

Ионизация воздуха

В комплексе антистатической защиты

Как известно, основным методом борьбы со статическим электричеством является заземление объектов и персонала. Однако этот метод «не работает» для диэлектриков — материалов, имеющих сопротивление более 100 ГОм, заземление которых через проводник не приводит к стеканию статического заряда на землю. При вынужденном присутствии таких объектов в рабочей зоне единственным способом нейтрализации заряда является ионизация воздуха. В статье излагаются основы устройства и применения ионизаторов в системе комплексной ESD-защиты.

Ольга Смирнова

www.eurostar.ru

Из послужного списка ионизации

Проблемы, связанные с ESD-защитой изделий электронной техники возникли только в последние десятилетия, тогда как борьба со статическим электричеством ведется веками. Имеются упоминания о том, что еще в начале XV столетия в европейских крепостях соблюдались меры по защите от электростатики для предотвращения самовозгорания пороховых складов. На бумажных фабриках США к 60-м годам XIX века уже использовался метод ионизации пламенем для нейтрализации заряда бумажной ленты во время сушки. В настоящее время ионизация воздуха применяется в бумагообработке, полиграфии, производстве пресс-форм и литье под давлением, волоконной оптике, текстильной промышленности и др. Электронная промышленность занимает в этом списке одну из верхних строчек.

Избежать присутствия «незаземляемых» объектов и диэлектриков на рабочем месте практически невозможно. Такие предметы, как корпус приборов, органы управления, шнуры питания, пластмассовые детали, изоляционные материалы и т. д. могут представлять реальную опасность для электронных компонентов, чувствительных к электростатике. В таком случае заземление бесполезно, и приходится искать иные пути защиты от накопления электростатического заряда на поверхности диэлектриков.

Диэлектрика вызывали?

Диэлектрики (изоляторы) — это материалы, которые не проводят электрический ток, так как в них, в отличие от проводников, нет свободных зарядов, способных перемещаться под действием электрического поля. Поверхностное сопротивление таких материалов — более 100 ГОм, поэтому их контактное заземление через проводник не обеспечивает стекания заряда к земле. Международные стандарты по антистатике, в частности, общеевропейский IEC61340-5 «Electrostatics. Part 5: Specification for the Protection of Electronic Devices from Electrostatic Phenomena» рекомендуют по возможности не ис-

пользовать диэлектрики в ESD-защищенной зоне, а при вынужденном их присутствии нейтрализовать заряд ионизацией воздуха. Кроме того, в стандартах подчеркивается, что ионизация воздуха порой необходима даже для проводящих поверхностей объектов, если по каким-то причинам их не удастся заземлить (например, в движении).

Как обезвредить киллера

Для того чтобы эффективно нейтрализовать заряд на диэлектрике, необходимо увеличить проводимость окружающего воздуха. Всем нам случалось видеть, как воздушный шарик, прилипший к стене под действием статического электричества, через какое-то время неизбежно падает. Это обусловлено тем, что воздух является проводником, через который постепенно стекает заряд статического электричества. Чем меньшей проводимостью обладает воздух, тем медленнее нейтрализуется заряд и дольше висит воздушный шарик. Однако при работе с чувствительными электронными компонентами достаточно мгновения для повреждения их разрядом статического электричества. Как же обезвредить невидимого киллера электронных компонентов? Есть два пути (или две координаты) решения проблемы: это повышение влажности воздуха и его ионизация. Первый способ проще, но он нередко влечет вторичные проблемы, такие как дискомфорт персонала, коррозия металлов и ухудшение паяемости. Оптимальная относительная влажность воздуха в зоне ESD-защиты обычно не превышает 55%, хотя это во многом зависит от специфики производства. В любом случае влажность воздуха на рабочем месте должна быть строго контролируемым параметром, мониторинг которого осуществляется непрерывно или дискретно с высокой периодичностью при помощи специальных приборов (как, например, комбинированный метрометр-гигрометр MULTIMEG). Тем не менее, поддержание оптимального уровня влажности является лишь благоприятным фоном, тогда как наиболее действенным способом нейтрализации заряда на диэлектриках является именно ионизация воздуха.

Классификация ионизаторов

Ионизатор генерирует мощный поток положительно и отрицательно заряженных ионов, которые, притягиваясь к молекулам противоположной полярности, нейтрализуют статический заряд на объектах рабочей зоны. Для доставки ионов на рабочие поверхности объектов ионизаторы обычно оснащаются встроенным вентилятором. В промышленности наиболее широко используются коронные (игольчатые) ионизаторы трех разновидностей.

Ионизаторы переменного тока (AC ionizers) наиболее типичны для электроники в качестве компонента ESD-защиты. Они имеют один или несколько игольчатых электродов — эмиттеров, которые поочередно генерируют положительные и отрицательные ионы с частотой питающей сети 50 Гц, так что вокруг них создается концентрированное «ионное облако». Объект, несущий статический заряд, находясь или продвигаясь вблизи ионного облака, привлекает ионы противоположной полярности, следствием чего является нейтрализация заряда на объекте. При отсутствии статически заряженного объекта разнополярные ионы рекомбинируются между собой или стекают на землю. Как правило, ионизаторы переменного тока оснащены встроенным вентилятором, позволяющим направлять ионное облако на объекты рабочей зоны и регулировать интенсивность обдува. Преимущество таких ионизаторов состоит в сбалансированной генерации ионов и возможности размещения ионизатора в непосредственной близости от объектов, требующих нейтрализации заряда. Кроме того, ионизаторы переменного тока являются самыми недорогими.

Ионизаторы постоянного тока непрерывного действия (Steady-state DC ionizers) используют отдельные эмиттеры для выработки разнополярных ионов. Они обеспечивают более высокую концентрацию ионов в воздухе, поскольку каждый эмиттер непрерывно испускает положительные (отрицательные) ионы, и интенсивность их рекомбинации невелика. В отличие от ионизаторов переменного тока эти ионизаторы эффективно нейтрализуют заряд даже на быстро движущихся объектах. Не рекомендуется устанавливать их слишком близко к объекту, поскольку в этом случае может нарушаться сбалансированность ионного потока. Ионизаторы данного типа являются наиболее дорогостоящими и требуют точной балансировки.

Ионизаторы постоянного тока импульсного действия (Pulsed DC ionizers) представляют собой линейку игольчатых эмиттеров разной полярности, подсоединенных к отдельным генераторам положительных и отрицательных импульсов высокого напряжения, работающим поочередно. Преимуществом таких ионизаторов является возможность регулирования количественного соотношения вырабатываемых положительных и отрицательных ионов. Например, если известно, что объекты рабочей зоны несут положительный заряд, то для его более эффективной нейтрализации следует увеличить цикл генерации отрицательных ионов, и наоборот.

Импульсные ионизаторы генерируют разнополярные ионы с достаточно низкой частотой (2–20 Гц), что позволяет нейтрализовать заряд на значительном расстоянии без использования принудительного потока воздуха. Степень рекомбинации ионов незначительна благодаря чередованию циклов полярности и большому расстоянию между эмиттерами. Недостатком таких ионизаторов является вероятность перепадов напряжения, опасных для наиболее чувствительных компонентов.

Ионизатор на рабочем месте

Все три выше описанные технологии широко используются в производстве современных ионизаторов, начиная от комплексных установок для ионизации воздуха в помещении и заканчивая компактными устройствами размером с ладонь для местной ионизации. Ионизаторы локального действия являются наиболее эффективными, поскольку поток ионизированного воздуха направляется именно на те диэлектрические поверхности, где присутствует электростатический заряд. В результате заряд нейтрализуется на порядок быстрее, чем при использовании комплексной ионизации воздуха во всем помещении. Рассмотрим наиболее популярные варианты конструктивной реализации ионизаторов локального действия, положительно зарекомендовавших себя применением в электронной промышленности.

Настольный ионизатор (bench ionizer, рис. 1) сочетает в себе эффективность и мобильность: его удобно перемещать как в пределах рабочего места, так и с одного стола на другой. Важными факторами при выборе настольного ионизатора являются его размеры и производительность. Крупногабаритный прибор занял бы слишком много места на рабочем столе радиомонтажника, поэтому особенно популярны компактные ионизаторы. Разумеется, ионизатор можно закрепить также на полке или даже на стене: важно лишь, чтобы поток ионизированного воздуха свободно достигал рабочих поверхностей заряженных объектов. Самая малогабаритная модель ионизатора A212 имеет размеры 160×160×95 мм, вес 650 г. Ионный баланс поддерживается ею в рамках ± 10 В. Контрольное время стекания заряда от 1000 до 100 В не превышает 2,5 с для объекта на расстоянии 305 мм от ионизатора при максимальной (из двух возможных) скорости вентилятора. Уровень шума на расстоянии 1 м составляет всего 46 дБ при пиковой производительности вентилятора 20 л/с. Потребляемая мощность — 12 Вт от импульсного источника по-



Рис. 1. Настольный ионизатор постоянного тока A212

стоянного тока напряжением 24 В. Световой и звуковой сигналы в модели A212 оповещают о загрязнении эмиттеров и нарушении ионного баланса. К настольным ионизаторам относится и модель VSE3000, которую мы подробнее рассмотрим в конце статьи.

Подвесной ионизатор (undershelf/overhead ionizer, рис. 2) решает проблему препятствий, нередко возникающую при использовании настольного ионизатора. Подвесной ионизатор размещают на высоте 45–60 см над плоскостью рабочего стола. Например, модель ионизатора A214, имеющая габариты 600×200×100 мм и вес 4,6 кг легко закрепляется под полкой рабочего места PM-1500-ESD, ионизируя объекты на столе в зоне охвата до 800×400 мм. Ионный баланс поддерживается в рамках ± 5 В. Контрольное время стекания заряда от 1000 до 100 В не превышает 4 с для объектов на расстоянии 457 мм от ионизатора при максимальной (из трех возможных) скорости вентиляторов. Уровень шума на расстоянии 1 м составляет всего 45 дБ при макси-



Рис. 2. Подвесные ионизаторы (A214 под полку, A216 к стене)

мальной производительности вентиляторов 3,6 м³/с. Более длинная модель A216 имеет габариты 1200×200×100 мм, вес 8,8 кг, уровень шума 59 дБ, зону охвата до 1400×400 мм в плоскости рабочего стола и параметры ионного баланса, аналогичные модели A214. Приборы оснащены индикаторами загрязнения эмиттеров, функциями автобалансировки и автоотключения. Обе модели относятся к ионизаторам постоянного тока непрерывного действия и работают с потребляемой мощностью 20/30 Вт от внешнего импульсного источника постоянного тока напряжением 24 В (на фото не показан). Итак, «подвесное решение» исключает препятствия в горизонтальной плоскости на пути ионизированного воздуха к рабочей зоне. Кроме того, вертикальное направление воздушного потока обеспечивает более равномерную и интенсивную ионизацию заряженных поверхностей диэлектриков во всей рабочей зоне.

Прицельный ионизатор-распылитель (focused air ionizer) используется, когда воздействие необходимо на очень небольшом участке. Такой ионизатор представляет собой компактное ручное устройство (иногда с педалью), работающее с подачей сжатого воздуха от внешнего компрессора. Заодно с нейтрализацией заряда на объекте, воздушным потоком можно удалять и мелкие частицы, при-



Рис. 3. Импульсный ионный пистолет-распылитель A251

влеченные к объекту статическим потенциалом. Разновидностью локального ионизатора является «ионный пистолет» (ion gun, рис. 3). Извне к рукоятке из антистатического (рассеивающего) пластика подводится шланг от компрессора с давлением воздуха 1,5–7,0 бар и кабель от контроллера импульсной ионизации A232 (на фото не показан). Ионный баланс поддерживается в рамках ± 10 В. Уровень шума на расстоянии 1 м при работе ионизирующего пистолета-распылителя составляет 72 дБ при входном давлении 1,5 бар и очевидно нарастает при повышении давления.

Какой ионизатор предпочесть?

Выбор ионизатора — ответственное дело. Прежде всего, следует убедиться в том, что технические характеристики ионизатора соответствуют требованиям действующих стандартов по антистатике. Европейский стандарт IEC61340-5 определяет максимальное время стекания заряда под действием ионизатора (от 1000 до 100 В), равное 20 с. Другим критерием является остаточное напряжение, которое измеряют в течение одной минуты по окончании действия ионизатора: оно должно быть не более 0 ± 5 В в соответствии с американским стандартом EOS/ESD 3.1, определяющим параметры и методы тестирования ионизаторов. Американский стандарт имеет вес в области ионизации потому, что большинство воздушных ионизаторов для применений в электронике производятся именно в США, хотя они фигурируют и в каталогах европейских поставщиков ESD, адаптированные к европейской сети электропитания 230 В. Приобретая ионизатор, осведомитесь у продавца о напряжении питания прибора, а еще лучше — запросите полную инструкцию по эксплуатации в переводе на русский язык, поскольку в ней описана немаловажная процедура профилактической чистки эмиттеров ионизатора.

Выбирая настольный ионизатор, следует позаботиться и о комфорте оператора: наиболее совершенные модели имеют интегрированный нагреватель с регулировкой температуры, а также обеспечивают возможность изменения интенсивности и направления воздушного потока. Полезным качеством является наличие индикатора ионного баланса и сигнализация загрязнения эмиттеров. В итоге, соотношение технических и ценовых характеристик определяют выбор для конкретных условий эксплуатации.

Одним из «оптимальных» приборов считается настольный промышленный иони-

затор VSE3000 (рис. 4). Он соответствует требованиям стандартов EOS/ESD 3.1, UL (Underwriters Laboratories) и имеет ряд особенностей, выгодно отличающих его от других моделей. К ним относятся:

- запатентованная система автобалансировки, обеспечивающая баланс в рамках ± 5 В даже при скачках напряжения питающей сети;
- регулировка интенсивности обдува и направления воздушного потока от вентилятора;



Рис. 4. Настольный ионизатор переменного тока VSE3000

- низкий уровень шума при генерации мощного потока ионизированного воздуха (обеспечивается использованием шумопоглощающих материалов);
- регулируемый подогрев воздуха (до $+8$ °С выше температуры окружающей среды);
- симметричная диаграмма направленности ионизации с макс. размахом в плоскости 60° ;
- прямой доступ к эмиттерам для профилактической чистки.

Ионизатор VSE3000 работает в системе переменного тока; каждый эмиттер генерирует поочередно положительные и отрицательные ионы с частотой 50 Гц. Эмиттеры VSE3000 обеспечивают максимальную концентрацию ионов благодаря тому, что работают выше порога ионизации воздуха. Габариты прибора $254 \times 305 \times 159$ мм, вес 3,6 кг. Уровень шума на расстоянии 60 см не превышает 63 дБ при максимальной производительности вентилятора (76 л/с) и скорости воздушного потока 2,8 м/с. Модель VSE3000 полностью автономна, не требует внешних источников питания по сравнению с серией A200 и работает от электросети 230 В/50 Гц, потребляющая мощность не более 35 Вт при выключенном подогреве или до 435 Вт при подогреве, включенном на максимум. Типовой ресурс эксплуатации эмиттеров, заявленный производителем, составляет не менее 50 тысяч часов.

Концептуальный вопрос «какой ионизатор предпочесть?» имеет немаловажное практическое дополнение: «а где его взять?» Рекомендация здесь нехитрая: быстрее, дешевле и надежнее (по гарантии) брать товар со склада в России через местного дистрибьютора, чем штучно на заказ по любому из зарубежных каталогов с прямой доставкой из Европы. К тому же, при этом значительно сужается ширина выбора.

Доверяй, но проверяй

Метод тестирования эффективности ионизаторов согласно стандарту EOS/ESD 3.1 состоит в нейтрализации электростатического заряда на изолированной металлической пластине. Напряжение измеряется бесконтактным тесте-

ром. От установленного начального значения 1000 В заряд нейтрализуют при помощи ионизатора до уровня 100 В, фиксируя необходимое для этого время. Тест выполняют для 12 различных точек, а остаточное напряжение измеряют в течение одной минуты после окончания действия ионизатора. В качестве примера в таблицах 1–2 представлены результаты тестирования ионизатора VSE3000 по диаграмме направленности обдува (рис. 5). При отсутствии специального контрольно-измерительного устройства с пластиной (charged plate monitor) для целей тестирования можно использовать пластмассовую поверхность и портативный измеритель электростатического поля (типа EOS2001). Функциональное тестирование ионизаторов рекомендуется проводить ежемесячно, чтобы иметь уверенность в их надлежащей работе. Конечно, нельзя забывать и о профилактической чистке эмиттеров, ибо от чистоты эмиттеров в решающей степени зависит плотность генерируемого ионного потока.

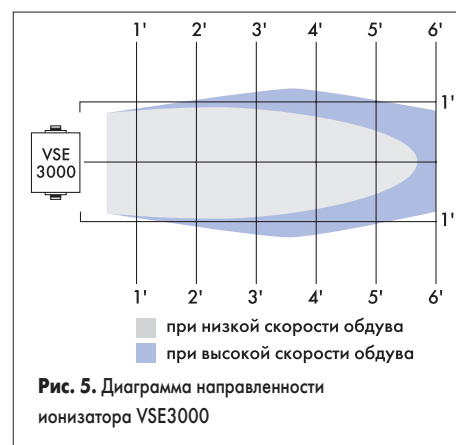


Рис. 5. Диаграмма направленности ионизатора VSE3000

Таблица 1. Время стекания заряда

Расстояние от ионизатора (в дюймах)	12" влево	по центру	12" вправо
12"	23,5 с	0,8 с	24,5 с
24"	5,5 с	1,6 с	5,8 с
36"	5,5 с	2,8 с	5,3 с
48"	7,3 с	3,8 с	6,0 с

Таблица 2. Остаточное напряжение

Расстояние от ионизатора (в дюймах)	12" влево	В центре	12" вправо
12"	-2 В	-1 В	+1 В
24"	-1 В	0 В	+1 В
36"	0 В	0 В	0 В
48"	0 В	0 В	0 В

Не ионом единым

Итак, ионизация воздуха — единственный способ нейтрализации заряда на диэлектриках и, как следствие, одно из важнейших слабых комплексной ESD-защиты. Вместе с тем, использование ионизатора отнюдь не заменяет традиционных средств превентивной защиты от накопления статического электричества: ремешков заземления, антистатической мебели, напольных и настольных покрытий, спецодежды и обуви, систем хранения и транспортировки, всего рабочего инструментария в антистатическом исполнении. Все эти аспекты следует рассматривать с позиций единого комплекса антистатической защиты.