

УДК 621.3

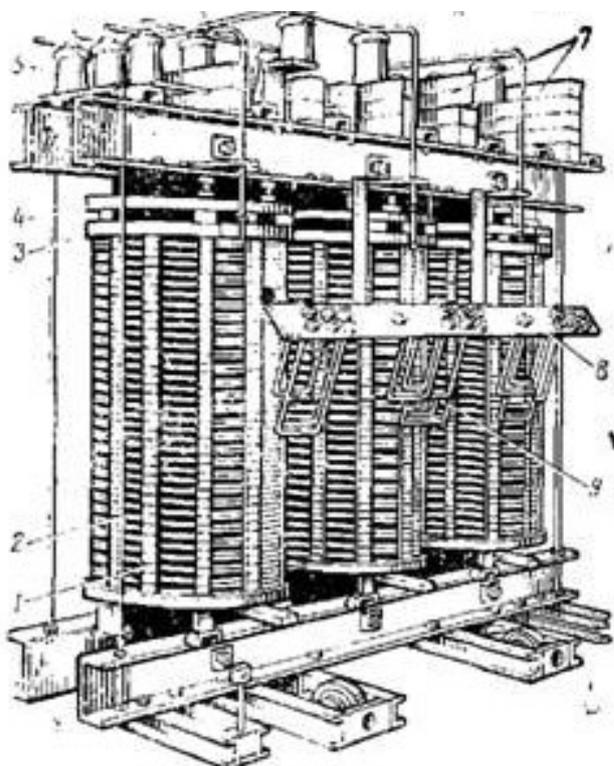
КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУХИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Тарнацкая О.С., Волынчикова Е.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

В последнее время сухие трансформаторы (СТ) все чаще используются на предприятиях и заводах, потому что обладают некоторыми преимуществами над масляными. Одним из преимуществ, но и одновременно недостатком сухих трансформаторов является способ охлаждения – воздух.

Сухие трансформаторы с литой изоляцией бывают высоковольтные (ВВ) и низковольтные (НВ). Их мощность определяет тип вентиляции. Для НВ преобразователей применяется естественная система охлаждения, в которой воздух, попадая в вентиляцию природным путем, охлаждает магнитные обмотки и прочие токоведущие части. Высоковольтные СТ с мощностью до 10 кВ·А (например, ТЛС-10) охлаждаются принудительным дутьем. Ниже представлена конструкция сухих трансформаторов (рис.1). Условно принято обозначать естественное охлаждение при открытом исполнении С, при защитном исполнении — СЗ, при герметизированном исполнении СТ, с принудительной циркуляцией воздуха — СД.



1. ВВ шинопровод;
2. Шпильки;
3. Зажимные подкладки из фарфора;
4. Прижимное кольцо;
5. Изоляторы для высокого напряжения;
6. Отводы;
7. Подкладки из фарфора для отводов;
8. Зажимная доска;
9. Регулировочные ответвления для ВВ отводов.

Рисунок 1. Конструкция сухих высоковольтных трансформаторов

Сухие трансформаторы, имеющие естественное воздушное или дутьевое охлаждение (обдувка активной части вентилятором), менее огнеопасны, чем

масляные, поэтому их устанавливают в закрытых помещениях, их обмотки увлажняются при соприкосновении с воздухом, и для снижения гигроскопичности обмотки дополнительно пропитываются специальными лаками. Механической защитой СТ служат кожухи с вентиляционными жалюзи. Однако воздух по сравнению с маслом значительно хуже отводит теплоту от обмоток и магнитной системы и снижает влагостойкость изоляции, поэтому для магнитных систем используют аморфные сплавы либо холоднокатаную сталь с меньшими удельными потерями, увеличивают сечение проводов обмоток (примерно в два раза) и ширину вентиляционных каналов в магнитной системе и обмотках. В связи с относительно низкой электрической прочностью воздуха в сухих трансформаторах увеличены изоляционные расстояния между обмотками, отводами и другими токопроводящими частями. Поэтому размеры и масса остовов и обмоток, а, следовательно, активных частей сухих трансформаторов по сравнению с масляными той же мощности значительно больше, но не требуются бак, расширитель и другие устройства (как в масляных трансформаторах), в связи с этим их сборка значительно упрощается [1].

Ещё одним преимуществом СТ является простота в установке и использовании. В масляных же, напротив, нужно регулярно менять масло, иначе оно стареет, теряет свои свойства и засоряет протоки.

Обмотки сухих трансформаторов наматывают из медных проводов, а также из алюминиевых. Изоляционные детали выполняют из более нагревостойких материалов: стеклотекстолита, стеклолакоткани, фарфора. Для большей нагревостойкости многослойных цилиндрических обмоток межслоевую изоляцию изготавливают из стеклолакоткани.

Помимо безопасности в отношении возгораний, сухие трансформаторы – экологичны. Их можно устанавливать на участках, где требуется повышенная безопасность окружающей среды. Они активно применяются на территориях общего пользования (школы, институты, кинотеатры и т.д), на различных предприятиях переработки нефти, газа и химических отходов, а также для собственных нужд электростанций на атомных электростанциях. В добавок к этому перегрузка возникает на непродолжительный срок, что является преимуществом над возможностями при перегрузке в масляных ТР.

Можно отметить еще ряд преимуществ:

- 1) низкий уровень шума;
- 2) высокая устойчивость к токам короткого замыкания;
- 3) возможность работы в сетях, подверженных грозовым и коммутационным перенапряжениям;
- 4) высокая стойкость к механическим усилиям, возникающим в режиме короткого замыкания;
- 5) трансформаторы мощностью $S_{ном} = 1000$ кВ·А и выше могут иметь нормированное значение напряжения короткого замыкания 6% или 8% (последнее делает их более устойчивыми к воздействию токов короткого замыкания);
- 6) экономичность:

а) снижение затрат на строительство, так как нет опасности утечки масла и нет необходимости строить инженерные системы по отводу масла;

б) сухие трансформаторы могут располагаться значительно ближе к потребителям, чем масляные, что обеспечивает отсутствие издержек на строительство подстанций, позволяет экономить распределительные шины и кабели низкого напряжения, обеспечивает значительную экономию электроэнергии во время эксплуатации за счет уменьшения потерь в питающих низковольтных кабелях;

в) низкие затраты на обслуживание.

7) защита от перегрева и автоматический контроль системы охлаждения: для защиты от перегрева трансформаторы комплектуются блоком тепловой защиты, управляемым температурными датчиками, встроенными в обмотки. По требованию заказчика может быть установлен дополнительный температурный датчик для контроля температуры магнитопровода. Немаловажное преимущество сухих трансформаторов над масляными – сниженные потери короткого замыкания (КЗ) и холостого хода (ХХ). Чтобы наглядно отобразить различия в зависимости потерь КЗ и ХХ от номинальной мощности, проведен анализ технических характеристик сухих трансформаторов Минского электротехнического завода имени Козлова (МЭТЗ), используя нормативные данные [2] и [3], и технических характеристик масляных трансформаторов МЭТЗ. На рисунке 2 представлена зависимость потерь от номинальной мощности трансформатора.

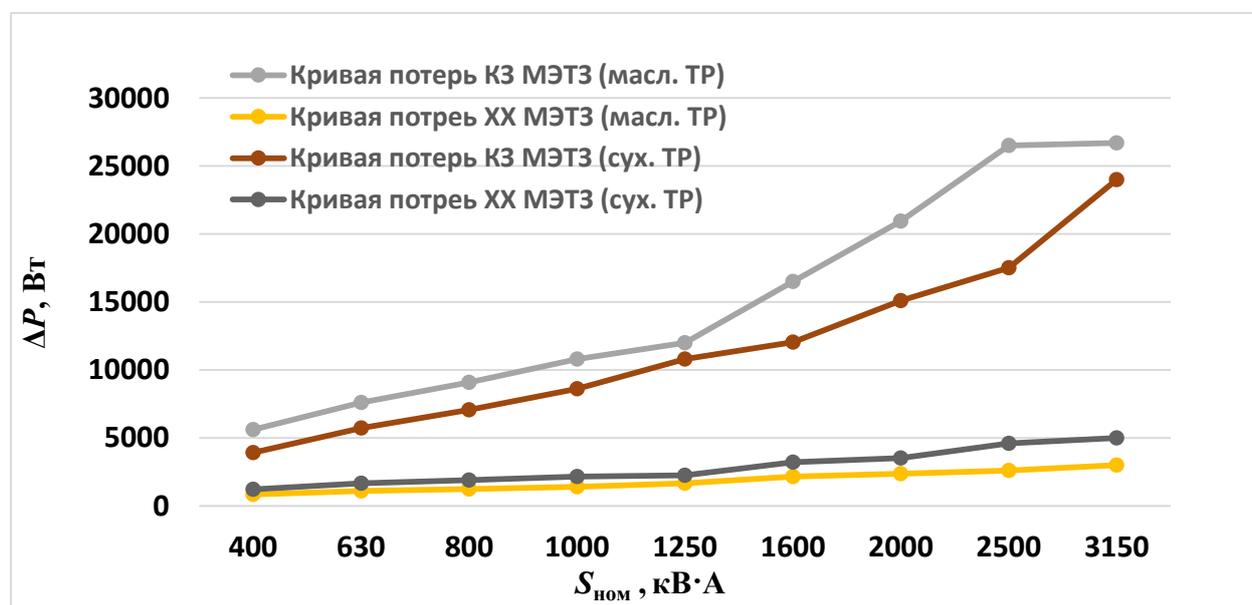


Рисунок 2. Зависимость потерь короткого замыкания и холостого хода от $S_{ном}$

Кривая, отражающая зависимость потерь КЗ сухих трансформаторов, на участке с номинальной мощностью $S_{ном} = 400 - 1250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ имеет видимое расхождение с кривой потерь КЗ масляных трансформаторов. Расхождение этих кривых становятся наиболее выраженным у трансформаторов с

мощностями от $S_{\text{ном}} = 1250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ до $S_{\text{ном}} = 2500 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. Исходя из того, что кривая КЗ сухих трансформаторов расположена на графике ниже кривой КЗ масляных трансформаторов можно сделать вывод, что потери КЗ сухих трансформаторов порядком меньше потерь масляных трансформаторов.

Кривые потерь ХХ сухих и масляных трансформаторов достаточно близко расположены друг относительно друга в сравнении с потерями на участке с номинальными мощностями $S_{\text{ном}} = 400 - 1250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. С увеличением мощности трансформаторов увеличивается и расхождение кривых потерь ХХ, что мы наблюдаем на промежутке от $S_{\text{ном}} = 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ и выше.

Несмотря на все недостатки сухие трансформаторы выигрывают по многим позициям и в долгосрочной перспективе оказываются более выгодным вложением.

Можно сделать заключение о том, что общие потери в сухих трансформаторах значительно ниже по сравнению с масляными одной и той же мощности. Главной заслугой их снижения является использование аморфных сплавов, позволяющих уменьшить потери ХХ по сравнению с холоднокатаной сталью почти в пятикратном размере. Большие габариты, вес и высокая стоимость СТ можно не относить к недостаткам, так как на сегодняшний момент уже реализуется выпуск современных комплектующих, которые позволяют снизить габариты и вес агрегатов, а зарубежные производители реализуют аморфную сталь по цене порядка 3 у.е за килограмм, что делает применение этого материала в силовых трансформаторах экономически оправданным. Срок окупаемости такого трансформатора составляет 4-6 лет.

Литература

1. Конструктивное исполнение и охлаждение сухих трансформаторов (электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.nomek.ru/node/253>. Дата доступа 13.03.2019.
2. Сухие силовые трансформаторы. Каталог. Минский электротехнический завод, 2018. – 53 с.
3. Масляные силовые трансформаторы. Каталог. Минский электротехнический завод, 2018. – 23 с.