

Литая изоляция в трансформаторах.

Существующая на сегодняшний день конкуренция на рынке измерительных трансформаторов до 35кВ неизбежно привела многих потребителей к вопросу: какая изоляция лучше для применения в литых трансформаторах – на основе эпоксидных компаундов или из полиуретанов? Несмотря на внешнее сходство в готовых изделиях, структура и свойства этих материалов сильно различаются. И эти, не очевидные на первый взгляд различия, могут значительно отразиться на эксплуатационных характеристиках трансформаторов. Сегодня мы разберем этот вопрос более подробно.

Полиуретаны – материалы, хорошо зарекомендовавшие себя в различных областях промышленности, благодаря износоустойчивости, теплоизоляционным свойствам, а также отличному сочетанию прочности и гибкости, и ряду других. До 90% применяемых полиуретанов – пенополиуретаны, используемые в строительстве, производстве мебели, автомобилестроении. Именно здесь ценятся главные их свойства – высокая теплоизолирующая способность в сочетании с износоустойчивостью и небольшим весом.

Наиболее широкое применение в промышленности получили литые полиуретановые эластомеры, из которых изготавливают как крупногабаритные изделия, так и изделия средних размеров, славящиеся своей долговечностью. Так, например, массивные шины для внутризаводского транспорта, изготовленные из эластомеров, в 6-7 раз надежнее, чем шины из углеводородных каучуков. Кроме того, эластомеры используются в горнодобывающей промышленности в деталях устройств для транспортирования абразивного шлама, флотационных установок, гидроциклонов и трубопроводов.

Литые полиуретановые эластомеры используют также для получения приводных ремней, конвейерных лент, разнообразных уплотнительных деталей, деталей машин, валков, уплотнений гидравлических устройств и масляно-пневматических амортизаторов железнодорожного транспорта.

Применение же полиуретанов в качестве основной изоляции в трансформаторах не получило широкого распространения по следующим причинам:

1. Меньший срок службы под напряжением свыше 10кВ, в сравнении с эпоксидными компаундами.
2. Более высокая стоимость по сравнению с другими материалами.
3. Более узкий температурный интервал работы трансформаторов с полиуретановой изоляцией.
4. Более низкие показатели по классу нагревостойкости и теплопроводности, чем у эпоксидных компаундов.

Чтобы оценить влияние свойств изолирующего материала на надежность оборудования, рассмотрим процессы, происходящие с трансформатором при работе в ячейке.

При длительной работе трансформатора, особенно на больших токах, происходит нагрев обмоток трансформатора. При этом высокие теплоизоляционные свойства полиуретана препятствуют отводу тепла и способствуют дальнейшему перегреву изоляции. В результате, при отсутствии кислорода происходит термическое разложение перегретого материала с образованием сажи и выделением газа. Сажа уменьшает электроизоляционные способности полиуретана и способствует дальнейшему разложению материала, являясь одновременно отличным теплоизолирующим компонентом. В результате происходит деструкция полиуретана под воздействием температуры и электрического пробоя, что ведет к разрушению трансформатора (фото1). Это особенно проявляется при работе трансформатора на предельных нагрузках.



Фото 1

Вторая опасность в ячейках – это режим короткого замыкания. Температура электрической дуги может достигать 3000°C, что в замкнутом пространстве ячейки приведет к горению полиуретановой изоляции трансформатора с выделением опасных для здоровья цианидов или, при более низких температурах горения (ниже 600°C), к образованию удушающего желтого дыма, который содержит диизоцианаты. Последствия отравления диизоцианатами хорошо известны по аварии на химзаводе Бхопал в Индии, когда при аварийном выбросе этого вещества погибло несколько сотен человек.

При воздействии электрической дуги на трансформатор с эпоксидной изоляцией, видимого разрушения не происходит (фото2).



фото2

Эпоксидные смолы. Отвержденные смолы характеризуются высокой адгезией к металлам, стеклу, бетону и другим материалам, механической прочностью, водо- и химической стойкостью, хорошими диэлектрическими показателями. Эпоксидные смолы способны отверждаться в обычных условиях, а также при пониженных (до -15°C) или повышенных (+60...+125°C) температурах. В качестве отвердителей используются полиамины, многоосновные кислоты и их ангидриды, многоатомные фенолы, третичные амины. Отличительная особенность эпоксидных смол при отверждении – отсутствие выделения летучих веществ и малая усадка (0,1–3%). Эти смолы применяются в электротехнической и радиоэлектронной промышленности, авиа-, судо- и машиностроении, а также в строительстве – как компонент заливочных и пропиточных компаундов, клеев, герметиков, связующих для армированных пластиков.

Эпоксидно-диановые литьевые компаунды применяются с наполнителями, улучшающими пожаробезопасность и снижающие себестоимость продукции. Основное применение компаунды получили в производстве электротехнической продукции: измерительных и силовых трансформаторов, изоляторов, пропитки для якорей и катушек специальных электрических машин. Герметическая или литая изоляция хорошо цементирует витки обмотки, обеспечивая высокие механическую и электрическую прочности, влагостойкость, малые термические коэффициенты расширения и теплопроводности. Слабым местом эпоксидно-диановых компаундов является плохая устойчивость ультрафиолетовому излучению. Поэтому такие компаунды не применяются для оборудования наружного исполнения. Но даже и воздействие солнечного излучения – это длительный процесс. Например, на киевском направлении Московской железной дороги уже более пяти лет успешно работает силовой трансформатор ОЛС с эпоксидной изоляцией, установленный на столбе вместо трансформатора ОЛ наружной установки.

Решить проблему использования трансформаторов из эпоксидно-дианового компаунда для наружной установки помогло применение наружной полиуретановой изоляции.

В данном решении, примененном на ОАО «СЗТТ» для трансформаторов наружной установки, сочетаются положительные свойства эпоксидных компаундов для внутренней (основной) изоляции и наружной оболочки из полиуретана, устойчивого к воздействию солнечного излучения. Эффективность этого способа успешно подтверждается уже в течение 15 лет – за этот период завод выпустил нескольких десятков тысяч трансформаторов наружной установки на 6, 10 и 35кВ.

Так какая изоляция является более надежной? На этот вопрос сегодня можно ответить однозначно. В то время как срок службы трансформаторов с эпоксидной изоляцией достигает тридцати и более лет, что подтверждено многолетней эксплуатацией трансформаторов, нет никаких данных, подтверждающих аналогичный срок службы для трансформаторов в полиуретановой изоляции. Область применения полиуретановых систем для изготовления трансформаторов находится на стадии экспериментального применения. Точнее говоря,

«бум» на полиуретановые системы в Европе пришелся на середину 90-х годов. Такие известные компании как: ABB Calor EMAG, Ritz Messwandler, Artechе изготавливали трансформаторы из полиуретановой изоляции, но по прошествии 8-10 лет эксплуатации данных трансформаторов, получив результаты практических применений, отказались от этой идеи и вернулись к изготовлению трансформаторов с эпоксидной изоляцией. Причиной тому послужили упомянутые результаты исследований, показавшие значительное снижение диэлектрической и механической прочности полиуретановых компаундов после 7-8 лет работы трансформаторов под напряжением.

Испытания, проводимые на ОАО «СЗТТ» в течение ряда лет, подтвердили, что в настоящее время эпоксидные смолы являются лучшим из существующих материалов для изготовления трансформаторов тока и напряжения внутренней установки с литой изоляцией.

Ведущий специалист отдела маркетинга ОАО «СЗТТ»
Рычков Сергей Николаевич.

“Энергетика и промышленность России», №10 – 2009г.