

Систематизация и анализ данных по состоянию высоковольтного оборудования, полученных экспериментальным путем с использованием компьютерного термографа

Свистуленко А.В., Степанчук К.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Белых Е.

СЭО РУП «Минскэнерго»

Тепловизионный контроль и тепловизионная диагностика основана на том, что наличие некоторых видов дефектов высоковольтного оборудования вызывает изменение температуры участков поверхности дефектных элементов и, как следствие, изменение интенсивности собственного инфракрасного (ИК) излучения, которое может быть зарегистрировано тепловизионными приборами [1].

С 2000 г. по 2004 г. произведен термографический контроль измерительных трансформаторов тока напряжением 330 кВ и 110 кВ, вводов 330 кВ силовых автотрансформаторов, измерительных трансформаторов напряжения 330 кВ и их контактных соединений и участков ошиновки на подстанциях Белорусской энергосистемы. Методом компьютерной термографии проведена оценка технического состояния электротехнического оборудования подстанций, выявлен ряд дефектов, возможные причины неисправностей. При обследовании работающего под напряжением маслонаполненного высоковольтного оборудования получена информация об его тепловом состоянии, распределении тепловых полей и их соответствии [2].

Проведение термографического контроля проводилось портативным компьютерным термографом ИРТИС-200 – сканирующим инфракрасным прибором для визуализации и измерения тепловых полей.

При обследовании 129-ти фаз ТТ-330 кВ и 30-ти фаз ТТ-110 кВ выявлены следующие дефекты и аномальные нагревы фарфоровых покрышек:

а) превышение температуры оголовков фазы 2В2 на 3°С и фазы «С» на 9,6° С по отношению к оголовку фазы «А» ТТ-110

кВ на присоединении ВЛ-110 кВ "ЗСПВ-2". Причина: повышенный нагрев первичной обмотки ТТ из-за роста переходных сопротивлений;

б) превышение температуры аппаратного зажима ТТ-330 кВ фазы «С» ВЛ-440 по отношению к фарфору на 3,1°С. Причина: повышение переходного сопротивления аппаратного зажима ТТ-330 кВ;

в) превышение температуры аппаратного зажима ТТ-330 кВ фазы «С» ВЛ-433 по отношению к соседней фазе этого присоединения на 2,7°С. Причина: повышение переходного сопротивления аппаратного зажима ТТ-330 кВ.

При обследовании 60-ти фаз ТН-330 кВ выявлены следующие дефекты и аномальные нагревы фарфоровых покрышек:

а) превышение температуры нагрева нижнего каскада ТН-330 кВ присоединения ВЛ-430 фазы «С» относительно среднего и верхнего каскада на 2,9°С. Причина не выяснена, рекомендовано взять пробу масла из нижнего каскада;

б) превышение температуры нагрева среднего каскада ТН-330 кВ присоединения ВЛ-342 фазы «С» относительно верхнего каскада на 2,6°С. Причина не выяснена, рекомендовано взять пробу масла из нижнего каскада;

в) превышение температуры нагрева нижнего каскада ТН-330 кВ присоединения ВЛ-342 фазы «В» относительно верхнего каскада на 4,2°С. Причина не выяснена, рекомендовано взять пробу масла из нижнего каскада;

г) превышение температуры нагрева нижнего каскада ТН-330 кВ присоединения ВЛ-342 фазы «А» относительно среднего каскада на 2,6°С. Причина не выяснена, рекомендовано взять пробу масла из нижнего каскада.

При обследовании 16-ти фаз вводов 330 кВ силовых автотрансформаторов выявлено превышение температуры оголовника ввода АТ-2 ПС-330 «Борисов» 330 кВ фазы "А" по отношению к фазе «В» на 2,8°С. Причина: некачественная пайка шпилек фазы «А».

Причинами изменения переходного сопротивления контакта являются усилие нажатия, температура, состояние контактной поверхности, материал контакта.

Заключение

1. При ИК-контроле трансформаторов тока 110-330 кВ [2] рекомендуют браковать ТТ, отличающиеся между собой на $0,3^{\circ}\text{C}$. Наличие такой разницы может указывать на начальную стадию развития распределенного дефекта или на сильно развитый местный дефект. А может указывать лишь на наличие остаточной намагниченности магнитопровода ТТ после отключения тока КЗ. Все эти обстоятельства необходимо немедленно выяснить на основе дополнительного обследования в объеме:

- ГХ-анализ газов, растворенных в масле;
- осциллографирование формы рабочего тока;
- снятие вольтамперной характеристики (ВАХ);
- измерение $\text{tg}(\delta)$ основной изоляции под рабочим напряжением, по результатам которого принять окончательное решение [1].

2. Повышенные перегревы ТН могут быть обусловлены следующими причинами:

- дополнительными потерями в стали магнитопровода;
- увлажнением и загрязнением масла;
- конструктивными или технологическими факторами;
- витковыми замыканиями в обмотках.

3. На вводах силовых автотрансформаторов тепловизионный контроль является вспомогательным и позволяет выявить только грубые дефекты, например, образование короткозамкнутых контуров в расширителе ввода или наличие дефектных контактных соединений. Выявляется также снижение уровня масла во вводе или, например, наличие препятствий для нормальной конвекции масла между изоляционным остовом ввода и его фарфоровой крышкой [4].

4. В целом при проведении ИК-контроля описанного выше высоковольтного оборудования выявлена причина повышенного нагрева – переходные сопротивления в зонах контактов. Учитывая, что в период измерения величины нагрузок по линиям 110-330 кВ были в пределах от 10 до 25% от номинальных и сильное возрастание степени нагрева от токов нагрузки, повторное обследование нужно провести при нагрузке, близкой к номинальной.

Поэтому, с учетом загрузки оборудования, сроков эксплуатации этого оборудования (более 20 лет) и трудностей при проведении ИК-контроля на практике (различные побочные явления: окружающая среда и атмосфера, неравномерное распределение загрязнения фарфора, разный цвет фарфоровых рубашек, погодные условия и др.), возможно, следует пересмотреть существующие нормы испытаний и методику проведения ИК-диагностики, а именно; упростить и повысить критерии браковки применительно к условиям Республики Беларусь.

Литература

1. Сборник материалов семинара «Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования». Выпуск 17: «Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования, зданий и сооружений на основе приема излучений в инфракрасном спектре». / Поляков В.С., Белоусов Ю.И., Осотов В.Н., Таджибаев А.И., Гасс А.А. / Издание Петербургского энергетического института повышения квалификации руководящих работников и специалистов. Минэнерго РФ. – СПб., 2002. – 127 С.
2. Нормы и объем испытаний электрооборудования Белорусской энергосистемы / Под общей редакцией комиссии: Кордуба В.Г., Сивца Л.М., Бабочкина В.Г. и др. / Концерн «БЕЛЭНЕРГО», НИГП «БелТЭИ». – Минск, 1999 г. - 242 С.
3. Бажанов С.А. Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств. М. НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2000. – 76 С.
4. Поляков В.С. Технологии тепловизионной диагностики электрооборудования и опыт их использования (Сборник материалов семинара «Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования». Выпуск 13: «Современные проблемы инфракрасной термографии»). – Петербургский энергетический институт повышения квалификации, СПб, 2001.