

# Сухие трансформаторы с литой изоляцией Legrand



В статье раскрыты преимущества сухих трансформаторов перед более традиционными для российского рынка масляными трансформаторами (пожаробезопасность, экологичность, повышенная перегрузочная способность, простота установки и эксплуатации), указаны сферы их применения. Представлены сухие трансформаторы с литой изоляцией разработки и производства французской компании Legrand («Легран»), их конструктивные особенности, варианты исполнения, функциональность.

Legrand Россия и СНГ, г. Москва

Сухие трансформаторы начали серийно производить уже довольно давно, в последней трети XX века, но в нашей стране они стали широко применяться лишь на рубеже веков. Главным их плюсом всегда считалась пожаробезопасность. В отличие от масляных трансформаторов, которые в случае пожара представляют собой серьезную угрозу, поскольку содержащееся в них масло или синтетическая жидкость могут разлиться и воспламениться, сухие трансформаторы пожароустойчивы, поскольку для охлаждения в них используются естественные потоки окружающего воздуха, а их литая изоляция из эпоксидных компаундов практически не горит. Такие трансформаторы можно использовать на АЭС, в метро и других объектах с повышенными требованиями.

Со временем тема безопасности обрела новые грани. Сегодня огромное значение придается экологической безопасности, особенно в странах Европейского союза, где очень серьезно относятся к охране природы, пострадавшей за годы индустриализации. Так, в 2014 году Европейская Комиссия выпустила Норму № 548/2014, устанавливающую требования к экологическому проектированию энергетического оборудования, где указаны

максимально допустимые тепловые потери для трансформаторов номинальной мощностью не менее 1 кВА. А стандарт EN 50588-1 устанавливает требования к силовым трансформаторам средней мощности, работающим в сетях частотой 50 Гц с высоким напряжением не более 36 кВ. В соответствии с этими нормативными актами КПД трансформаторов должно быть не ниже указанных значений, что позволит снизить потери электроэнергии, а значит, и выбросы углекислого газа в атмосферу. И необходимо отметить, что с точки зрения экологичности сухие трансформаторы опять оказались вне конкуренции. Особенно если это высококачественное и высокотехнологичное оборудование Legrand.

Сухие трансформаторы с литой изоляцией от французской компании Legrand («Легран») не только полностью отвечают действующим требованиям указанных нормативов, но и соответствуют требованиям, которые вступают в силу только в 2021 году. Столь высокие показатели закономерно: французский производитель уже 50 лет выпускает сухие трансформаторы и накопил огромный опыт в их производстве. Разберем же характеристики сухих трансформаторов Legrand, а также в целом роль сухого

трансформатора с литой изоляцией в свете современных проблем и запросов.

## Преимущества и сферы применения сухих трансформаторов

С точки зрения конструкции всё множество трансформаторов, применяемых в сетях переменного тока, можно свести к трем основным типам:

- ▶ масляные трансформаторы;
- ▶ сухие трансформаторы с литой изоляцией;
- ▶ сухие трансформаторы с воздушно-барьерной изоляцией.

В России многие специалисты предпочитают более традиционный масляный трансформатор именно за то, что его конструкция не ограничивает отвод тепла, а значит, и мощности. Разумеется, особенности конструкции трансформаторов оказывают значительное влияние на их характеристики и область применения, поэтому, выбирая трансформатор, необходимо проанализировать и конструкцию, и механические, и тепловые характеристики, при этом учесть уровень защиты, который требуется обеспечить на объекте, и планируемый режим работы. Ведь может оказаться, что вам необходимы именно преимущества сухого трансформатора: его пожароустойчивость

и экологичность, простота установки и гибкость применения.

**Пожаробезопасность.** Благодаря заливке высококачественным эпоксидным компаундом сухие трансформаторы практически не оказывают влияния на окружающую среду и соответствуют международному стандарту МЭК 60076-11 (HDL 464 S1 1988). В частности, трансформаторы Legrand изготавливаются полностью из огнестойких и самозатухающих материалов. В случае возникновения пожара они выделяют минимальное количество токсичных газов и дыма (класс огнестойкости F1). Могут работать во влажной, запыленной, загрязненной атмосфере или в соляном тумане (классы окружающей среды E2, E3, E4), а также обладают высокой стойкостью к тепловому удару (класс климатической стойкости C2).

**Экологичность.** Экологичными сухие трансформаторы можно признать по нескольким причинам. Во-первых, упомянутое отсутствие охлаждающей жидкости (масло или синтетическая жидкость) делает их безопасными для окружающей среды в случае аварийной ситуации. Во-вторых, все элементы конструкции отработанных сухих трансформаторов, в том числе трансформаторов Legrand, все их материалы (и эпоксидная смола, и металл первичных и вторичных обмоток) подвергаются вторичной переработке и утилизации, не оставляя вредных для природы отходов. В-третьих, сухие трансформаторы обеспечивают низкие выбросы CO<sub>2</sub>, что важно для окружающей среды. В частности, подсчитано, что трансформатор серии Green T.NE (рис. 1) от Legrand за 20 лет эксплуатации обеспечивает сокращение выбросов углекислого газа более чем на 112 тонн! Последнее обстоятельство не только благоприятно для климата, но и представляет интерес с точки зрения экономической выгоды в странах с торговлей квотами на выбросы углекислого газа. Компаниям, использующим сухие трансформаторы, не придется доплачивать за превышение квот на выбросы углекислого газа, наоборот, они смогут продать свои излишки квот другим компаниям, не имеющим такого экологичного оборудования.

**Простота установки и обслуживания.** Для сухих трансформаторов не требуется проводить дорогостоящих



Рис. 1. Сухой трансформатор «зеленой» серии T.NE из линейки Zucchini

строительных работ, необходимых для масляных трансформаторов, таких как сооружение пожарных перегородок и маслосборных ям. Их можно устанавливать даже внутри зданий, непосредственно рядом с нагрузкой, что уменьшает расходы на устройство электропроводки и снижает потери электроэнергии (рис. 2). Сложного обслуживания, как у масляных трансформаторов (в которых требуется регулярно проверять уровень и диэлектрические качества диэлектрической жидкости), им тоже не требуется, достаточно лишь периодически удалять пыль и загрязнения.

**Повышенная перегрузочная способность.** И наконец, сухие трансфор-

маторы с литой изоляцией удобно использовать для питания нагрузок с частыми бросками пускового тока, поскольку из-за воздушного охлаждения у них большая перегрузочная способность, чем у масляных трансформаторов. К тому же в случае необходимости номинальную мощность трансформатора можно увеличить, используя систему принудительной вентиляции.

Благодаря этим достоинствам сегодня сухие трансформаторы находят широкое применение:

- ▶ в промышленности (автомобилестроение, машиностроение, химическая промышленность, целлюлозно-бумажные комбинаты, литейное производство);

- ▶ в общественных зданиях (больницы, гостиницы, банки, школы, торговые и культурные центры, офисные здания);

- ▶ в центрах обработки данных (ЦОД);

- ▶ на инфраструктурных объектах (аэропорты, военные объекты, порты, установки в прибрежной зоне).

Сухие трансформаторы могут использоваться в качестве:

- ▶ преобразователей и выпрямителей (в системах кондиционирования воздуха, на предприятиях непрерывного цикла, сварочных линиях, индукционных печах и насосных станциях);

- ▶ повышающего оборудования для производства электроэнергии (в сфере ветро- и солнечной энергети-



Рис. 2. Установка сухого трансформатора внутри производственного помещения

ки, на ТЭЦ, промышленных электроустановках, гидроэлектростанциях);

- ▶ трансформаторов для тяговых подстанций (на железной дороге, в трамваях);

- ▶ трансформаторов морского исполнения (в круизных судах, танкерах СПГ, на морских буровых установках).

Тем более следует отдать предпочтение таким трансформаторам, как серия Zucchini от компании Legrand. Ведь этот производитель за десятилетия своей деятельности разработал множество первоклассных решений по распределению электроэнергии, защите, мониторингу и управлению электроустановками любого типа, в том числе сухих трансформаторов. Перед поставкой каждый трансформатор с литой изоляцией подвергается осмотру и приемо-сдаточным испытаниям в собственной испытательной лаборатории Legrand, а при необходимости — и типовым испытаниям, если они были оговорены при заказе. Лаборатория компании Legrand IB03 недавно получила сертификат итальянской сертификационной организации АСАЕ, дающий право выполнять приемо-сдаточные испытания по стандарту ISO 17025 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» для трансформаторов среднего напряжения.

#### Конструктивные особенности сухих трансформаторов Legrand

Охарактеризуем лишь некоторые, основные, конструктивные особенности сухих трансформаторов Zucchini Legrand, являющиеся показателем их высочайшего качества.

Обмотка высокого напряжения содержит изоляцию из смолы, залитой в вакууме. Обмотка изготавливается на компьютеризированных обмоточных станках из цельного рулона алюминиевой фольги, которую переслаивают двойной изоляцией. Такая технология обеспечивает равномерное распределение изолирующей смолы изнутри и снаружи, что, в свою очередь, гарантирует равномерное распределение диэлектрического потенциала по всей высоте обмотки и позволяет не допустить образования трещин во время испытаний и эксплуатации. В отличие от проволочных обмоток обмотки из полос фоль-



Рис. 3. Сухие трансформаторы Zucchini Legrand в процессе производства

ги отличаются меньшим воздействием напряжения на изоляцию.

Магнитный сердечник трансформатора состоит из трех колонн из магнитной стали с оптимальной зернистой структурой. Возможно изготовление сердечника с нормальным и уменьшенным уровнем потерь. Шихтовка выполнена по технологии Step-Lap. Сердечник защищен от коррозии с помощью черного (RAL 9005) негигроскопичного лакокрасочного покрытия толщиной не менее 100 мкм.

Обмотка низкого напряжения изготовлена из алюминиевой фольги и изоляционных материалов, пропитанных в вакууме. Слои алюминиевой ленты разделены слоями изоляции класса огнестойкости F или H. Благодаря данному решению обмотка становится очень компактной и может быть изготовлена в форме цилиндра, что дает высокую стойкость к осевым и радиальным деформациям в случае короткого замыкания во внешней цепи. Ввод и вывод у обмотки провариваются по всей длине под электронным управлением в инертной атмосфере, что гарантирует высокую электрическую и механическую надежность контакта. Пропитка обмоток эпоксидной смолой в вакууме обеспечивает равномерность распределения изоляции и необходимую компактность. Влагонепроницае-

мость узла гарантируется на весь срок службы трансформатора, независимо от условий эксплуатации.

Также в трансформаторах применяются такие решения, как:

- ▶ запатентованная конструкция нажимного элемента, которая ограничивает смещение обмоток по горизонтали, и специальные эластичные уплотнители, компенсирующие тепловое расширение обмоток;

- ▶ выводы под переключки на стороне высокого напряжения, которые позволяют выставить напряжение первичной обмотки;

- ▶ литая эпоксидная изоляция, благодаря которой трансформатор практически не нуждается в обслуживании, и др.

#### Низкий уровень частичного разряда

Частичными называют слабые искровые разряды, которые возникают в пустотах твердой литой изоляции оборудования средней и высокой мощности, приводят к возникновению микроскопических углублений, ускоряющих старение изоляции и разрушающих ее. Поэтому очень важно, чтобы ток частичных разрядов имел ограниченное значение. Стандарты CEI EN 60076-11 и МЭК 60076-11В предписывают проверять на значение уровня частичного разряда изоляцию обмоток на напряжение свыше 3,6 кВ.

Для того чтобы изоляция выдержала весь заявленный срок службы, интенсивность частичных разрядов в соответствии со стандартами не должна превышать 10 пКл.

Низкое значение тока частичного разряда является положительным фактором, указывающим на следующие характеристики:

- прочную конструкцию;
- высокое качество используемого сырья;
- высокую точность изготовления обмотки;
- профессионализм, проявленный в процессе заливки высоковольтной обмотки эпоксидной смолой;
- высокий коэффициент пропитки низковольтной обмотки;
- высокую точность сборки.

Иными словами, низкий уровень частичного разряда — это высокое качество трансформатора и долгий срок его эксплуатации. Измерения показывают, что когда изоляция зеленых трансформаторов T. HE Zucchini подвергается воздействию частичных разрядов, то переносимый по каналу заряд никогда не превышает 5 пКл, что существенно меньше установленного стандартом максимального значения 10 пКл. Высокое качество трансформаторов позволило Группе Legrand увеличить гарантийный срок на все стандартные трансформаторы до 8 лет.

Трансформаторы с низким электромагнитным излучением. Серия CLE

Кроме стандартных сухих трансформаторов Legrand выпускает ряд моделей в специальном исполнении,

например сейсмостойкие трансформаторы, трансформаторы для морских применений, понижающие столбовые трансформаторы и трансформаторы с низким электромагнитным излучением. Рассмотрим подробнее последние из них.

Трансформаторы серии CLE разработаны для установки недалеко от помещений, в которых работают люди и находится чувствительное электронное оборудование. Поэтому обязательным условием является установка трансформатора серии CLE в защитном кожухе со степенью защиты IP23 или IP31.

Максимальный уровень электромагнитного излучения для трансформаторов CLE ограничен значением 10 мкТл (микротесла). Однако наряду с этим существует дополнительное внутреннее требование Группы Legrand: электромагнитное излучение трансформатора серии CLE не должно превышать 3 мкТл. К каждому трансформатору Legrand серии CLE прилагается протокол испытаний на электромагнитное излучение. Кроме того, трансформатор CLE может дополнительно испытываться на уровень шума в полубезэховой камере, расположенной в лаборатории завода. Измерение шума производится на различных частотах с построением гистограммы измерений.

#### Заключение

Конструкция и изготовление сухих трансформаторов с литой изоляцией Legrand полностью соответствуют требованиям основных национальных и международных стандартов

и сертифицированы следующими организациями:

- Американским бюро судоходства (American Bureau of Shipping, ABS);
- классификационным обществом Норвегии DNV (Det Norske Veritas);
- классификационным обществом «Германский Ллойд» (Germanischer Lloyd, GL);
- Российским морским регистром судоходства (RMRS);
- Регистром Ллойда (Lloyd's register, LR);
- Итальянским морским регистром (Registro Italiano Navale, RINA);
- Китайским классификационным обществом (China Classification Society, CCS);
- Итальянской сертификационной организацией (Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche, ACAE).

При разработке сухих трансформаторов Legrand используются передовые технологии проектирования, а на производстве действует система, сертифицированная на соответствие ISO 9001:2008, то есть осуществляется строжайший контроль качества. Это оборудование высочайшего качества, гарантирующее долгий срок службы трансформатора, легкую эксплуатацию и низкую стоимость владения.

Legrand Россия и СНГ, г. Москва,  
Центр информационной поддержки  
(Call center Legrand),  
тел.: 8 (800) 700-7554  
(для звонков из РФ — бесплатно),  
e-mail: bureau.moscou@legrand.ru,  
сайт: www.legrand.ru



[vk.com/journal\\_isup](http://vk.com/journal_isup)  
ВКонтакте



[facebook.com/isup.ru](https://facebook.com/isup.ru)  
Фейсбук



[zen.yandex.ru/isup](https://zen.yandex.ru/isup)  
Яндекс.Дзен

Все статьи в свободном доступе