

Методика распознавания точки дефекта в контактных соединениях выключателя серии ВМТ на основе термографирования

МИХЕЕВ Г. М., БАТАЛЫГИН С. Н., ЧУВАШЭНЕРГО

На сегодняшний день производство маломасляных выключателей серии ВМТ 110 и 220 кВ свернуто. Вместо этих выключателей "Уралэлектротрактор" (г. Екатеринбург) выпускает элегазовые выключатели типа ВГТ. Однако, несмотря на это, на энергопредприятии РАО "ЕЭС России" продолжает эксплуатироваться большое количество подобных типов выключателей. В частности, только в ОАО "Чувашэнерго" доля выключателей ВМТ от общего количества выключателей 110 – 500 кВ составляет около 32 %. Примерно такая же картина прослеживается и в других энергосистемах. Например, в ОАО "Нижевоэнерго" доля выключателей серии ВМТ составляет около 25 % общего количества выключателей на напряжение 110 – 220 кВ, а в "Татэнерго" на класс напряжения 110 кВ из 522 единиц выключателей установлено 126 выключателей типа ВМТ [1]. По этой причине знание методики распознавания точки дефекта контактного соединения в выключателях серии ВМТ остается актуальной.

У маломасляных выключателей 110 – 220 кВ серии ВМТ внутри колонок фаз размещены подвижные и неподвижные контакты, дугогасительные камеры, роликовые токощетки и другие тоководы. Узлы с болтовыми соединениями, исключая возможность их визуального контроля. Однако, в отличие от других типов, выключатели типа ВМТ сравнительно легко поддаются диагностированию с помощью тепловизора из-за того, что в них мало масла (в одной фазе около 80 кг против 3 т у выключателей типа "МКП" или "У"). Наличие колпака в верхней части выключателя, внутренняя полость которой омывается трансформаторным маслом, упрощает процедуру обследования инфракрасной техникой, так как при наличии дефекта в выключателе тепло, выделяемое в контактных соединениях, сразу же передается через диэлектрическую жидкость (ДЖ) наружу. Но, с другой стороны, ввиду наличия множества точек соединения в контактной системе выключателя, определить гарантированное месторасположение дефекта остается довольно сложно.

Как известно, выключатели типа ВМТ имеют контактные соединения (КС) в семи точках:

- 1 — контактное резьбовое соединение между фланцем и втулкой дугогасительной камеры;
- 2 — болтовое крепление фланца к основанию корпуса полюса (полуполюса) выключателя 110 (220) кВ;
- 3 — контакт между корпусами неподвижного контакта (резьбовой);
- 4 — контакт между панелью и одним из корпусов неподвижного контакта;
- 5 — контакт между панелью и подвижным контактом;
- 6 — контакт в роликовом токощете;
- 7 — контакт между корпусом токовода и направляющими стержнями.

Замечено, что при плохом контакте в точке 1 градиент температуры можно обнаружить непосредственно на линейных выводах выключателя, в точке 2 перепад температуры определяется тепло-

визором на нижней части колпака по периметру полуколла выключателя на уровне аппаратного зажима (рис. 1, а). Если выключатель ВМТ имеет плохой контакт в точках 3 – 6, перепад температуры проявляется на колпаке полуколла равномерно, как со стороны его линейных выводов, так и со стороны профиля выключателя. При наличии перепада температуры по периметру полуколла (220), полюса (110) выключателя (более значительном со стороны линейных выводов) вероятнее всего выключатель имеет дефекты, по крайней мере, первых двух точек. Плохой контакт в точке 7 маловероятен из-за особенности конструкции выключателя. Но если предположить его появление со временем, тепловизор на корпусе токовода легко обнаружит этот дефект.

Таким образом, путем выявления и оценки градиента изменения температуры на колпаке полуколла возможно определить геометрически точку дефекта в выключателе, находящемся под рабочим напряжением.

С помощью тепловизора также надежно обнаруживаются неисправности подогревателей выключателя, определяется их работоспособность по I и II ступеням.

Как показывает опыт эксплуатации, обогревы выключателей на ВМТ из-за отсутствия автоматики зачастую включаются при температурах окружающей среды выше, чем предусмотрено заводом-изготовителем, и потому выходят из строя преждевременно. Их срок службы значительно сокращается при несоблюдении режима включения по I и II ступеням в зимних условиях. Это проявляется особенно в последние годы, когда температура окружающей среды имеет значительные колебания в течение непродолжительного промежутка времени. На практике часто бывали случаи, когда во время очередной отпелки подогреватели все еще оставались включенными.

Примером может послужить термограмма представленная на рис. 1, б. На фазе "А" обогреватель не работает (на рисунке контур полюса выключателя практически не просматривается), на фазах "В" и "С" включены обогреватели при температуре окружающей среды -4°C , что является нарушением инструкции завода-изготовителя. Из рис. 2, а видно, что на фазах "А" и "В" включены две ступени обогрева выключателя, в то время как на фазе "С" включен обогрев первой ступени. На рис. 2, б представлена термограмма обогрева выключателя серии ВМТ-110 кВ присоединения СВ 110-1-3 (п/ст. "Студенческая"). Из нее также видно, что на одной из фаз обогреватель не работает, а на двух других они включены при температуре окружающей среды -4°C .

Вернемся к рис. 1, б. На фазе "В" максимальная температура подогревающего устройства составляет $47,0^{\circ}\text{C}$, а на фазе "С" 62°C . Это говорит о том, что на фазе "В" работает первая ступень, а на фазе "С" обе ступени подогревающего устройства. На корпус токовода фазы "В" температура составляет $3,8^{\circ}\text{C}$, в то время как на фарфоровой рубашке

дугогасительной камеры всего лишь $0,8^{\circ}\text{C}$. Более высокая температура на тоководе объяснима тем, что корпус токовода выполнен из металла, а он в свою очередь омывается теплым маслом. Причем, необходимо заметить, что на фарфоровой рубашке опорного изолятора температура значительно выше, чем на фарфоровой рубашке дугогасительной камеры и составляет $1,4^{\circ}\text{C}$. Это обусловлено тем, что обогревающее устройство находится на днище выключателя в непосредственной близости к опорному изолятору, а принудительное смешивание в полости выключателя отсутствует.

На колпаке выключателя фазы "С" температура выше, чем на тоководе ($8,1^{\circ}\text{C}$ против $6,8^{\circ}\text{C}$). Это говорит о том, что в области колпака полюса выключателя имеется дефект контактного соединения. Если бы отсутствовал дефект, то температура на колпаке полюса выключателя и на тоководе была бы одинаковой. Особенностью этой термограммы является также то, что на ней видно влияние температурного распределения на опорный изолятор выключателя обогревающим устройством привода выключателя. Теплый воздух от привода выключателя поднимается по фарфоровой рубашке опорного изолятора фазы "С" выключателя и существенно влияет на распределение температуры.

На основании многолетней эксплуатации выключателей серии ВМТ нами предложена схема распознавания точки дефекта методом тепловизионного контроля при отключенном и включенном режиме обогревателей (см. таблицу).

Нормы значений сопротивлений отдельных участков контура заводом-изготовителем на данную серию выключателя не приводятся. Как мы уже знаем (см. рис. 1), общая величина сопротивлений полюса выключателя складывается из семи отдельных контактных соединений. На практике возможны случаи, когда все переходное сопротивление сосредоточено в одной точке, но его значение не превышает норму. Однако, диагностика приборами инфракрасной техники однозначно и наглядно выявляет эту точку как дефект. Примером может послужить термограмма выключателя, выполненная на выключателе ВМТ-110 кВ на п/ст. "Студенческая" Северных электрических сетей ОАО "Чувашэнерго" (см. рис. 2, а). На фазе "В" видно, что градиент температуры по сравнению с другими фазами составляет около 3°C , и дефект на этом полюсе выключателя существует однозначно. Однако, типовые замеры переходного сопротивления на тоководном контуре, которые производились после вывода выключателя в ремонт, не превышали норму.

За весь период эксплуатации выключателей серии ВМТ в ОАО "Чувашэнерго" всего зафиксировано пять случаев их повреждения.

Пятый случай отказа выключателя произошел в январе 2000 г. На этот раз поврежден полюс выключателя ВМТ на класс напряжения 220 кВ на присоединении 2АТ фазы "С" на ОРУ Чебоксарской ГЭС.

Сразу же после повреждения выключателя его полуколла был оторван от основания опорного изолятора коммутационного аппарата и лежал на раме. По случайности случайно не повредился трансформатор тока 220 кВ, который имел электрическую связь с полуколла выключателя поврежденной фазы.

Осмотр поврежденного полуколла коммутационного аппарата показал, что изоляционная тяга под действием влаги была "разломлена", "разломлена" был также бакетовый цилиндр в кор-

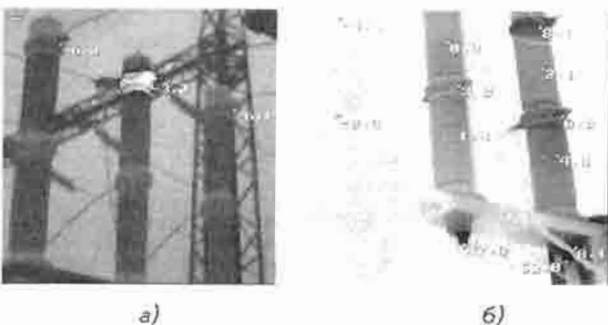


Рис. 1. Нагрев колпака полюса выключателя типа ВМТ-110 кВ фазы "В" (а) и термограмма выключателя ВМТ с включенными подогревающими устройствами (б)

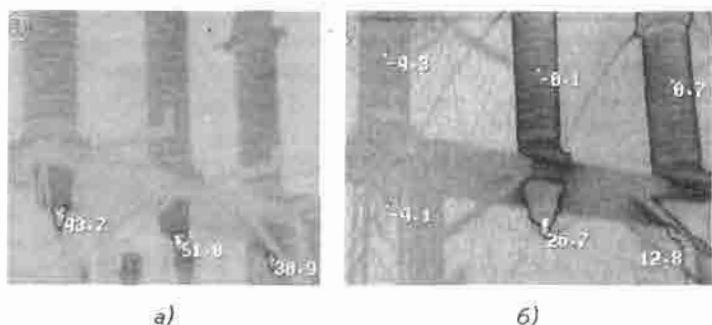


Рис. 2. Термограмма обогрева выключателя серии ВМТ-110 кВ п/ст. "Студенческая" на присоединениях: а — СВ 110-1-2; б — СВ 110-1-3

Распознавание точки дефекта методом тепловизионного контроля выключателей серии ВМТ при отключенном и включенном обогревателях

№ контакта	Местоположение дефекта	Проявление дефекта	
		Обогреватели отключены	Обогреватели включены
1	Контактное резьбовое соединение между фланцем и втулкой дугогасительной камеры	Нагрев колпака полюса (полуполюса) выключателя, причем градиент температуры со стороны линейных выводов выше, чем со стороны профиля выключателя	Превышение температуры на колпаке выше, чем на корпусе токовода, причем градиент температуры со стороны линейных выводов выше, чем со стороны профиля выключателя
2	Болтовое крепление фланца к основанию корпуса полюса выключателя 110 кВ, полуполюса — для выключателя 220 кВ	Нагрев колпака на уровне аппаратного зажима по периметру полюса (полуполюса) выключателя, причем градиент температуры со стороны линейного вывода выше, чем со стороны профиля выключателя и со стороны другого линейного вывода	Нагрев на колпаке полюса (полуполюса) выключателя выше, чем на корпусе токовода, причем градиент температуры со стороны линейного вывода выше, чем со стороны профиля выключателя и со стороны противоположного линейного вывода
3	Контакт между корпусами I и II неподвижного контакта (резьбовой)	Равномерный нагрев на колпаке по всему периметру колпака полюса (полуполюса) выключателя, причем температура на колпаке полюса (полуполюса) выключателя практически не отличается от температуры на корпусе токовода. Дефекты в этих точках возможны как в каждой из них в отдельности, так и во всех одновременно	
4	Контакт между ламелью и корпусом II неподвижного контакта		
5	Контакт между ламелью и подвижным контактом		
6	Контакт в розливном токосъеме		
7	Контакт между корпусом токовода и направляющим стержнями	Нагрев на корпусе токовода, причем градиент температуры на корпусе токовода выше чем на колпаке полюса (полуполюса) выключателя	Градиент температуры на корпусе токовода выше, чем на колпаке полюса (полуполюса) выключателя

пуске нагревателя. Подвижный контакт обгорел, обгорели ламели, изоляционная тяга была в копоти.

Осциллограмма токов короткого замыкания (КЗ) показала, что в первый момент времени ток КЗ протекал в фазе "С" от 2 СШ по полуполюсу поврежденной фазы, а именно, по пути от корпуса токовода по подвижному контакту и на землю, в то время как ток КЗ со стороны 2 АТ по пути от фланца через неподвижный контакт к основанию корпуса выключателя отсутствовал. Это свидетель-

ствует о том, что в этот момент времени тяга коммутационного аппарата уже была оборвана разрушением опорного изолятора. А это говорит о том, что уже до КЗ произошло разрушение выключателя из-за частичных разрядов, происшедших в корпусе выключателя. Частичные разряды имели место из-за того, что контактная система была в неудовлетворительном состоянии, что подтверждалось неоднократными замечаниями тепловизионного контроля этого полуполюса и непосредственными

измерениями омического сопротивления, а также отсыревшей изоляционной тягой в процессе эксплуатации. К сожалению, из-за того, что обследования производились тепловизором "Пировидикон-2" (в то время в нашей энергосистеме он был единственным), мы не можем представить термограмму этого случая.

По этой же причине мы тогда не могли представить картину тепловизионного обследования "высокому начальству", что также способствовало тому, что выключатель не был вовремя выведен из работы.

В заключение отметим, что все термограммы, представленные в этой работе по диагностике выключателей, зарегистрированы отечественным тепловизором "ИРТИС-2000". Выражаем особую благодарность разработчикам данной тепловизионной системы, которая полностью удовлетворяет нашим требованиям, работает надежно и безотказно.

Выводы

1. Соответствие значений сопротивлений постоянному току тоководящего контура контактной системы выключателей серии ВМТ значениям, приведенным в "Объемах и нормах испытаний электрооборудования", недостаточно для того, чтобы говорить об исправности выключателя.

2. Надежность работы контактной системы выключателей серии ВМТ обеспечивается совместным использованием термографирования и типовыми измерениями переходного сопротивления на тоководящем контуре.

3. В энергетике желательно использовать тепловизоры, имеющие возможность обработки тепловизионных изображений с помощью специального программного обеспечения.

4. Приборы инфракрасной техники при наличии соответствующих методов контроля являются эффективными средством диагностики оборудования.

Адрес ООО "ИрТИС":
101000, Москва, Старосадский пер., 8.
Тел./факс (095) 924-23-51