

***Автоматический тестер статоров 8800 (AST 8800)
Система тестирования якорей тяговых электродвигателей
(TATS)***

TATS

Основные черты и особенности TATS

Система тестирования якорей AST 8800 TATS – это испытанная в реальных условиях эксплуатации система тестирования якорей тяговых электродвигателей, разработанная на современном уровне развития техники и отвечающая самым высоким мировым стандартам. Она включает в себе все широко применяемые методы электрического тестирования и объединяет их в единый автоматизированный тестовый прибор. Такие методы тестирования, как тест на высокое напряжение, тест на скачок напряжения и тест на сопротивление являются стандартными. Любая обмотка может быть оттестирована тщательно и надежно.

Сам тестер, хотя и собирают его из стандартных частей, всякий раз модифицируют в соответствии с индивидуальными требованиями заказчика. Возможности этого тестера нисколько не ограничиваются описанными здесь, - доступный ассортимент функций гораздо шире. Представители компании Baker SKF будут рады обсудить с Вами все необходимые Вам модификации, и мы приложим все усилия, чтобы обеспечить Вас именно таким прибором, какой Вам нужен.

Полностью автоматизированное функционирование.

Система AST 8800 TATS является полностью автоматизированной системой тестирования якорей. Для проведения полного тестирования якоря нет никакой необходимости сначала подключать образцовый якорь к прибору. От оператора не требуется вводить перед тестированием значения тестового напряжения или пределы откликов для последующей оценки результатов как «удовлетворительно/неудовлетворительно». Все параметры тестирования и пределы «удовлетворительно/неудовлетворительно» запрограммированы заранее в электронном файле исходных данных, называемом Master file.

Система TATS программируется с помощью простого меню, приглашающего ввести параметры тестирования и пределы «удовлетворительно/неудовлетворительно» для каждого теста. Программирование нового Master file занимает всего несколько минут. Режим программирования можно сделать доступным только определенному кругу лиц с помощью электронного пароля. Для проведения теста оператору достаточно просто вызвать Master file из памяти тестера.

Для тестирования якорь подсоединяют к тестеру, после чего тестер автоматически задает тестовое напряжение, проводит измерение и выдаёт результат «удовлетворительно/ неудовлетворительно». Данные тестирования выводятся на экран компьютера.

Система AST 8800 TATS способна эффективно функционировать и под управлением оператора, и как автономный прибор на автоматическом сборочном конвейере.

Основные операции.

Система AST 8800 TATS является модификацией основного тестера AST 8800 компании Baker SKF, к которому добавлена матрица реле, сконструированная с учетом требований заказчика и управляемая электронной платой. Специальная державка, изготавливаемая отдельно для каждого заказчика, служит для подсоединения TATS к тестируемому якорю. Стандартная последовательность тестов включает в себя один или два теста на высокое напряжение (постоянного и/или переменного тока), тест на сопротивление и тест на скачок напряжения.

Простота обслуживания.

Система AST 8800 TATS специально сконструирована так, чтобы максимально упростить обслуживание и, при необходимости, ремонт. Система также включает в себя функции самодиагностики. Встроенный компьютер управляет проверкой подачи питания на внутренние нагрузки. Большинство неполадок можно проследить до уровня отдельных электронных плат.

Большинство электронных компонентов тестера смонтировано на сменяемых компьютерных электронных платах. Оператор может легко заменить испорченную плату. Обычно любой ремонт занимает не более получаса. Если очень важно минимизировать ремонтные простои, можно отдельно купить набор запасных плат. Заказчики, не имеющие таких запасных наборов, могут приобрести необходимые платы непосредственно у Baker SKF.

Одной из главных задач разработки системы AST 8800 TATS было максимальное продление срока службы. Все электронные компоненты системы, в составе которых нет движущихся частей, имеют прогнозированный срок эксплуатации не меньше 5 лет. От механических компонентов, таких как реле или части дисководов, следует ожидать более короткого срока службы. Система AST 8800 TATS имеет 1 год ограниченной гарантии на дефекты в материалах и в изготовлении.

Профилактическое техобслуживание.

Для поддержки работы системы и профилактики поломок необходимо делать следующее:

- через каждые 5 лет работы заменять литиевые батареи, обеспечивающие питанием оперативную память, смонтированную на материнской плате компьютера;
- не реже чем еженедельно снимать и чистить фильтр, находящийся на передней панели компьютерной секции;
- при необходимости проводить обычное обслуживание или замену проводов, контактов и прочих компонентов, наиболее изнашивающихся при эксплуатации тестера. Частота подобных ремонтов зависит от особенностей работы системы у каждого пользователя и определяется индивидуально.

Программное обеспечение для калибровки.

Система AST 8800 TATS поставляется с программным обеспечением, позволяющим пользователю калибровать тестер просто задавая калибровочные коэффициенты для каждого параметра тестирования. Полная проверка калибровки требует применения калибровочных сопротивлений, вольтметра, омметра и цифрового осциллографа с электронной памятью. Впоследствии оператор должен определить разницу (в процентах) между данными, выдаваемыми TATS, и точными значениями, и ввести поправки в память тестера с помощью меню калибровки.

Программное обеспечение для управления и обработки данных.

Вместе с системой AST 8800 TATS поставляется пакет стандартного программного обеспечения, позволяющий систематизировать, обобщать и хранить результаты тестирования. Это программное обеспечение работает с данными и обрабатывает информацию двумя различными путями – 1) управляя данными и систематизируя их и 2) создавая сводные статистические отчеты.

Программное обеспечение для управления и систематизации данных.

TATS автоматически поддерживает все командные файлы, файлы с данными и результатами статистической обработки на стандартном жестком диске. В ходе работы тестера эти файлы записываются и хранятся на жестком диске. Оператор может вызвать любой файл несколькими различными путями. Доступ к этим файлам и работа с ними осуществляется посредством программного интерфейса, работающего по принципу Windows, так что оператору нет необходимости прибегать к командам ДОС.

Программное обеспечение для обшета и статистической обработки данных.

Данное программное обеспечение для обработки данных дает оператору возможность организовывать, сохранять и распечатывать табулированные сводки о результатах тестов, проведенных с помощью TATS. Информация берется из статистического файла и представляется в табулированной форме. В таблице указывается общее число оттестированных устройств, число устройств с удовлетворительными и неудовлетворительными результатами тестирования,

причем последнее разбивается далее с указанием специфического теста, давшего негативный результат при тестировании: теста на высокое напряжение, на сопротивление, на скачок напряжения и на направление вращения.

Оператор может вызвать сводный отчет за любой период времени, указывая даты начала и конца периода. В отчете на отдельных строчках помещается информация о тестировании различных устройств с указанием идентификационного номера устройства. Отчет можно вызвать на экран компьютера и/или распечатать. Пример отчета приведен в Табл. 1.

Таблица 1.

Сводный статистический отчет системы AST 8800 TATS					
Начало тестового периода:		11Нояб96			
Окончание периода:		15Нояб96			
Устройство №	Всего	Удовлетв.	Неудовлетворительно		
		Высокое напряж.	Сопротивле ние	Скачок напряжения	
102347	200	178	12	5	4
203562	54	45	5	3	1
30835	123	118	0	4	1

Статистические файлы поддерживаются в стандарте DBF. Данные тестирования отдельных устройств помещаются в статистический файл в виде отдельной записи с указанием даты тестирования и идентификационного номера устройства. Каждая такая запись содержит:

- общее число оттестированных устройств;
- число устройств, удовлетворительно прошедших все тесты;
- число устройств, показавшие негативные результаты при тестировании, при этом указывается, какой именно тест дал неудовлетворительный исход.

Запись также содержит статистические данные для теста на сопротивление, включая среднее значение, разброс и дисперсию. При этом данные, полученные от не прошедших тест обмоток, не учитываются.

Вследствие того, что данные хранятся в формате DBF, они могут быть считаны большинством систем управления базами данных и программами SPC. Это делает систему TATS совместимой с целым рядом различных программных пакетов в смысле управления и обработки данных и позволяет более гибко варьировать формат сводных отчетов.

Большинство выпускаемых систем AST 8800 TATS оснащены функцией “Statistics Reset”. Нажимая соответствующую кнопку на контрольной панели, оператор может удалить данные последнего проведенного тестирования из статистического файла. Это может потребоваться, если оператор допустил какую-то ошибку и

результат тестирования оказался из-за этого неудовлетворительным. В таком случае, удаление данных необходимо для поддержания точности статистических сводок.

Архитектура TATS.

Система AST 8800 TATS является видоизменением другого продукта компании Baker SKF, пользующегося большим успехом, - автоматической системы тестирования обмоток. На современном рынке подобных систем и приборов TATS является наиболее совершенным комплексным инструментом для тестирования якорей тяговых двигателей. Все общепринятые виды тестирования обмоток, такие как тесты на высокое напряжение постоянного и переменного тока, тесты на сопротивление и скачок напряжения объединены в едином приборе, оснащенном IBM-совместимым компьютером. Система способна функционировать как в ручном, так и в автоматическом режимах. Все процессы тестирования контролируются компьютером, результаты выводятся на экран. Функция самодиагностики является стандартной чертой AST 8800 TATS.

Система AST 8800 TATS состоит из двух секций: компьютерной секции и секции AST. В компьютерной секции помещены компьютер и все низковольтные соединения между компьютером и собственно тестовым модулем. AST секция содержит все высоковольтные тестовые модули и реле. Эта секция тщательно экранирована, чтобы предотвратить возможные наводки на компьютерную секцию.

Большая часть проводки и источники питания в системе AST 8800 TATS смонтированы на сменных электронных платах и модулях, что облегчает и ускоряет диагностику поломок и замену дефектных частей. Все электронные платы и смонтированные источники питания соответствуют сборочным стандартам PC или Eurocard на толщину и высоту плат. Использование стандартных разъемов повышает надежность соединений и облегчает сборку. Нагревающиеся в работе компоненты смонтированы на задней панели прибора для улучшения теплоотвода в окружающий воздух.

Основные компоненты.

AST 8800 TATS – интегрированная система тестирования якорей тяговых двигателей. Все общепринятые тесты электрических обмоток, такие как тест на высокое напряжение, тест на сопротивление и тест на скачок напряжения проводятся и контролируются встроенным в систему компьютером. Система AST 8800 TATS состоит из двух секций и из матрицы реле для высоковольтного тестирования.

- В компьютерной секции помещены компьютер и все низковольтные соединения между компьютером и собственно тестовым модулем. Она включает электронные компьютерные платы, контролирующие цифровые и аналоговые каналы перекачки данных к платам секции AST и от них. Компьютер также обрабатывает данные и определяет результаты теста как удовлетворительные или нет.

- AST секция содержит все высоковольтные тестовые модули и реле, передающие тестовые электрические сигналы на обмотку. Всего в системе имеется 5 различных источников сигналов для различных тестов.

1. Низковольтный источник питания постоянного тока для теста обмотки на сопротивление.
2. Высоковольтный источник питания постоянного тока для теста на высокое напряжение.
3. Высоковольтный источник питания постоянного тока/стеллаж с полупроводниковым выпрямителем SCR для теста на скачок напряжения.
4. Высоковольтный источник питания переменного тока для теста на высокое напряжение переменного тока.
5. Одно – или трехфазный 50/60 Гц источник питания для теста на направление вращения.

Тестовые сигналы передаются на тестируемую обмотку через электронную тестовую шину. Любой из присутствующих источников питания может быть подключен к тестовой шине посредством высоковольтных реле, смонтированных на различных платах. Источники питания могут быть подключены тестовой шине только по одному. Тестовая шина может быть подключена к любой комбинации тестовых проводов через высоковольтные реле на переключателе тестовой проводки (TLM). Каждая TLM плата переключает три тестовых провода. Система AST 8800 TATS оснащена двумя отдельными цепями общего питания, по одной на каждую секцию.

Тестовая шина.

Наличие единой тестовой шины обеспечивает буквально неограниченную гибкость в соединениях тестовых модулей и и тестовой проводки. Каждый тестовый модуль (модули тестов на сопротивление, на скачок напряжения, на высокое напряжение) отделен от тестовой шины высоковольтным реле. Единоновременно только один тестовый модуль может быть активирован и подключен к тестовой шине, все остальные модули в это время отключены.

В обычном состоянии каждый тестовый провод отключен от шины и заземлен. Тестовая шина может быть подключена к любой комбинации тестовых проводов через высоковольтные реле на платах переключателя тестовой проводки, по три переключателя на плату. Любой из тестовых проводов по отдельности, и даже все одновременно, можно подключить к шине, в зависимости от того, что требуется для тестирования.

Компьютерная секция.

В компьютерной секции помещены материнская плата компьютера, жесткие диски, цифровые и аналоговые платы ввода/вывода, периферийные платы и источник питания для компьютера. Все платы в секции отвечают стандартам, в том числе габаритным ограничениям, на IBM-совместимые персональные компьютеры.

Компьютер и все детали интерфейса построены на стандарте 16-битовой шины (на стандарте IBM-совместимых персональных компьютеров). Эта система отвечает всем требованиям на миниатюрные системы, предназначенные к работе на производстве в режиме реального времени, и позволяет заменять компоненты без каких-либо затруднений. Компьютерная шина отвечает промышленным стандартам и является совместимой со многими разновидностями электронных плат и компонентов, выпускаемых в мире. Компьютерная система, построенная на стандарте персональных компьютеров, отличается высоким качеством и устойчивостью работы, низкой стоимостью и широкой распространенностью в мире, а потому является наилучшим вариантом для использования в AST 8800 TATS.

Таким образом, бортовой компьютер системы AST 8800 TATS – это обычный персональный компьютер. Используемая операционная система – ДОС фирмы Microsoft. Все системные файлы размещены на жестком диске.

Кроме материнской платы, по крайней мере ещё пять смонтированы в компьютерной секции:

- скоростной аналого-цифровой преобразователь*;
- плата аналогового ввода/вывода*;
- плата цифрового ввода/вывода*;
- плата супер VGA дисплея;
- плата IDE контроля (контролирует параллельный порт, порт принтера и два серийных порта).

*Примечание: платы производства компании Baker Instrument.

Компьютерная секция также имеет дополнительный низковольтный источник питания. Линии +5 и 12 вольт питают все платы компьютера и периферийные устройства, такие как жесткий диск.

AST секция.

Секция AST содержит электрооснащение для контроля безопасности работы и сигнализации, высоковольтные источники питания и высоковольтные переключающие реле. Размеры всех плат в этой секции составляют 233 на 220 миллиметров, что в два раза выше и немного шире по сравнению с Eurocard.

Секция AST содержит 4 платы, все производства компании Baker Instrument:

- AST логическая плата, она же плата питания, несет интерлоки – автоматические выключатели, контролирующие безопасность работы, и +12 вольтный (до 2 ампер) источник питания специально для теста на межпластинное сопротивление якоря;
- AST HVDC (высокое напряжение постоянного тока) плата несет программируемый источник питания постоянного тока (от 300 до 15000 вольт), работающий от сети переменного тока 110 или 220 В. На этой плате

- также помещается высоковольтный разрядный конденсатор, используемый в тестах на скачок напряжения.
- AST плата с батареей тириستоров, использующаяся как разрядный переключатель для тестов на скачок напряжения. Выдерживает напряжение в 18000 вольт и импульс тока в 500 ампер и более.
 - AST плата импульса/считывания несёт электросхему, формирующую импульс для теста на скачок напряжения, делитель напряжения для этого теста и два высоковольтных реле. Эта плата формирует импульс напряжения с помощью кольцевого конденсатора и направляет импульс напряжения и высокое напряжение постоянного тока в тестовую шину.

Держатели для тестирования, - индексирование якоря.

По Вашему требованию, вместе с системой AST 8800 TATS могут быть поставлены держатели для тестирования. Назначение этих держателей состоит в том, чтобы облегчить и ускорить подсоединение якоря к тестеру и обеспечить безопасность работы оператора.

Компания Baker Instrument разрабатывает и изготавливает универсальные держатели вращающегося типа для тестирования якорей, приспособленные к специфическим требованиям заказчиков. Якорь вращается с помощью приводного ремня, накинутаго на корпус якоря, или с помощью зажимного патрона, закрепленного на ведущем конце якоря. Оба привода, и ременной, и патронный, приводятся в движение шаговым мотором, управляемым через компьютер.

Обычно, один или два оптических сенсора используется для наблюдения за щелями коллектора при вращении якоря. При индексировании якоря либо сенсоры, либо подсчет шагов шагового мотора используется для проверки однородности ширины щелей.

Корпус тестера.

Система AST 8800 TATS размещена внутри пыленепроницаемого контейнера для электронных приборов IP40. По желанию заказчика, этот контейнер может быть заменен на пыле- и влагонепроницаемый IP55. Вдобавок, контейнер IP55 может быть снабжен закрытой системой воздухооборота со встроенным кондиционером. Присутствие системы с кондиционером является обязательным требованием при работе с окружающей температурой выше 40 °C. По желанию заказчика, к любому из вышеназванных контейнеров может быть добавлена система воздушного охлаждения с вентилятором и фильтром (при работе прибора без системы принудительного охлаждения окружающая температура должна быть в диапазоне от 5 до 40 °C).

В верхней части контейнера помещается компьютер. Под компьютером, в выдвижном ящике, находится клавиатура. В ящике в средней части размещен принтер. На передней панели есть щель для заправки бумаги. Если принтер используется часто, его можно держать снаружи контейнера.

Силовая электроника помещена в нижней части контейнера. Доступ туда осуществляется через откидные панели на передней и задней частях контейнера. Для удобства технического обслуживания прибора можно снять боковые панели контейнера.

Тестирование с помощью TATS.

Тест на высокое напряжение постоянного тока.

С помощью этого теста проверяется качество изоляции между обмоткой и сердечником. На обмотку подается высокое постоянное напряжение, на сердечнике же поддерживается нулевой потенциал (земля). Протекающий через изоляцию ток и измеряется системой AST 8800 TATS с точностью до 1 микроампера. Величина этого тока утечки не зависит от емкости цепи обмотка-сердечник. Данный тест предоставляет точную количественную информацию об общем сопротивлении и присутствии дефектов в изоляции между обмоткой и сердечником.

Тест на высокое напряжение переменного тока.

С помощью этого теста также проверяется качество изоляции между обмоткой и сердечником. Высоковольтный сигнал переменного тока, с такой же частотой что и в сети, подается на обмотку, а на сердечнике поддерживается нулевой потенциал (земля). Ток утечки через изоляцию регистрируется системой AST 8800 TATS.

Основной компонент тока утечки – это реактивный ток, определяемый емкостью цепи обмотка-сердечник. Величина емкости варьируется в зависимости от особенностей конструкции обмотки. Тест на высокое напряжение переменного тока имитирует реальные нагрузки, которым подвергается изоляция в ходе эксплуатации двигателя. Результатом этого теста является качественная оценка удовлетворительно/неудовлетворительно.

Для проведения рассматриваемого теста на высокое напряжение переменного тока используется высоковольтный источник питания переменного тока (50 или 60 Гц). Величина измеряемого тока утечки определяется в основном емкостью цепи. Ток утечки при наложении переменного поля значительно выше, чем при постоянном поле и достигает уровня в несколько миллиампер.

Двигатель с плохим качеством изоляции показывает низкое её сопротивление. В ходе теста на высокое напряжение переменного тока утечка возрастает из-за наличия активного сопротивления. В этом случае компенсирующий мост дает более точное измерение, если только нет искрения. При искрении измерения тока становятся практически бессмысленными.

При проведении теста на высокое напряжение система TATS компенсирует ток утечки для разделения его активной (омической) и реактивной (емкостной) составляющих. Величина активной составляющей тока утечки обычно намного меньше реактивной.

Измерение тока утечки в тесте на высокое сопротивление.

Для измерения тока утечки используют два метода:

- обычно измеряют общий ток, в котором преобладает реактивная составляющая. Меряют ток утечки между двумя проводниками, например между обмоткой и сердечником или между разными обмотками.
- при емкостной компенсации используется двухканальный конвертор переменного/постоянного тока для одновременного фиксирования общего тока утечки и напряжения. Рассчитывается сдвиг фаз, и на основании его – омическая составляющая тока утечки.

В системе TATS измеряется только омическая составляющая тока утечки. Соответственно, диапазон тока утечки для оценки результата тестирования удовлетворительно/неудовлетворительно должен задаваться с учетом только омического тока.

Слежение за искрением.

Для совершенствования техники измерений тока утечки в системе AST 8800 TATS предусмотрена возможность регистрировать искрение даже при низких значениях тока. Это дает возможность выявлять дефекты, почему-либо упущенные при измерении тока утечки методом емкостной компенсации.

Все выпускаемые тестеры системы AST 8800 TATS имеют в программном обеспечении встроенную функцию для регистрации искрения. В ходе тестирования непрерывно регистрируется вольтаж. В случае переменного тока это должна быть синусоидальная кривая. Программное обеспечение интерпретирует необычные пики или другие нарушения на плавной кривой как следствие искрения.

Тест на сопротивление.

Наиболее часто встречающийся дефект в производстве якорей – плохой контакт между обмоткой и коллектором. Обычно такой тип дефектов называют дефектом шва. Он выявляется либо при измерении сопротивления (когда значение сопротивления слишком велико), либо при проверке цепи на разрыв.

Тест на сопротивление проводится для обнаружения таких дефектов и неполадок как дефекта шва, для выявления неправильного выбора размера проволоки для обмотки, растянутого участка проволоки, неправильного числа витков, неправильных соединений и коротких замыканий. Для измерения сопротивления обмотки при тестировании используется источник питания постоянного тока с автоматическим переключением диапазона. Тест на сопротивление всегда проводят, используя нечетную пластину коллектора как источник тока и четную как сток.

Система AST 8800 TATS хранит до 6 различных допустимых диапазонов сопротивлений для качественной оценки результатов удовлетворительно/неудовлетворительно, что дает возможность тестировать устройства с различными сопротивлениями обмоток. Предусмотрен также

программируемый допустимый диапазон сопротивления. Это позволяет удостовериться, что сопротивления разных обмоток на одном и том же устройстве сбалансированы в допустимых пределах. Наиболее часто такая процедура используется для проверки баланса фаз в многофазных обмотках.

Сопротивление обмотки при тестировании определяется по закону Ома, $R=V/I$.

В большинстве цепей, используемых для измерения сопротивления, на обмотку подается постоянный ток. Измеряется напряжение между концами обмотки, и сопротивление вычисляется по закону Ома.

Четырехконтактный метод измерений по Кельвину.

В системе AST 8800 используется четырехконтактный дифференциальный метод Кельвина для точного измерения низких значений сопротивления. Посредством одной пары контактов на нагрузку подается ток, а другая пара используется для измерения падения напряжения на нагрузке.

Метод Кельвина позволяет устранить неопределенность измерения, вносимую сопротивлением самого тестера (сопротивлением контактов реле) и проводки. Это особенно важно для компенсации несистематических и невоспроизводимых погрешностей, вносимых сопротивлением контактов. Другие методы измерения не позволяют достаточно точно выявлять и учитывать такие погрешности.

Погрешности, вносимые сопротивлением тестера, варьируются в пределах от нескольких мОм до нескольких десятков мОм в зависимости от длины соединительных проводов, давности эксплуатации реле и т.д. Повышение точности измерений с применением метода Кельвина становится особенно заметным, когда измеряемые значения не превышают нескольких Ом.

Температурная компенсация.

Сопротивления меди и алюминия изменяются примерно на 0.4% на каждый градус изменения температуры. Температура обмотки может колебаться из-за изменения температуры окружающей среды, а также в результате температурного воздействия процесса изготовления обмотки. Температурные колебания могут не позволить установить жесткие допуски на точность измерения сопротивления.

Температурная компенсация подразумевает автоматическое измерение температуры и пересчет величины измеренного сопротивления на стандартную температуру, обычно 25 С. Допуски для оценки удовлетворительно/неудовлетворительно вводятся в систему для выбранной стандартной температуры и не далее не меняются несмотря на присутствие температурных колебаний.

Возможность применять температурную компенсацию присутствует во всех тестовых системах AST 8800. Задействовать ли компенсацию в измерениях или нет, определяет оператор. Стандартный датчик меряет температуру окружающей среды и может быть помещен либо внутри тестера, либо где-нибудь в отдалении. При включенной функции температурной компенсации обмотка считается

находящейся при температуре окружающей среды. При необходимости, бесконтактный инфракрасный температурный датчик может быть использован для измерения действительной температуры устройства (датчик поставляется отдельно).

Анализ результатов теста на сопротивление.

Результаты теста на сопротивление можно проанализировать используя один или более из пяти методов. Результаты анализа можно сравнить (по качественной шкале удовлетворительно/неудовлетворительно) с данными, полученными при тестировании образцового устройства. Каждый из методов имеет свои преимущества. Использование различных методов при анализе результатов тестирования якоря повышает шансы заметить присутствующий дефект. Методы анализа кратко описаны ниже. Более полное описание этих методов можно получить, обратившись к представителю компании Baker Instrument.

- **Сравнение вновь полученного значения сопротивления с данными от образцового устройства:** за ожидаемое значение сопротивления якоря имеет смысл принять значение, полученное при тестировании другого якоря (или якорей), про который известно, что он не имеет дефектов. Данные от нескольких таких бездефектных образцовых якорей можно усреднить и использовать среднее как один образец. Впоследствии, вновь получаемые при тестировании якорей данные будут сравниваться с этим образцом.

Для якорей с оправочной намоткой значение сопротивления между пластинами коллектора должно быть одно и то же, поэтому для сравнения с образцом можно использовать среднее значение сопротивления. Максимальное и минимальное значения, полученные при тестировании образца, можно использовать для задания диапазона допустимых значений при оценке удовлетворительно/неудовлетворительно.

Для якорей с одиночной и двойной свободной обмоткой сопротивление внешних катушек больше, чем внутренних, поэтому измеряемое сопротивление будет изменяться с номером пластины. В этом случае, сопротивление каждой пластины сравнивается с соответствующим значением образцового устройства и оценивается как удовлетворительно/неудовлетворительно в соответствии с заранее заданным диапазоном допустимых значений.

- **Оценка по производной:** в сущности, это видоизменение предыдущего метода сравнения с образцом, использующееся для оценки якорей с одиночной и двойной свободной обмоткой. Строится зависимость сопротивления от номера пластины, вычисляется наклон полученной линии (первая производная) и сравнивается с образцовым диапазоном допустимых значений.

- **180° баланс в якорях с двойной оправочной намоткой:** в якорях с четным числом пластин сопротивление определяется между пластинами, разнесенными на 180°. В якорях с двойной оправочной намоткой это сопротивление должно быть одинаково для всех пар противостоящих пластин. Для

качественной оценки тестирования удовлетворительно/неудовлетворительно используется заранее заданное допустимое процентное отклонение.

- **Баланс постоянного сопротивления:** с помощью этого метода проверяется постоянство сопротивления в якорях с оправочной намоткой. Вычисляется отклонение (в процентах) от среднего сопротивления якоря и сравнивается заранее заданным диапазоном допустимых отклонений.

- **Максимальное процентное изменение сопротивления между смежными пластинами:** этот метод определяет максимальное в якоря процентное изменение в значении сопротивления между смежными пластинами. Особенно нужен для тестирования якорей с двойной свободной обмоткой, которые имеют близкие, но все-таки неравные наклоны в зависимостях сопротивления от номера пластины.

Тест на скачок напряжения.

Система AST 8800 TATS проводит тестирование на скачок напряжения для выявления некачественной изоляции внутри обмотки, - дефекта, который нельзя отследить с помощью низковольтного теста на сопротивление, теста на индуктивность или тестера на высокое напряжение. Слабость изоляции может привести к сокращению эксплуатационной службы якоря, даже если обмотка поначалу работает удовлетворительно. Такое сокращение срока службы чаще всего происходит при смещении обмотки, при загрязнении или нагреве.

Дефекты межвиточной, межслойной и межфазной изоляции могут быть выявлены только с помощью теста на скачок напряжения. Никакая другая процедура тестирования не позволяет отследить дефекты в изоляции витков обмотки. Тест на скачок напряжения также позволяет выявить неправильное число витков и неправильные соединения в обмотке.

Импульс напряжения генерируется посредством разряда высоковольтного конденсатора на обмотку. Обмотка ведет себя как неидеальный индуктор, и образующаяся RLC (омическое сопротивление + индуктивность + емкость) цепь имеет резонирующий отклик. Зависимость напряжения от времени представляет собой убывающую экспоненту с затухающими колебаниями. Изменения в величине индуктивности либо в величине потерь в обмотке вызывают изменения формы волны.

В каждый момент времени существует определенное шаговое напряжение по всей длине обмотки, которое воздействует на межвитковую изоляцию, и в плохо изолированных местах происходит пробой. Закороченная обмотка ведет себя как автотрансформатор, вызывая значительные изменения формы волнового отклика.

При охватном тестировании на скачок напряжения вольтаж накладывается на пластины якоря, разнесенные на 180° друг от друга. Матрица реле сконструирована таким образом, чтобы можно было применять любую ширину охвата – даже прилагать напряжение к смежным пластинам. Полярность

прикладывания напряжения можно менять и таким образом тестировать обмотку при двух противоположных направлениях разрядного тока.

Образцовая форма волны (которая может быть получена усреднением результатов испытаний нескольких образцовых обмоток) переводится в цифровой вид и так сохраняется в памяти компьютера. Все результаты последующих тестирований сравниваются с этим образцом. Вычисляется отклонение (в процентах) между образцовым и вновь полученным откликами. Если отклонение превышает заданный предел, результат тестирования рассматривается как отрицательный. Получаемая при тестировании зависимость напряжения от времени выводится на экран, и при визуальном анализе оператор может выявить причину отрицательного результата.

Система AST 8800 TATS сохраняет в памяти компьютера до 6 различных функций отклика для каждой разновидности обмотки. Это необходимо, когда приходится тестировать устройства с различными видами обмотки.

Анализ функции отклика в тестировании на скачок напряжения.

Многие факторы влияют на форму функции отклика. На основании математического моделирования обмотки почти невозможно предсказать точную форму отклика. Однако, *сравнение* разных откликов – это довольно мощный инструмент анализа и может быть использован для отслеживания даже незначительных изменений в тестовых откликах.

Обычно при сравнении откликов используют отклики от двух различных обмоток. Про одну обмотку известно наверняка, что она «хорошая», и потому она принимается за образец. Другая обмотка является, соответственно, тестируемой. Функции отклика от обеих обмоток высвечиваются одновременно на экране компьютера.

- Если обмотки идентичны и не содержат дефектов, то два одинаковых отклика наложатся друг на друга и будут видны как одна кривая.
- Если тестируемая обмотка имеет дефект межвиточной изоляции или чем-то другим отличается от образцовой, на экране будут видны две различные линии.

Сравнение двух откликов в системе AST 8800 TATS осуществляется компьютером с предварительным переводом данных в цифровой вид. Нет никакой необходимости иметь на месте тестирования образцовую обмотку. Образцовый отклик снимается только однажды, записывается в цифровом виде в память компьютера и может быть вызван потом в любое время.

Метод отношения площадей отклонений.

Алгоритм сравнения функций откликов, используемый системой AST 8800 TATS, запатентован под названием «Метод отношения площадей отклонений» (EAR) и является собственностью компании Baker SKF. Метод EAR позволяет вычислить определенное значение ошибки (в %), которое прямо пропорционально степени дефектности обмотки.

Этот метод достаточно устойчив к шумам, к вариациям в амплитуде волны в функции отклика и к вариациям частоты. Метод EAR позволяет надежно выявить неправильное число витков и дефекты межвитковой изоляции. Этот метод на порядок превосходит метод определения пикового и среднего напряжений постоянного тока, используемый в более ранних приборах тестирования на скачок напряжения.

Обычно отклики нормальных тестируемых обмоток, не содержащих дефектов, отличаются от образцовых не более чем на 15%. Одинократная закоротка между витками даст рассогласование от 10 до 40%, а множественные закоротки дадут от 30 до 75%.

Спецификации системы TATS.

Компьютер

- **Процессор:** IBM – совместимый персональный компьютер (PC) поколения AT
- **Архитектура:** промышленная PC сборка

Периферийные устройства

- **Дисплей:** VGA цветной монитор высокого разрешения
- **Принтер:** 9 –игольчатый матричный, поставляется по требованию
- **Привод для флоппи-дискет:** 3.5 дюйма, 1.44 Мб
- **Жесткий диск:** 40 или 80 Мб, тип IDE

Сетевая связь

- **RS-232**, поставляется по требованию (имеются и другие сетевые соединения)

Высоковольтный постоянный ток

- **Напряжение:** программируется от 100 до 15000 вольт со 150-вольтовым инкрементом, точность задания 3%
- **Ток:** максимум 100 А, разрешение 1 А, пределы для оценки удовлетворительно/неудовлетворительно программируются с инкрементом 1 А
- **Продолжительность:** программируется с инкрементом 1 сек

Высоковольтный переменный ток

- **Напряжение:** программируется от 500 до 5000 вольт с 50-вольтовым инкрементом, 50/60 Гц, 2000 ватт, программируемые линейные рост и снижение напряжения
- **Ток:** максимум 800 мА, разрешение 1 мА, пределы для оценки удовлетворительно/неудовлетворительно программируются с инкрементом 1 мА, детектирование искрения для повышения качества тестирования
- **Продолжительность:** программируется с инкрементом 1 сек
- **Имеются методы детектирования тока утечки:** «Общий (абсолютный) ток утечки» и «Реальная часть (омическая) тока утечки»

Сопротивление

- автоматическая установка диапазона
- цифровое разрешение 3.5
- точность на каждом диапазоне – 0.4% от максимального значения
- воспроизводимость – 0.1%
- проводка и контакты для межпластинного тестирования по методу Кельвина
- температурная компенсация измерений и приведение результатов к 25 С или другой стандартной температуре, определенной заказчиком
- инфракрасный датчик температуры поставляется по требованию

Диапазон значений сопротивления

			Ток
100 мкОм	-	2 мОм	20 А
2 мОм	-	20 мОм	20 А
20 мОм	-	200 мОм	2 А
200 мОм	-	2 Ом	200 мА
2 Ом	-	20 Ом	20 мА
20 Ом	-	200 Ом	20 мА

Скачок высокого напряжения

- **Напряжение:** программируемый скачок от 50 до 1500 вольт с инкрементом 50 В
- **Энергия импульса:** 11.25 Дж максимум
- **Разрядный конденсатор:** 0.1 фарад
- **Рабочая нагрузка:** более 1 генри
- **Скорость перевода сигнала в цифровую форму:** 5 000 000 точек/секунду, программирование оценочных пределов удовлетворительно/неудовлетворительно на основе патентованного метода EAR

Держатели

- Стандартные или модифицированные под специальные требования заказчика держатели для тестирования якорей самых разных размеров, специализированные контакты для использования метода Кельвина

Питание

- потребное напряжение 220 В переменного тока (50 Гц), максимум потребляемой мощности 500 ватт
- имеется двухполюсной магнитный предохранитель
- для защиты компьютера имеются линейный предохранитель от скачка напряжения и изолирующий трансформатор

Электрическая защита

- выдерживает импульс тока в 6000 В, 3000 А в течение 1.2 - 50 микросекунд
- выдерживает электростатический разряд 25 кВ, 15 А, 80мДж

Условия работы

- работает при температуре от 0 до 40 С
- водо- и пыленепроницаемый корпус IP55 (NEMA 12) устанавливается по требованию

