

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕРКОНОВ

К.В. Головин, Н.А. Климентовский
390027, Россия, г. Рязань, ул. Новая, 51В, ОАО «РЗМКП»

В докладе дается обзор методов измерения параметров герконов, которые реализованы в новой измерительной аппаратуре. Применяемые методы позволяют исключить влияние на измеряемый геркон таких факторов, как внешнее магнитное поле и температура окружающей среды. Высокая точность измерения обеспечивается за счет применения современной элементной базы и более точного алгоритма коррекции. В докладе рассматривается весь спектр новой измерительной аппаратуры: от карманного тестера и полуавтоматических установок, до автоматов для массовой разбраковки по группам годности и типам брака.

The paper reviews the measuring methods of reed switch parameters which are realized in new measuring equipment. The applied methods allow avoiding impact on the measured reed switch of the factors such as external magnetic field and ambient temperature. A high measuring accuracy is provided due to the modern elemental basis and more accurate algorithm of the parameters correction. The whole spectrum of the new measuring devices is reviewed: from a pocket tester and semiautomatic apparatus, up to the automatic machines for mass-volume sorting in conformance groups and defect types.

Общеизвестно, что одним из главных путей повышения эффективности производства является автоматизация технологического процесса. В настоящее время на предприятии ОАО «РЗМКП» большая часть выпускаемых герконов проходит контроль параметров на автоматизированном оборудовании. Однако в связи с моральным и физическим устареванием имеющихся измерительных комплексов и изменением требований заказчика на сужение групп годности до 2 А (с 10-20 А), была поставлена задача разработки и внедрения новой аппаратуры контроля информационных параметров герконов. Темой доклада является обзор новых средств и комплексов измерения параметров герконов. Ранее существовавшие методики измерения параметров герконов пришлось значительно переработать для реализации на микропроцессорах. Работа была проведена совместно с разработчиками герконов.

Рассмотрим подробнее параметры герконов и методы их измерения.

Магнитодвижущая сила (МДС) срабатывания и отпускания. Измерения МДС срабатывания ($F_{ср}$), МДС отпускания ($F_{отп}$) и расчет коэффициента возврата (K_v) герконов проводятся в соответствии с отечественными [1] и зарубежными [2, 6] стандартами. Чтобы исключить воздействие на результаты измерения внешнего магнитного поля, измерение $F_{ср}$ и $F_{отп}$ проводится сначала при условно положительном направлении тока через катушку, а затем при условно отрицательном, после чего вычисляется среднеарифметическое значение. Т.е., МДС срабатывания, измеренная при условно положительном направлении тока через катушку, представляет собой:

$F_{ср+} = F_{ср'} + F_{внеш}$, где $F_{ср'}$ – истинное значение МДС срабатывания, $F_{внеш}$ – добавка из-за внешнего магнитного поля.

А МДС срабатывания, измеренная при условно отрицательном направлении тока через катушку, представляет собой:

$$F_{ср-} = F_{ср'} - F_{внеш}$$

$$\text{Т.о. имеем: } (F_{ср+} + F_{ср-})/2 = ((F_{ср'} + F_{внеш}) + (F_{ср'} - F_{внеш}))/2 = F_{ср'}$$

Далее производится коррекция значений МДС в соответствии с данными образцовой установки (о коррекции будет рассказано ниже).

Стабильность (повторяемость) результатов измерения МДС при данном методе составляет $(\pm 0,1)$ А. Для переключающих герконов также измеряется параметр «зависание» геркона (состояние, при котором НЗ-пара разомкнулась, а НР-пара не замкнулась). Данный параметр характеризует контактное нажатие [4]. Ток в катушке управления плавно поднимается до $F_{отпНЗ}$ и далее до $F_{срНР}$. Параметр вычисляется как разница между МДС срабатывания НР-пары и МДС отпущения НЗ-пары геркона.

Коэффициент возврата рассчитывается как отношение между МДС отпущения и МДС срабатывания.

Статическое сопротивление $R_{ст}$ (режим, когда переходные процессы при замыкании геркона закончились). В процессе работы выяснилось, что сопротивление выводов геркона дает значительную добавку к собственному переходному сопротивлению, поэтому было принято решение на переделку существующего парка контактирующих устройств с целью размещения контактов в 6 мм от баллона геркона. Измерение проводится в соответствии с ГОСТ [1] и стандартом предприятия [3] методом вольтметра-амперметра. Высокая стабильность результатов обеспечивается за счет многократного измерения с усреднением измеренных значений тока через геркон и напряжения на герконе. Это позволяет исключить влияние шумов на результаты измерения. Чтобы исключить влияние термоэдс, измерение напряжения на герконе проводится при отрицательном и положительном направлении тока через геркон, затем вычисляется среднеарифметическое. Влияние температуры окружающей среды на схему измерения исключается путем учета при расчете значений смещения нулей усилителей. Далее проводится коррекция значения $R_{ст}$. Погрешность измерения составляет ± 2 мОм.

Динамическое сопротивление $R_{дин}$ (сопротивление контактов геркона после окончания дребезга, механические колебания контакт-деталей еще продолжаются, величина характеризует плоскостность прилегания контакт-деталей). Измерение проводится в соответствии с ГОСТ [1] методом вольтметра-амперметра. После подачи на катушку управления прямоугольного импульса, отсчитывается задержка $t_{дин}$ (задается технологом), после чего с дискретностью 10 мкс проводится измерение сопротивления геркона и накопление результатов в буфере. В качестве значения динамического сопротивления геркона берется максимальное из всего массива измеренных значений. В связи с тем, что при измерении $R_{дин}$ в отличие от измерения $R_{ст}$, дрейф нулей усилителей не учитывается, а само измерение проводится с меньшим усреднением, точность измерения $R_{дин}$ ниже, чем у $R_{ст}$. Далее проводится коррекция значения $R_{дин}$. Погрешность измерения составляет ± 10 мОм.

Временные параметры – время срабатывания ($t_{ср}$), время дребезга ($t_{др}$) и время отпущения ($t_{отп}$). Измерение проводится в соответствии с ГОСТ [1], т.е. в отличие от зарубежных стандартов [2], время дребезга включается во время срабатывания, а минимальное значение времени дребезга – 10 мкс (размыкания контакт-деталей длительностью менее 10 мкс уже не считаются дребезгом). При измерении $t_{ср}$ и $t_{др}$ в катушку управления подается импульс тока прямоугольной формы, а при измерении $t_{отп}$ в катушку управления подается 0. Временные параметры измеряются с дискретностью 1 мкс. Для переключающего геркона измеряется также такой параметр релейной характеристики, как время перелета (позволяет оценить значение контактного нажатия в НЗ-паре). Этот параметр определяется как разница между временем размыкания НЗ-пары и временем замыкания НР-пары (исключая время дребезга).

Склонность геркона к залипанию (холодная сварка, т.е. неразмыкание контактов геркона после снятия управляющего сигнала за счет молекулярного сцепления). В катушку управления подаются прямоугольные импульсы тока с амплитудой от МДС неотпущения до $2,2 F_{ср}$, частотой 500 Гц, скважностью равной 2. Количество импульсов от 100 до 2000. Подача импульсов тока в катушку прекращается на максимальном значении тока последнего импульса. Производится измерение МДС' отпущения ($F_{отп}'$). Вычисляется разница между

измеренными значениями МДС отпускания и МДС' отпускания ($F_{отп} - F_{отп}'$). Данная разница характеризует склонность геркона к залипанию. Чем больше разница ($F_{отп} - F_{отп}'$), тем больше склонность к залипанию у данного геркона.

Стабильность сопротивления $\Delta R_{ст}$ (качество контактного покрытия, наличие посторонних частиц в контактном зазоре и т.д.). Испытание проводится в соответствии со стандартом предприятия [3]. Измерение стабильности сопротивления состоит из шести этапов измерения $R_{ст}$ и пяти циклов 50-кратного переключения геркона между ними. После каждого измерения сопротивления в катушку управления подается 50 импульсов. Затем проводится следующее измерение $R_{ст}$, и так далее. Нестабильность сопротивления геркона определяется как максимальное значение разности между $R_{ст1}$ и последующими значениями сопротивления.

Остаточная намагниченность ΔF (качество материала и качество отжига контактных деталей). Измерение остаточной намагниченности проводится в соответствии с европейским стандартом [2]. Сначала геркон в катушке управления доводится до насыщения при условно положительном направлении тока. Делается выдержка, и затем ток доводится до нуля. Опять делается выдержка, проводится измерение МДС срабатывания ($F_{ср1}$). Затем геркон в катушке управления доводится до насыщения при условно отрицательном направлении тока. Делается выдержка, и затем ток доводится до значения, соответствующего МДС срабатывания ($F_{ср2}$) при условно положительном направлении тока через катушку управления. Остаточная намагниченность определяется как: $\Delta F = (F_{ср2} - F_{ср1})/F_{ср1} \times 100 \%$.

Испытание на электрическую прочность. Испытание проводится в соответствии с отечественным стандартом [1]. Испытательное напряжение подается в течение не менее 1 секунды. При подаче импульса напряжения приняты меры от первоначального скачка напряжения. Диапазон задания напряжения: от 50 до 500 В или от 100 до 1000 В. Дискретность задания 1 В.

Коррекция значений параметров. Коррекцию измеренных значений нужно проводить из-за того, что элементы измерительной схемы, АЦП, ЦАП, измерительная катушка вносят свои погрешности в результаты измерения. Коррекция позволяет обеспечить одинаковые результаты измерений на всех установках.

Итоговая коррекция значений измеренных параметров производится с помощью корректировочных коэффициентов, которые вычисляются методом наименьших квадратов. Для коррекции по МДС используется образцовая установка (о ней будет рассказано далее), на которой с высокой точностью измеряются образцовые герконы (специально отобранные герконы со стабильными во времени параметрами), и уже по ним настраиваются другие устройства и установки. Коррекция по статическому и динамическому сопротивлению осуществляется с помощью образцовых резисторов или магазинов сопротивлений. Корректировочные коэффициенты рассчитываются перед началом эксплуатации оборудования, после ремонта или когда при проверке технических характеристик отклонения в результатах измерений больше допустимых. Коэффициенты записываются и хранятся в памяти.

Вышеприведенные методы измерения и коррекции параметров позволяют измерять МДС со стабильностью до $\pm 0,1 \text{ А}$, $R_{ст} \pm 0,002 \text{ Ом}$, $R_{дин} \pm 0,01 \text{ Ом}$. Погрешность измерения временных параметров $\pm 1 \text{ мкс}$. Причем результаты измерения не зависят от внешнего магнитного поля, т.е. местоположения прибора и температуры окружающей среды. Более точное измерение параметров герконов по сравнению с установками, разработанными ранее, позволяет разбраковывать по более узким группам годности и повысит выход годных герконов.

Нами была разработана гамма оборудования: от карманного тестера до автоматов по массовой разбраковке герконов. Теперь более подробно рассмотрим это оборудование.

Тестер герконов

Тестер герконов (рис. 1) – компактное мобильное устройство, которое позволяет производить оперативный контроль таких параметров герконов, как МДС срабатывания, МДС отпускания, коэффициент возврата, $R_{ст}$ и других вышеприведенных.



Рис. 1. Тестер герконов

Устройство может использоваться для выборочной проверки или корректировки оборудования. Аппаратура тестера построена на базе микропроцессора, имеет встроенное устройство контактирования, информация выводится на двухстрочный дисплей. Для настройки тестер подключается к компьютеру, и с помощью специальной программы настройка проводится по приведенным выше методикам.

Установка контроля параметров геркона МКА-50202

Установка выполнена в настольном варианте (рис. 2) и предназначена для измерения и контроля электрических параметров ($F_{ср}$, $F_{отп}$, K_v , $R_{ст}$), испытания на электропрочность и тренировки герконов в автоколебательном режиме. Загрузка герконов осуществляется вручную, а измерение и выгрузка производятся автоматически. Технолог с помощью клавиатуры и жидкокристаллического индикатора имеет возможность задать параметры техпроцесса, выполнить настройку и проверку установки.



Рис. 2. Установка контроля параметров геркона МКА-50202

Аппаратура построена на базе микропроцессора. Канал измерения состоит из двух блоков контактирования: верхний – контроль параметров и тренировка, нижний – испытание на электропрочность. Управление механикой блока пневматическое. В каждом из блоков имеется индуктивный датчик наличия геркона.

Полуавтоматическая установка контроля параметров герконов

Полуавтоматическая установка контроля параметров герконов (рис. 3) предназначена для проверки всех вышеперечисленных параметров (включая испытание на электропрочность) герконов широкой номенклатуры.



Рис. 3. Полуавтоматическая установка контроля параметров герконов

Установка выполнена в настольном варианте и состоит из компьютера, блока, в котором находится измерительная часть аппаратуры, и блока подключения. Пользователь имеет возможность подключать к установке контактное устройство под требуемый геркон. Загрузка и выгрузка герконов осуществляется вручную. Технолог задает параметры техпроцесса и критерии годности и брака (уставки). Установка позволяет выводить информацию по каждому измеренному геркону, а также сохранять информацию по проверенным партиям и выводить ее на печать в виде отчетов.

Также была разработана ручная измерительная колодка (контактирующее устройство) для замыкающих герконов (рис. 4). От имеющихся в наличии ручных измерительных колодок она отличается нормированным усилием прижима контактов и более удобной загрузкой и выгрузкой геркона.



Рис. 4. Ручная измерительная колодка

Полуавтоматическая лабораторная установка измерения параметров герконов

Полуавтоматическая лабораторная установка измерения параметров герконов (рис. 5) предназначена для более глубокого исследования герконов широкой номенклатуры. Аппаратная часть данной установки идентична установке, рассмотренной ранее. Пользователь также имеет возможность подключить к установке контактное устройство под нужный геркон и задать условия измерения. Результаты измерений выводятся на экран, сохраняются на жестком диске ПК и выводятся на печать. Кроме того, исследователь может получить осциллограммы переходных процессов при измерении $R_{\text{дин}}$, протекание тока через геркон при его замыкании/размыкании (временные параметры), график зависимости $R_{\text{ст}}$ геркона от значения МДС катушки.



Рис. 5. Полуавтоматическая лабораторная установка измерения параметров герконов

Классификаторы герконов

Было разработано три модели классификатора: 001 (рис. 6) и 002 (рис. 7) использовали ранее разработанную механическую часть. Однако заново разработанная электроника позволяла обеспечивать необходимую точность измерения параметров, но в связи с тем, что данная механическая схема морально и физически устарела, была разработана модель 004 (рис. 8), которая и пошла в серию.



Рис. 6. Классификатор 001



Рис. 7. Классификатор 002



Рис. 8. Классификатор 004

Классификаторы герконов 004 – это автоматические установки, предназначенные для массового контроля параметров герконов и раскладки по группам годности и брака. Конструктивно классификатор выполнен в виде передвижной стойки и стола, на котором стоит компьютер. Аппаратура классификатора построена на четырех микропроцессорах и промышленном компьютере. Питание осуществляется от сети переменного тока 220 В и от линии сжатого воздуха. Оператор осуществляет загрузку герконов в чашку вибробункера «навалом». Вибробункер подает герконы в магнитную растяжку, из которой вакуумный захват поштучно подает герконы в первый и второй каналы измерения. Каждый канал измерения состоит из двух блоков контактирования схемы измерения с выводами геркона (рис. 9): верхний – контроль параметров, нижний – испытание на электропрочность. Управление механикой блока – пневматическое. В каждом из блоков имеется индуктивный датчик наличия геркона. Блоки закрыты прозрачной крышкой. Усилие прижима контактирующей системы к выводам геркона нормировано и не зависит от давления воздуха в сети. Из нижнего блока контактирования геркон подается в раскладчик, который в соответствии с результатами измерений поворачивается в нужную позицию, и таким образом геркон попадает в один из 28 технологических лотков (16 для годных, 12 для брака).

Количество лотков по сравнению с классификаторами прошлых поколений значительно увеличилось, что позволило вводить больше групп годности и брака и сократить число сортировок герконов. Раскладчик приводится в движение шаговым двигателем.

Технолог с помощью специальной программы задает параметры техпроцесса, параметры разбраковки, задающие группы годности и брака, и соответствующие им лотки. При этом возможно либо задать измерение какого-то параметра у всех герконов, либо процент выборки измерения параметра, либо отключить проверку по данному параметру вовсе. Уставки хранятся в памяти компьютера в виде специальных файлов. Классификатор сохраняет информацию по разбракованным ранее партиям герконов.

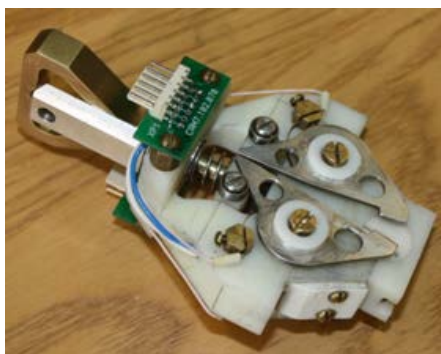


Рис. 9. Блок контактирования

Прибор индикации МДС

Прибор индикации МДС – компактное устройство бесконтактного измерения, позволяющее измерять МДС срабатывания и МДС отпускания. Работа прибора основана на фиксации импульса ЭДС, наведенного во вторичной обмотке катушки при замыкании (размыкании) геркона при монотонном увеличении (уменьшении) тока в первичной обмотке. МДС здесь также измеряется при прямом и обратном токе через катушку управления. Это позволяет исключить влияние внешних магнитных полей на результаты измерения. Прибор очень прост и надежен в использовании. Прибор сам определяет наличие геркона. Так как бесконтактный метод измерения МДС не аттестован у нас на предприятии, то данное устройство используется как технологическое на участке заварки герконов для корректировки оборудования. Прибор разработан на несколько типов замыкающих (рис. 10) и переключающих (рис. 11) герконов. Для настройки прибор подключается к компьютеру, и с помощью специальной программы настройка проводится по вышеприведенной методике.



Рис. 10. Прибор индикации МДС замыкающих герконов

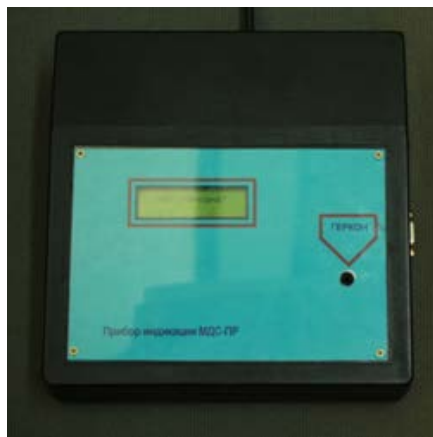


Рис. 11. Прибор индикации МДС переключающих герконов

Образцовая установка измерения МДС

Для настройки по МДС (об этом было сказано ранее в пункте о коррекции значений параметров) всего парка контрольно-сортировочного оборудования герконового производства была разработана образцовая установка (рис. 12). Установка отличается от другого оборудования повышенной точностью и линейностью благодаря применению прецизионных элементов в схеме измерения. В ней применен 16-разрядный ЦАП для формирования диаграммы изменения тока в управляющей катушке. Стабильность измерения МДС составляет $\pm 0,02$ А.



Рис. 12. Образцовая установка измерения МДС

Таким образом, был разработан полный комплект нового контрольно-сортировочного оборудования герконового производства. Весь представленный спектр оборудования разработан на импортной элементной базе (в основном фирмы Analog Devices). Применяемые элементы типа АЦП, ЦАП и операционные усилители обладают высокими точностными и линейными характеристиками, а также высокой надежностью. Аппаратура построена на единой программно-аппаратной базе по модульному принципу. Это значительно повышает ремонтпригодность, так как замена платы в случае отказа не представляет никаких трудностей. Применение же компьютеров позволяет значительно повысить наглядность и удобство работы, применить современные методы настройки и проверки оборудования. Кроме того, автоматизируется сбор и хранение статистики.

В настоящее время нами разрабатывается система автоматизированного сбора, хранения и обработки информации, основанная на SQL Server, которая позволит практически в реальном времени собирать информацию, хранить ее длительный период и в случае необходимости выдавать нужные данные по запросу. Это позволит оперативно получать статистику за любой период времени по любым группам годных изделий и видам брака, что позволит сократить время на выявление недостатков в техпроцессах и технологических цепочках. В перспективе данную систему можно развить до полного сбора информации по партиям – от склада сырья до склада готовой продукции.

Литература

1. ГОСТ 25810-83.
2. Британский стандарт BS EN 11900:1997.
3. СТП СЯ 127-99. Технические требования, правила приемки, методы контроля герконов, поставляемых на экспорт.
4. Методика измерения зависания подвижной контакт-детали в герконах переключающего типа ЯВАФ.680203.002Д.
5. Методика оценки склонности герконов к залипанию.
6. Американский национальный стандарт ANSI/EIA RS-421-A-1983.