

УДК 621.315.6

**ЧАСТИЧНЫЕ РАЗРЯДЫ В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ  
ОБОРУДОВАНИИ**

Перевалов Н.А., студент гр. ЭРб-211, III курс (КузГТУ)  
Малахова Т.Ф., доцент, (к.т.н.), кафедра ЭГПП  
Кузбасский Государственный технический университет  
им. Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В высоковольтном оборудовании ЧР представляет серьезную угрозу для изоляционного материала.

Частичные разряды (ЧР) – это небольшие разряды, насыщенные электрической энергией, которые происходят внутри или на поверхности диэлектрического материала, называемого изоляцией, при наличии высокого напряжения. Возникают они из-за различных механических дефектов или же неоднородности в диэлектрике. Этими неоднородностями называют пузыри, микротрещины и другие, если можно так выразиться, несовершенства.

Частичные разряды в различном высоковольтном оборудовании возникают и происходят. К высоковольтному оборудованию относят такие системы, как трансформаторы, кабели, изоляторы или же высоковольтные аппараты. Если должным образом не следить за данными высоковольтными системами, то это чревато последствиями, такими как постепенное разрушение изоляции с дальнейшим выходом из строя оборудования.

Частичные разряды сразу не возникают. Их процесс возникновения состоит из нескольких этапов: ионизации газа, электронной эмиссии, роста тока, освобождения энергии. Этапы возникновения ЧР:

1. *Ионизация газа.* Когда возникает критическое напряжение в диэлектрике, то происходит ионизация окружающего газа, что приводит к возникновению плазмы.
2. *Электронная эмиссия.* Когда сильное электрическое поле действует на электроны, тогда они «вырываются» из атомов диэлектрика и создают так называемые электронно-дырочные пары.
3. *Рост тока.* Ток разряда начинает расти из-за того, что плазма начинает расширяться и нагреваться до больших температур.
4. *Освобождение энергии.* Энергия освобождается при ЧР, которая, в свою очередь, провоцирует разрушение молекул диэлектрика. Визуально это можно увидеть, наблюдая трещины или другие повреждения.

Для того, чтобы все эти процессы были предотвращены на самом начальном этапе, необходимо проводить тщательный контроль качества изоляции, регулярное наблюдение оборудования и использование специальных технологий.

Видов частичных разрядов два: поверхностные и объемные ЧР. ПЧР происходят, как правило, происходят вдоль поверхности изоляции и возникают вследствие загрязнения, наличием пыли или влаги. ОЧР характеризуются тем, что происходят внутри диэлектрика, то есть вызываются дефектами в структуре материала (пузыри, трещины и т.п.).

Необходимо понимать, какие последствия ЧР для высоковольтного оборудования:

1. *Постепенное разрушение изоляции.* Другими словами, уменьшение электрической прочности материала изоляции, что может привести к выходу из строя самого оборудования;
2. *Помехи высокой частоты.* Здесь все просто: ЧР создают высокочастотные сигналы, которые, в свою очередь, провоцируют помехи в электрических сетях и повышение электромагнитного излучения;
3. *Термические дефекты.* Само собой, что без этого последствия не обойтись, ведь высокая температура, возникающая в месте ЧР, способна привести к термическим повреждениям.

Как можно заметить, последствия ничего хорошего не предвещают, поэтому был разработан единый ГОСТ Р 55191-2012 (МЭК 60270:2000), который является национальным стандартом Российской Федерации. Настоящий стандарт распространяется на измерение характеристик частичных разрядов при испытании изоляции электрооборудования. В нем приведена вся полная информация о ЧР, начиная от терминов и определений и заканчивая измерительными приборами.

Теперь необходимо поговорить о методах диагностики обнаружения частичных разрядов, представляющих большую опасность, как уже говорилось ранее, для высоковольтного оборудования.

1. *Ультразвуковая диагностика.* Производится, как несложно догадаться, измерение ультразвуковых сигналов. Алгоритм действий приведен в таблице 1:

Таблица 1

## Алгоритм действий диагностики

<b>1. Подготовка оборудования:</b>
Необходимо убедиться в безопасности проведения работ
Отключение самого оборудования от источника питания и применение всех мер предосторожности
<b>2. Установка датчиков:</b>
Размещение ультразвуковых датчиков на поверхности оборудования в местах возникновения ЧР
Расположение датчиков происходит в местах возможного образования газовых пузырей, масла и других дефектов
<b>3. Сбор данных:</b>
Запускание процесс сбора данных с помощью соответствующего оборудования

Продолжение сбора данных в течение такого промежутка времени, достаточного для получения довольно полной информации
<b>4. Анализ данных:</b>
Проведение анализа данных, полученных путем его сбора, с использованием специализированного программного обеспечения
Идентификация характерных признаков ЧР, таких как импульсы и частотные характеристики
<b>5. Оценка состояния:</b>
Оценка степени развития ЧР на основе анализа данных
Определение необходимости ремонта или замены изоляционного материала
<b>6. Документирование результатов:</b>
Производится фиксация результатов диагностики в отчете, включая местоположение обнаруженных ЧР, их свойства и рекомендации по дальнейшим действиям
<b>7. Мониторинг и повторная диагностика:</b>
Установка системы мониторинга для постоянного отслеживания состояния оборудования
Повторение ультразвуковой диагностики периодически для раннего обнаружения новых ЧР и контроля эффективности предпринятых мер

2. *Акустическая диагностика.* Производится измерение звуковых волн, создаваемых разрядами. Другими словами, можно сказать, что измеряется шум. Оптимальный или нормальный уровень шума будет непременно зависеть от условий и типа оборудования, но общие принципы могут быть следующие:

Таблица 2

#### Принципы диагностики

<b>1. Характер шума:</b>
Оптимальный шум, обусловленный ЧР, имеет характерные особенности, которые приемлемо анализировать. Чаще всего этими особенностями выступают частотные характеристики из-за своего изменения
Неоптимальный шум чаще всего проявляется в виде постоянного фона, несвойственного процессам частичных разрядов
<b>2. Контекст среды:</b>
Оптимальный уровень шума так или иначе зависит от окружающей среды и характеристик оборудования. Простыми словами: для определенных типов изоляции и условий работы может быть свойственен более высокий или же, наоборот, низкий уровень шума
<b>3. Сравнение с базовым уровнем:</b>
Для того, чтобы определить, оптимальный шум или все же он является недопустимым, следует измеряемый шум сопоставлять с базовыми/номинальными значениями шумов
Если же есть какие-то отклонения с базовым уровнем, то это свидетельствует о наличии проблем
<b>4. Идентификация ЧР:</b>
Если будет определен определенный тип частичных разрядов, то будет проще оценить состояние изоляционного материала
<b>5. Стандарты и нормативная база:</b>

Конкретное оборудование имеет соответствующий стандарт и  
норматив по определению оптимального шума

Неоптимальный уровень шума указывает на то, что в изоляции присутствует наличие проблем, которые необходимо в срочном порядке устранять. Этим будут заниматься специалисты, знакомыми с конкретным типом оборудования и методом диагностики.

3. *Термография.* В данном случае используются тепловизионные камеры для обнаружения повышенной температуры в местах возможных ЧР.

4. *Электрические методы* заключаются в измерении таких параметров, как емкость и потери, это позволит выявить, если можно так выразиться, неисправности в работе изоляции.

5. *Импульсные методы испытания* позволяют с помощью применения высоковольтных импульсов выявить тот или иной дефект в изоляции.

ГОСТы, касающиеся частичных разрядов, так или иначе могут включать в себя важные аспекты. Такими аспектами являются, например, методы испытаний и диагностики, которые были описаны ранее; требования к оборудованию, ведь необходимо установить минимальные требования к характеристикам оборудования, используемого для диагностики и контроля ЧР; нормы для предотвращения частичных разрядов, которые, в свою очередь, имеют перечень рекомендаций и требований по предотвращению возникновения разрядов; требования к отчетности и документации, устанавливающие стандарты для отчетов результатов испытаний или мониторинга ЧР.

В заключении хочется отметить, что отсутствие ЧР является главной целью для исправной и бесперебойной работы высоковольтного электрооборудования. ГОСТы в данной области способствуют унификации и стандартизации подходов к работе с частичными разрядами, обеспечивая единые методы измерения и контроля, что в свою очередь способствует повышению эффективности и несомненно надежности электроэнергетических систем.

### Список литературы:

1. Национальный стандарт Российской Федерации «Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов» [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103903> (Дата обращения 04.01.2024) – Текст: электронный.
2. Высоковольтное испытательное оборудование и измерения / под общ. Ред А. А. Воробьева. – М.: Госэнергоиздат, 1963.
3. Техника высоких напряжений: учеб. Для студентов электротехнических специальностей вузов / под. Общ. Ред. Д. В. Разевига. – М.: Энергия, 1976.

### Информация об авторах:

Перевалов Никита Александрович, студент гр. ЭРб-211, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [212144@kuzstu.ru](mailto:212144@kuzstu.ru); Малахова Татьяна Федоровна, доцент, (к.т.н), КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д.28, [t.malakhova2012@yandex.ru](mailto:t.malakhova2012@yandex.ru).