ВРЕМЯ ЗАМЕНЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ?

Будько А.А., Васильева О.В.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Аннотация.

В работе представлен анализ основных видов механических повреждений обмоток силовых трансформаторов, причинам, вызывающих их, а также современным методам диагностики этих повреждений.

Введение.

Как известно, немалая доля электротехнического оборудования распределительных сетей России была установлена в 90-е годы. Большое количество силовых трансформаторов не являются исключением и приближаются к концу своего полезного ресурса, поэтому продление срока службы или замены старого электрооборудования на новое – главная цель всех электросетевых компаний, занимающихся вопросами надежности всей энергосистемы [1].

Рис. 1. Замена силового трансформатора

Проблемы использования устаревших силовых трансформаторов.

Силовые трансформаторы входят в состав основного оборудования электростанций, и являются неотъемлемой частью всей энергосистемы в целом, как повышающих и понижающих, так и распределительных подстанций, различного вида преобразовательных устройств. В настоящее время можно проследить следующую тенденцию: переход от периодического графика профилактического ремонта силовых трансформаторов к графику, составленному с учетом технического состояния трансформаторов. Связано это, прежде всего с тем, что интенсивное использование высоковольтных электротехнических устройств требует высокой ответственности к надежности и безотказности работы всей энергосистемы [2].

Согласно [3], основные виды механического повреждения обмоток силового трансформатора являются:

- осевые остаточные деформации;
- радиальные остаточные деформации;

- полегание витков обмотки под действием электродинамических сил;
- скручивание или раскручивание проводников;
- распрессовка обмоток;
- межвитковые короткие замыкания;
- полегания проводников;
- смещение и деформации обмоток и др.

В работе [3] рассматриваются причины внутренних повреждений обмоток силовых трансформаторов, прежде всего это внутренний пробой, наступающий в результате «износа» изоляции и воздействии частичных разрядов в месте происхождения пробоя. Источником этих разрядов являются внутренние перенапряжения (ВПН) и атмосферные (грозовые) перенапряжения (АПН) на изоляцию силовых трансформаторов.

Следовательно, из первой причины вытекает и вторая причина внутренних повреждений обмоток. Как известно, из курса электротехники, при КЗ под действием электродинамических сил проводник изменяет свою геометрию, т.е. деформируется. По закону Ампера можно упрощенно описать механизм изменения геометрии обмоток силовых трансформаторов:

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin(\alpha), \tag{1}$$

где B – вектор магнитной индукции, пронизывающий проводник,

I – величина тока в проводнике,

L – длина элементарного проводника,

$\sin(\alpha)$ – синус угла между вектором магнитной индукции и направлением тока.

Недостаточная электродинамическая стойкость обмоток при КЗ приводит к тяжелым последствиям, как к авариям на локальном уровне, так и к расстройству всей энергосистемы в целом [4].

Основные методы и мероприятия по диагностике при электродинамическом воздействии токов КЗ на обмотки трансформатора.

Исходя из вышеперечисленных повреждений, проблема диагностики состояния обмоток силовых трансформаторов возникла еще в советский период, с введения ГОСТ 11677-85, который обязывал проводить испытания на электродинамическую стойкость силовых трансформаторов [5].

Под диагностикой принято понимать комплекс мероприятий, производимых посредством различных технических средств, для мониторинга и оценки технического состояния трансформаторов. В основе диагностики применяются простейшие визуальные, механические, физические, химические и другие способы контроля состояния, а также их комбинации [4].

Рассмотрим основные мероприятия по диагностике механического состояния обмоток трансформаторов, приведенные в [6]:

1) по изменению емкостных параметров витков обмотки;
2) по изменению полного сопротивления (индуктивности) короткого замыкания (КЗ);
3) метод вибрационной оценки;
4) метод низковольтных импульсов (НВИ);
5) метод частотного анализа МЧА;
6) по намагничивающему току в опыте холостого хода (ХХ).

Выводы.

Исследовано с десяток методов мониторинга и диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов, которые требуется применять для обеспечения высокой надежности работы энергосистемы, так как только при

совместном анализе различных результатов обследования можно с наибольшей степенью вероятности сказать о состоянии трансформатора и предугадать его работоспособность.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://forca.ru
2. Кокорин, Д.В., Лебедев, Н.А. Математическое моделирование волновых процессов в обмотках силового трансформатора при их тестировании прямоугольным импульсом напряжения // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4. – С. 90-97.
3. Хренников, А.Ю. О повреждениях обмоток силовых трансформаторов и диагностике их геометрии методом низковольтных импульсов // Электро. – 2004. – № 5. – С. 13-18.
4. Лавринович, В.А., Пичугин, М.Т., Рамазанова, А.Р. Применение наносекундных низковольтных импульсов для диагностики состояния обмоток силовых трансформаторов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 292-294.
5. Хренников, А.Ю. Пути решения проблемы электродинамической стойкости силовых трансформаторов // Электро. – 2008. – № 6. – С. 30-34.
6. Дробышевский, А.А. Проблема электродинамической стойкости трансформаторов в эксплуатации. Методы оценки механического состояния обмоток // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Виктора Соколова “Трансформаторы: эксплуатация, диагностирование, ремонт и продление срока службы”. Изд-во: «Автограф». – Екатеринбург, 2010. – 232 с.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИИ

Хафизова Г.М., Хафизов А.А.
Набережночелнинский институт (филиал) КФУ, г. Набережные Челны

Энергосбережение, энергосберегающие технологии и повышение энергоэффективности являются важнейшим направлением в экономике Российской Федерации. Они входят в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в России [1]. Проблема энергосбережения и повышения энергоэффективности обусловлена высокой энергоемкостью валового внутреннего продукта (ВВП), которая в среднем 4 раза больше таких же показателей быстро прогрессирующих стран. Снижение энергоемкости ВВП на сегодняшний день является одной из важнейших задач, и это можно достичь за счет реализации потенциала энергосбережения в электросетевом комплексе.

За последние несколько лет возникло большое количество различных сетевых организаций, оказывающие услуги по передаче электрической энергии потребителям. При этом большинство этих организации отличается низкой энергоэффективностью, что выражается в высоких потерях электроэнергии в электрических сетях, а также в значительном износе сетевого оборудования.

Существенное влияние на потери электроэнергии в распределительных сетях 6-10 кВ оказывает протекающая по ним реактивная мощность, что в отдельных случаях приводит к потерям электроэнергии до 30%.