ИСПЫТАНИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

ELECTROSTATIC DISCHARGE IMMUNITY TESTS IN PRODUCTION OF ELECTRONICS

С.Ерин*, С.Филиппенко* / info@est-nano.ru

S.Erin*, S.Filippenko*

Широкое использование микросэлектронных компонентов обуславливает необходимость исследования различных аспектов надежности технических средств (ТС). Проблема импульсных разрядов статического электричества особенно значима в случае неконтролируемых условий окружающей среды при применении оборудования и систем. ТС также могут быть подвержены воздействию электромагнитного поля, если возникают разряды от обслуживающего персонала на близлежащие предметы.

The widespread use of electronics leads to the necessity of testing various features of hardware. The problem of electrostatic discharges is especially important in the case of uncontrolled environmental conditions during use of the equipment. Hardware can also be exposed to the electromagnetic field, if the discharges occur from personnel to nearby objects.

Возникновению электростатических зарядов в наибольшей степени способствуют использование синтетических покрытий и низкая относительная влажность воздуха в помещениях. К примеру, когда оператор передвигается по ковру из синтетического материала, с каждым шагом электроны передаются с его обуви на ковер. Накопление электростатических зарядов также может вызвать трение между одеждой оператора и стулом. Заряд может накапливаться непосредственно или посредством электростатической индукции, в последнем случае проводящий коврик не обеспечит защиты до тех пор, пока оператор не будет заземлен на него. Кроме того, разряды могут возникнуть между металлическими предметами: стульями и столами, находящимися поблизости от оборудования. Максимальные значения напряжений, до которых могут быть заряжены различные ткани в зависимости от относительной влажности воздуха, приведены на рис.1.

Электростатические разряды (ЭСР) от оператора могут привести к сбоям функционирования ТС или повреждению электронных компонентов. Эти явления зависят от параметров импульса разрядного тока (амплитуда, время нарастания, длительность и т.д.).

ТС могут подвергаться воздействию электростатических разрядов напряжением до нескольких киловольт в зависимости от типа синтетической ткани и относительной влажности окружающего воздуха. Однако установлено, что передача энергии зависит не только от значения электростатического напряжения, вызывающего разряд, но, в большей степени, от величины импульсного разрядного тока. Также установлено, что пропорциональность разрядного тока по отношению к напряжению перед разрядом нарушается при более высоких значениях напряжения.

Вероятными причинами нарушения пропорциональности между величинами напряжения и разрядного тока при более высоких показателях напряжения могут быть:

- влияние разряда через длинную дугу при высоких напряжениях, что приводит к увеличению времени нарастания импульса разрядного тока и уменьшению пропорциональности более высоких спектральных компонентов разрядного тока напряжению перед разрядом;
- влияние процесса развития разрядного тока через небольшие емкости при высоких значениях напряжения, если объем заряда будет оставаться постоянным для типичных случаев генерации заряда.

* Компания "ЭСТ-СМТ" / EST-SMT

Рис.1. Максимальные значения напряжений, до которых может быть заряжена одежда при контакте с различными материалами, в зависимости от влажности воздуха

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЭСР

Наилучшая защита от ЭСР – диэлектрический корпус, который не позволяет искровому разряду добраться до чувствительного компонента электрической схемы и защищает от радиоизлучения, вызванного этой искрой. Пластиковый корпус, пластиковые кнопки и переключатели, мембранная клавиатура – все, что скрывает электрические компоненты и отлично защищает от электростатических разрядов. ПВХ, полиэстер, поликарбонат, АБС-пластик толщиной 1 мм защищают от ЭСР до 8 кВ.

Так как напряжение пробоя для диэлектриков очень велико, то ток разряда проходит не сквозь эти материалы, а по их поверхности. Поверхность корпуса насыщена разными загрязнениями: пылью, грязью, химикатами, отпечатками пальцев, поэтому каждая точка поверхности имеет разное удельное сопротивление. Ток разряда проходит путь наименьшего сопротивления (около 50 мм) и он не должен заканчиваться металлическим компонентом.

Рис.2. Ток разряда через щель в диэлектрическом корпусе

Напряжение пробоя воздуха не так велико (около 1 кВ/мм) и уменьшается с увеличением относительной влажности, поэтому при расстоянии, например 10 мм, от пальца человека чувствительный компонент электрической схемы может быть выведен из строя электростатическим разрядом.

На любом корпусе имеются щели, стыки, швы или вентиляционные отверстия. На рис.2 показано, как ток разряда может пройти через зазор, достичь чувствительного компонента и вывести его из строя. Поэтому компоненты следует располагать подальше от щелей и технологических отверстий.

Сенсорные дисплеи устойчивы к ЭСР в 15 кВ, но ток разряда может пройти по диэлектрической поверхности дисплея, достичь его краев и проникнуть внутрь через щель и повредить какие-либо компоненты. Часто вокруг дисплея устанавливают изолирующий ободок, не дающий оператору прикоснуться слишком близко к краям, или же металлическую рамку, которая "улавливает" разряд и выводит его в землю.

Еще один метод защиты – экранирование, которое, однако, менее эффективно, чем диэлектрическая изоляция, так как проводящие компоненты подвергаются непрямому воздействию ЭСР через так называемый "разрыв заземления". При возникновении искрового разряда в первые несколько микросекунд потенциал металлического корпуса будет выше, чем потенциал защитного заземления, к которому он подключен. По мере того, как заряд стекает с поверхности корпуса через реактивное сопротивление на защитное заземление, эффект "разрыва заземления" затухает, если же корпус не подключен к защитному заземлению, то заряд медленно стекает через воздух. Пока заряд не нейтрали-

Рис.3. Экранирование

зован через защитное заземление, разность потенциалов между корпусом и платой внутри может привести к вторичному разряду, который может повредить компоненты платы. Таким образом, при использовании экранирования необходимо защищаться еще и от вторичных разрядов. Одним из решений является подключение терминала заземления платы к корпусу через небольшое реактивное сопротивление.

Так как паразитная емкость между каждым отдельным компонентом или дорожкой платы и корпусом разная, отличаются и величины паразитного тока. ЭСР протекает очень быстро, и даже небольшая паразитная емкость может вызвать большие токи. Различия в токах обуславливают электромагнитные импульсы, которые могут вывезти плату из строя. На рис.3 показано, как возникает данная проблема.

Важность проблемы и необходимость защитных мер, помогающих предотвратить нежелательные эффекты ЭСР на ТС, потребовало разработки стандартизованных методов испытаний.

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

В РФ испытания проводят согласно ГОСТ 30804.4.2-2013 (аналог международного стандарта IEC 61000-4-2:2008), который регламентирует оценку качества функционирования оборудования, подвергающегося воздействию ЭСР.

Испытания проводят специализированными имитаторами ЭСР. В основу работы имитатора заложена модель человеческого тела 150 пФ/330 Ом (рис.4). Имитатор генерирует импульс до нескольких кВ со временем нарастания до 1 нс. Форма импульса разрядного тока показана на рис.5.

Рис.4. Модель имитатора электростатического разряда

Для проведения полноценных испытаний достаточно иметь имитатор ЭСР и вспомогательное испытательное оборудование, необходимое для воздействия ЭСР контактными разрядами на проводящие поверхности испытуемого ТС и пластины связи (металлические листы, подвергающиеся ЭСР для имитации воздействия ЭСР на объекты, находящиеся вблизи с ТС) и воздушными разрядами на изолированные поверхности испытуемого ТС.

На полу рабочего места должна быть установлена пластина заземления – металлический лист толщиной не менее 0,25 мм. Пластина заземления должна выступать за контур испытуемого ТС или горизонтальной пластины связи с каждой стороны не менее чем на 0,5 м и должна быть соединена с системой защитного заземления. Расстояние между ТС и стенами помещения, а также любыми

Рис.5. Форма разрядного тока

Рис.6. Рабочее место для испытаний настольных ТС

металлическими предметами должно быть не менее 0,8 м. Испытуемое ТС и имитатор разрядов должны быть подключены к системе защитного заземления. Провод заземления имитатора разрядов должен быть соединен с пластиной заземления.

Пластины связи должны быть изготовлены из металлических листов толщиной не менее 0,25 мм

и подключены к пластине заземления с помощью провода, имеющего на каждом конце резисторы сопротивлением 470 кОм.

ИСПЫТАНИЕ НАСТОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рабочее место для испытаний (рис.6) включает стол из непроводящего материала высотой 0,8 м, установленный на пластину заземления.

Рис.7. Рабочее место для испытаний напольных ТС

Рис.8. Имитаторы электростатических разрядов Noiseken

На столе должна быть размещена горизонтальная пластина связи размерами $1,6 \times 0,8$ м. Испытуемое ТС и кабели должны быть изолированы от горизонтальной пластины связи прокладкой толщиной 0,5 мм. Вертикальная пластина связи устанавливается на расстоянии 0,1 м от испытуемого ТС.

ИСПЫТАНИЕ НАПОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Испытуемое ТС должно быть изолировано от пластины заземления опорой толщиной 0,1 м (рис.7). Вертикальная пластина связи устанавливается на специальном держателе на расстоянии 0,1 м от ТС. Испытания должны быть проведены при прямом и непрямом воздействии ЭСР на ТС.

При прямом воздействии ЭСР должен быть подан только к тем точкам и поверхностям испытуемого ТС, которые доступны обслуживающему персоналу при его эксплуатации. На каждую выбранную точку должно быть подано не менее 10 одиночных разрядов с рекомендуемым временным интервалом 1 с. При контактных разрядах следует сначала прикоснуться наконечником разрядного электрода к испытуемому оборудованию, а затем замкнуть разрядный ключ. При воздушных разрядах имитатор следует быстрым движением приблизить до прикосновения к ТС. После каждого воздействия разрядом имитатор необходимо удалять от испытуемого ТС. Эту процедуру повторяют до завершения подачи всех разрядов. При испытаниях воздушным разрядом разрядный ключ,

который используется для контактного разряда, должен быть замкнут.

При непрямом воздействии ЭСР подают на пластины связи для имитации их воздействия на объекты, находящиеся вблизи испытуемого ТС.

После проведения испытаний определяют, насколько сильно теряет в функционировании испытуемое ТС при подаче ЭСР, и выносятся заключение о его соответствии или несоответствии требованиям устойчивости к электромагнитным помехам.

Рис.9. Генератор электростатических разрядов ESS-S3011

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

Одним из ведущих производителей оборудования для проведения испытаний на устойчивость к электромагнитным импульсам является компания NoiseKen (Япония). Имитаторы ЭСР NoiseKen представляют собой сочетание генератора разрядов и разрядного пистолета (рис.8). Имитаторы полностью соответствуют стандартам ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2) и ISO 10605, способны воспроизводить как контактный, так и воздушный разряды.

Разрядный пистолет имеет три сменных модуля:

- разрядный наконечник;
- сменный держатель наконечника на 330 Ом и 2 кОм;
- RC-блок, который содержит имитирующие человеческое тело разрядный резистор и накопительный конденсатор номиналами 150 пФ/330 Ом, 330 пФ/330 Ом, 150 пФ/2 кОм, 330 пФ/2 кОм.

С помощью различных комбинаций держателя наконечника и RC-блока можно получить различную форму импульса разрядного тока.

Разрядный пистолет подключается к генератору ЭСР (рис.9). Управление и настройка параметров генератора разрядов осуществляются вручную с панели управления: требуется выставить метод разряда (контактный или воздушный), напряжение разряда, число разрядов и интервал между ними. Также можно выбрать программу испытаний по стандарту ГОСТ 30804.4.2-2013, где требуется задать только степень жесткости и метод разряда.

Компания NoiseKen также поставляет лабораторные стенды для проведения как настольных, так и напольных испытаний. Настольный стенд оборудован столом, вертикальной и горизонтальной пластинами связи, пластиной заземления, изоляционной прокладкой и кабелями с резисторами. Напольный стенд оборудован пластиной заземления, изоляционной опорой, вертикальной пластиной связи и кабелями с резисторами.

Итак, мы рассмотрели причины возникновения электростатических разрядов и их воздействие на окружающую нас технику. Очевиден факт, что данный вид испытаний важен для проверки на исправность любых электронных устройств, вне зависимости от их сложности. К сожалению, пока в России, в отличие от зарубежных стран, эти испытания выполняются далеко не всеми предприятиями, при том, что крупных затрат для оснащения необходимыми приборами не требуется. Выполнение же норм ГОСТ 30804.4.2-2013 повлечет за собой рост уровня надежности производимой

Технические характеристики генератора разрядов
ESS-S3011

Полярность выходного напряжения		Положительная или отрицательная
Выходное напряжение, кВ		от 0,2 до 30,0 $\pm 5\%$ (максимум – 30,5); от 0,2 до 10 с шагом 0,05 В; от 10,0 до 30,0 с шагом 0,1 кВ
Интервал между разрядами, с		От 0,05 до 99,9
Число непрерывных разрядов		От 1 до 60 000
Режим разряда		Контактный разряд / воздушный разряд
Панель управления		Цветной ЖК дисплей, кнопки с подсветкой
Функция предварительного тестирования		Проверки высокого выходного напряжения, выдерживаемого напряжения разряда срабатывания реле (не относится к калибровке)
Проверка RC-цепи и наконечника пистолета		RC-цепь и наконечник пистолета интуитивно распознаваемы (промаркированы во избежание неправильной комбинации)
Тестирование по стандарту ГОСТ 30804.4.2-2013	Режим контактного разряда, кВ	2,0; 4,0; 6,0; 8,0
	Режим воздушного разряда, кВ	2,0; 4,0; 8,0; 15,0
Питание/ потребляемая мощность		220В, 50 Гц $\pm 10\%$ / 75 Вт
Габариты (Д×Ш×В) и масса		295×270×312 мм, 7,5 кг (с держателем)

продукции при уменьшении числа гарантийных случаев, что значительно повысит авторитет производителя на высококонкурентном рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30804.4.2-2013 "Устойчивость к электростатическим разрядам".
2. http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/991215.htm
3. <http://www.noiseken.com>