

Анализ фактора электростатического разряда при использовании векторного анализатора цепей R&S®

Официальное описание

Изделия:

- I Семейство векторных анализаторов цепей R&S® (ZVA, ZVT и др.)

В настоящем официальном описании приведена информация о методах предотвращения повреждений, вызываемых воздействием электростатического разряда (ЭСР), при использовании векторного анализатора цепей (ВАЦ). В документе приводится информация о возникновении ЭСР. Измерения кабелей при высоких напряжениях приводятся в качестве примера, демонстрирующего возникновение ЭСР в ИУ и его влияние на ВАЦ.

Содержание

1	Введение	3
2	Электростатические заряды	3
2.1	Что такое электростатический разряд.....	3
2.2	Возникновение электростатического заряда.....	3
2.3	Возникновение повреждений вследствие воздействия ЭСР	4
2.4	Распространенные заблуждения об ЭСР	5
3	Моделирование ЭСР.....	5
3.1	Общие модели.....	5
3.1.1	Модель тела человека (МТЧ).....	5
3.1.2	Машинная модель (ММ).....	6
3.2	Время заряда и разряда.....	6
3.3	Пример: испытание кабеля	8
4	Основные методы защиты от ЭСР	9
4.1	Основные методы	9
4.2	Меры защиты портов ВАЦ.....	11
5	Заключение	15
6	Библиография	15
7	Дополнительная информация.....	15
8	Информация для заказа.....	15

1 Введение

Электронные компоненты становятся компактнее, потребляют меньше мощности и работают значительно быстрее, чем это было всего лишь пару лет назад. Однако эти особенности делают их более склонными к возникновению повреждений, вызываемых электростатическими разрядами (ЭСР). Такие повреждения выводят из строя одиночные компоненты и влияют на надежность работы многокомпонентных систем, таких как векторные анализаторы цепей (ВАЦ).

Основной причиной возникновения повреждений представленных на рынке приборов является непринятие в расчет последствий, возникающих при подключении к измерительным портам прибора испытываемого устройства (ИУ). Повреждение портов, вызванное воздействием ЭСР, также может возникнуть при прикосновении пальцем или инструментом к внутреннему и внешнему проводникам разъема.

Представленные в этом пособии меры защиты позволяют предотвратить возникновение повреждений ВАЦ, вызываемых воздействием ЭСР.

2 Электростатические заряды

2.1 Что такое электростатический разряд

Когда ваши волосы встают "дыбом" при снятии свитера или когда вы получаете слабый электрический удар при прикосновении к какому-либо предмету, порой можно услышать потрескивание, вызываемое электростатическим разрядом (ЭСР). ЭСР представляет собой быстрый поток электронов между двумя предметами, обладающими различным зарядом. Кроме того, он может возникнуть между заряженным предметом и землей. Каждый может испытать это явление в повседневной жизни.

2.2 Возникновение электростатического заряда

Электростатические заряды могут быть получены двумя способами. Первый подразумевает преднамеренный заряд прибора, например, при проведении испытания кабелей на высоких мощностях. Второй непреднамеренный способ является следствием трения двух материалов друг о друга.

Непреднамеренное возникновение электростатического заряда происходит под воздействием эффекта трибоэлектризации, который проявляется при трении двух материалов друг о друга, приводя к "прилипанию" электронов одной поверхности к другой, в результате чего один материал приобретает положительный заряд, а другой – отрицательный. Если один из материалов является плохим проводником или хорошим, но незаземленным проводником, то суммарный заряд не может быть разряжен по пути наименьшего полного сопротивления (импеданса). Такой заряд называется статическим. Этот заряд может возникнуть вследствие хождения по нейлоновому ковру в туфлях из кожи или ботинках на каучуковой подошве, из-за перемещения по столу печатной платы на эпоксидной основе или пенопластовой посуды, или трения целлофановых пакетов о соответствующую поверхность. Каждое новое действие перемещения или трения приводит к увеличению электростатического заряда, который, например, может достигнуть значения **35 000 В при хождении по нейлоновому ковру в ботинках на каучуковой подошве** при низкой относительной влажности воздуха.

Значение статического напряжения зависит от типа материалов, между которыми происходит контакт, времени накопления заряда, уровня относительной влажности и вероятности возникновения разряда.

ЭСР может возникнуть по следующим причинам:

- при **разряде заряженной поверхности прибором**, например, при подключении заряженного ИУ или прикосновении человека к измерительному порту;
- при **разряде заряженного прибора о другую поверхность**, например, поверхность стола или оберточный материал при упаковке прибора;
- при **размещении чувствительного прибора в электростатическом поле**, что приводит к накоплению заряда прибором и его последующему разряду при подсоединении к земле.

2.3 Возникновение повреждений вследствие воздействия ЭСР

ЭСР от двух заряженных объектов или одного заряженного объекта относительно земли возникает при достижении порогового значения разности потенциалов, создающей устойчивый путь минимального импеданса, что приводит к быстрому разряду сильным электрическим током. Этот ток перегревает чувствительные линии связи интегральных схем, приводя к их расплавлению и испарению. ЭСР может повредить ИУ или компоненты испытательной установки, такие как ВАЦ. На рисунке 1 показан пример повреждения, нанесенного ЭСР. Выделенный участок печатной платы был полностью разрушен. Оборудование и ИУ не всегда полностью разрушаются при воздействии ЭСР. В ряде случаев приборы отказывают не сразу, а через некоторое время; иногда возникновение ЭСР приводит к ухудшению производительности. Например, дорожки печатных плат могут повреждаться частично и отказывать лишь по прошествии некоторого времени, поскольку они теряют способность проводить установленный нормативами ток.

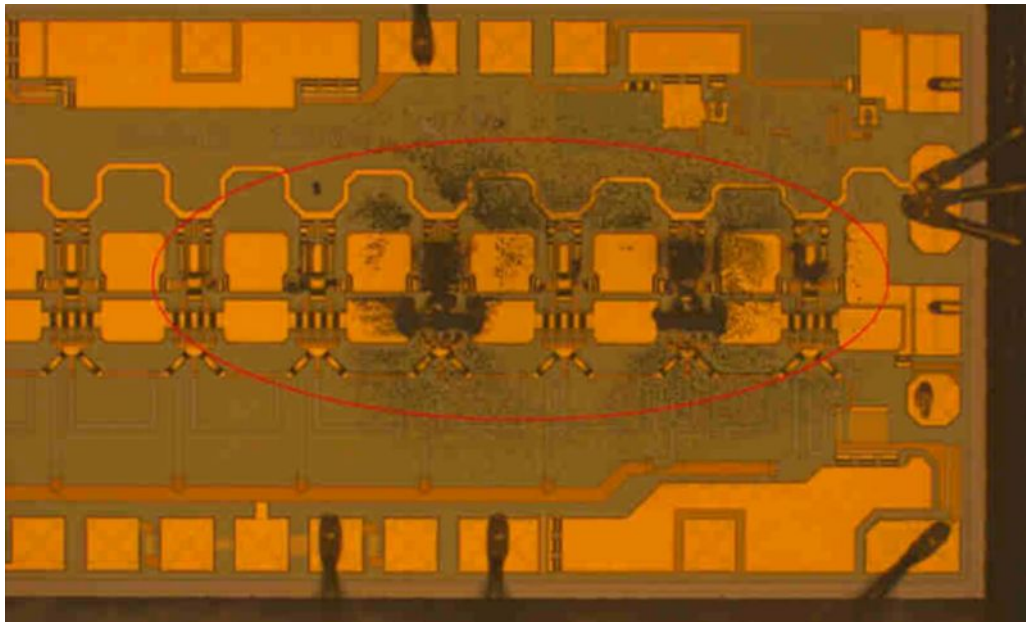


Рисунок 1 – Черные следы повреждений, обведенные красным цветом, являются результатом воздействия ЭСР. Причиной их возникновения являлось подключение к порту ВАЦ заряженного ИУ, что привело к повреждению внутренних электронных компонентов, подключенных к порту ВАЦ.

2.4 Распространенные заблуждения об ЭСР

Ниже перечислены наиболее распространенные заблуждения, касающиеся ЭСР:

- **если не было электрического удара, то не было и электростатического разряда:** нервная система человека неспособна ощутить статический разряд, напряжение которого не превышает 3500 В; например, встающие "дыбом" волосы говорят о наличии ЭСР, который, тем не менее, не ощущается как удар.
- **если к заряженному объекту не прикасаться, то электростатический разряд не возникнет:** по аналогии с молнией, но в меньшем масштабе, ЭСР может возникнуть между двумя несоприкасающимися поверхностями воздушным путем.
- **если устройство продолжает работать, то оно не было повреждено:** см. раздел 2.3. Повреждения могут проявиться не только в виде полного отказа, но и в виде ухудшения производительности или ослабления проводников схемы, что может привести к полному отказу при дальнейшей эксплуатации.
- **статический разряд не может накапливаться на проводящих поверхностях:** статический заряд может накапливаться, например, на незаземленных проводящих поверхностях.
- **правильная установка ВАЦ надежно защищает от повреждений, возникающих вследствие воздействия ЭСР:** это верно лишь отчасти. Правильная установка не защищает от воздействия электростатических разрядов на измерительных портах ВАЦ.

3 Моделирование ЭСР

3.1 Общие модели

Для имитирования ЭСР был разработан ряд моделей, которые широко используются при моделировании ЭСР. Две из них приведены в настоящем документе и могут быть найдены в "ESD STM5.1-2007: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Human Body Model (Испытание на чувствительность к ЭСР. Модель тела человека)" и "ESD STM5.2-2009: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Machine Model (Испытание на чувствительность к ЭСР. Машинная модель)". Обе модели показывают, что основные характеристики цепи могут быть описаны RC-цепью; отличие заключается в номиналах компонентов, которые зависят от типа заряженного объекта.

Более подробная информация о регламентировании и испытаниях на ЭСР приведена в различных документах с описанием стандартов на ЭСР.

Примеры (не включают все используемые стандарты):

- EN61340-5-1/EN61340-5-2: европейский стандарт;
- IEC61340-5-1: аналогично EN61340-5-1;
- ANSI/ЭСР 20:20: стандарт на ЭСР ассоциации ANSI (Американский национальный институт стандартов), в основном используется в США, но становится все более популярным в мире;
- MIL-STD-1686A: военный стандарт.

3.1.1 Модель тела человека (МТЧ)

МТЧ была разработана для имитирования явления ЭСР, вызванного человеческим фактором. Эта модель позволяет моделировать эффект прикосновения пальца человека к внутреннему и внешнему проводникам измерительного порта ВАЦ. Эквивалентная электрическая схема показана на рисунке 2.

В отличие от наиболее распространенных представлений эта модель в настоящем документе разделена на две фазы.

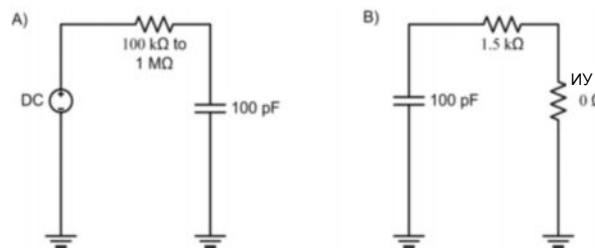


Рисунок 2 – Стандартная цепь модели тела человека, разделенная на две фазы: а) накопление заряда человеком, например, вследствие хождения по виниловому ковру в ботинках на каучуковой подошве; б) модель для ЭСР человека, например, из-за прикосновения к ИУ. Значение сопротивления ИУ принимается равным 0 Ом, что соответствует наихудшему случаю.

В первой фазе моделируется накопление статического заряда (см. рисунок 2, а) с помощью источника постоянного тока, который заряжает конденсатор емкостью 100 пФ через последовательно подключенный резистор, сопротивление которого может изменяться в диапазоне от 100 кОм до 1 мОм; для получения дополнительной информации об этих значениях обратитесь к документу ANSI/ESD STM5.1-2001. Во второй фазе моделируется явление ЭСР (см. рисунок 2, б). Для имитации наихудшего случая сопротивление ИУ принимается равным 0 Ом. В общем случае схема представлена RC-цепью с конденсатором емкостью 100 пФ и двумя последовательно подключенными резисторами, суммарное сопротивление которых составляет 1,5 кОм. Процесс разряда протекает в соответствии с кривой разряда стандартной RC-цепи и будет описан в разделе 3.2.

3.1.2 Машинная модель (ММ)

ММ была разработана для имитации явления ЭСР в случае, если заряженный объект является проводником (например, металлический инструмент или испытательная арматура). Как показано на рисунке 3, резистор заменен индуктивным компонентом, характеристики которого аналогичны резистору с сопротивлением 0 Ом в цепи постоянного тока, а емкость конденсатора составляет 200 пФ. Эти значения справедливы при отсутствии мер защиты, что соответствует модели наихудшего случая.

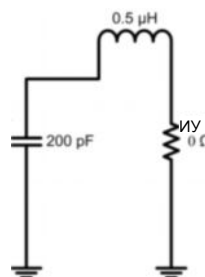


Рисунок 3 – Стандартная цепь машинной модели. Значение сопротивления ИУ принимается равным 0 Ом, что соответствует наихудшему случаю.

3.2 Время заряда и разряда

В разделе 3.1 было указано, что эквивалентной схемой представления ЭСР может служить RC-цепь. Для выполнения оперативной оценки времени разряда полного статического заряда и уровня разряда по истечении некоторого времени можно воспользоваться двумя особенностями, характерными для RC-цепей.

В общем случае время полного заряда или разряда конденсатора RC-цепи составляет $5 * \tau$, где постоянная времени $\tau = R * C$.

При вводе значений, соответствующих наихудшему случаю для МТЧ из раздела 3.1.1, ($R = 1,5 \text{ кОм}$, $C = 100 \text{ пФ}$), постоянная времени $\tau = 150 \text{ нс}$. Следовательно, полный заряд наступит через 750 нс. На рисунке 4 показана общая кривая заряда и разряда конденсатора RC-цепи.

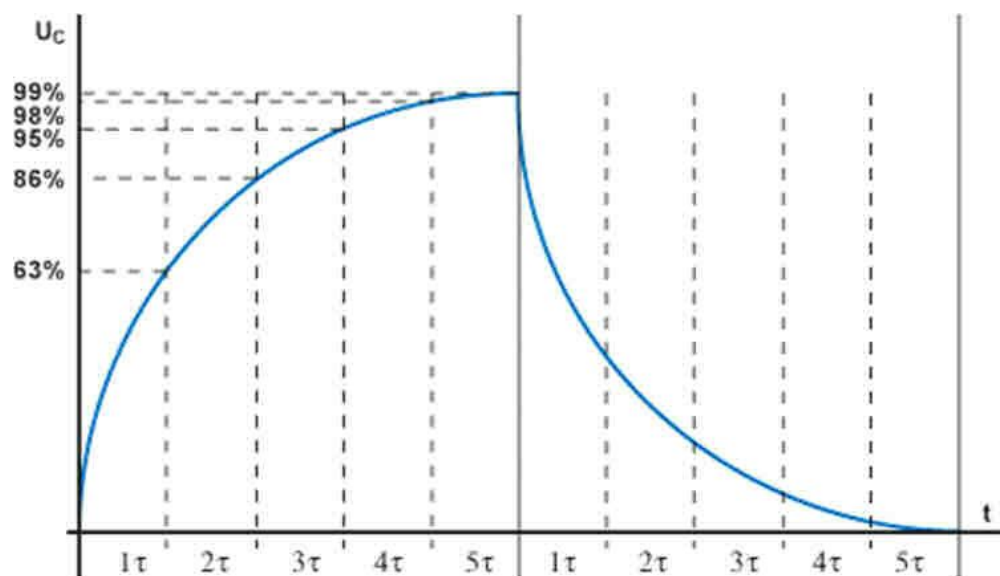


Рисунок 4 – Общая кривая заряда и разряда конденсатора RC-цепи.

Еще одним фактором, который следует учитывать, является величина заряда после каждого интервала τ . Эти значения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Напряжение конденсатора при заряде и разряде.

Время	Заряд	Разряд
1τ	$V_c = 63 \% * V_{max}$	$V_c = 37 \% * V_{max}$
2τ	$V_c = 86 \% * V_{max}$	$V_c = 14 \% * V_{max}$
3τ	$V_c = 95 \% * V_{max}$	$V_c = 5 \% * V_{max}$
4τ	$V_c = 98 \% * V_{max}$	$V_c = 2 \% * V_{max}$
5τ	$V_c = \text{от } 99 \% \text{ до } 100 \% * V_{max}$	$V_c = \text{от } 0 \% \text{ до } 1 \% * V_{max}$

В случае МТЧ и принятом значении $V_{max} = 250 \text{ В}$, если процесс разряда останавливается после $1\tau = 150 \text{ нс}$, значение $V_c(1\tau) = 92,5 \text{ В}$. Это напряжение все еще достаточно велико и может привести к повреждению некоторых компонентов. Следовательно, даже если объект подвергся процедуре разряда, он все еще может обладать достаточным зарядом, если процесс разряда не был завершен.

Можно было бы предположить, что хорошей идеей будет выполнение быстрого разряда объекта, обеспечивающее нахождение значения заряда в безопасных пределах. На рисунке 5 показано влияние различных значений сопротивления R на время разряда. Сопротивление R_1 соответствует короткому замыканию (КЗ) цепи. Значение R_2 эквивалентно значению для МТЧ и представляет собой наихудший случай вызванного человеком разряда, т.е. является минимальным значением сопротивления. Значения для R_3 и R_4 соответствуют МТЧ с дополнительными резистивными элементами, которые могут быть использованы, например, для моделирования влияния антистатического коврика.

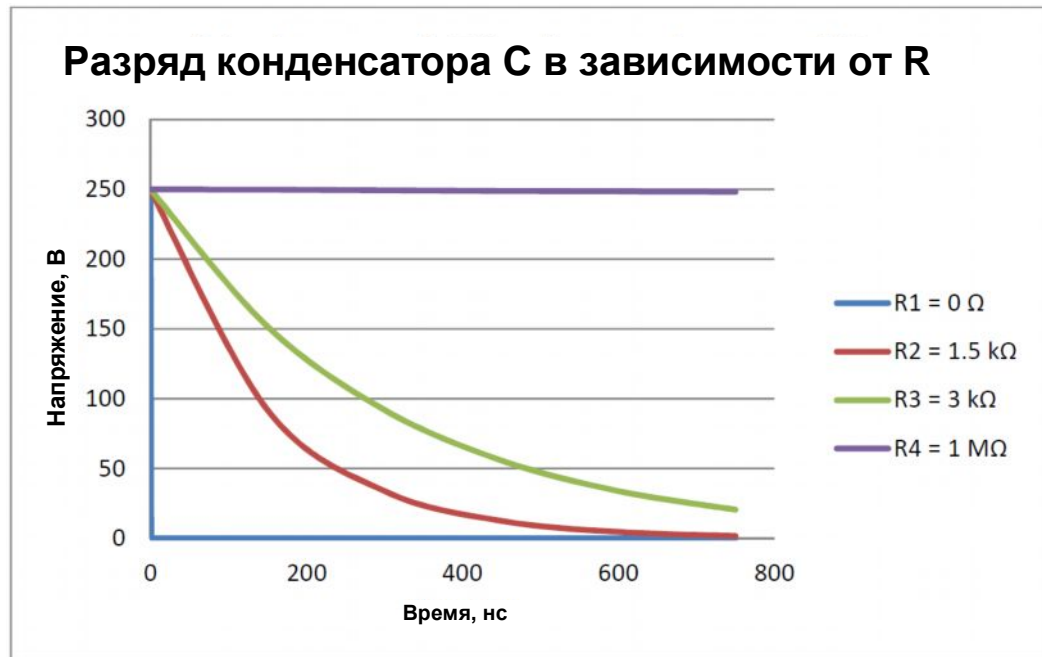


Рисунок 5 – Различные кривые разряда RC-цепи с $C = 100$ пФ, $V_{нач} = 250$ В и разными значениями для R. Значение R1 эквивалентно КЗ и приводит к мгновенному полному разряду. Значение R2 соответствует наихудшему случаю для МТЧ.

Учитывая эту информацию можно было бы предположить, что хорошей идеей будет выполнение короткого замыкания для ИУ или заряженного человека. Однако следует помнить, что при этом в цепи возникнет ток. Согласно закону Ома $I = V/R$. Для упрощения, примем резистивную составляющую общего сопротивления конденсатора равной 0 Ом. Следовательно, при заданном напряжении ток будет увеличиваться пропорционально уменьшению значения R. В случае КЗ ток (гипотетически) будет неограниченным. Этот ток приведет к повреждению ИУ или человека, подверженного воздействию ЭСР. Пример причиненных ЭСР повреждений показан в разделе 2.3. Поэтому для обеспечения защиты объекта, который должен быть разряжен, следует выбирать значение R, удерживающее уровень тока при заданном напряжении в безопасных пределах.

3.3 Пример: испытание кабеля

Испытание кабеля является одним из тех типов измерений, которые требуют учета явления ЭСР. Производители кабелей, как правило, подвергают кабели процедуре тестирования, охватывающей испытание кабелей при сверхвысоких напряжениях. По окончании этой процедуры кабели разряжаются.

Однако в ходе этого процесса может возникнуть ряд проблем. Иногда время разряда недостаточно велико, что приводит к сохранению в кабеле некоторого заряда, который вызывает повреждение измерительных портов оборудования при подключении. Выполнение испытаний при высоких напряжениях – не единственный вариант накопления кабелем заряда. Кабели могут заряжаться, например, при перемещении по полу или протягивании через стены в ходе установки в зданиях; сгибания и выпрямления, вызывающие взаимное трение различных слоев кабелей, приводят к накоплению заряда.

На рисунке 6 приведена базовая модель кабеля. Таким образом, для анализа влияния разряда кабель может быть представлен RC-цепью.

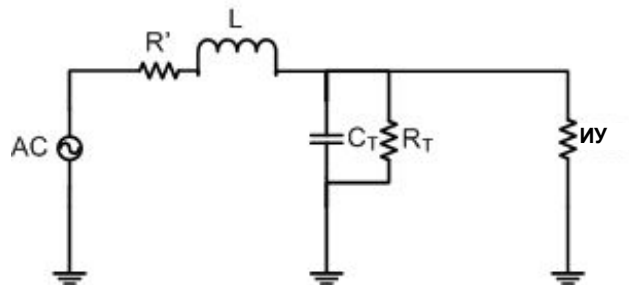


Рисунок 6 – Базовая модель кабеля.

Постоянная времени вновь может быть рассчитана с использованием выражения

$$\tau = R_T * C_T$$

Значения для C_T , R_T и результирующей постоянной времени τ варьируются в зависимости от типа измеряемого кабеля. Например, из [1] и [2] взяты следующие значения:

- Кабель 1 => $\tau = 441 \text{ с}$ (из [1]);
- Кабель 2 => $\tau = 0,5 \text{ нс}$ (из [2]).

В [1] проводилось измерение системы кабелей, а в [2] – обычного провода. Принимая $V_{\text{макс}} = 5,39 \text{ кВ}$, как указано в [1], напряжение разряда для кабеля 1 после одного интервала τ ($441 \text{ с} = 7,35 \text{ мин}$) будет равно $V_c = 1,99 \text{ кВ}$.

Значение $1,99 \text{ кВ}$ – это очень высокое напряжение. Кабель 2 достигает такого же значения напряжения разряда всего через $0,5 \text{ нс}$. С учетом этого можно понять, что достижение безопасного напряжения в ходе разряда может занять довольно много времени. Выполнение быстрого разряда кабеля посредством КЗ не будет решением проблемы. Как было указано в разделе 3.2, применение КЗ приведет к появлению сверхвысокого и очень опасного пикового тока, который может повредить кабель.

Два этих примера показывают, что на задачу обеспечения безопасности разряда реальных заряженных объектов следует обратить серьезное внимание. Информацию о расчете реальных значений см. в [1] и [2].

4 Основные методы защиты от ЭСР

Как было сказано выше, ЭСР таит в себе постоянную опасность для ИУ и измерительных портов оборудования. Следует учитывать, что ЭСР не может быть устранен полностью, однако для предотвращения достижения опасных и вызывающих повреждение уровней заряда можно воспользоваться превентивными методами. Дополнительная информация о мерах защиты и процедурах испытаний на ЭСР может быть получена в учредительных органах, осуществляющих надзор и регламентирование стандартов на ЭСР, таких как Международная электротехническая комиссия (IEC) или Американский национальный институт стандартов (ANSI).

4.1 Основные методы

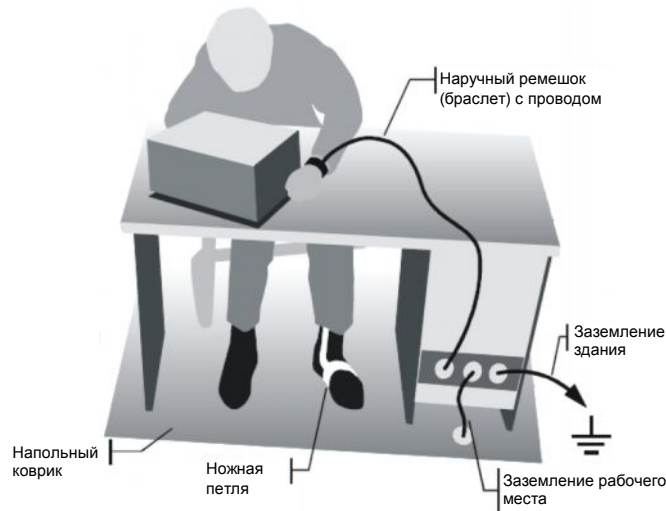
Для обеспечения наиболее эффективной защиты ИУ и измерительного оборудования необходимо следовать инструкциям по организации испытательного стенда, приведенным на рисунке 7. Эта область называется областью защиты от статического электричества (Electrostatic Protective Area – EPA). Все проводящие материалы в этой области должны быть заземлены. Пользователь должен быть оснащен ножной петлей или обут в специальные ботинки и иметь наручный ремешок. Пол и стол должны быть антистатическими. Под измерительным оборудованием должен быть размещен антистатический коврик.

Инструкции для обеспечения защиты от ЭСР

ВНИМАНИЕ

Опасность повреждения электронных компонентов

Для предотвращения повреждений электронных компонентов необходимо обеспечить защиту испытательного стенда от воздействия электростатического разряда (ЭСР).



Следующие два метода защиты от ЭСР могут применяться совместно или по отдельности:

- наручный браслет с кабелем для заземления;
- проводящий напольный коврик и ножная петля.

Рисунок 7 – Пример организации испытательного стенда. Информация взята из документа "Instructions for Electrostatic Discharge Protection.pdf" (Инструкции для обеспечения защиты от ЭСР) [3], который поставляется с каждым ВАЦ.

При транспортировке ИУ следует использовать материал, обладающий защитой от статического электричества, что позволит минимизировать опасность непреднамеренного накопления заряда.

Идеальная рабочая площадка должна быть оснащена системой контроля влажности, поскольку низкая влажность окружающей среды уменьшает накопление электростатического заряда. Само собой, уровень влажности не должен выходить за пределы, оговоренные условиями эксплуатации измерительного оборудования.

При работе с измерительным оборудованием следует выполнить следующие действия:

- 1) подсоедините себя к земле, например, посредством наручного браслета, для снятия заряда;
- 2) выждите пару секунд, чтобы убедиться, что процедура разряда выполнена полностью;
- 3) убедитесь, что ИУ разряжено надлежащим образом (например, с помощью специального оборудования для разряда кабелей) и размещено на заземленном антистатическом коврике;
- 4) выждите пару секунд, чтобы убедиться, что ИУ разряжено полностью;
- 5) подключите ИУ;
- 6) для отключения от измерительного оборудования и транспортировки выполните указанные действия в обратном порядке.

Для обеспечения дополнительной защиты измерительного оборудования откажитесь от использования USB-кабелей, длина которых превышает 4 м, как указано в руководстве по эксплуатации оборудования.

Следуйте инструкциям по технике безопасности, поставляемым в комплекте с оборудованием, и следите за тем, чтобы уровни входных сигналов на всех разъемах не превышали установленных значений.

4.2 Меры защиты портов ВАЦ

Для обеспечения безопасности портов ВАЦ можно воспользоваться некоторыми дополнительными мерами защиты. Наилучшей мерой защиты является обеспечение отсутствия формирования или накопления ИУ статического заряда, значение которого превышает безопасный уровень, определенный в техническом паспорте на изделие (например, не более 0 В постоянного тока (DC) для всех входов анализатора ZVA). Убедитесь, что для всех требующих защиты портов приняты все меры защиты.

Никогда не прикасайтесь пальцами или инструментами к внешнему и внутреннему проводникам.

При описании мер защиты предполагается, что ИУ подключено к порту ВАЦ. Как видно из рисунка 9, соединитель расположен до применения мер защиты в тракте, однако в контексте классических повреждений, вызываемых воздействием ЭСР, соединитель как пассивный компонент обладает достаточной надежностью. Тем не менее, следует соблюдать осторожность даже при использовании мер защиты.

Одной из мер защиты является подключение двух аттенюаторов (например, 3 дБ) к тракту источника, так чтобы аттенюатор ZVA мог быть параллельно подключен с другой стороны, и не возникла потребность в применении новых кабелей (рисунок 8 и рисунок 9). Эти аттенюаторы применяются для ослабления опасных уровней сигнала. Уровень ослабления аттенюатора представляет собой компромисс между минимальным значением, не влияющим на ход измерения, и высоким значением, обеспечивающим хорошую защиту от ЭСР.

Кроме того, можно приобрести ступенчатый аттенюатор генератора (опция ZVAB-Vx для приборов ZVA или ZVT).

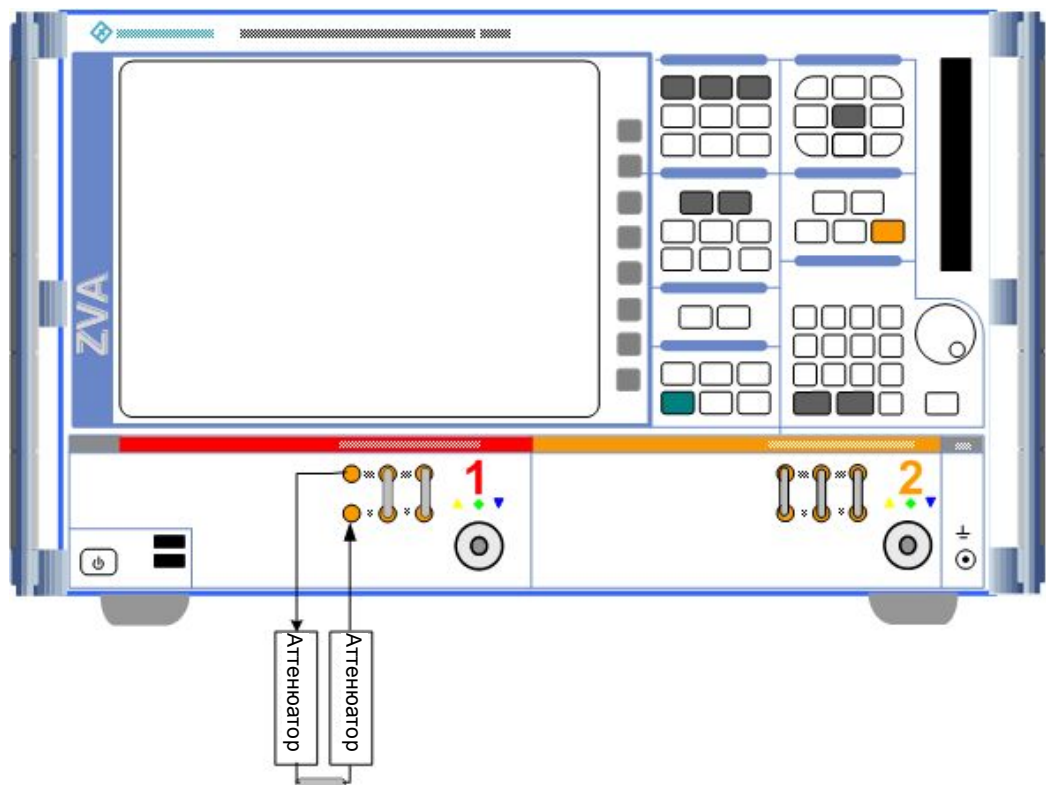


Рисунок 8 – Два аттенюатора, подключенных к тракту источника. В этом случае защита обеспечена только для порта 1 генератора.

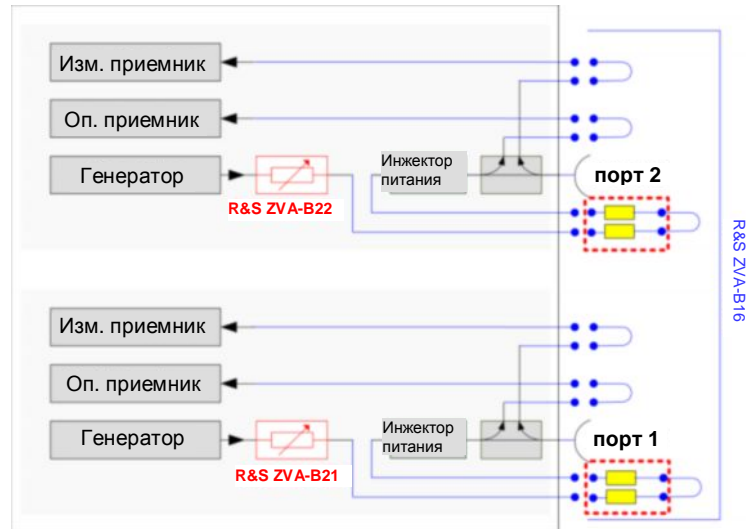


Рисунок 9 – Блок-схема входного каскада двухпортового анализатора ZVA с опцией ZVA-B16. Как видно из схемы, в тракте источника может быть использована опция для ступенчатых аттенюаторов генератора (ZVA-B2x) или дополнительные аттенюаторы.

Еще одной мерой защиты является введение ограничителя мощности в тракт источника (рисунок 10).

Ограничитель мощности представляет собой дополнительную схему защиты, которая доступна в продаже. Следует убедиться, что подключенный ограничитель мощности работает в соответствующем диапазоне частот (от постоянного тока до наивысшей требуемой частоты).

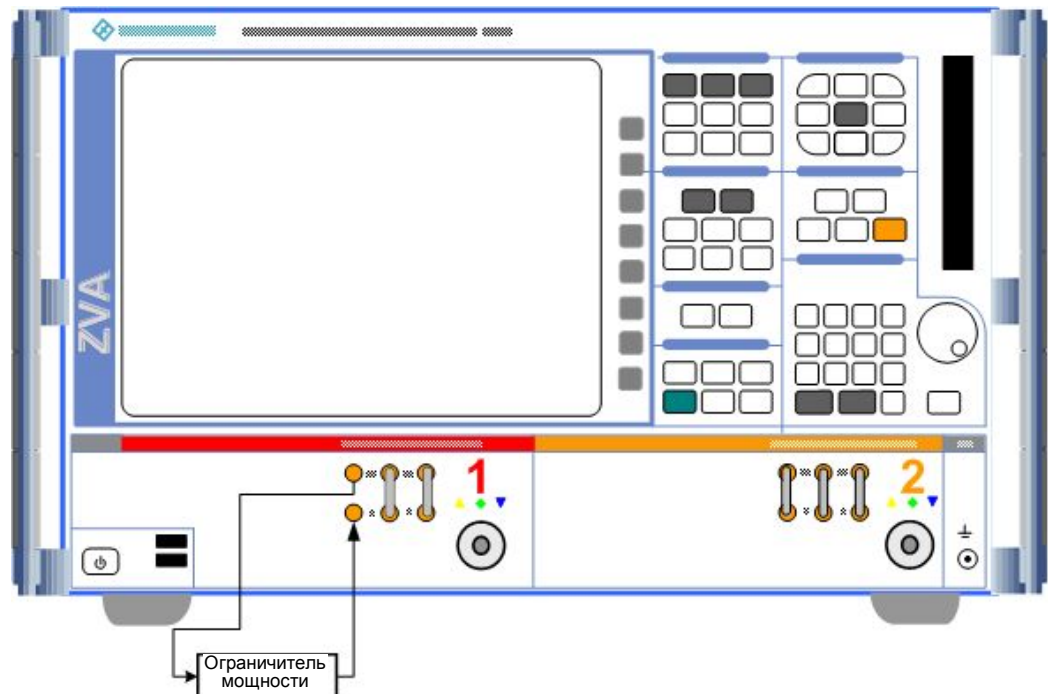


Рисунок 10 – Ограничитель мощности, подключенный к тракту источника измерительного порта 1.

Последней из мер защиты является подключение 50 Ом нагрузки к инжектору питания на задней панели ВАЦ R&S (рисунки 11 и 12). Таким образом, опасный заряд отводится от чувствительных компонентов ВАЦ на землю по пути низкого полного сопротивления. Это всего лишь дополнительная мера защиты, применение которой требует проведения анализа, позволяющего убедиться, что достигаемые уровни тока не приводят к частичному повреждению или разрушению ведущего к нагрузке тракта.



Рисунок 11 – Подключите 50 Ом согласующую нагрузку к инжектору питания (к обозначенному меткой разъему). В этом случае защита обеспечена только для порта 2.

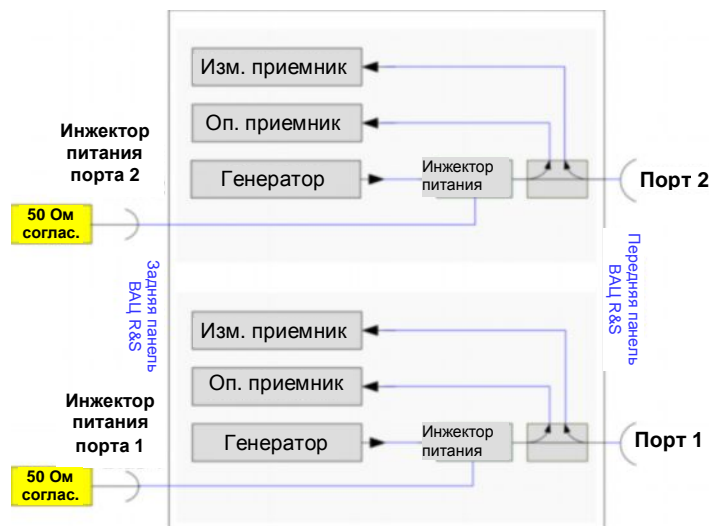


Рисунок 12. Блок-диаграмма входного тракта двухпортового анализатора ZVA, к инжекторам питания портов 1 и 2 которого подключены 50 Ом согласующие нагрузки.

5 Заклучение

Воздействие ЭСР может привести к повреждению ИУ и измерительных портов ВАЦ. Следует помнить, что накопление заряда может произойти вследствие непреднамеренного (например, при нахождении в незащищенной области) или преднамеренного (например, для испытаний кабелей при высоких напряжениях) заряда объекта. Разряд любого заряда требует некоторого времени, длительность которого зависит от вводимых в эквивалентную схему резистивных объектов, таких как антистатические коврики. Процедура разряда должна выполняться подконтрольно; необходимо обеспечить отсутствие условий для возникновения быстрого разряда, который приводит к появлению опасных выбросов тока. Приведенные в настоящем описании примеры достаточно просты, поэтому реальные процессы заряда и разряда могут быть еще более сложными. В этом описании изучены некоторые меры защиты, которые могут быть использованы для предотвращения возникновения повреждений ИУ и измерительного оборудования, такого как ВАЦ. Однако следует знать, что наилучшим способом обеспечения защиты измерительных портов является предотвращение подключения к измерительным портам приборов, вызывающих чрезмерное накопления заряда. Тем не менее, необходимо соблюдать осторожность даже при использовании всех мер защиты.

6 Библиография

1. "Cable-Capacitance Discharge Time With and Without the Application of Grounding Device" (Время разряда емкости кабеля с и без использования заземляющего устройства), Дев Пол (Dev Paul), Пениамин Р. Чавдариан (Peniamin R. Chavdarian) и Вахик Хаддадиан (Vahik Haddadian), IEEE Transactions on Industry Applications, Том 47, № 1, январь/февраль 2011.
2. "Comparing Cable Discharge Events to IEC 61000-4-2 or ISO 106005 Discharges" (Сравнение характеристик разряда кабеля с использованием стандартов МЭК 61000-4-2 или ISO 106005), Бастиан Арндт (Bastian Arndt), Фридрих зур Ниеден (Friedrich zur Nieden), Рэйнер Похмерер (Rainer Pöhmerer), Йоханнес Эденхофер (Johannes Edenhofer), Штефан Фрэй (Stephan Frei).
3. "Instructions for Electrostatic Discharge Protection" (Инструкции для обеспечения защиты от ЭСР), Документация пользователя на векторные анализаторы цепей R&S®ZVA, R&S®ZVB и R&S®ZVT, поставляется на компакт-диске.

7 Дополнительная информация

Это официальное описание время от времени обновляется.

Актуальная версия описания может быть загружена с сайта <http://www.rohde-schwarz.com>.

Любые комментарии и предложения, касающиеся этого официального описания, просьба высылать по адресу TM-Applications@rohde-schwarz.com.

8 Информация для заказа

О компании Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz представляет собой независимую группу компаний, специализирующуюся на производстве электронного оборудования. Rohde & Schwarz является ведущим поставщиком контрольно-измерительных систем и приборов, оборудования для теле- и радиовещания, систем радиомониторинга и радиопеленгации, а также систем профессиональной радиосвязи специального назначения. Rohde & Schwarz успешно работает уже 75 лет, представительства и сервисные центры компании находятся в более чем 70 странах. Головной офис компании расположен в Мюнхене, Германия.

Контакты в регионах

Европа, Африка, Ближний Восток
+49 89 4129 12345
customersupport@rohde-schwarz.com

Северная Америка
1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772)
customer.support@rsa.rohde-schwarz.com

Латинская Америка
+1-410-910-7988
customersupport.la@rohde-schwarz.com

Азия/Тихий океан
+65 65 13 04 88
customersupport.asia@rohde-schwarz.com

Китай
+86-800-810-8228 /+86-400-650-5896
customersupport.china@rohde-schwarz.com

Представительство в Москве

115093 Москва, ул. Павловская, 7, стр.1, этаж 5
тел. +7 (495) 981 35 60
факс +7 (495) 981 35 65
info.russia@rohde-schwarz.com

www.rohde-schwarz.ru

Обязательства по охране окружающей среды

- Энергосберегающие изделия
- Постоянное улучшение экологической устойчивости
- Сертифицированная система экологического менеджмента ISO 14001



Данный документ и поставляемые программы могут применяться только при соблюдении условий, изложенных в области загрузки веб-сайта Rohde & Schwarz.

R&S® является зарегистрированным товарным знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Товарные знаки и торговые марки принадлежат соответствующим владельцам.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühlhofstraße 15 | D - 81671 München

Тел. + 49 89 4129 - 0 | Факс + 49 89 4129 - 13777

www.rohde-schwarz.com