помощью тестера изоляции при напряжении 1000 В DC в течение максимум 10 секунд. Сопротивление изоляции сердечников измеряют относительно земли (для этого необходимо удалить заземление вторичной обмотки сердечников трансформатора), а также относительно друг друга. Кроме того, следует провести измерение в проводке вторичной цепи и убедиться, что сопротивление изоляции надлежащее. Удовлетворительной величиной сопротивления изоляции следует считать значение свыше 100 МОм. По окончании измерения сердечники и кабели могут накапливать заряд, поэтому их следует ненадолго заземлить. Проверку коэффициента трансформации, направления намотки, эксплуатационной и внутренней нагрузки можно выполнить, подав ток в первичную обмотку (например, с помощью установки OMICRON CPC 100) или вторичную цепь.

Испытание с подачей тока во вторичную цепь (например, с помощью OMICRON CT Analyzer) выполняется в два этапа. На первом этапе проводится измерение в сторону нагрузки вторичной цепи (рис. 2).

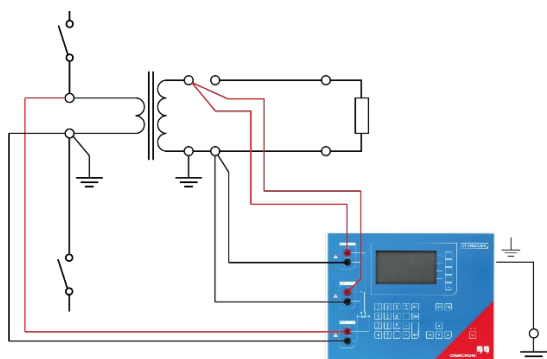


Рис. 2: There is a mistake in picture 2 схема подключения для измерения эксплуатационной нагрузки.

На втором этапе необходимо изменить схему подключения к трансформатору (рис. 3).

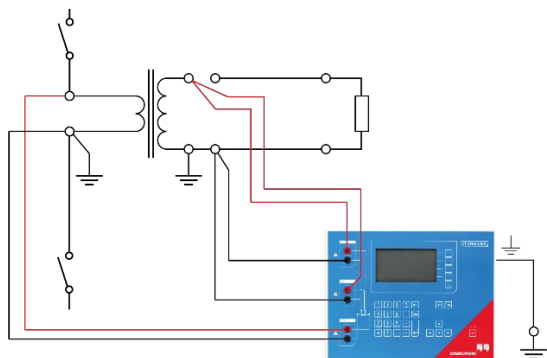



Рис. 3: схема подключения для измерения параметров трансформатора.

Использование устройства CT Analyzer позволяет сократить время тестирования каждого сердечника примерно до 5 минут. Другим преимуществом, которое обеспечивает CT Analyzer при выполнении этого испытания, является автоматическая оценка результатов в протоколе. Она предполагает, что все необходимые данные с заводской таблички введены в шаблон испытания CT Analyzer.

Оценка результатов испытания трансформатора тока

Оценка предусматривает сравнение измеренных значений со значениями, указанными в соответствующем стандарте. Исполнитель должен оценить результаты и сравнить их с аналогичными сердечниками другой фазы или другой ячейки. Измерение характеристики намагничивания — это простой способ убедиться в правильности выбора сердечника.

Company Name: OMICRON electronics Deutschland GmbH
 Company Address: OSEB2818552 20 31054 Erlangen
 Order Number: Marcus Stenner



Algemeine Informationen zur Prüfung Datum/Uhrzeit: 2017-07-05 09:22:34:36

Prüfung:	CT-Analyse	Struktur_Serial:	LFF97J			
Bezeichnungen:						
Verwendete Profilstellungen:						
Typ:	280 VA	Spanne:		Objekt:		
Typ:	140 VA	Prüf:		Hersteller:	Siemens	
Benennung:	TE 2 VA 7 C 3	Land:		Typ:	4AM62	
Benennung:	3.5 VA 7 C 3	Wago:		Benennung:	848861	
Angebote Norm:	IEC 60044-1	Abwieg/Fakt:		Kern-Nummer:	Schutzker	
Leistung: 35 VA	5	Phase:	L1	Anschluß:	VA	
Phase:	5F	IEC-ID:		Optionen:		
ALC:	100	IE				
ALC:	80 VA	IEC	3.303 W			
Widerstandsprüfung:	Widerstand:	Bürdeprüfung:	Bürde:	cos φ:	IE:	
Widerstand:	1.9368 Ω	Bürde:	0.0 VA	cos φ:	0.97	
Widerstand:	2.3026 Ω	Umess:	0.2134 V	Imess:	0.9999 VA	
Magnetisierungsprüfung:	U _{sat} :	I _{sat} :	Ergebnis mit Bemessungsbürde:	Ergebnis mit Bemessungsbürde:		
U _{sat} :	143.246 V	I _{sat} :	0.009872 A			
U _{sat} :	80 VA	I _{sat} :	0.009872 A			
U _{sat} :	0.00302694 H	U _{sat} :	64.1254 W	TE:		
U _{sat} :	92.97 %	TE:	3.784	TE:		
Übersetzungsprüfung:	Übersetzungs:	U ₁ :	U ₂ :	U ₁ /U ₂ :	U ₁ /U ₂ :	U ₁ /U ₂ :
Übersetzungs:	280 VA	U ₁ :	1.20247 V	U ₂ :	0.2412 V	U ₁ /U ₂ :
Übersetzungs:		U ₁ :		U ₂ :	0.94	U ₁ /U ₂ :
Übersetzungs:		U ₁ :		U ₂ :	0.94	U ₁ /U ₂ :

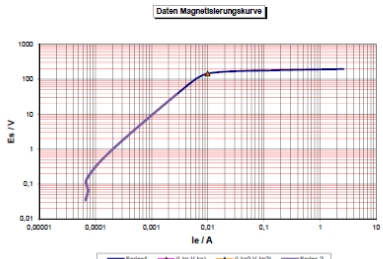


Рис. 4: пример протокола испытаний.



Рис. 5: комплект CT Analyzer для измерений в полевых условиях.

Окончательные проверки по завершении испытания

По окончании испытания необходимо снова подключить все заземления и замкнуть электрические цепи. Для проверки нужно еще раз подать в первичную цепь ток примерно 50 % от номинального значения, и с помощью дисплея проконтролировать измеренные значения для каждого установленного устройства. При использовании тестера полярности и подачи пилообразного сигнала от той же испытательной установки можно легко обнаружить любую неисправность проводки до устройства РЗА. Использование пилообразного сигнала выгодно отличается от традиционного метода с использованием аккумулятора тем, что не вызывает насыщения трансформатора тока.

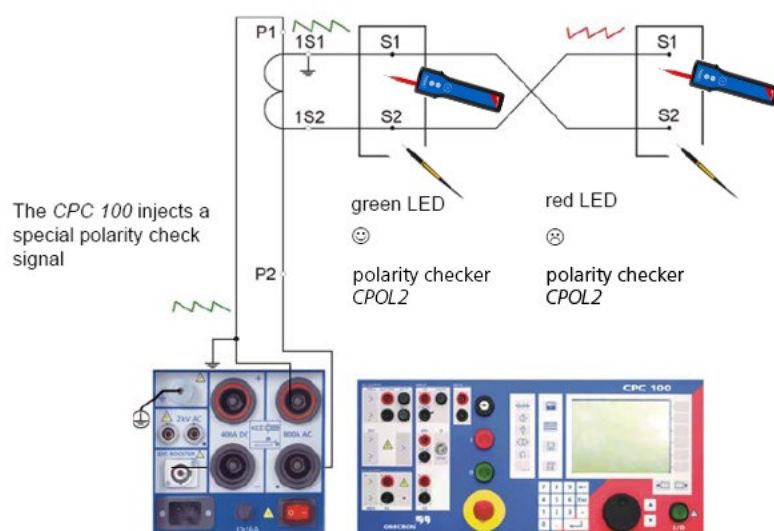


Рис. 6: тестирование проводки с CPOL2.

Автоматически создаваемые протоколы позволяют упростить оценку и документирование испытаний, а также значительно сэкономить время.

Чаще всего возникают следующие неполадки:

- неполадки с проводкой (перекрещивание фаз);
- многократное заземление электрических цепей;
- нарушения изоляции из-за неправильной прокладки кабелей (разрезы отдельных жил);
- перегрузка схем защиты;
- неправильная ориентация трансформатора тока или отдельных сердечников трансформатора при монтаже;
- подключение измерительных приборов к защитным сердечникам трансформатора и наоборот.

Предварительный обзор: новые типы трансформаторов

Появление трансформаторов нетрадиционной конструкции, именуемых также оптическими трансформаторами, получение измеренных значений от обычных трансформаторов с применением объединительных устройств и распределение измеренных цифровых значений по технологическим шинам привели к изменению методов испытания трансформаторов тока. Многие из упомянутых выше испытаний стало невозможно провести.

Трансформаторы тока можно испытать только путем подачи тока в первичную обмотку, поскольку такие трансформаторы выдают лишь цифровые (sampled values), а не вторичные аналоговые значения. CPC 100 позволяет выдавать ток в первичную цепь и считывать поток выборочных значений непосредственно в испытательной установке через интерфейс Ethernet. Это позволяет измерить коэффициент трансформации, полярность и угловую погрешность оптического трансформатора.

На **рис. 7** показано проведение испытания, при котором испытательный ток от CPC 100 проходит через трансформаторы традиционной и нетрадиционной конструкции. Чтобы убедиться в том, что все выборочные значения в технологической шине были настроены правильно, мы записали и сравнили потоки выборочных значений для обоих трансформаторов с помощью устройства DANEO 400. Сравнение показало, что результирующие формы сигналов трансформаторов нетрадиционной и обычной конструкции были одинаковыми и по амплитуде, и по фазе. Однако при рассмотрении гармонических составляющих различия, напротив, стали очевидными.



Рис. 7: испытание с применением устройства CPC 100, при котором испытательный ток проходит через трансформаторы традиционной и нетрадиционной конструкций.

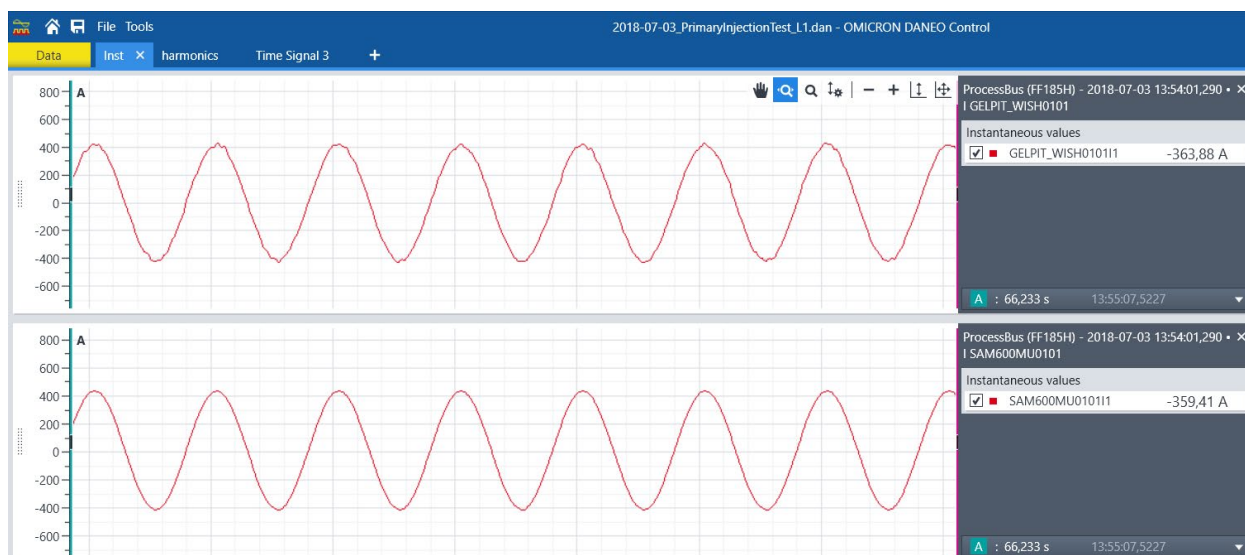


Рис. 8: сравнение сигналов с помощью установки OMICRON DANEO 400.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный выше план испытания показывает, что надлежащее качество проведения и документирования испытаний можно обеспечить в сжатые сроки. Дополнительные затраты, связанные с формированием окончательной документации, также можно сократить с помощью предварительно созданного шаблона протокола.

Этот план испытания содержит рекомендации и является приглашением к обсуждению альтернативных предложений. Если у вас появятся какие-либо вопросы, комментарии или предложения, мы будем рады их обсудить.

Об авторе



Маркус Штеннер (Marcus Stenner) прошел обучение по специальности техника электрических установок в компании Miele. Завершив обучение в 1999 году, он продолжил изучать энергетику в Билефельдском университете прикладных наук. Завершив учебу в 2004 году, он поступил на работу в компанию OMICRON, где первоначально отвечал за ввод в эксплуатацию и испытания распределительных устройств. После недолгого обучения, связанного с конкретными продуктами, в 2010 году он возглавил группу по измерениям, испытаниям, вводу в эксплуатацию и технической поддержке клиентов. Контактная информация: marcus.stenner@omicronenergy.com