

## **Преимущества трансформаторов тока с литой эпоксидной изоляцией класса напряжения 35 кВ**

*Несенюк Е.С. инженер-конструктор ОИТ ОАО «СЗТТ»  
Смирнов А.С. ведущий менеджер ОМиВЭС ОАО «СЗТТ»*

Очень долгое время на открытых распределительных устройствах 35 кВ для технического учета электроэнергии и питания релейной защиты трансформаторных подстанций применялись трансформаторы тока с масляной изоляцией. Конечно, трансформаторное масло далеко не идеальный диэлектрик, но все же оно применялось повсеместно, поскольку было достаточно эффективным и относительно дешевым материалом, что при массовом объеме его производства имело немалое значение.

По сей день одним из самых распространенных и наиболее известных трансформаторов тока на 35 кВ является трансформатор ТФЗМ-35, у которого в качестве главной изоляции используется трансформаторное масло. В процессе эксплуатации, на качество трансформаторного масла влияет множество факторов, поэтому требуется постоянный контроль его состояния. Однако, в связи с ужесточившимися требованиями к экологии промышленных объектов, эксплуатация масляных трансформаторов становится все более и более затратной.

При отборе проб трансформаторного масла, а также при его замене, происходит попадание масла в окружающую среду. К тому же, в процессе эксплуатации, корпус трансформатора может потерять герметичность, что приводит к утечке масла и, опять же, загрязнению окружающей среды. Напомним, что по сегодняшним требованиям контролирующим природоохраненных органов попадание трансформаторного масла в почву и сточные воды не допускается и карается немалыми штрафами.

Одним из негативных факторов, возникающих при эксплуатации трансформаторов тока, является повышенный нагрев его токоведущих частей и корпуса под влиянием перегрузок или климатических условий. Это, в свою очередь, приводит к увеличению температуры трансформаторного масла, и снижению его диэлектрических свойств. К снижению электрической прочности приводит также газообразование вследствие коронных разрядов и появление посторонних включений из-за старения частей трансформатора.

Вполне логичным является требование ПУЭ проверять качество масла не реже одного раза в год. Но если учесть, что количество трансформаторов тока на подстанции составляет порой десятки фаз, то отбор проб и их последующая проверка занимает несколько рабочих смен обслуживающего персонала, и это, не учитывая остального маслonaполненного оборудования подстанции. По результатам испытаний проб масла, в случае его несоответствия требованиям, принимается решение о замене масла в той или иной фазе, а это уже влечет за собой внеплановое отключение линий.

В аварийных режимах, при протекании через трансформатор токов короткого замыкания, происходит закипание масла, что сопровождается резким расширением его объема и повышенным газообразованием. В таких режимах очень важна четкая работа выпускных клапанов, в противном случае, от избыточного давления трансформатор может разрушиться и послужить причиной пожара. При определенных обстоятельствах взрыв трансформатора тока может привести к повреждению соседнего оборудования и вызвать веерное отключение электроэнергии, аналогичное происшедшему в Московской области весной 2005 года.

Конечно, вероятность того, что трансформатор тока станет причиной системной аварии, весьма мала. Но обслуживание трансформаторного масла было и остается если не проблемой, то неприятным фактором. К счастью, в настоящее время у энергетиков есть выбор, поскольку измерительные трансформаторы тока выпускаются с элегазовой и литой эпоксидной изоляцией.

Элегаз – шестифтористая сера SF<sub>6</sub> – как диэлектрик эффективен на высоких и сверхвысоких напряжениях. Однако, будучи достаточно дорогим в обслуживании и содержании, на подстанциях 35 кВ его применение экономически не выгодно. Другое дело трансформаторы из эпоксидных компаундов. Надежные, удобные в эксплуатации, они не требуют технического обслуживания, не загрязняют окружающую среду и пожаробезопасны.

Впервые трансформатор тока с литой эпоксидной изоляцией на 35 кВ под маркой ТОЛ-35 УХЛ1 был выпущен на ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока» в 1997 году. Он был задуман как полная замена ТФЗМ-35, поэтому получил все установочные и присоединительные размеры своего предшественника. За все время выпуска, тысячи трансформаторов ТОЛ-35 заняли свое место во всех уголках России и стран СНГ. Они зарекомендовали себя как надежные, непривередливые трансформаторы, и их качество подтверждается бесперебойной работой в районах от крайнего севера до субтропиков.

В настоящее время трансформатор выпускается под маркой ТОЛ-35-III-II УХЛ1 и имеет три вторичные обмотки – в базовом варианте это 0,5S/10P/10P, однако, по желанию заказчика, возможны комбинации обмоток классов точности 0,2S и 5P. Имея коэффициенты трансформации от 15/5 до 3000/5, трансформаторы могут использоваться на объектах с любым энергопотреблением. Длина пути утечки гарантирует отсутствие коронных и поверхностных частичных разрядов. Трансформатор более всего соответствует Российским погодным условиям и подходит для атмосферы, характеризующейся высокой загрязненностью – на металлургических, химических предприятиях и предприятиях горнодобывающей отрасли.

Что касается истории создания трансформатора, то тут необходимо напомнить, что работа с эпоксидными смолами в качестве изоляции были начаты еще в 50-х годах прошлого века, и на протяжении почти пятидесяти лет они применялись только на классах напряжения 10-20 кВ. Сделать следующий шаг – покорить класс 35 кВ – долгое время не позволяла технология, тем более что эпоксидные компаунды не пригодны для трансформаторов наружной установки, поскольку разрушаются под воздействием солнечной радиации и климатических факторов. Однако, накопленный за многие годы работы научно-технический потенциал ОАО «СЗТТ» позволил решить эту проблему. Ответ оказался весьма прост – делать две заливки, первая из обычного компаунда, вторая определяет внешнюю форму трансформатора и выполняется из материала устойчивого к внешним воздействиям. Как показывает опыт, решение оказалось очень и очень жизнеспособным.

Понятно, что высокая надежность и качество трансформаторов ТОЛ-35 вовсе не чудо. Узлы трансформатора проходят испытания на каждом этапе его создания, а сборку осуществляет опытный, квалифицированный персонал. И конечно решающее значение имеет конструкция трансформатора тока, созданная замечательными инженерами, она, на протяжении всего времени производства, еще более усовершенствовалась и оттачивалась. И вот результат: за период рекордно низких температур, в январе 2006 года, ни один трансформатор ТОЛ-35, используемый в нефтегазовой отрасли и на железных дорогах Тюменской области, не вышел из строя.

Не так давно серия ТОЛ-35 получила пополнение. Поскольку данные трансформаторы очень популярны у производителей высоковольтных выключателей, то специально для этих нужд была разработана облегченная модификация ТОЛ-35-III-IV с одной вторичной обмоткой класса точности 0,5 или 10Р и четырьмя отпайками для различных коэффициентов трансформации.

Стоит добавить, что именно отработанная до мелочей конструкция ТОЛ-35 позволила конструкторам завода пойти еще дальше. На его базе был создан трансформатор тока ТОЛ-110 УХЛ1, предназначенный для работы в сетях на 110 кВ.

#### *Краткая техническая характеристика ТОЛ-35-III-II:*

*Технические условия ОГГ.671 213.012ТУ;*

*Номинальная частота 50 или 60 Гц;*

*Категория размещения УХЛ1 или Т1;*

*Длина пути утечки III по ГОСТ 9920;*

*Номинальная предельная кратность обмоток для защиты – 20;*

*Коэффициент безопасности обмоток для измерения не более 5.*