



Рис. 1. Схемы установок изолирующих связей в пролетах ВЛ: а – междуфазные распорки; б – расчалка: 1 – распорки; 2 – демпфер; 3 – расчалка; 4 – изолятор

междуфазным распоркам, устанавливаемым в пролете, предлагается одну из фаз соединить через тросовую расчалку и изолятор к опоре. Между расчалкой и опорой помещается демпфирующий элемент для рассеяния энергии колебания. Расчалка крепится к фазовому проводу на расстоянии 0,25–0,35 длины пролета. Можно полагать, что узел колебания будет находиться в зоне крепления провода к расчалке. Это позволит избежать опасных одно- и двухполуволновых колебаний даже при отсутствии демпфирующего элемента. К недостаткам устройства следует отнести громоздкость конструкции и дополнительное возрастание ветровой и гололедной нагрузок.

Представленные способы борьбы с пляской проводов, за исключением установки междуфазных распорок, носят пассивный характер, не направлены непосредственно на подавление колебательного процесса, и их реализация связана с существенным удорожанием линии.

По сведениям СИГРЭ несмотря на выполненный большой комплекс исследований и положительный опыт применения различных средств подавления и ограничения пляски, отсутствует общее решение проблемы предотвращения пляски проводов. Поэтому в этой области требуются как теоретические, так и практические работы по применению устройств подавления пляски для ВЛ.

УДК 621.181

### АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО СОСТОЯНИЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 110–330 КВ, ВВОДОВ 330 КВ СИЛОВЫХ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕРМОГРАФА

*Свистуленко А.В.*

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СТЕПАНЧУК К.Ф.

Эффективным методом выявления возможных повреждений является применение тепловизионной аппаратуры и термографических методов. 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 года по 2004 год проведен термографический контроль измерительных трансформаторов тока 330 кВ в количестве 129 шт., измерительных трансформаторов

тока 110 кВ в количестве 30 шт., вводов 330 кВ силовых автотрансформаторов в количестве 16 шт., измерительных трансформаторов напряжения 330 кВ в количестве 60 фаз и их контактных соединений и участков ошиновки на ПС 330 кВ «Молодечно», ПС 330 кВ «Борисов», ПС 330 кВ «Восточная», ПС 330 кВ «Колядичи», ПС 750 кВ «Белорусская». Методом компьютерной термографии проведена оценка технического состояния электротехнического оборудования подстанций, выявлен ряд дефектов, возможные причины неисправностей. При обследовании работающего под напряжением маслonaполненного 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 ИК-контроле ТТ оценивается состояние внутренних и внешних контактных соединений, а при выполнении определенных условий по измеренным температурам на поверхности фарфоровой покрышки и состояние бумажно-масляной изоляции.

ИК-контроль проводился по методике, изложенной в [2 и 3].

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

- повышенный нагрев первичной обмотки ТТ из-за роста переходных сопротивлений;

- повышенная температура в зоне аппаратного зажима шлейфа.

Выявлены три фазы разных присоединений трансформаторов тока 330 кВ с разницей температур по поверхности фарфоровой рубашки в 0,6–1°С, что не соответствует [2]. Причины не выявлены, так как не проводились дополнительные испытания по следующим причинам: несерьезность отношений к данным аномалиям; отбор проб трансформаторного масла на анализ из ТТ 330 кВ не предусмотрен заводом-изготовителем (герметичное исполнение). Принято решение провести повторный ИК-контроль через шесть месяцев и держать в поле зрения состояние этих аппаратов.

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

- превышение температуры нагрева нижнего каскада ТН 330 кВ относительно среднего и верхнего каскада. Причина не выяснена, рекомендовано взять пробу масла из нижнего каскада.

При обследовании 16-ти фаз вводов 330 кВ силовых автотрансформаторов выявлены следующие дефекты и аномальные нагревы фарфоровых покрышек:

- нагрев оголовника ввода 330 кВ фазы А АТ-2 ПС 330 кВ «Борисов». Превышение температуры по отношению к фазе В на 2,8°С. Причина: некачественная пайка шпилек фазы А.

#### **Выводы:**

1. При ИК-контроле трансформаторов тока 110–330 кВ [2] рекомендуют (и только рекомендуют) браковать ТТ, отличающиеся между собой на 0,3°С. 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 ТН;
  - увлажнением и загрязнением масла ТН;
  - 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 выше описанного высоковольтного оборудования выявлена основная 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 квадратичная зависимость степени нагрева от токов нагрузки с ее ростом интенсивность нагрева сильно возрастет, поэтому повторное обследование нужно провести при нагрузке, близкой к номинальной. Поэтому, с учетом загрузки оборудования, сроком эксплуатации этого оборудования (более 20 лет), трудностями при проведении ИК-контроля на практике (различные побочные явления, то есть 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 – более 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.Т. и др. / Концерн "БЕЛЭНЕРГО", НИГПИ "БелТЭИ". – Мн., 1999. – 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"). – СПб.: Петербургский энергетический институт повышения квалификации, 2001.

УДК 621.315

## ПРОВЕРКА СХЛЕСТЫВАНИЯ ГИБКОЙ ОШИНОВКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПО ДОПУСТИМОМУ ИМПУЛЬСУ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ

Царюк А.С., Яхновец Я.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СЕРГЕЙ И.И.

Межгосударственный стандарт СНГ на методы расчета электродинамического действия токов короткого замыкания (КЗ) на гибкие шины распределительных уст-