



ВТО И МАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Андрей Насонов

nec@ostec-group.ru

В июне в Берлине прошла выставка CWIEME 2012. Тематика – технологии для изготовления практически всех типов электротехнических изделий, которые относятся к категории моточных: двигатели, трансформаторы и прочее. На первый взгляд, может возникнуть вопрос: что же тут такого интересного? Что может быть инновационного в трансформаторах? Действительно, принципы работы трансформаторов и электродвигателей известны вторую сотню лет. Эти изделия настолько привычны, что мы не задумываемся, насколько от них зависит современная индустрия да и экономика в целом. А ведь моточные изделия присутствуют в различных изделиях: от электростанции до мобильного телефона. И их качество во многом определяет уровень электротехники и электроники в целом. Проще говоря, почему не гудят немецкие трансформаторы? И почему в Берлинском метро можно разговаривать тихо, а в Московском закладывает уши от воя тяговых электродвигателей при разгоне? Разумеется, дело не только в комфорте. Наличие звуковых эффектов свидетельствует как минимум о том, что данные изделия страдают повышенными потерями мощности. Да и «музыкальный» трансформатор долго не «поёт», греется и сгорает.

Из чего складывается качество? Конструкция? Нет, пожалуй. Изделия столь традиционны, что каких бы то ни было существенных отличий в конструкции не наблюдается. Технологии изготовления? Да, отчасти. Хотя применяется та же намотка, пропитка и прочее. Технологическое оборудование? Безусловно. Качество выполнения технологических процессов от него зависит в первую очередь. Тестирование и контроль? А вот это, похоже, в первую очередь. Этому аспекту должно уделяться очень большое внимание. На первый взгляд, может возникнуть недоумение и непонимание: зачем так много, тщательно и, порой, совсем не дешево? Однако воспоминания о комфортной тишине Берлинского метро заставляют сменить недоумение на любопытство и желание понять, как работает эта система управления качеством.

Основной принцип – проверять абсолютно все. В первую очередь, материалы и комплектующие. Это не значит что, например, провод перед намоткой тщательно тестируется. Разумеется, нет. Но во всей цепочки тестов, которые проводятся в процессе изготовления, обязательно есть проверки, которые прямо или косвенно дадут информацию о его качестве.

Как это делается? Предположим, что мы имеем дело с импульсным силовым высокочастотным трансформатором. Для обеспечения его работоспособности и так надо проверять много параметров:

индуктивности обмоток, ток насыщения, добротность. И этого мало – для таких трансформаторов важно, как расположены обмотки на каркасе, поэтому проверяются межобмоточные емкости и индуктивность рассеивания. Казалось бы, достаточно, будет работать. Но необходимо проверить еще и точное значение активного сопротивления обмоток. Это дает информацию о качестве провода, но не только. В таких трансформаторах часто для намотки используются многожильные обмоточные провода литцендраты. И необходимо убедиться, что ни один из проводов не оборван и все запаяны на вывод. Задача непростая, если принять во внимание, что жил очень много и в случае обрыва одной увеличение сопротивления будет очень маленьким. Например, существуют многожильные провода 6530 жил диаметром 0,04 мм каждая. Сечение такого провода всего 8,2 мм², эквивалентный диаметр 3,2 мм, так что ничего экстраординарного. Разумеется, обрыв одной или нескольких жил не отразится на работоспособности изделия в целом. Наверное, это так. Только это и есть тот незначительный фактор, что отличает высокое качество от «оно и так работает».

Основная идея проверок не убедиться в том, что изделие работает, и даже не подтвердить параметры по ТУ, а оценить точность соответствия конструкторской документации. Важно все: и то, что все жилы запаяны, и сечение их правильное; и то, что провод медный, а не из



Рис. 1 Тестер моточных изделий AT3600 фирмы Volttech



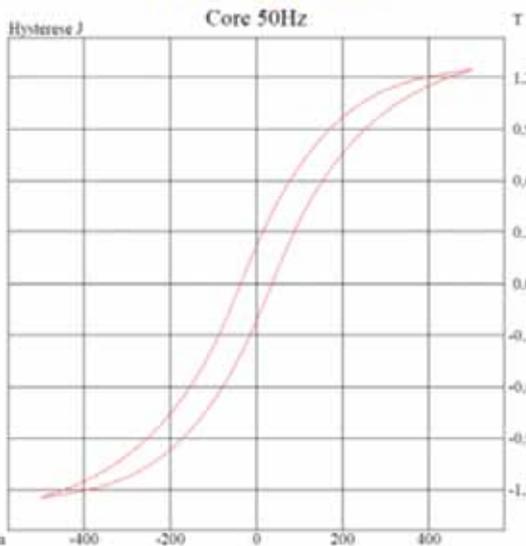
Рис. 2 Процесс тестирования пластин трансформаторного железа (средства измерения фирмы Eckel)

неизвестного сплава; и витков нужное количество, и расположены они правильно; и натяжение при намотке соответствует установленному; и изоляция межобмоточная нужной толщины и из надлежащего материала; и прочее.

Для такого тестирования разработано специальное промышленное оборудование, например, тестер АТ3600 фирмы Voltch (рис. 1). Изделие подключается один раз, и автоматически проводится весь комплекс проверок (до 40 параметров) и распечатывается результат, можно и на русском языке.

Не меньшее внимание уделяется проверке характеристик сер-

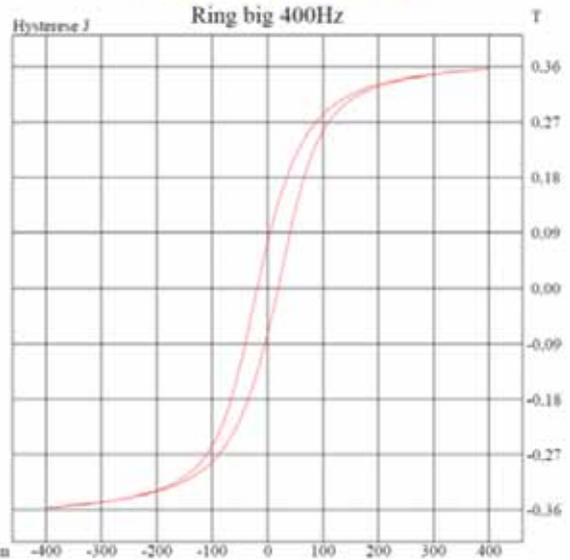
ECKEL UMMS



Area:	78,740 mm ²	J peak:	1,2450 T
Average length:	10,55 cm	J rms:	1,0281 T
Mass:	49,70 g	J rem:	0,219 T
Primary windings:	35	H peak:	499,76 A/m
Secondary windings:	40	H rms:	350,80 A/m
		H coer:	36,490 A/m
		Pc:	0,0786 W
		Ps:	0,0008 W/kg
		Sc:	1,0490 VA
		Ss:	0,0105 VA/kg
		FF I Pri:	1,11664
		FF U Sek:	1,44463

Рис. 3 Результат тестирования половинки сердечника ШЛ12х12,5 Э340 0,08 мм

ECKEL UMMS



Inner diameter:	19,8 mm	J peak:	0,3565 T
Outer diameter:	11,8 mm	J rms:	0,3149 T
Thickness:	6,05 mm	J rem:	0,072 T
Mass:	5,25 g	H peak:	399,99 A/m
Primary windings:	9	H rms:	280,36 A/m
Secondary windings:	20	H coer:	18,684 A/m
		Pc:	0,0118 W
		Ps:	0,0001 W/kg
		Sc:	0,3463 VA
		Ss:	0,0035 VA/kg
		FF I Pri:	1,12783
		FF U Sek:	1,79873

Рис. 4 Результат тестирования кольцевого сердечника 1500НН 20х12х6

дечника. Для этого существует оборудование, которое позволяет оценить качество магнитопроводов из различных материалов. Соответствующие установки разрабатываются и изготавливаются под конкретные задачи, этим занимаются узкоспециализированные компании. Для решения конкретной задачи требуются, как правило, коллективные усилия нескольких фирм. Одни разрабатывают технологию измерений. Другие средства автоматизации. Возможно, требуются технологии прослеживаемости. Все вместе это обычно «складывает» инжиниринговая компания. На рис. 2 показан процесс тестирования пластин трансформаторного железа (средства измерения фирмы Eckel).

Что интересно: проверка по основным параметрам, таким как индукция насыщения и магнитная проницаемость считается недостаточной. Осуществляется детальный анализ формы петли гистерезиса сердечника. Что это дает? Проиллюстрируем процесс с помощью рис. 3-5.

На первый взгляд, всё нормально. И коэрцитивная сила определена, и потери на гистерезис посчитаны. Но если внимательно рассмотреть рис. 4, то обнаруживается «неправильное» поведение сердечника в зоне, близкой к насыщению (рис. 5). А вот тут надо принимать решение. Конечно, в голову сразу приходит мысль, что ничего страшного, изделие вообще работает в области малого сигнала и нам безразлично, что там, в зоне насыщения. Однако если мы заметили это отклонение, то значит, что возможны и другие, и использовать такой сердечник нельзя.

В электродвигателях постоянного тока применяются постоянные магниты. Во многом их характеристики определяют качество двигателя. На рис. 6 представлено оборудование для тестирования магнитных сегментов электродвигателей. Что интересно, фирма

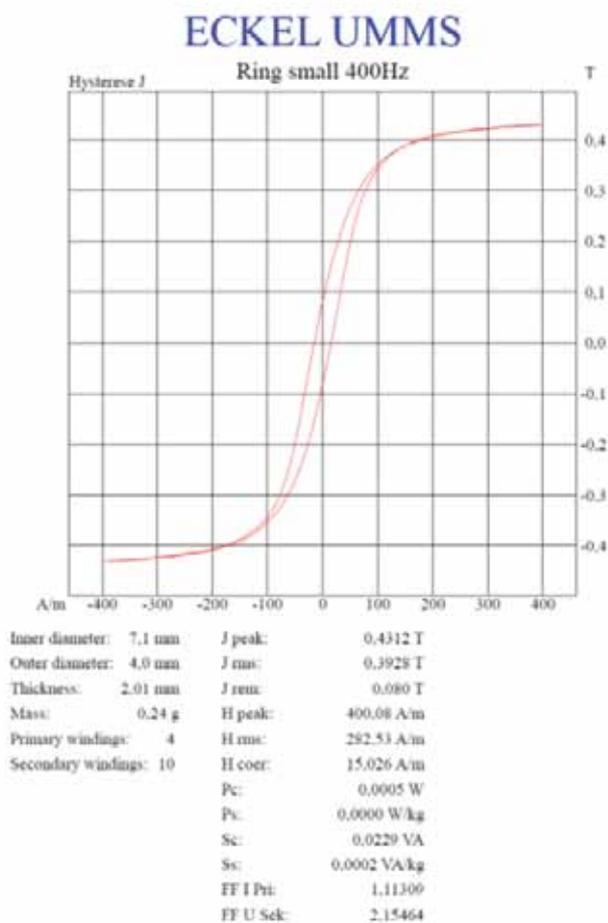


Рис. 5 Результат тестирования кольцевого сердечника 2000НН 7x4x2

BOSH даже для недорогих двигателей разбраковывает сегменты для совместной работы с точностью 0,3%! Да еще данная установка делает это как при комнатной температуре, так и с заданным нагревом магнита. После сборки статора проверяется равномерность чередования магнитных полюсов с помощью другой установки. Поэтому электродвигатели не шумят, не создают вибраций и КПД имеют высокий.

А при чем тут, собственно говоря, ВТО? Вступление России в ВТО означает, что надо делать выбор, в каком сегменте рынка конкурировать со всем миром. Выбирать надо из двух вариантов. Первый – это высокотехнологичный рынок наукоемкой высококаче-



Рис. 5 Увеличенный фрагмент рис. 4

ственной продукции. Чтобы на нем конкурировать, надо, в первую очередь, инвестировать в технологии качества и автоматизацию производства.

Есть второй вариант. Это рынок дешевых посредственных изделий с привлекательным соотношением цена-качество. Доминирующий на нем Китай начинает постепенно уходить из данной ниши. В Китае растет уровень зарплат, и делать «много дешево и плохо» становится нерентабельным. Занимать такое «почетное» место не хочется, да и не получится. А в России зарплаты не самые низкие, да и в деле воспроизводства рабочей силы успехи у граждан России весьма скромные.

Так что придется развивать производство высокотехнологичной наукоемкой высококачественной продукции – а для этого у нас все ресурсы имеются. ■■



Рис. 6 Оборудование для тестирования магнитных сегментов электродвигателей