

 	Методика	Стр. 18
	<b>Измерения частичных разрядов переносным устройством Pry-Cam Portable</b>	00 6 марта 2014 г.
	R. Candela, A. Di Stefano, M. Valentini	

# Измерения частичных разрядов переносным устройством Pry-Cam™ Portable

## ИСТОРИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

ИЗМ.	ДАТА	ПРИМЕЧАНИЯ
0	6 марта 2014 г.	Первое изменение

## Содержание

1. Введение .....	3
2. Переносное устройство Pry-Cam™ Portable производства Prysmian .....	3
2.1 Представление технологии Pry-Cam™ .....	3
2.2 Описание переносного устройства Pry-Cam™ Portable .....	3
2.3 Технические характеристики аппаратных средств .....	4
3. Измерительные цепи Pry-Cam .....	5
4. Объем измерений и основные требования.....	5
5. Методика измерений .....	6
5.1 Методика калибровки.....	7
5.2 Внешние выводы.....	8
5.3 Выводы КРУЭ.....	10
5.4 Кабельные муфты .....	12
5.5 Кабели.....	14
5.6 Силовые трансформаторы .....	15
6. Организация работ на рабочей площадке .....	17
7. Ведомость технического контроля .....	18

## 1. Введение

В этом документе приводится описание методики проведения измерений частичных разрядов (ЧР) на высоковольтных (ВН) и средневольтных (СН) электродеталях при помощи переносного устройства Pry-Cam Portable.

## 2. Переносное устройство Pry-Cam™ Portable производства Prysmian

### 2.1 Представление технологии Pry-Cam™

Pry-Cam™ – это революционная технология в диагностике частичных разрядов. Устройства Pry-Cam выявляют, воспринимают, обрабатывают и классифицируют частичные разряды без контакта с испытуемым оборудованием, делая возможным проводить измерения в оперативном режиме с высокой точностью и безопасностью для операторов.

### 2.2 Описание переносного устройства Pry-Cam™ Portable

Переносное устройство Pry-Cam™ Portable – это компактная, высокоэффективная система повышенной прочности для обнаружения частичных разрядов, специально разработанная для проведения измерений в оперативном режиме на рабочей площадке. Это высоко интегрированное устройство, имеющее в составе особый беспроводной электромагнитный датчик разработки Prysmian для обнаружения сигналов частичных разрядов и фазовой синхронизации, блок сбора цифровых данных и интерфейс Wi-Fi. Оно питается от литиевой аккумуляторной батареи, что позволяет применять Pry-Cam без проводного соединения. Оно просто наводится на электродеталь или располагается рядом с ней (при помощи штанги с крюком, если требуется), и при этом устройство незамедлительно готово к передаче данных о частичных разрядах на ПК через соединение Wi-Fi. Программное обеспечение PDiscover, установленное на ПК, используется для управления прибором, отображения, хранения и обработки данных о частичных разрядах в режиме реального времени.



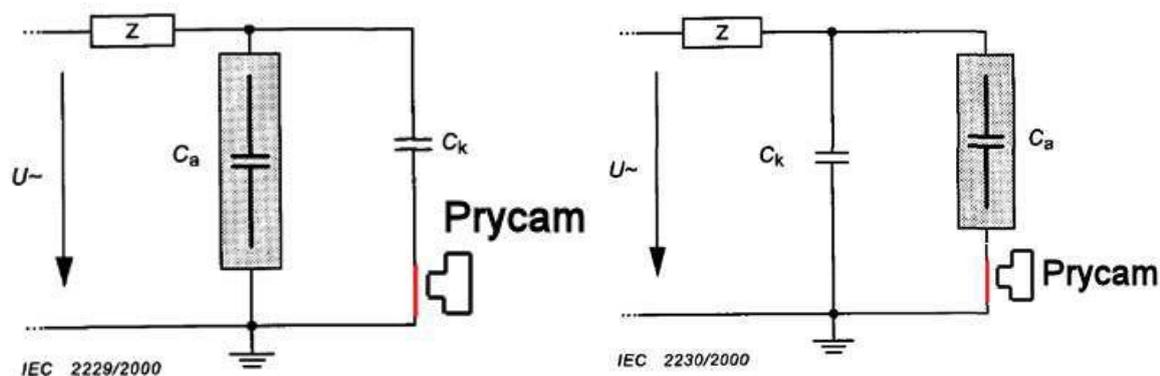
*Переносное устройство PryCam Portable по форме и размерам похоже на зеркальную фотокамеру.*

## 2.3 Технические характеристики аппаратных средств

<b>Датчик</b>	
Тип:	Электромагнитный, на базе запатентованной антенны с ультрашироким диапазоном, выдающий сигнал синхронизации переменного тока
Ширина спектра:	0,5–100 МГц
Чувствительность к частичным разрядам:	До 1 пКл
Чувствительность синхронизации:	Приблизительно до 150 В переменного тока (при 10 см)
Частота синхронизации:	От 10 Гц до 1 кГц
Рабочий диапазон:	От 1 см до 200 см (в зависимости от уровня активности частичных разрядов)
<b>Блок сбора данных</b>	
Частота выборки:	200 выборок в секунду
Ширина спектра:	100 МГц
Усиление:	От 0 дБ до 40 дБ
Триггер:	Цифровой, полностью настраиваемый
Разрешение синхронизации:	16 бит (5 мкс)
Разрешение временных меток:	5 нс
Обработка:	Фильтрация в режиме реального времени, исключительно высокоскоростной метод, выявление тайм-аутов и восстановление.
<b>Частота повторения импульсов</b>	
Форма полного импульса:	Ethernet > 10 000 импульсов в сек., Wi-Fi: > 3000–6000 импульсов в сек.
Только временная диаграмма:	Ethernet > 50 000 импульсов в сек., Wi-Fi: > 10 000 импульсов в сек.
Интерфейсы:	Беспроводной 802.11b/g (Wi-Fi), Оптоволоконный Ethernet (100-Base FX, опция)
Дистанционная синхронизация:	Беспроводной RF-интерфейс при 868 МГц
Рабочий режим:	Локальный, дистанционный и мониторинг
Питание:	12 В / 200 мА
Резервная батарея:	Литий-полимерная 7,4 В, 2200 мАч
Автономная работа в режиме аккумуляторной батареи:	Около 5 ч
Вес:	Около 400 г (в зависимости от опций)
Рабочая температура:	От -25 °С до +70 °С
Габаритные размеры:	160 мм x 120 мм x 130 мм (ДxШxВ)
Корпус:	Пластик ABS повышенной прочности, класс защиты IP67

### 3. Измерительные цепи Pry-Cam

Благодаря электромагнитной чувствительности Pry-Cam может применяться в тех же конфигурациях, которые описаны в стандарте IEC 60270, но допуская работу с полной гальванической развязкой. Обычно приняты две нижеследующие конфигурации, гарантирующие одинаково высокий уровень чувствительности и безопасности для операторов.



*Обычные измерительные цепи частичных разрядов с подключением Pry-Cam Portable параллельно и последовательно к испытываемому оборудованию (Ca).*

Первая из них аналогична классическому методу, использующему емкостный датчик и чувствительное сопротивление. При применении PryCam эта конфигурация достигается расположением прибора рядом с высоковольтной стороной испытываемой детали (расстояние между датчиком и высоковольтным проводником проявляет себя как конденсатор). Вторая конфигурация аналогична применению терминала высокочастотной (ВЧ) связи, соединенному последовательно с испытываемой деталью. В этом случае PryCam располагается рядом с заземляющим проводником детали (также как терминал ВЧ связи) и использует емкостное соединение с ним (в отличие от магнитного соединения терминала ВЧ связи) для восприятия частичных разрядов.

### 4. Объем измерений и основные требования

PryCam Portable может применяться для проведения измерений частичных разрядов на большинстве высоковольтных деталей, используя одни и те же настройки и порядок действий. В частности, порядок действий, описанный в настоящем документе, обращается к двум основным ситуациям: измерения в оперативном режиме и измерения в режиме пусконаладки. Первые из них проводятся во время периода нормальной эксплуатации объекта с регулярной частотой или точечно, их цель – оценить или проследить состояние объекта. Измерения в оперативном режиме проводятся на объекте под напряжением во время обычных рабочих операций (отключение объекта не требуется). Напротив, измерения в режиме пусконаладки являются измерениями при отключении объекта от сети, с применением резонансного генератора-трансформатора для подачи напряжения испытания на испытываемую цепь. В этом случае применяются специальные стандарты и технические нормативы (например, IEC 62067, IEC 60840 и т. п.), которые необходимо соблюдать в ходе операций пусконаладки в отношении уровня подаваемого напряжения, продолжительности и времени проведения измерений частичных разрядов.

При этом основные требования, которые необходимо учитывать при проведении измерений частичных разрядов с помощью PryCam, одни и те же в обоих случаях, и они намного проще, чем средние требования, которые следует выполнять при применении традиционных приборов. Эти требования обобщены в следующих пунктах:

- Объекты, на которых должны проводиться измерения частичных разрядов, должны быть четко определены либо формальной ссылкой (наименование, код, заводской номер и т. п.), либо на рабочей площадке (известные местонахождение и координаты);
- Объекты, на которых должны проводиться измерения частичных разрядов, должны быть доступны так, чтобы прибор мог быть расположен в правильном измерительном положении.
- Зона, окружающая объект, на котором должны проводиться измерения частичных разрядов, должна быть максимально свободна от посторонних металлических предметов (не заземленных) и сильных источников электромагнитного излучения;
- Объекты, на которых должны проводиться измерения частичных разрядов, должны быть запитаны в ходе всех измерений определенным рабочим или испытательным напряжением.
- Рабочая площадка должна быть осмотрена и организована так, как описано в параграфе "Организация рабочей площадки и предварительные проверки", а последовательность измерений должна быть запланирована, чтобы обеспечить безопасную расстановку и перемещения операторов во время измерений.

## 5. Методика измерений

Измерения частичных разрядов при помощи устройства PryCam Portable проводятся, как об этом рассказано в параграфе 3, установкой прибора близко к испытуемой детали, а затем управлением процессом обнаружения частичных разрядов с ближайшего компьютера, подключенного к PryCam через соединение Wi-Fi. Устройство PryCam питается от аккумуляторной батареи и полностью изолировано и автономно (не имеет соединений), и таким образом может располагаться в точках измерений в присутствии напряжения на электродеталях и при этом сохранять полную изоляцию и превосходную степень безопасности для операторов. В большинстве случаев PryCam прикрепляется на конец изолирующей штанги с крюком, располагается и удерживается на месте одним оператором, в то время как другой оператор управляет им с ноутбука или планшета с помощью ПО управления и сбора данных.

Следующие параграфы описывают стандартные операции, места расположения прибора для каждой категории деталей, а также подключение устройства калибровки прибора, когда требуется его калибровка согласно соответствующей методике. Стандартное расположение PryCam важно для получения воспроизводимых и сравнимых замеров. Слово "обращен" означает, что датчик направлен к определенному объекту и находится в контакте или непосредственной близости с объектом (не более 1 см).

## 5.1 Методика калибровки

Калибровка проводится до действительных измерений частичных разрядов, в основном в ходе пусконаладки; ее целью является измерение коэффициента шкалы между кажущимся зарядом (пКл) по стандарту IEC 60270 и обнаруженным сигналом (в мВ). В целом метод калибровки PrgCam очень близок предписаниям стандарта IEC 60270 благодаря сходству, описанному в параграфе 3, но только с одним дополнительным требованием, вызванным переносным характером прибора (которое также действует и по умолчанию подразумевается для традиционных датчиков): **во время всего процесса калибровки PrgCam должен занимать фиксированное положение и ориентацию.**

Согласно стандарту IEC 60270 калибровка проводится подачей известного заряда посредством калибратора заряда на испытываемую деталь и измерением уровня сигнала (обычно в мВ), обнаруженного датчиками частичных разрядов. Соотношение между двумя замерами используется как коэффициент шкалы для преобразования мВ в пКл для данной детали. Важно отметить, что этот коэффициент шкалы принимает в расчет то, как заряд распределяется по детали и как он дает толчок к росту сигнала напряжения в датчике, но напрямую не имеет отношения к истинному заряду, связанному с частичными разрядами, которые имеют место в этой же детали. По этой причине в стандарте он называется "кажущимся зарядом". Также коэффициенты шкалы определяются только физическими характеристиками детали (материалы, геометрия и т. п.) и положением калибратора и датчика. Методика калибровки играет очень важную роль в проведении повторяемых и сравнимых замеров, но имеет ограниченную диагностическую ценность в отношении магнитуды явлений с отрицательной обратной связью.

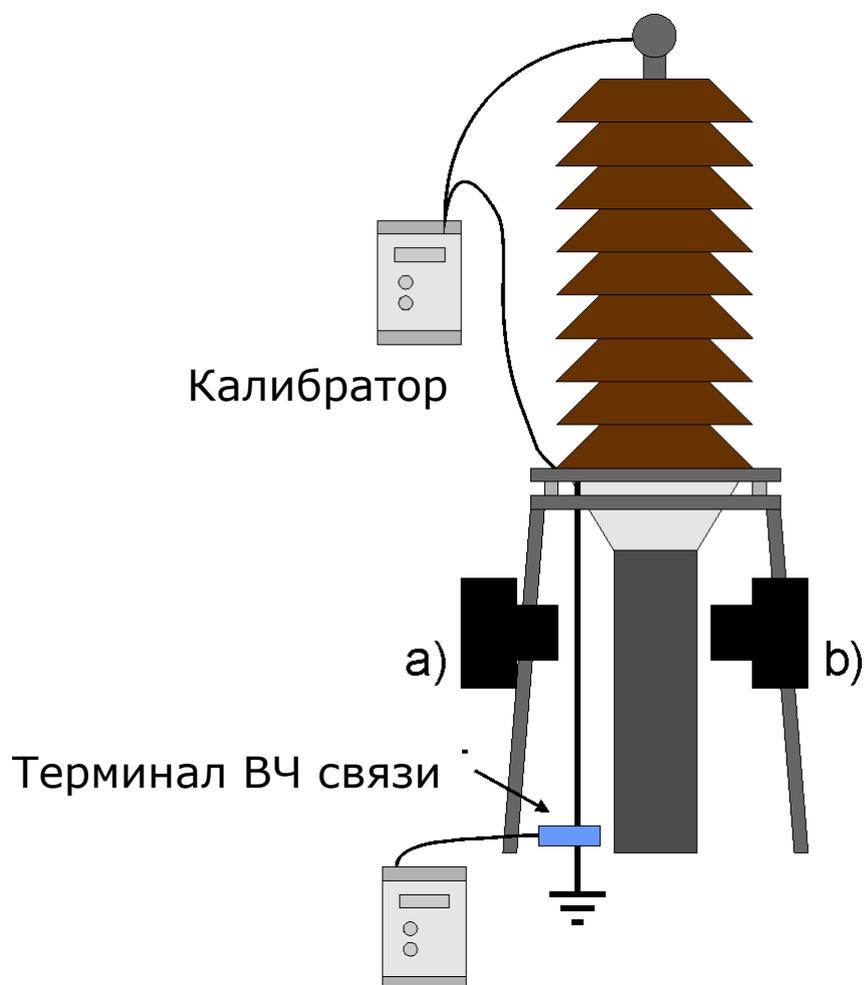
Методика калибровки требует прямого подключения устройства калибровки к испытываемой детали: это возможно только тогда, когда детали разъединены или не запитаны (не под напряжением). По этой причине калибровка обычно производится во время пусконаладки, но не во время точечных измерений в оперативном режиме. Однако во многих случаях, учитывая зависимость коэффициента калибровки от физических характеристик деталей, **один и тот же коэффициент калибровки может быть измерен один раз (например, во время пусконаладки), а затем соответствующим образом использован для последующих измерений на той же детали.** Этот же прием может быть безопасно использован при измерениях на трехфазных системах из-за того, что детали каждой фазы и их соединения физически идентичны (по конструкции и применению): **в этом случае калибровка может быть по выбору произведена только на одной фазе и принята за действительную (тот же коэффициент калибровки) для двух других фаз.**

Следующие параграфы иллюстрируют калиброванные (предпочтительные) подключения устройства калибровки к различным классам деталей.

## 5.2 Внешние выводы

PryCam следует расположить под базой выводов (приблизительно на расстоянии 1 м от базы), при этом датчик должен быть обращен к выводу кабеля заземления (а) или к оболочке кабеля ВН (б) (для лучшей диагностики необходимо произвести оба измерения). Если база выводов находится на значительной высоте, можно использовать штангу с крюком.

При применении устройства калибровки оно должно быть подключено к выводу ВН и выводу заземления на базе, когда на деталь еще не подано питание, в противном случае устройство калибровки может быть подключено к терминалу ВЧ связи, расположенному рядом с выводом кабеля заземления.



*Точки замеров и калибровки внешних выводов.*



*Пример измерения на внешнем выводе (вывод заземляющего кабеля).*

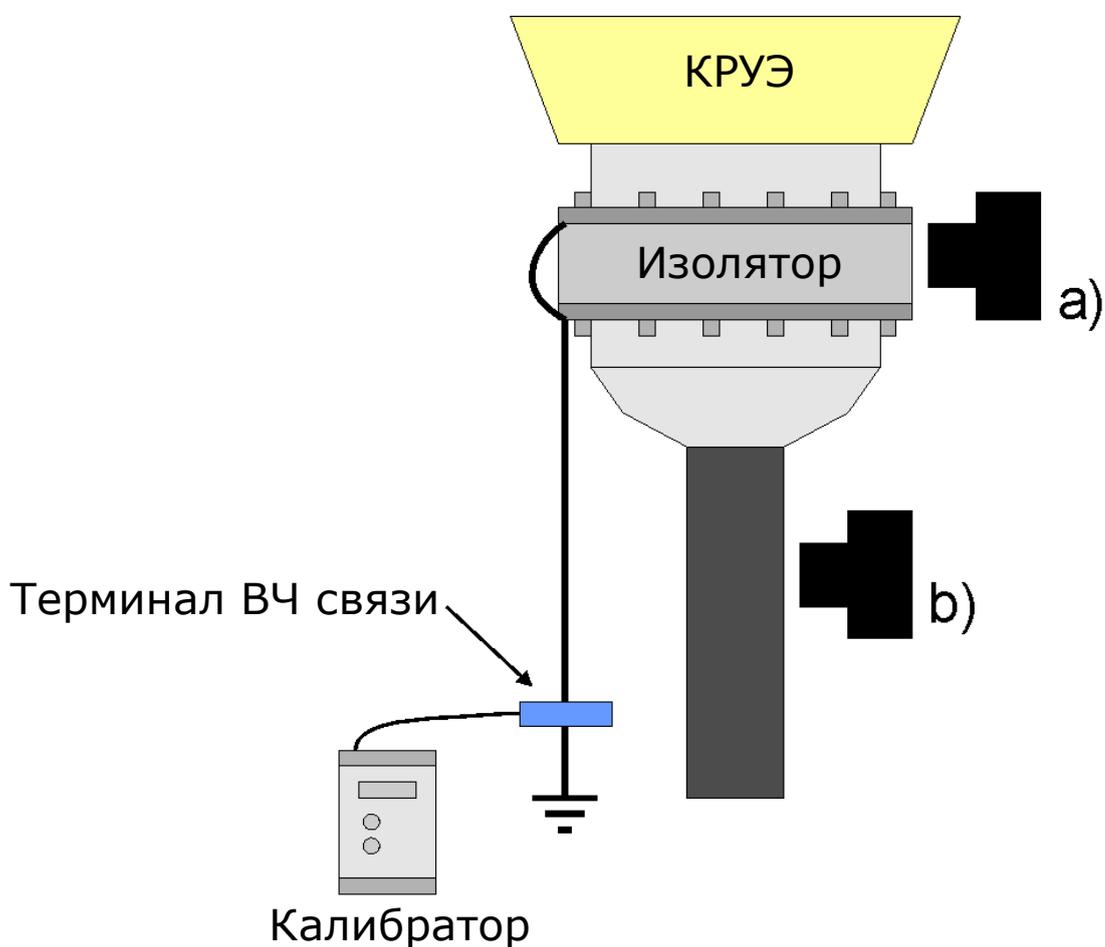


*Детальное изображение измерения на внешнем выводе (оболочка кабеля).*

### 5.3 Выводы КРУЭ

PyuCam следует расположить под базой выводов (приблизительно на расстоянии 1 м от базы), при этом датчик должен быть обращен к эпоксидному изолирующему кольцу (а) или к оболочке кабеля (б) (для лучшей диагностики необходимо произвести оба измерения). Если база выводов находится на значительной высоте, можно использовать штангу с крюком.

При применении устройства калибровки оно должно быть подключено к терминалу ВЧ связи, расположенному рядом с кабелем заземления.



*Точки замеров и калибровки выводов КРУЭ.*

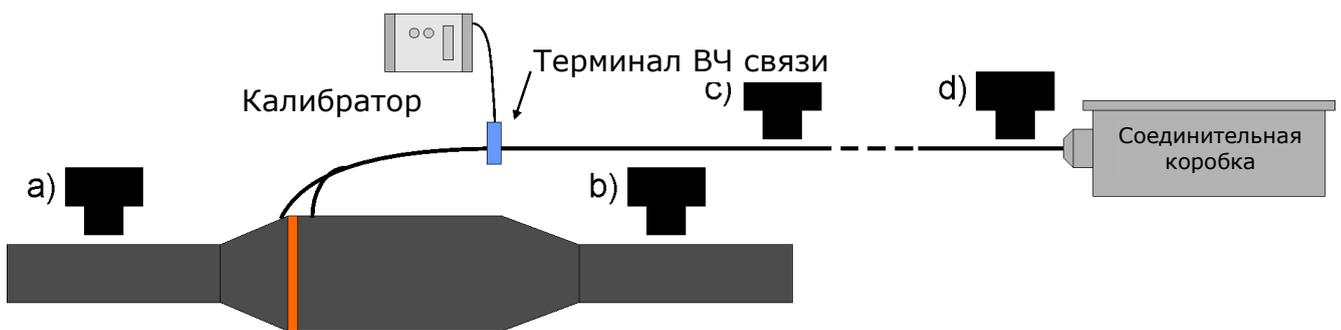


*Пример измерения на выводе КРУЭ (изолирующее кольцо).*

## 5.4 Кабельные муфты

В случае кабельных муфт положение PryCam может быть различным в зависимости от конкретной ситуации, например муфта закрытая или нет. Как правило, учитываются четыре точки измерения: а) когда датчик обращен к оболочке кабеля перед муфтой (в пределах приблизительно 1 м от конца муфты), б) когда датчик обращен к оболочке кабеля после муфты (в пределах приблизительно 1 м от другого конца муфты), в) когда датчик обращен к муфте кабеля заземления экрана (в пределах приблизительно 1 м от муфты), г) когда датчик обращен к муфте кабеля заземления экрана у ближайшей соединительной коробки (либо прямое заземление, либо поперечное соединение). Последнее является методом предпочтительным для замеров на закрытых или недоступных муфтах. Если возможно применение положений а) и б), то для лучшей диагностики оба они должны применяться при наличии муфт с разъединенными экранами. В случае когда возможно только одно измерение рядом с соединительными коробками (положение г), для проведения правильной диагностики необходимо выполнить то же измерение на всех вводных заземляющих кабелях трех фаз.

При применении устройства калибровки оно должно быть подключено к терминалу ВЧ связи, расположенному рядом с кабелем заземления.



*Точки замеров и калибровки кабельной муфты.*



*Пример измерения на кабельной муфте (конец муфты).*



*Пример измерения на кабельной муфте (заземление экрана).*

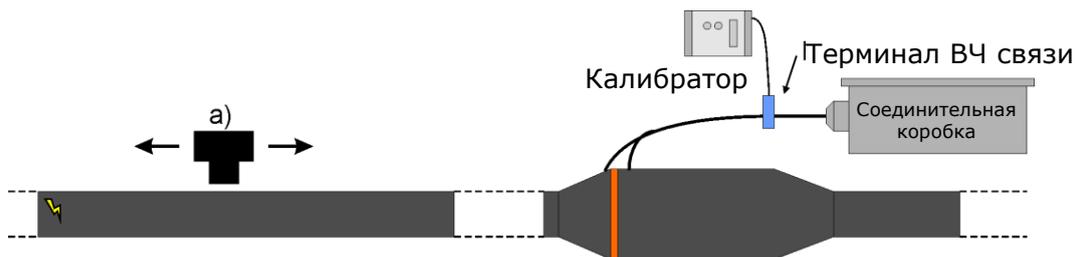


*Пример измерения на кабельной муфте (заземление экрана рядом с соединительной коробкой).*

## 5.5 Кабели

Прямые измерения на кабелях проводятся нечасто, поскольку сам кабель меньше подвержен пробое изоляции или самопроизвольному разрушению в сравнении с другими деталями. Однако в некоторых случаях (например, применение специальных кабельных технологий, наличие механических повреждений и т. п.) бывает необходимо провести измерение частичного разряда на кабеле. Огромным преимуществом PryCam в этом случае является его способность точно определить место дефекта. Замер проводится просто размещением PryCam перед оболочкой кабеля или на ней. Замеры могут быть проведены повторно в нескольких точках (или двигая прибор) по всей длине кабеля в соответствии с конкретными потребностями. Точное место дефекта выявляется в ходе поиска того места, где обнаруживает себя самый сильный сигнал частичного разряда с самой большой частотой.

При необходимости калибровка может проводиться подключением устройства калибровки к терминалу ВЧ связи, расположенному рядом с ближайшим кабелем заземления экрана (например, ближайшая муфта или соединительная коробка).



*Точки замеров и калибровки вдоль кабеля.*

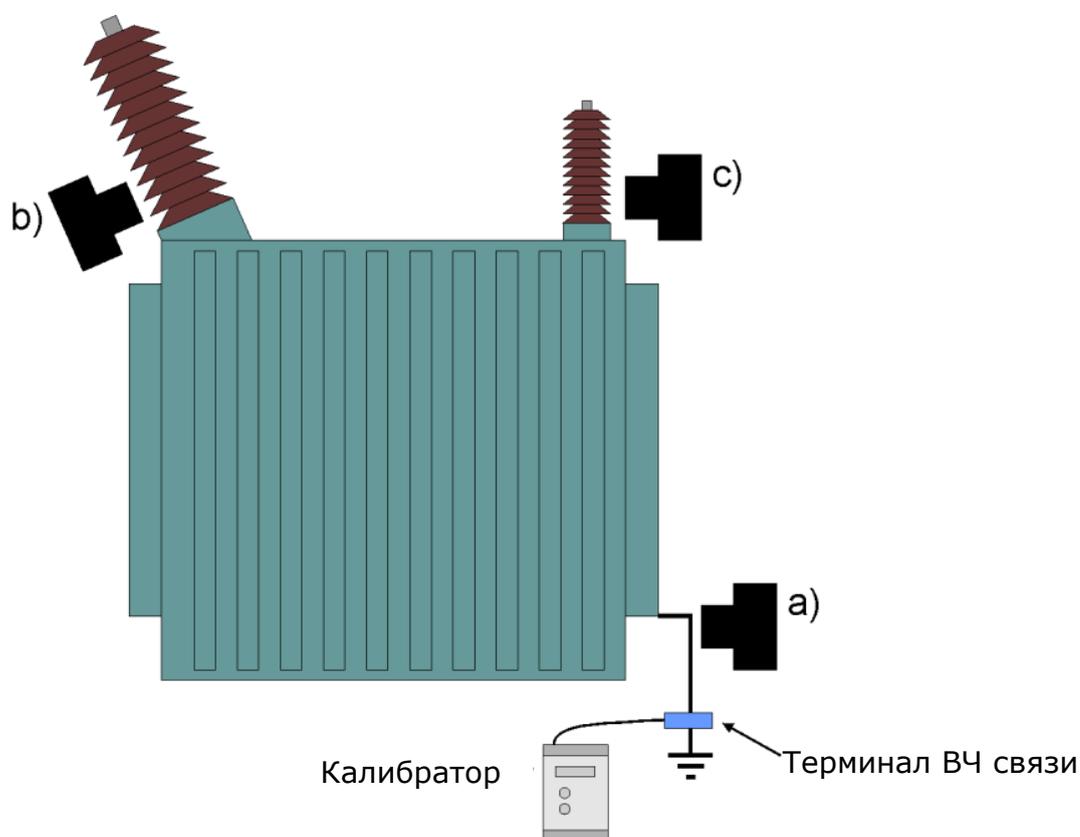


*Пример измерения на кабеле.*

## 5.6 Силовые трансформаторы

В случае силовых трансформаторов основное измерение проводится расположением Pycam перед кабелем заземления трансформатора (а). При этом для более точной диагностики необходимо также провести замеры на базе каждого первичных (б) и вторичных выводов (г).

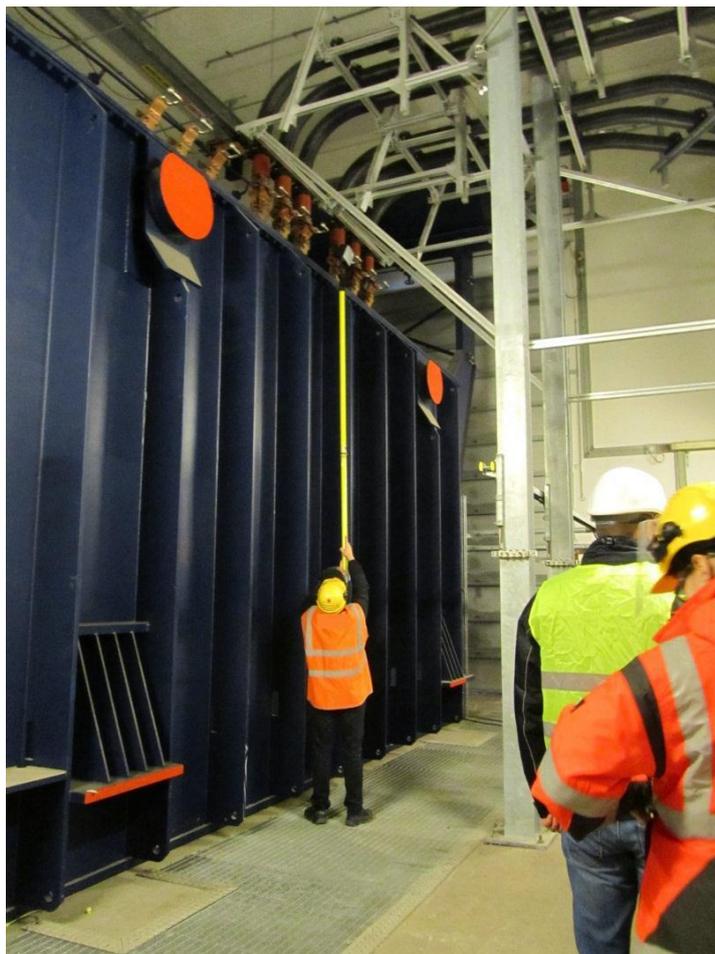
При применении устройства калибровки оно должно быть подключено к терминалу ВЧ связи, расположенному рядом с кабелем заземления трансформатора.



*Точки замеров и калибровки силового трансформатора.*



*Пример измерения на силовом трансформаторе (заземление трансформатора).*



*Пример измерения на силовом трансформаторе (вторичные выводы).*

## 6. Организация работ на рабочей площадке

До начала измерений необходимо произвести осмотр площадки, для того чтобы:

- определить и проверить местоположение каждой детали, требующей измерения;
- убедиться, что все детали доступны для PryCam;
- оценить наличие достаточного пространства для операторов на каждом месте измерения (обычно участвуют два оператора), расстояния и наиболее безопасные подходы ко всем деталям;
- определить все необходимое вспомогательное оборудование, которое требуется принести или установить во время измерений (штанга с крюком, блок дистанционной синхронизации, компьютер с принадлежностями и т. п.);
- проверить предварительные пункты ведомости технического контроля.

Максимально рекомендуемое расстояние между оператором, управляющим процессом обнаружения частичных разрядов с помощью компьютера, и устройством PryCam не должно превышать 20 м при наличии прямой видимости (т. е. между оператором и PryCam не должно быть предметов, препятствующих обзору). Также необходимо предусмотреть максимальное расстояние в 50 м между PryCam и блоком дистанционной синхронизации (если он применяется).

Блок дистанционной синхронизации применяется для передачи допустимого опорного фазового сигнала на PryCam, когда нет возможности надежным образом обнаружить фазу сигнала переменного тока в месте измерения. Блок дистанционной синхронизации располагается там, где электрическое поле переменного тока выше, и таким образом может быть обнаружен устойчивый сигнал, или рядом с кабелем, по которому протекает ток синфазный с током испытуемой детали (зафиксированный внешним токовым щупом). В целом оба метода могут применяться во время измерений в оперативном режиме, в то время как первый рекомендуется применять во время пусконаладочных измерений, поскольку резонансные трансформаторы не подают тока достаточной силы и могут работать в диапазоне частот, весьма отличном от стандартного диапазона 50–60 Гц. Минимально рекомендуемое значение тока – 0,1 А. Подходящее электрическое поле в случае измерений на резонансном трансформаторе можно найти рядом с концами выводов или под металлическими трубками, которые используются для защитного экранирования высоковольтных выводов. Кроме того, блок синхронизации является автономным и изолированным устройством и поэтому при необходимости может быть расположен рядом с деталями под напряжением.

## 7. Ведомость технического контроля

Следующая ведомость технического контроля должна быть заполнена операторами, перед тем как приступить к измерениям частичных разрядов с помощью PryCam:

- 1) До выхода на площадку проверьте следующее:
  - a. уровень зарядки аккумуляторных батарей всех приборов и ПК максимальный;
  - b. PryCam загружен соответствующим рабочим заказом и находится в готовности к обнаружению частичных разрядов;
  - c. все приборы и принадлежности упакованы и готовы к переносу;
- 2) На площадке включите приборы и войдите в радиокontakt для оценки уровня окружающих шумов;
- 3) Определите качество радио (Wi-Fi) канала: поставьте PryCam на расстояние 20 м от ПК и включите его в режим обнаружения импульсов триггером, установленным на ноль. Убедитесь, что прибор обнаруживает по меньшей мере 2000 импульсов в сек.;
- 4) В каждой точке измерения перед началом обнаружения импульсов убедитесь, что сигнал синхронизации стабилен. Если это не так, используйте блок дистанционной синхронизации;
- 5) При использовании блока дистанционной синхронизации убедитесь, что расстояние от PryCam менее 50 м (прямая видимость), а принимаемый сигнал стабилен. При применении токового щупа измерьте ток и убедитесь, что он больше 0,1 А;
- 6) Перед уходом с площадки повторно проверьте замеры и убедитесь, что они были проведены на всех деталях, включенных в соответствующий перечень.