



Завод по производству сухих трансформаторов и реакторов ООО «КПМ»

Алюминий против меди в трансформаторах

Введение

Алюминий является основным материалом выбора для обмотки низкого напряжения, сухих трансформаторов мощностью более 15 киловольт-ампер (кВА). В некоторых других странах мира, медь является преобладающим намоточным материалом. Основной причиной выбора алюминиевых обмоток является их низкая начальная стоимость. Стоимость меди исторически оказалась гораздо более изменчивой, чем стоимость алюминия, так что цена покупки медного проводника в целом является более дорогим выбором. Кроме того, поскольку алюминий имеет большую пластичность и легче поддается сварке, то является более дешевым материалом при производстве. Тем не менее, надежные соединения алюминия требуют больше знаний и опыта со стороны сборщиков силовых трансформаторов, чем это требуется для медных соединений.

Технические аргументы в электротехнической промышленности о преимуществах и недостатках алюминия по сравнению с медью меняются туда и обратно в течение многих лет. Большинство из этих аргументов несущественны, а некоторые могут быть классифицированы просто как дезинформация. Повод этой статьи - обсуждение некоторой общей озабоченности по поводу выбора между этими двумя материалами для обмоток трансформаторов.

Таблица 1: Распространенные причины выбора материала обмоток для низковольтных сухих силовых трансформаторов

	ИСТИНА	ЛОЖЬ
Оконечные заделки намотанных алюминием трансформаторов несовместимы с медной линией и силовыми кабелями.		*
Оконцевание выводов должным образом - более сложная задача для намотанных алюминием трансформаторов.	*	
Соединения с линией и нагрузкой трансформаторов с медными обмотками более надежны, чем у трансформаторов с алюминиевыми обмотками.		*
Трансформаторы с алюминиевыми обмотками весят легче, чем аналогичные с медными обмотками.	*	
Намотанные медью обмотки низкого напряжения трансформаторов лучше подходят для "ударных" нагрузок, потому что у меди более высокая прочность на растяжение чем у алюминия.		*
Трансформаторы с алюминиевыми обмотками имеют более высокие потери, чем аналогичные с медными обмотками.		*
Трансформаторы с алюминиевыми обмотками больше греются, потому что медь обладает лучшей теплопроводностью, чем алюминий.		*

Различия между медью и алюминием

Основные беспокойства по поводу выбора материала обмотки отражают пять характерных различий между медью и алюминием:

Таблица 2: Пять характерных различий между медью и алюминием

Параметр	Алюминий	Медь
Коэффициент расширения на ° C x 10 -6 при 20 ° C	23	16,6
Теплопроводность БТЕ / фут / ч / БПФ 2 / ° F при 20 ° C	126	222
Электропроводность % при 20 ° C	61	101
Прочность на разрыв н/мм 2 (мягкая)	28-42	40

Возможность соединения

Оксиды, хлориды, сульфиды или недрогоценные металлы, более проводящие на меди, чем алюминии. Этот факт делает очистку и защиту соединителей для алюминия более важной. Некоторые считают соединения меди с алюминием несовместимыми. Также под вопросом сопряжение соединений между алюминием трансформаторов и медным проводом присоединения.

Коэффициент расширения

При изменении температуры алюминий расширяется почти на треть больше, чем медь. Это расширение, наряду с пластичным характером алюминия, вызывает некоторые проблемы для ненадлежаще установленных болтовых соединений. Чтобы избежать ослабления соединения, необходимо его подпружинивание. Используя либо чашевидные или прижимные шайбы можно обеспечить необходимую эластичность при сочленении, без сжатия алюминия. При использовании надлежащей арматуры алюминиевые соединения, могут быть равными по качеству медным.

Теплопроводность

Некоторые утверждают, что поскольку, теплопроводность меди выше, чем алюминия то это оказывает влияние на снижение хот-спот температуры обмотки трансформатора. Это верно только тогда, когда проводники обмоток из меди и алюминия одинакового размера, геометрии и дизайна. Следовательно, для любого силового трансформатора заданного размера, тепловые характеристики теплопроводности алюминия могут быть очень близки меди. Для алюминиевых обмоток для достижения той же самой электропроводности как у меди, она должна быть примерно на 66% больше по площади поперечного сечения. Производители трансформаторов проектируют и проверяют их с учетом хот-спот особенностей их конструкции и используют площадь поверхности охлаждения, геометрию обмоток, воздухопроводы, и форму проводников для получения приемлемых хот-спот градиентов, независимо от материала намотки.

Электрическая проводимость

Часто аргументы указывают на неполноценность проводимости алюминия, мотивируя это тем, что алюминий имеет только 61% от проводимости меди, что приводит к более высоким потерям в алюминиевых обмотках трансформаторов. Проектировщики всегда обеспокоены температурой обмоток. Чтобы удержать температуру в данном классе изоляции, трансформаторы с алюминиевыми обмотками разрабатывают с проводниками большей площади поперечного сечения чем медь. В среднем, это приводит к потерям энергии для алюминия одинаковым с медью. Таким образом, силовые трансформаторы аналогичной конструкции с тем же самым нагревом имеют примерно эквивалентные потери независимо от материала проводника.

Производители трансформаторов ограничивают выбор доступных размеров проводников. Из-за этого некоторые проекты в алюминии могут получить более низкие потери чем в меди просто, потому что ограничен выбор размера провода. В других проектах медь более эффективна. Немногие, если таковые вообще имеются, производители трансформаторов сухого типа для низкого напряжения изменяют основные размеры сердечника при переходе от алюминия к меди, так что потери в сердечнике остаются примерно одинаковыми, независимо от обмоточного материала. Если

одинаковой эффективности можно добиться путем изменения размеров намоточного провода и основные потери остаются теми же, нет никаких практических оснований ожидать, что один дизайн трансформатора, более эффективен, чем другие. Разница в стоимости между медью и алюминием часто позволяет обеспечить алюминиевые проводники большего сечения, что приводит к снижению потерь холостого хода при меньших затратах, чем если бы были использованы медные проводники.

Предел прочности на разрыв

Более низкая прочность на растяжение и предел текучести алюминия вызывала некоторое беспокойство по поводу его использования при циклических нагрузках. Нагрузки с большими токовыми бросками, которые создают приводы постоянного тока и некоторые другие потребители, приводят к появлению электромагнитных сил, которые могут вызвать движение проводников и смещение обмотки. Как показано в таблице 2, алюминий имеет только 38% от предела прочности меди. Тем не менее, в таблице сравнение основано на равных площадях поперечного сечения. Как отмечалось ранее, чтобы обеспечить равный рейтинг трансформаторам с алюминиевыми обмотками необходимо иметь обмотки площадью поперечного сечения на 66% больше, чем трансформаторам с медными обмотками. Использование больших размеров проводников приводит к показателям алюминиевой обмотки почти равным медной. Способность трансформатора противостоять долговременным механическим воздействиям бросков нагрузки больше зависит от соответствующего баланса обмотки и крепления соединительных проводов чем от выбора проводника. Не обнаружено существенной разницы между медными или алюминиевыми обмотками трансформаторов низкого напряжения в механических повреждениях при испытаниях.

Подключение

Подключение на сегодняшний день является самой распространенной причиной "ущербности" в отношении использования алюминиевых обмоток трансформаторов. И медь и алюминий склонны к окислению или другим химическим изменениям под воздействием атмосферы. Проблема в том, окись алюминия является очень хорошим изолятором, в то время как оксид меди, хотя и не считается хорошим проводником, но не так проблематичен в болтовых соединениях. Зачистка контактов вместе с качественным соединением позволяют предотвратить окисление. Эти рекомендации относятся к любому проводящему материалу, просто более существенны для алюминия. Большинство электриков хорошо обучены этим процедурам, и техника выполнения болтовых соединений проводников из алюминия четко установлена и ее надежность доказана практикой.

В общем, болтовые соединения из алюминия без покрытия с медью не рекомендуются. Хотя есть несколько надежных сварочных и взрывных технологий для соединения этих двух металлов, но они, в настоящее время, почти не используются в производстве силовых трансформаторов. Большинство болтовых соединений алюминия с медью выполнены с применением серебра или лужения. В большинстве кабельных соединений к трансформаторам с алюминиевыми обмотками используются алюминиевые наконечники с покрытием олова. Эти наконечники специально предназначены (Al / Cu) для соединения медного провода с любым металлом. Эта практика является общепринятой и показала свою надежность на протяжении более 30 лет эксплуатации трансформаторов с алюминиевыми обмотками.

ТЕОРИЯ ПРОТИВ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Большинство аргументов в пользу меди было основано на теориях, которые, практически, не представляют из себя что-либо существенное. Несколько теорий, также существуют, которые способствуют использованию алюминия.

Один из аргументов фокусируется на различных методах выполнения медных и алюминиевых соединений. Внутренние соединения обмоток трансформатора, выполненные медью, как правило, паяные, тогда как же соединения алюминия свариваются с использованием инертного газа. Технически, метод пайки тугоплавким припоем делает медное соединение менее проводимым чем медь. Сварка алюминия в инертном газе дает сплошной алюминий, соединенный без потери проводимости. Кроме того, некоторые утверждают, что в течение долгого времени медная окись продолжает формироваться, отслаивая наружную медь и в конечном счете повреждая весь проводник. С другой стороны, алюминиевая окись формирует стойкое, защитное покрытие на открытых металлических поверхностях, препятствуя окислению уже через несколько миллионных долей сантиметра. Да, возможны определенные проблемы при эксплуатации трансформатора в коррозионных атмосферных или экстремальных нагрузочных условиях. Однако, среднестатистический потребитель не должен быть слишком обеспокоен этими теоретическими соображениями, потому что и у медных и у алюминиевых трансформаторов есть отличный послужной список долгих лет практического применения.

Единственная уважительная причина, чтобы предпочесть медь алюминию - ограниченность пространства. Неопровержимый факт - намотанный медью трансформатор может быть меньшего размера чем намотанный алюминием. Главным образом, трансформаторы, с открытым ярмом и обмотками, покупают крупные сборщики, для того чтобы поместить в их собственные устройства, в интересах экономии пространства. Большинство закрытых трансформаторов общего назначения продаются в корпусах одинаковых размеров как для алюминия так и для меди, так что даже это небольшое преимущество меди не реализуется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор между обмотками трансформатора из алюминия или меди сводится к личным предпочтениям. Высокая цена на медь часто требует оправданности покупки, но эти аргументы были опровергнуты в этой статье. По правде говоря, опыт работы в отрасли просто не поддерживает ни одну из наиболее часто заявляемых причин выбора меди в сравнении с алюминием. Спрос на сухие трансформаторы с алюминиевыми низковольтными обмотками, вероятно, будет расти из-за их существенного преимущества по стоимости перед медью. Как некоторые из старых мифов исчезают из-за ошеломляющего успеха алюминия, так все больше пользователей предпочитают заплатить меньше деньги, при относительно небольшом дополнительном внимании к деталям, необходимым для выполнения надежных соединений. Хорошая практика при создании электрических соединений преимущество для всех в отрасли, независимо от того, используется алюминий или медь. Прежде, чем вложить капитал в дополнительную стоимость медных трансформаторов, исследуйте причины предпочтения меди в технических характеристиках.

Источник: forca.ru

Все вышесказанное относится и к обмоткам токоограничивающих реакторов.

С уважением,
Генеральный Директор



Моляков С.А.