

# Опыт СЗТТ по измерению частичных разрядов (ЧР) в трансформаторах тока и трансформаторах напряжения (ИТ) до 35 кВ включительно

ИТ, выпускаемые ОАО «СЗТТ», обладают высокой надежностью и проходят многоступенчатый контроль качества, в том числе и измерение ЧР.

ЧР являются сложным электротехническим явлением. Как метод диагностики качества электрической изоляции он привлекателен, но также достаточно сложен в интерпретации и последующей оценке.

**О**бщепризнано, что ЧР в изоляции образуются в результате внесения воздушных (газовых) включений или проводящих частиц при нарушении технологии изготовления оборудования или его эксплуатации [1]. Месторасположение ЧР, их влияние на срок службы изделия, наилучший метод выявления и оценки ЧР определяется конструкцией электротехнического оборудования и современными методами измерений ЧР.

Свердловский завод трансформаторов тока одним из первых в нашей стране начал проводить измерения ЧР своей продукции — ИТ. В начале 90-х годов в измерительную цепь включали конденсатор, с которого проводили измерения ЧР.

Первая экранированная высоковольтная установка для измерения ЧР на СЗТТ была выполнена в 1996 году из металлического каркаса с измерителем ЧР, выходом результатов измерений на экран монитора и с распечаткой протокола. В разработке проекта и организации измерительного процесса по обнаружению ЧР приняли участие ведущие специалисты из г. Новосибирска во главе с кандидатом технических наук Василием Павловичем Вдовико.

Позднее в высоковольтных испытаниях использовались другие измерительные системы по измерению ЧР, например, датчики в заземляющем элементе электрооборудования, но точность таких показаний оставляла желать лучшего.

В 2010 г. на СЗТТ была приобретена и аттестована высоковольтная установка фирмы Phenix Technologies на переменное напряжение 250 кВ с измерением ЧР. Испытательное оборудование было размещено в новой высоковольтной экранированной лаборатории, которая была разработана и построена специалистами нашего завода. Эта испытательная установка зарекомендовала себя на высоком уровне в обнаружении ЧР как на стадии опытных образцов, так и при выпуске серийной продукции.

В 2014 году была введена в эксплуатацию и аттестована еще одна испытательная установка с измерителем — «Корона-20» также производства г. Новосибирска в помещении главного корпуса. Итак, подчеркнем, что в настоящее время предприятие ОАО «СЗТТ» имеет в составе испытательного центра (ИЦ ОАО «СЗТТ») две аттестованные установки по измерению ЧР. Для изделий, выпускаемых ОАО «СЗТТ», такие испытания стали обязательными как конечный этап контроля для определения эксплуатационной пригодности.

## Характеристики ЧР измеряют [2] для:

- определения отсутствия ЧР в изоляции испытуемого объекта при нормированном напряжении, интенсивность которых выше нормированного значения;
- определения интенсивности ЧР при нормированном напряжении;
- определения напряжения возникновения и напряжения погасания ЧР.



В ИЦ «СЗТТ» успешно применяется электрический метод измерения характеристик ЧР, принципиально основанный на измерении изменений зарядов элементов измерительной схемы, вызываемых ЧР в испытуемой изоляции объекта испытаний.

**Основными характеристиками ЧР являются:**

- кажущийся заряд — абсолютное значение такого заряда, при мгновенном введении которого на электроды испытуемого объекта напряжение между его электродами кратковременно изменится так же, как изменилось бы при ЧР;
- временной интервал одного цикла измерения, или число периодов воздействующего напряжения — промежуток времени непрерывного измерения ЧР, выраженный в секундах или в числе периодов воздействующего напряжения;
- регулярность возникновения — отношение числа периодов воздействующего напряжения, в которых зарегистрированы ЧР с кажущимся зарядом и более, к общему числу периодов воздействующего напряжения за интервал времени.

Также необходимо знать и учитывать такие характеристики, как частота следования импульса, средний ток, момент времени появления, мощность, квадратичный параметр, напряжение

возникновения и погасания, распределение количества импульсов, распределение значений кажущегося заряда по фазе, наибольшее неоднократно встречающееся значение кажущегося заряда.

**Обязательными условиями процесса измерения ЧР являются:**

- понимание физических процессов в электрической изоляции, создающие условия образования и развитие ЧР;
- наличие системы измерения и регистрации характеристик ЧР;
- определение вида и уровня помех;
- тестирование и калибровка измерительной установки;
- наличие методики измерения характеристик ЧР;
- анализ и оформление результатов измерений;
- вывод о соответствии требованиям.

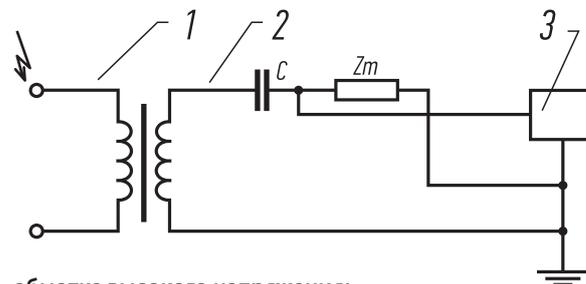
При проведении измерений должны соблюдаться требования к внешним условиям по температуре, влажности и колебаниям источника напряжения.

На СЗТТ при проведении приемо-сдаточных испытаний проводятся обязательные измерения ЧР силовых трансформаторов, ИТ, проходных и линейных вводов и другого электрооборудования.



РИСУНОК 1

Схема измерения частичных разрядов трансформаторов напряжения



- 1 – обмотка высокого напряжения;
- 2 – обмотка низкого напряжения;
- 3 – измерительный прибор частичных разрядов.

при высоковольтных испытаниях первичной обмотки ТН. Процесс разрушения ЛИ в результате воздействия ЧР вызывает снижение диэлектрических и других характеристик и частичную деградацию изоляционного слоя. Процессы ослабления, преждевременного старения изоляции под воздействием ЧР носят, как правило, вялотекущий характер из-за малых размеров дефектов ЛИ, которые себя никак не проявили во время высоковольтных испытаний. Скорость разрушения изоляции зависит от интенсивности и мощности ЧР. Интенсивность и мощность ЧР зависит от того, насколько сильно на него действует электрическое поле. Поэтому одно и то же (по размерам) воздушное включение будет по-разному разрушать изоляцию, если будет находиться вблизи или на удалении от потенциала высоковольтной обмотки.

Как было сказано выше, интенсивность ЧР зависит от того, насколько сильная напряженность электрического поля в месте расположения воздушного дефекта. Если напряженность электрического поля внутри изоляционного слоя везде равномерная и уровень напряженности достаточно невысокий, то уровень ЧР, при наличии в ЛИ скрытого дефекта, будет низким. Для того чтобы снизить напряженность электрического поля в литой изоляции ТН и сделать его максимально равномерным, был применен ряд конструктивных решений.

Для защиты высоковольтной обмотки ТН от грозовых перенапряжений применяется высоковольтный экран, который располагается по наружному диаметру высоковольтной обмотки. Изготавливается экран из медной фольги, которая имеет острые кромки, что, конечно же, ведет к появлению градиента напряженности и достаточно мощного электрического поля. При наличии воздушного включения в ЛИ вблизи высоковольтного экрана уровень ЧР может достигать порядка нКл или мкКл. Конечно, при таком уровне ЧР срок службы ТН будет значительно сокращен.

Также измерение ЧР проводится при типовых, периодических, квалификационных, исследовательских испытаниях и при постановке изделий на производство.

Процесс измерений начинается с градуировки измерительной системы в полностью собранной испытательной схеме. Целью выполнения градуировки является проверка правильности выполнения измерений ЧР на испытательном объекте и в начале каждой рабочей смены.

Измерение ЧР трансформаторов напряжения выполняется по схеме на Рисунке 1. С подачи предварительного повышенного напряжения и снижения его до нормированного значения, при котором проводится измерение ЧР [3].

Для чего проводятся испытания по определению уровня ЧР в литой изоляции, на примере трансформаторов напряжения (далее ТН). Эти испытания, прежде всего, призваны выявить скрытые дефекты в литой изоляции (ЛИ). К скрытым дефектам в изоляции можно отнести воздушные включения и трещины, которые расположены в толще изоляции, и выявить их визуальным способом невозможно. Скрытые дефекты обычно не приводят сразу к пробоем изоляционных промежутков, например,



Для снижения напряженности электрического поля применяется полупроводящее полотно, в которое оборачивается медный экран, а также для снижения краевого эффекта, на торцах экрана устанавливаются кольца, которые закрывают острые кромки экрана и снижают и выравнивают потенциал. Также для выравнивания потенциала магнитопровод ТН покрывается полупроводящим покрытием. Даже если в процессе изготовления

ТН в ЛИ будут воздушные включения, при такой конструкции их разрушающее воздействие на изоляцию будет ничтожно мало.

Описанные конструктивные решения позволили значительно снизить количество забракованных ТН по уровню ЧР во время проведения приемо-сдаточных испытаний.

Надо отметить, что не все зафиксированные во время испытаний ЧР могут нанести вред ЛИ. Поэтому для оценки дефекта применяется фазовая характеристика, полученная при испытаниях. По фазовой характеристике можно сделать выводы о том, где находится источник ЧР, в изоляции ТН, или зажигание ЧР спровоцировано коронированием острых кромок наружной изоляции ТН. Также по графикам можно оценить мощность ЧР и количество его повторений (зажиганий).

#### Выводы:

- ИТ производства ОАО «СЗТТ» являются надежными изделиями. Эта уверенность подкреплена современной испытательной базой и компетентностью технических специалистов.
- ИЦ «СЗТТ» обладает значительным количеством видов испытаний и проверок при производстве электротехнической продукции, открыт для сотрудничества со всеми представителями отрасли.

Приглашаем ознакомиться с данной информацией самостоятельно на сайте [www.cztz-ic.ru](http://www.cztz-ic.ru).

Текст: **С. В. ЕРШОВ**,  
руководитель испытательного центра ОАО «СЗТТ»  
**Е. В. ИГНАТЕНКО**, главный конструктор

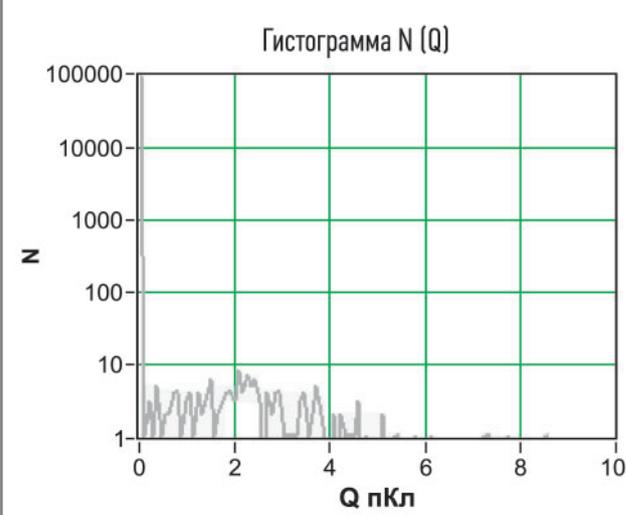
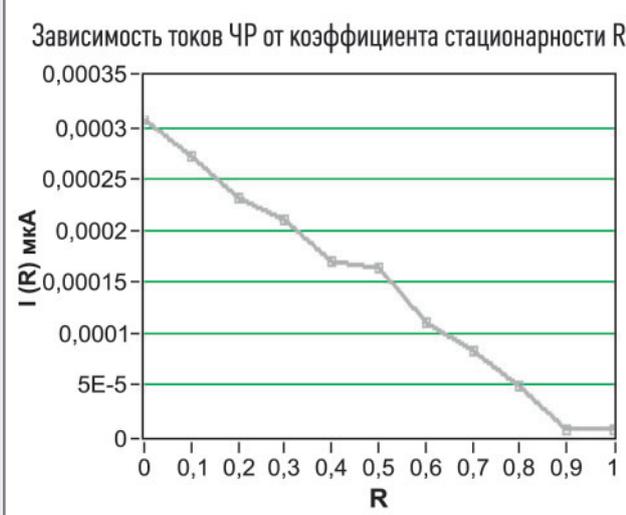
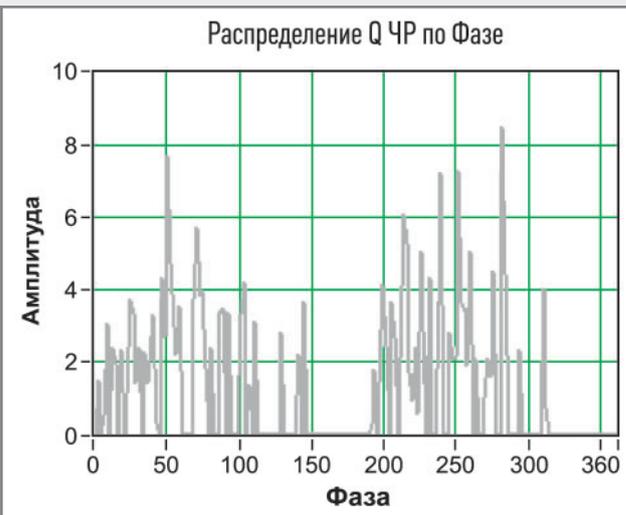
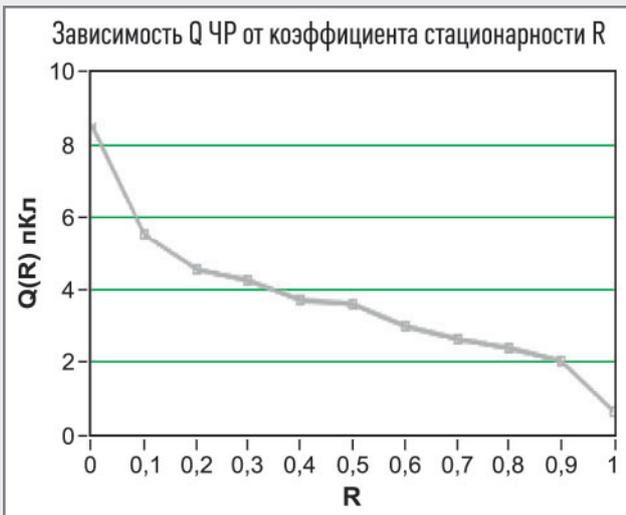


ЗНОЛ-35 III

Протокол № 008423 от 24.05.2021

Измерение ЧР: в трансформаторе  
 Испытатель: Алилов З.О.  
 Напряжение:  
 предварительное – 52,65 кВ;  
 испытательное – 25,7 кВ  
 Датчики: № 123

Объект: ЗНОЛ 35 III-4 № 451  
 Дата: 09:11:46 – 24.05.2021 / измерение  
 от 9:11:45,267 24.05.2021  
 Градуировка: C:\Users\123\Documents\  
 Новая папка\град 11  
 Измеритель: Корона-20 № 11 АЦП 43135



R = 0,5	U, кВ	Q, пКл	I, мкА
K2	Предварительное: 52,65 кВ Испытательное: 25,7 кВ	3,58	0,000

Закключение: параметры в норме.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В. П. Вдовико. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. Новосибирск, «Наука» 2007.
2. ГОСТ 20074-83. Электрооборудование и электроустановки. Метод измерения характеристик частичных разрядов.
3. ГГ.25206.00029. Рабочая методика измерения характеристик частичных разрядов.



ОАО «СЗТТ»

620043, РФ, Свердловская обл.,  
 г. Екатеринбург, ул. Черкасская, д. 25  
 ☎ 8-800-201-03-77, +7 (373) 234-31-02, +7 (343) 379-38-19  
 ✉ cztt@cztt.ru, marketing@cztt.ru 🌐 www.cztt.ru, СЗТТ.рф