

Кривов А.С.,

АО «НПФ «Диполь», г. Москва, Россия,
тел./факс +7(495)65-20-02, e-mail mapip@bk.ru

Тухас В.А.

ООО «НПП «Прорыв», г. Петрозаводск, Россия
Тел. +7(8142) 76-13-49, chief@proryvnpp.ru

Современные методы и средства испытаний изделий электронной промышленности на стойкость к электростатическим разрядам

Проблема влияния статического электричества и электростатических разрядов на изделия электронной промышленности является наиболее острой на всех этапах их жизненного цикла. В монографии [1], посвященной воздействию статического электричества и вышедшей в свет в 2005 году, отмечается, что проблема влияния статического электричества и электростатических разрядов (ЭСР) играет существенную роль при производстве и эксплуатации электронной продукции и во многом определяет качество этой продукции. Отмечалось, что потребители, производители компонентов и оборудования оценивали потери из-за действия статического электричества на электронное оборудование и его компоненты в диапазоне от 8 до 33%. Современная электроника более восприимчива к воздействию ЭСР. Сейчас, по данным зарубежных специалистов, ЭСР являются причиной уже более 55% отказов электронных устройств, на устранение последствий которых ежегодно затрачивается несколько миллиардов долларов.

Сегодня в мировой практике проблема статического электричества и ЭСР устройств, материалов и электронных компонентов являются частью более общей проблемы, известной как Electrical OverStress (EOS).

EOS – это воздействия на изделия электронной промышленности электромагнитного импульса, приводящие к повреждениям и непрогнозируемому сокращению жизненного цикла изделия. EOS объединяет электромагнитные воздействия на изделия, обычно превосходящие по интенсивности указанные в спецификацией на изделия. ЭСР является одним из видов таких воздействий.

Для большинства областей применения электронных изделий воздействующие ЭСР имеют потенциал свыше 500 В с амплитудами импульса тока от 1А до 10А и обычными длительностями до 1мкс (Рис.1). В рамках общей методологии EOS рассматриваются ЭСР, критические для чувствительных электронных компонентов, с потенциалом менее 100В, амплитуды токов более 10А и длительности более 1 мс (Рис.2).

Источниками EOS- воздействий называют:

- индуцированные напряжения и токи,
- высокочастотные шумы,
- «подскок» потенциала земли,
- помехи в силовых линиях и линиях заземления,

- переключения силовых коммутаторов,
- электростатические разряды.

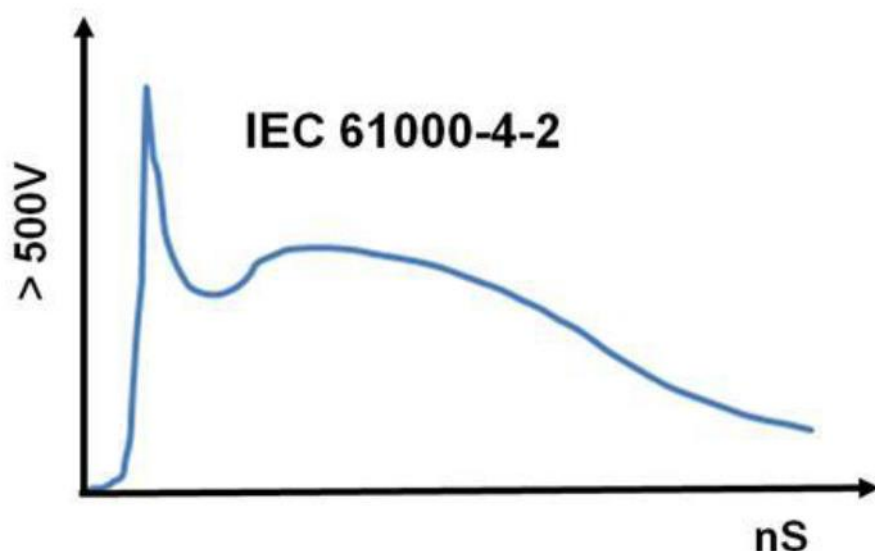


Рис.1 Общий вид воздействия ЭСР (ГОСТ Р 51317.4.2-2010 (МЭК 61000-4-2:2008)).

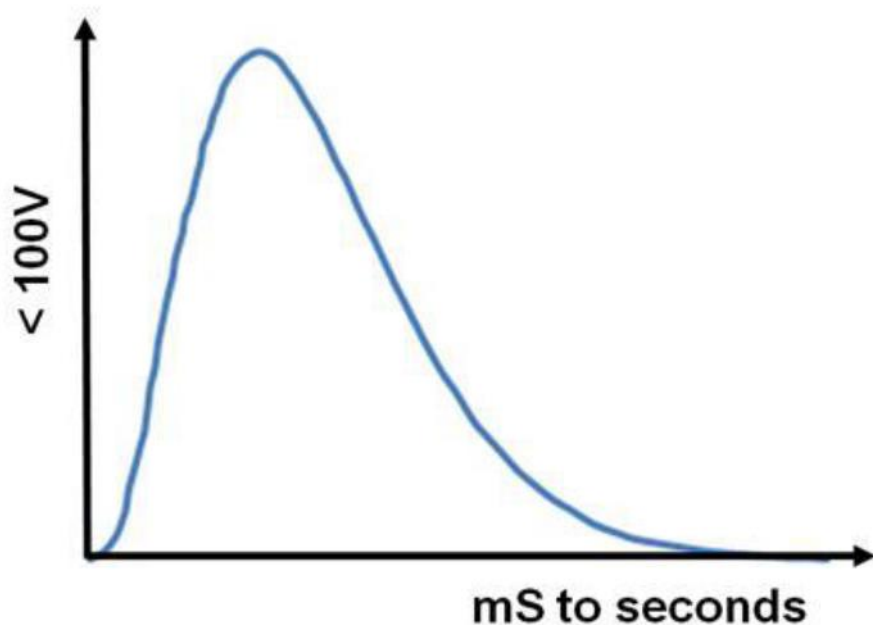


Рис.2 Общий вид импульса напряжения при EOS воздействии.

Результатами воздействия EOS являются пробой и термические разрушения изделий.

В международной практике применяются три модели электростатического разряда:

- модель человеческого тела (Human body model (HBM)),
- модель механического устройства (Machine model (MM)),
- модель заряженного устройства (Charged device model (CDM)).

Международные стандарты, описывающие виды воздействий и требования к испытаниям по этим моделям представлены ниже:

Модель НВМ:

- ESDA/JEDEC JS-001 (2011)
- AEC -Q100-002 REV D (2003)
- JEITA -EIAJ ED-4701/300 method 304 (2001)
- IEC 61340-3-1 (2006) / 60749-26 (2006)
- MIL-STD-883G Method 3015.7 (2006)

Модель ММ:

- ESDA -ANSI/ESD S 5.2 (2009)
- JEDEC -JESD22-A114-C (2010)
- AEC -Q100-003 REV E (2003)
- IEC 61340-3-2 (2006) / 60749-27 (2006)
- MIL-STD-883G Method 3015.7 (2006)

Модель СДМ:

- ESDA -S 5.3.1 (2009)
- JEDEC -JESD22-C101-E (2009)
- AEC -Q100-011 REV B (2003)
- JEITA -EIAJ ED-4701/300 Method 305 (2001)
- MIL-STD-883G Method 3015.7 (2006)

Объектами испытаний по этим международным стандартам являются электронное оборудование, приборы и материалы.

Российские требования к испытаниям технических устройств на устойчивость к электростатическим разрядам даны в Техническом регламенте ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств» и ГОСТ Р 51317.4.2-2010 (IEC 61000-4-2-2008) [2, 3]. Отмечено, что уровень параметров импульса ЭСР, воздействующих на чувствительные электронные компоненты и приводящий к их разрушению, существенно ниже, чем на готовые технические средства. Поэтому существует целая область деятельности, которая занимается предотвращением и обеспечением устойчивости к ЭСР компонентов, составных частей и электронных изделий на этапах изготовления, транспортирования, монтажа.

Проблемы антистатической защиты при организации, оснащении электронных производств решаются на основе выработанных за последние десятилетия мероприятий, большая часть которых описана в системе стандартов МЭК 61340, внедренной в РФ как система ГОСТ Р 53734. Ущерб от воздействия ЭСР на предприятиях электроники и приборостроения огромен. Несмотря на регулярные и дорогостоящие мероприятия, проводимые ведущими мировыми производителями электроники, добиться кардинальных успехов в антистатической защите не удается. Параллельно развитию методов и средств антистатической защиты происходит уменьшение порога разрушения электронных компонентов при воздействии ЭСР. Перечень необходимых мероприятий по защите чувствительных устройств, номенклатура средств защиты и уровень требований к испытаниям последние несколько лет растут

лавинообразно параллельно с развитием технологий электронного приборостроения, прежде всего, внедрения микро- и нанoeлектронных изделий. Поэтому задача получения объективной информации об устойчивости применяемых электронных устройств к воздействию ЭСР для предприятий электронной промышленности является крайне актуальной. Критические уровни воздействия ЭСР для современных компонентов значительно различаются - от 10 до 2000 В. Также значительно различается система мер по защите от ЭСР.

Современная методология борьбы с электростатическими разрядами на электронных производствах ориентирована на получение объективных сведений об устойчивости применяемой элементной базы для формирования исходных данных по выбору методов и средств защиты.

Практическая реализация этого подхода требует комплекса испытательного оборудования как для испытаний готовых изделий на ЭСР, так и для испытаний изделий, их составных частей и элементной базы по всему спектру EOS – воздействий.

В научно-производственном предприятии «Прорыв» был создан такой комплекс испытательного оборудования, это:

- Испытательный генератор электростатических разрядов **ИГЭ 15.2а** по требованиям ГОСТ 30804.4.2-2013 (МЭК 61000-4-2-2008), испытательное напряжение при контактном разряде до 8кВ, при воздушном разряде – до15 кВ;
- Испытательный генератор электростатических разрядов **ИГЭ 25.2а** по требованиям ГОСТ 30804.4.2-2013 (МЭК 61000-4-2-2008), испытательное напряжение при воздушном разряде – до25 кВ;
- Испытательный генератор **ИГЭ 20.1К** для имитации разрядов, возникающих на поверхности космических аппаратов в результате их взаимодействия с околосредней космической плазмой и имитациипомех, создаваемых ЭСР, испытательное напряжение – до20 кВ;
- Испытательный генератор электростатических разрядов **ИГЭ Smart cards** по требованиям МЭК 7816-1/МЭК 10373, испытательное напряжение при воздушном разряде – до1500 В.

Три типа моделей ЭСР: модель человеческого тела, модель механического устройства и модель заряженного устройства и основные требования к оборудованию для их воспроизведения и измерения установлены в национальных стандартах ГОСТ Р 53734.3.1-2013 (МЭК 61340-3-1:2006, ГОСТ Р 53734.3.2 (МЭК 61340-3-1:2006 и ГОСТ Р 53734.3.3-2015 [4, 5, 6]. Указанные требования реализованы в испытательном генераторе имитации разрядов статического электричества **ИГЭ 12М**, включая модель человеческого тела (ГОСТ Р 53734.3.1-2013 (МЭК 61340-3-1:2006), модель механического устройства ГОСТ Р 53734.3.2 (МЭК 61340-3-1:2006) и модель заряженного устройства (ГОСТ Р 53734.3.3- 2015).

Основные характеристики генератора предусматривают возможность установки напряжения ЭСР положительной и отрицательной полярности

от 50 В до 12 кВ с точностью $\pm 5\%$. Предусмотрена возможность однократного и автоматического режима работы (рис.6).

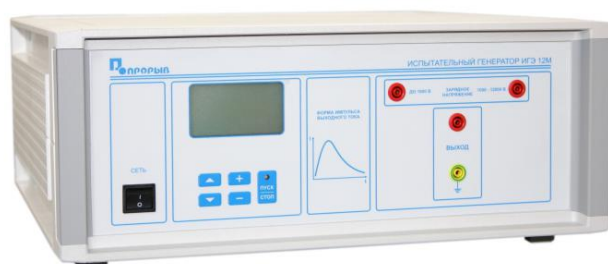


Рис.6. Внешний вид испытательного генератора электростатических разрядов ИГЭ 12М

Типичные формы импульсов тока при ЭСР по модели человеческого тела показана на Рис.3., по модели механического устройства – на Рис.4.

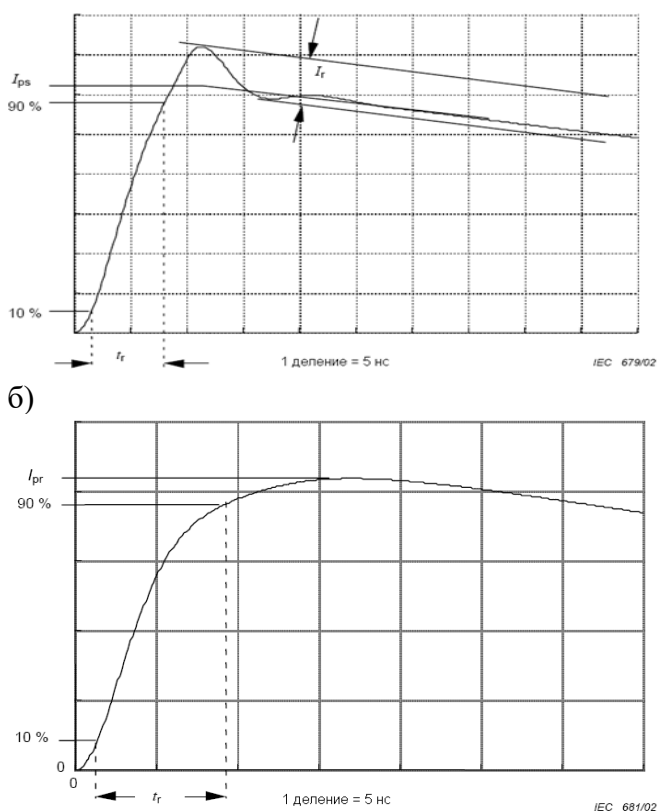


Рис.3. Импульс тока при ЭСР по модели МЧТ (а – через закорачивающий провод, б- через резистор 500 Ом)

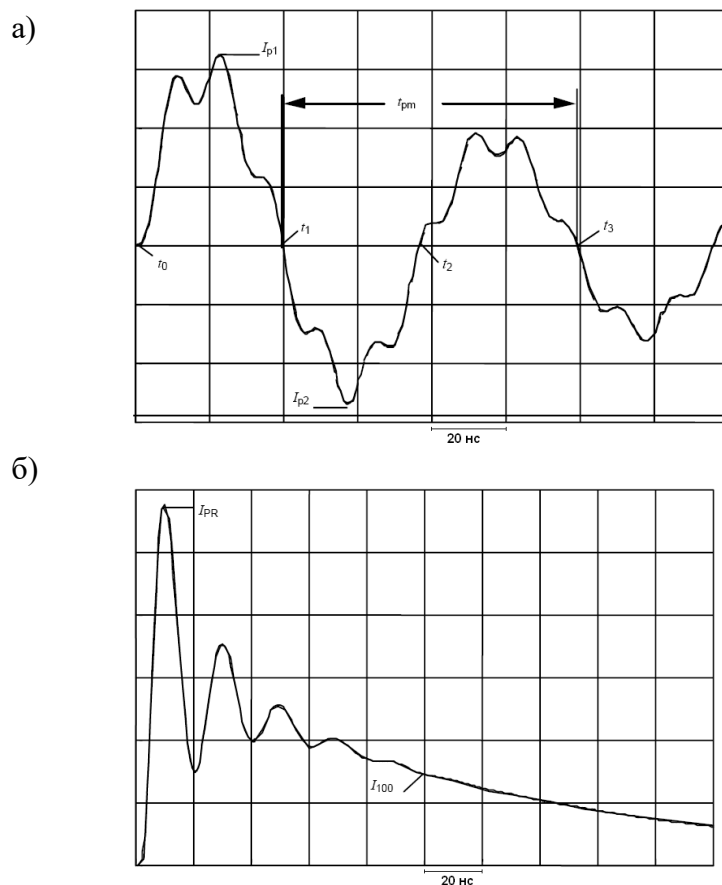


Рис.4. Импульс тока при ЭСР по модели ММ (а – через закорачивающий провод, б – через резистор 500 Ом)

Еще одним прибором для имитации EOS-воздействий является испытательный генератор ИГМ 05.1, предназначенный для моделирования электрических импульсов до 10 мкс, наводимых на выводы микросхем, с испытательным напряжением 5-500В и с шагом 1В.

Схема испытаний на устойчивость электронных устройств по модели заряженного устройства отлична от описанных выше. Особенность ЭСР с поверхности заряженного устройства заключается в необходимости учета емкости устройства, которая приводит к изменению формы импульса ЭСР. Процесс испытаний включает прямую или индуктивную зарядку устройства до необходимого уровня потенциала и замыкание цепи разряда через заземленный подружиненный зонд. Форма ЭСР с заряженного устройства на выходе электронного осциллографа с полосой пропускания 3 ГГц показана на Рис.5.

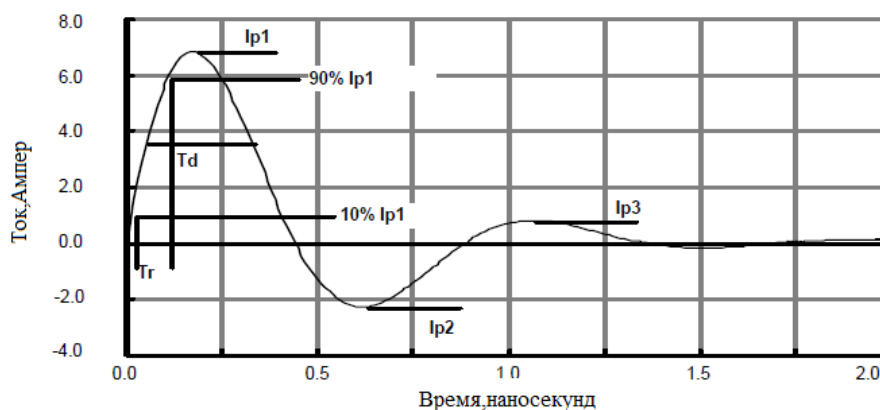


Рис.5. Импульс тока при ЭСР по модели МЗУ на осциллографе с полосой 3 ГГц

Таким образом, можно сделать вывод о возможности организации на электронных производствах рабочих мест по испытаниям электронных компонентов и составных частей устройств на устойчивость к ЭСР. Эти рабочие места могут быть частью компетентных испытательных лабораторий, соответствующих общим требованиям по ГОСТ 17025. Регулярное проведение испытаний собственной продукции, контроль устойчивости приобретаемых компонентов к ЭСР является основой для повышения безотказности продукции и рациональной организации антистатической защиты производства в целом.

Литература:

1.Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2005,-352 с. 2.Технический регламент Таможенного Союза 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств». 3.ГОСТ Р 51317.4.2-2010 (МЭК 61000-4-2:2008). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний. 4.ГОСТ 53734.3.1-2013 Электростатика. Методы моделирования электростатических явлений. Электростатический разряд. Модель человеческого тела. 5.ГОСТ 53734.3.2-2013 Электростатика. Методы моделирования электростатических явлений. Электростатический разряд. Модель механического устройства. 6.ГОСТ 53734.3.3-2015 Электростатика. Методы моделирования электростатических явлений. Электростатический разряд. Модель заряженного устройства

7. Оборудование для испытаний на электромагнитную совместимость. Каталог продукции, издание научно-производственного предприятия «Прорыв», г. Петрозаводск, 2015 г., 10 с.

<http://proryvnpp.ru/wp-content/uploads/2015/10/KATALOG-IO-2015.pdf>

Источник:

Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости. Труды IV Всероссийской НТК «Техно-ЭМС 2017», Москва 28-29 марта 2017 /Под ред. А.С. Кривова, Л.Н. Кечиева □ М.: Грифон, 2017. – с.67 – 71.