

# Антистатика:

## приборы мониторинга и аудита

**Должность ESD-координатора, часто упоминаемая в западных руководствах, пока нетрадиционна для штатного расписания отечественных предприятий. Функции ESD-мониторинга возлагаются обычно на менеджера по управлению качеством, а ввод в эксплуатацию комплекса средств ESD-защиты сопровождается внешним аудитом со стороны генерального заказчика. В статье рассматриваются приборы контроля, используемые в повседневном ESD-мониторинге и инспекционных мероприятиях.**

**Виктор Новоселов**

[www.eurostar.ru](http://www.eurostar.ru)

### Конфуций о проблеме ESD

«Трудно ловить черную кошку в темной комнате. Особенно если ее там нет.» Изречение китайского философа можно вполне отнести и к проблеме статического электричества: так ли оно губительно, как декларируют продавцы спасительных ESD-принадлежностей? Неопровержимый ответ может дать в каждом случае только обширная статистика. А вот обнаружить «присутствие» опасного явления на рабочем месте — задача вполне разрешимая с помощью специализированных приборов ESD-контроля. Рассмотрим по три типовых прибора для двух базовых направлений — локаторов электро-статических полей и тестеров заземления.

### Охотники за привидениями

Начнем с наиболее интересных приборов, предназначенных для обнаружения полей и разрядов статического электричества, представляющих риск для чувствительных к электростатике компонентов, повреждение которых может быть вызвано не только прямым электрическим разрядом, но и импульсом индуктивно наведенного тока на кристалле микросхемы.

Регистратор электрических разрядов (рис. 1) представляет собой малогабаритное специализированное устройство (81×57×33 мм без учета антенны) с радиочастотной частью, аналого-цифровым блоком, органами управления и индикации, а также интерфейсом для опционального подключения к централизованной компьютерной системе сбора информации. Семейство приборов под именем EM Aware запатентовано, выпускается и предлагается под этой маркой во многих каталогах, что подтверждает его популярность и фактическую безальтернативность на мировом рынке.

Принцип действия этого регистратора достаточно прост. Разряды статического электричества генерируют электромагнитное излучение: чем мощнее раз-

ряд, тем сильнее поле. Прибор EM Aware является своеобразным «радиоприемником»: принятый через антенну сигнал принудительно расширяется по длительности (ибо реальный сигнал может быть слишком коротким, в наносекундном диапазоне) и сопоставляется по амплитуде с установленным пороговым значением. При превышении порога регистрируется «ESD-событие» (ESD event), которое сопровождается световым и звуковым сигналом в модели CTC032. В двух более совершенных исполнениях — CTC033 и CTC034, — прибор не только регистрирует ESD-событие, сравнивая с заданным порогом, но также градуирует его амплитуду по логарифмической шкале. Модель CTC034 дополнительно оснащена цифровым индикатором числа зарегистрированных ESD-событий после момента сброса.

Частота ESD-событий может быть настолько велика, что за ними не поспевает никакая система сбора данных, к которой подключены регистраторы. Поэтому прибор EM Aware регистрирует ESD-события в реальном времени и сохраняет до 64 значений амплитуды во внутренней памяти, доступной далее для считывания компьютерной системой сбора данных. При передаче данных используется кодирование уровней напряжением в диапазоне 0–5 В или (по умолчанию) токовой петлей 4–20 мА. Подключение прибора к сети обмена данными и линии питания производится через один стандартный разъем RJ45. Впрочем, приборы EM Aware могут работать и как автономные: достаточно подключить внешний источник питания (12–24 В, 100 мА) — но обязательно добротный, не испускающий электромагнитные помехи, мешающие работе прибора. В автономном режиме пользователю недоступны данные об амплитуде регистрируемых событий, однако даже в этом случае прибор выполняет свою главную функцию: информирует оператора о фактах наличия в рабочей зоне разрядов, превышающих установленный допустимый порог.

Порог чувствительности регистратора можно установить как ручную потенциометром, так и эле-



**Рис. 1.** Регистраторы разрядов EM AWARE

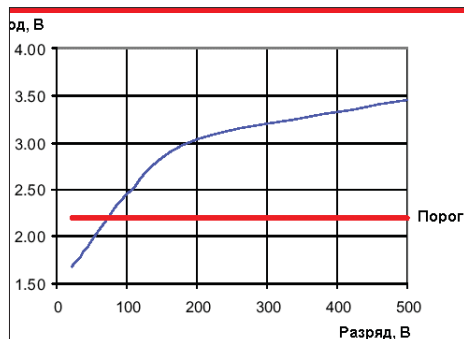


Рис. 2. Логарифмическая шкала и скользящий порог

критическим сигналом (уровнем напряжения или силой тока) от внешней системы сбора данных. В обоих случаях подбор оптимальной высоты порога является важнейшим фактором эффективности применения прибора. Если порог слишком низкий, то учащаются ложные срабатывания от малых разрядов статического электричества и электромагнитных помех любого происхождения за пределами контролируемой зоны. Если же порог слишком высокий, то игнорируются действительно значимые ESD-события в рабочей зоне. Прибор EM Aware имеет логарифмическую шкалу чувствительности (рис. 2), позволяющую отображать широкий диапазон амплитуд ESD-событий в сжатом диапазоне амплитуд выходного сигнала прибора.

Наиболее деликатным делом является интерпретация амплитуды ESD-событий. Характеристики электромагнитного поля, образующегося от статического электричества, определяются не только его потенциалом, но также формой и материалом заряженного объекта, соседствующими отражающими элементами и т. д. Порог разграничения ESD-событий на существенные и незначимые необходимо устанавливать с учетом мощности разряда статического электричества и расстояния места разряда от регистрирующего прибора. Приблизительные характеристические кривые, соответствующие двум моделям электростатического разряда, приведены на рис. 3. В модели технического объекта (ММ — Machine Model) при нахождении прибора на расстоянии 15 см от точки разряда импульс выходного напряжения прибора имеет амплитуду 2,5 В для ESD-события с амплитудой 50 В. Тем же 50 В

в рамках модели ММ соответствует выходной импульс с амплитудой 3,3 В при нахождении прибора на расстоянии 10 см от места разряда. Пример характеристических кривых для модели человеческого тела (HBM — Human Body Model) приведен на рис. 4. Понятия моделей ММ и HBM определены в дополнениях 2002 года к общеевропейскому стандарту:

- IEC 61340-3-1 Electrostatics — Part 3-1: Methods for simulation of electrostatic devices — Human body model (HBM) — Component testing.
- IEC 61340-3-2 Electrostatics — Part 3-2: Methods for simulation of electrostatic devices — Machine model (MM) — Component testing.

При выборе места размещения регистратора EM Aware следует иметь в виду действие посторонних помех: чем они сильнее, и чем слабее разряды, которые необходимо обнаружить, тем ближе к месту разряда следует размещать прибор. Для работы в труднодоступных местах к прибору подключается выносная антенна. Регистратор EM Aware не нуждается в заземлении: его можно класть как на проводящую, так и на диэлектрическую (изолирующую) поверхность. Для минимизации числа ложных срабатываний из зоны действия прибора желательно удалить искрящие электромоторы и соленоиды. От антенны рекомендуется отдалить и мобильные телефоны.

Семейство EM Aware недавно пополнилось модулями для мониторинга баланса и оценки качества ионизаторов, обнаружения электростатических полей. Комплект EM Aware Starter Kit включает модули мониторинга, блок питания, кабели, USB-адаптер для ноутбука и программное обеспечение под Windows — ценный инструмент для аудиторских работ.

Измеритель напряженности статического поля (рис. 5) известен в нескольких вариантах реализации на американском и европейском рынках — в США он продается как Ion Systems MODEL 775, в итальянском каталоге Elme представлен как STATIC LOCATOR EOS2001, в немецком как FELDMETER-775. Этот компактный и точный прибор для измерения напряженности электростатического поля отличается следующими свойствами:

- пригодность для использования даже в ионизированном воздухе;



Рис. 5. Измеритель напряженности поля EOS2001

- удобный «карманный» размер, длительное питание от батареек;
- измерение с возможностью временного запоминания результата (HOLD);
- световая индикация номинальной дистанции от прибора до объекта;
- корпус прибора из проводящего ESD-пластика с разъемом заземления;
- цифровой ЖК дисплей с автоматическим выбором диапазона значений;
- аналоговый выходной сигнал для подключения к системе сбора данных.

Для снятия показаний прибор располагается на расстоянии 1 дюйм от «подозрительного» объекта — носителя статического заряда. Через мгновение на дисплее появится значение напряженности электрического поля в киловольт/х на дюйм. Прибор оснащен функцией HOLD для снятия показаний в «неудобных» местах, где прямое наблюдение дисплея невозможно. Точность измерений зависит от стабильности заземления и расстояния (1 дюйм) до объекта, а также от соотношения размера объекта и расстояния, с которого производится измерение. Соотношение должно быть не менее трех, то есть площадь объекта должна быть не менее 3 кв. дюймов, если измерение производится с расстояния 1 дюйм. Измерения возможны и с большего расстояния при правильном масштабировании диапазона к дистанции до объекта. Пример: объект, напряженность поля которого измеряется с расстояния 3 дюйма, должен иметь площадь не менее 9 кв. дюймов.

Измеритель статического потенциала (рис. 6) предлагается на мировом рынке

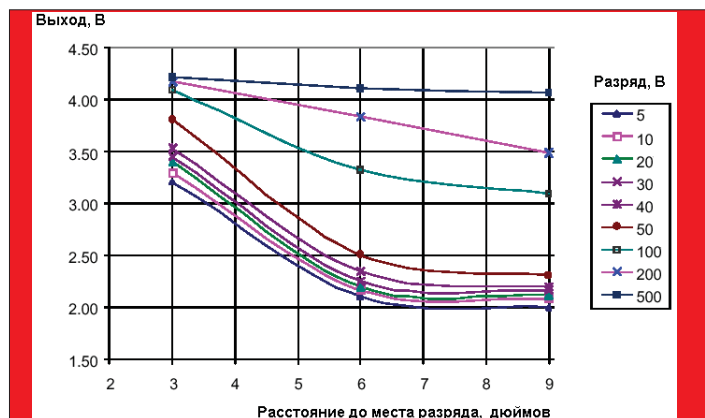


Рис. 3. Оценка амплитуды разряда по модели ММ

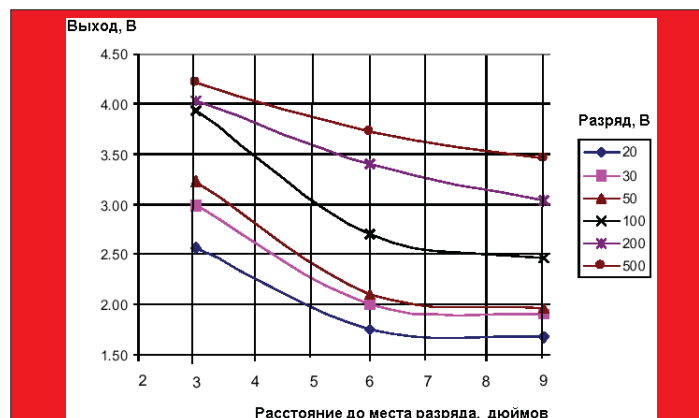


Рис. 4. Оценка амплитуды разряда по модели HBM



Рис. 6. Измеритель потенциала STATI-CHECK

многими поставщиками, чаще всего под названием STATI-CHECK. При прикосновении пальцем к пластине на панели прибора индикатор высвечивает значение напряжения относительно земли с погрешностью не более 5%. Этот специализированный вольтметр работает от батарейки, имеет шнур заземления и может монтироваться на вертикальную плоскость. Прибор STATI-CHECK эффективно используется для демонстрационных целей.

### Тема заземления в творчестве Пола Маккартни

Off The Ground — название альбома Wings, а также содержание следующего раздела статьи. Заземление — первейшая из превентивных мер защиты от статического электричества. Приборы, проверяющие надежность средств заземления, выделяются в отдельную группу.

Монитор заземления представляет собой электронную пороговую схему в нехитром корпусе с парой светодиодов и «пищалкой». На первый взгляд все настолько примитивно, что в солидных каталогах можно было бы переименовать соответствующий раздел в «Сделай сам». Однако польза от такого прибора несомненна: он незамедлительно уведомляет оператора о нарушении целостности цепи индивидуального заземления, проходящей от тела человека через антистатический браслет и монитор заземления на общую шину. Причинами нарушений могут стать неплотное прилегание браслета к запястью, износ браслета, поломка разъема или обрыв шнура. Таким образом, превентивно исключаются пагубные последствия работы персонала в незаземленном состоянии.

Тестер-стенд индивидуальных средств заземления используется для ежедневного предоперационного контроля наручного браслета как первичного средства заземления, а также обуви как первичного или вто-

ричного средства заземления. В простейшей реализации стенда SVR-SR2 (рис. 7) оператор встает на металлическую плиту, подключает шнур от браслета к разъему на стенде и выбирает переключателем режим контроля «браслет», «обувь» или «браслет + обувь». При нажатии металлической кнопки на стенде производится измерение сопротивления от нее через браслет с гарнитурой и обувь к напольной пластине. В случае, если сопротивление оказывается вне допустимого диапазона по стандарту IEC61340, стенд выдает предупреждающий сигнал. Примечание: поскольку сопротивление заземления через обувь уменьшается при увлажнении стельки, тестирование следует производить по истечении первых нескольких минут ее ношения.



Рис. 7. Тестер-стенд для браслета и обуви SVR-SR

Развитием автономного тестер-стенда является тест-станция со средствами подключения к компьютеру и прикладным программным обеспечением, ориентированным на стандарты IEC61340 и ISO9000. Общими свойствами тест-станций, представленных на мировом рынке, являются:

- напольная плита для раздельного контроля сопротивления обуви на каждой ноге;
- компьютерная документация результатов тестирования со значениями измеренного сопротивления в программируемом диапазоне от 100 кОм до 100 МОм (или до 1 ГОм);
- интерфейс RS232;
- возможность сопряжения с клавиатурой и индикаторным табло, считывателями штрих-кода, магнитных и микропроцессорных смарт-карт для идентификации пользователя;
- возможность подключения исполнительного механизма — например, для открытия замка входной двери после успешного прохождения теста.



Рис. 8. Комбинированный тестер MULTIMEG

Комбинированный тестер MULTIMEG (рис. 8) совмещает в себе три измерительных прибора с цифровым отображением результата на ЖК дисплее:

- мегаомметр с электродами в виде гирь для измерения поверхностного сопротивления (ламинатов антистатической мебели, настольных и напольных покрытий, тканей), а также проходного сопротивления к земле;
- гигрометр для измерения относительной влажности воздуха (влажность — важнейший параметр, фиксируемый при измерении сопротивления);
- термометр для диапазона от 0 до 38 °С.

Напряжение тестового воздействия выбирается равным 10 или 100 В для диапазона 50 кОм–990 ГОм или 50 кОм–9,9 ГОм соответственно. Погрешность измерений простирается от 5% в диапазоне 103–108 Ом до 25% в диапазоне 1011–1012 Ом. При нажатии кнопки в центре прибора в течение нескольких секунд производится одновременное измерение сопротивления, влажности и температуры. Вместе с электродами (каждый весом по 2,25 кг согласно спецификациям IEC61340) и блоком питания комбинированный тестер MULTIMEG размещается в инспекционном кейсе общим весом около 5 кг, являющемся непременным атрибутом ESD-аудитора.

### Заключение с риторикой

Приборы ESD (те, что подороже) производятся в США. Тираж их невелик, поэтому нет резона перемещать производство в Китай. Как следствие, ценовой демпинг со стороны китайцев ESD-сектору приборного рынка пока не грозит, и производство сохраняет высокую рентабельность при малой серийности. А может, в этой нише на российском рынке неплохо обосновались бы и отечественные производители из числа небольших динамичных фирм?