

Лабораторная работа 5

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРНОЙ ТЕХНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ РАЗРЯДАМ

Цели работы:

- ознакомление с нормативными требованиями по обеспечению электромагнитной совместимости разрабатываемых устройств;
- получение навыков испытаний оборудования и приборов на электромагнитную совместимость;
- определение уровней восприимчивости реального оборудования к электростатическим разрядам.

5.1. Общие сведения

Широкое использование микроэлектронных компонентов усиливает необходимость исследования различных проблем надёжности технических средств и систем и поиска путей повышения надёжности. В частности защита оборудования от разряда статического электричества имеет большое значение для изготовителей и потребителей. Оборудование также может быть подвергнуто воздействию электромагнитного поля, когда возникают разряды от обслуживающего персонала на близлежащие предметы. Кроме того, разряды могут возникнуть между металлическими предметами, такими например, как стулья и столы, находящиеся поблизости от оборудования. Трение одежды оператора может вызывать накопление электростатических зарядов. Оператор может заряжаться непосредственно или при помощи электростатической индукции; в последнем случае проводящий коврик не обеспечит защиты до тех пор, пока оператор не будет заземлён на него соответствующим образом. Электростатические разряды (ЭСР) от оператора могут привести к сбоям оборудования или повреждению электронных компонентов в зависимости от параметров импульса разрядного тока (амплитуда, время нарастания, длительность и т. д.).

Возникновению электростатических зарядов в наибольшей степени способствуют использование синтетических покрытий и низкая относительная влажность воздуха в помещениях. Максимальные значения напряжения, до которого могут быть заряжены операторы при контакте с материалами в зависимости от относительной влажности воздуха, приведены на рис. 5.1.

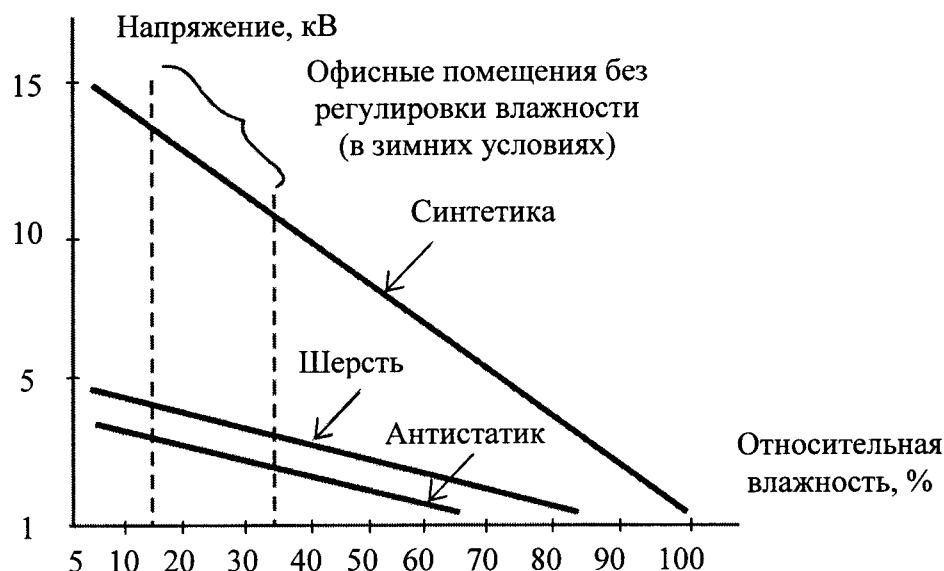


Рис. 5.1

Технические средства могут подвергаться воздействию ЭСР значением до нескольких киловольт в зависимости от типа синтетической ткани и относительной влажности окружающего воздуха, а также воздействию импульсных электромагнитных полей, когда происходят электростатические разряды от оператора на расположенные вблизи ТС, металлические предметы и оборудование.

ГОСТ Р 51317.4.2–99 “Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний” распространяется на электротехнические, электронные и радиоэлектронные изделия и оборудование и устанавливает требования и методы их испытаний на устойчивость к ЭСР как при прямом воздействии от оператора, так и при непрямом воздействии от него на расположенные вблизи ТС предметы и оборудование. Стандарт устанавливает степени жёсткости испытаний, которые относятся к различным условиям эксплуатации ТС, а также методы испытаний.

Предпочтительным методом испытаний является метод *контактного ЭСР* (далее в тексте – контактный разряд). Методом *воздушного ЭСР* (далее в тексте – воздушный разряд) пользуются в случаях, когда невозможно применить контактный разряд. Степени жёсткости испытаний, выбираемые в соответствии с типовым размещением и условиями окружающей среды, приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Степень жёсткости	Относительная влажность, не выше, %	Материал		Испытательное напряжение, кВ	
		антистатический	синтетический	Воздушный разряд	Контактный разряд
1	35	X		2	2
2	10	X		4	4
3	50		X	8	6
4	10		X	15	8

Для некоторых материалов (дерево, бетон и керамика) вероятный уровень не выше степени жёсткости 2.

Наиболее существенным параметром является скорость изменения разрядного тока, которая может быть получена при различных комбинациях зарядного напряжения, пикового разрядного тока и времени нарастания.

Вместе с тем при очень низкой влажности среды и применении синтетических материалов возникают высокие напряжения, превышающие 15 кВ. В случае испытаний оборудования с изолирующими поверхностями можно использовать метод воздушного разряда при напряжении до 15 кВ.

5.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из испытательного генератора (ИГ), ИТС и вспомогательного оборудования, необходимого для воздействия прямыми и непрямыми электростатическими разрядами:

- контактными разрядами на проводящие поверхности ИТС и на пластины связи;
- воздушными разрядами на изолированные поверхности ИТС.

Испытательный генератор ИГЭ предназначен для создания нормированных испытательных импульсов при проведении испытаний технических средств, которые могут подвергаться воздействию электростатических разрядов. Основными элементами испытательного генератора, упрощённая электрическая схема которого приведена на рис. 5.2, являются зарядный резистор $R_3 = 50 \dots 100 \text{ МОм}$, накопительный конденсатор $C_H = 150 \text{ пФ}$, распределённая ёмкость C_p между генератором и испытуемым техническим средством, пластиной заземления, разрядный резистор $R_p = 300 \text{ Ом}$, разрядный ключ, сменные наконечники разрядного электрода, источник электропитания.

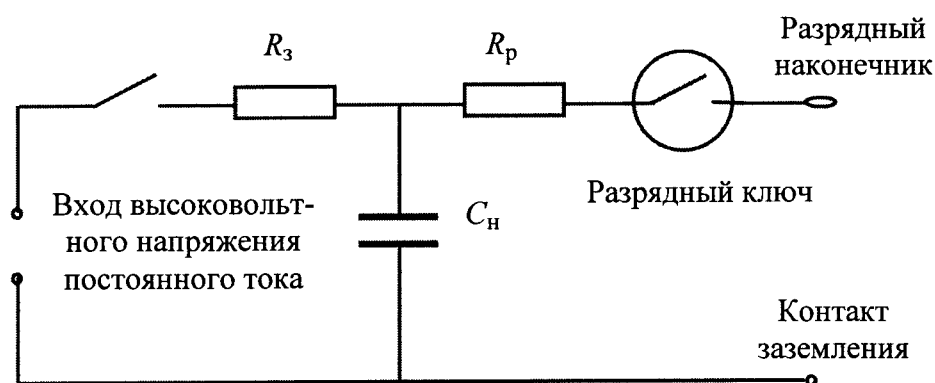


Рис. 5.2

Технические характеристики ИГ:

- общая ёмкость ($C_n + C_p$) ($\pm 10\%$), пФ – 150;
- разрядное сопротивление ($\pm 5\%$), Ом – 330;
- зарядное сопротивление, МОм – 50;
- номинальное выходное (испытательное) напряжение:
 - контактный разряд, кВ – 2, 4, 6, 7, 8,
 - воздушный разряд, кВ – 2, 4, 6, 8, 14, 15;
- полярность выходного напряжения – положительная и отрицательная;
- режимы работы – однократный/ с частотой 1 Гц/ с частотой 5 Гц.

Вид импульса разрядного тока при контакжном разряде показан на рис. 5.3, а параметры выходных импульсов при контакжном разряде приведены в табл. 5.2.

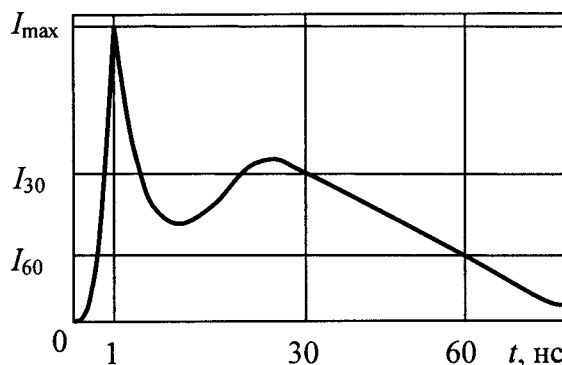


Рис. 5.3

Таблица 5.2

Характеристика	Значение параметра				
Положение переключателя “АМПЛИТУДА, кВ”	2	4	6	7	8
Испытательное напряжение $\pm 10\%$, кВ	2,0	4,0	6,0	7,0	8,0
Время нарастания t_n , нс	0,7...1,0				
Ток первого максимума $\pm 10\%$, А	7,5	15,0	22,5	26,3	30,0
Ток разряда ($\pm 30\%$) при 30 нс, А	4,0	8,0	12,0	14,0	16,0
То же при 60 нс, А	2,0	4,0	6,0	7,0	8,0

Правила проведения испытаний. Испытуемое техническое средство должно быть установлено на изоляционной опоре толщиной 0,1 м, уложенной поверх плоскости заземления. Пластина заземления должна представлять собой медный или алюминиевый металлический лист толщиной не менее 0,25 мм, выступать за контур ИТС с каждой стороны не менее чем на 0,1 м и быть соединена с защитным заземлением. Дополнительные соединения с защитным заземлением *не допускаются*. Провод заземления ИГ должен быть соединен с пластиной заземления. Соединения заземляющих проводов с пластиной заземления, а также все другие соединения должны, обладать возможно более низким сопротивлением.

Вертикальные и горизонтальные пластины связи, которые необходимо использовать при проведении испытаний, должны быть изготовлены из материала того же типа и той же толщины, что и пластина заземления, и подключены к пластине заземления с помощью провода, имеющего на каждом конце резисторы 470 кОм. Резисторы должны быть изолированы, чтобы избежать короткого замыкания, когда провод прикасается к пластине заземления. Резисторы должны выдерживать напряжение электростатического разряда.

ИТС должно быть установлено и подключено к цепям электропитания и сигнальным цепям ввода/вывода в соответствии с технической документацией изготовителя.

Для имитации непрямого воздействия ЭСР на расположенные рядом ТС, корпуса которых имеют защитное заземление, дополнительно должны быть проведены испытания при подключении вертикальной пластины связи к пластине заземления проводом заземления длиной 2 м без резисторов.

Прямое воздействие ЭСР на ИТС. Электростатические разряды должны быть поданы только к тем точкам и поверхностям испытуемого технического средства, которые доступны обслуживающему персоналу при эксплуатации ИТС.

Подача ЭСР на любую точку ИТС, которая доступна только при наладке, исключая техническое обслуживание потребителем, *не допускается*, если не даны иные указания в технической документации ТС.

Испытательные точки для воздействия разрядами могут включать, например, следующие:

- точки на металлических частях корпуса;

- любая точка на панели управления или на клавиатуре и любые другие точки связи “человек – машина”, такие, как переключатели, рукоятки, кнопки и другие доступные для оператора места;
- индикаторы, светодиоды, щели, решётки, корпуса соединителей и т. п.

При испытаниях выходное напряжение ИГ следует повышать от минимального значения до значения, соответствующего выбранной степени жёсткости. Чтобы избежать повреждения ИТС, степень жёсткости испытаний не должна превышать значения, указанного в технической документации на него.

Испытание должно осуществляться одиночными ЭСР. На каждую выбранную точку должно быть произведено не менее 10 одиночных разрядов с полярностью, соответствующей наибольшей восприимчивости ИТС.

Рекомендуется выбирать временной интервал между последовательными одиночными разрядами длительностью 1 с. Более длительные интервалы используются для определения нарушения функционирования ИТС.

Точки, на которые должны подаваться разряды, могут выбираться с помощью исследования, проводимого при частоте повторения 20 разр./с.

Наконечник разрядного электрода ИГ должен располагаться перпендикулярно к поверхности, на которую производят разряд. Это улучшает повторяемость результатов испытаний.

Во время ЭСР провод заземления ИГ должен располагаться на расстоянии не менее 0,2 м от ИТС.

При контактных ЭСР следует сначала прикоснуться наконечником разрядного электрода к ИТС, а затем включить разрядный ключ ИГ.

В случае, если проводящие поверхности ИТС окрашены, необходимо выполнять следующие требования:

- если изготовитель ТС не указывает, что покрытие предназначено для изоляции, необходимо проколоть покрытие наконечником ИГ для осуществления контакта с проводящей поверхностью;
- покрытие, указанное изготовителем как изолирующее, должно подвергаться испытаниям только воздушными ЭСР.

При воздушных ЭСР круглый наконечник разрядного электрода следует по возможности быстрым движением (не вызывая механических повреждений поверхности) приблизить до прикосновения к ИТС. После каждого

ЭСР наконечник разрядного электрода ИГ необходимо удалять от ИТС для подготовки к следующему разряду. Эта процедура должна повторяться необходимое количество раз. При испытаниях на воздушный ЭСР разрядный ключ, который используется для контактного ЭСР, должен быть постоянно замкнут.

Непрямое воздействие ЭСР на ИТС. Электростатические разряды на объекты и оборудование, расположенные около ИТС, имитируют подачей разрядов ИГ на пластины связи по методу контактного разряда.

1. *Горизонтальная пластина связи под ИТС.* На неё должны быть поданы не менее 10 одиночных разрядов с полярностью, соответствующей наибольшей восприимчивости ИТС с каждой стороны ИТС. Наконечник разрядного электрода ИГ должен касаться пластины связи и располагаться вертикально на расстоянии 0,1 м от ИТС.

2. *Вертикальная пластина связи* размерами 0,5×0,5 м устанавливается параллельно ИТС на расстоянии 0,1 м от ИТС. На центр её вертикального ребра должны быть поданы не менее 10 одиночных разрядов с полярностью, соответствующей наибольшей восприимчивости ИТС. Разряды должны подаваться на пластину связи при её размещении против каждой из четырёх сторон ИТС.

Настольные ИТС. Рабочее место для испытаний должно состоять из деревянного стола высотой 0,8 м, установленного на пластину заземления.

Горизонтальная пластина связи должна быть размещена на столе. ИТС и кабели должны быть изолированы от плоскости связи изоляционной прокладкой толщиной 0,5 мм.

Результаты испытаний. Должны быть классифицированы на основе нижеприведенных критериев качества функционирования А, В, С, D, если только иные требования не определены технической документацией на конкретные ТС:

А. Нормальное функционирование в соответствии с установленными требованиями.

В. Временное снижение качества функционирования либо потеря функции или работоспособности с самовосстановлением.

С. Временное снижение качества функционирования либо потеря функции или работоспособности, которые требуют вмешательства оператора или перезапуска системы.

Д. Снижение качества функционирования или потеря функции, которая не может быть восстановлена оператором из-за повреждения оборудования (компонентов) или программного обеспечения, а также потери данных.

ИТС не должно становиться опасным или ненадёжным в результате проведения испытаний.

Как правило, результаты испытания считаются положительным, если ИТС сохраняет помехоустойчивость с заданным качеством функционирования в течение всего периода воздействия помех, а по окончании испытаний оно соответствует функциональным требованиям, установленным в технической документации.

5.3. Содержание и порядок выполнения работы

Разработайте программу испытаний для указанного преподавателем ИТС, которая должна включать:

- условия работы ИТС;
- точки, к которым должны быть приложены разряды;
- указание о том, какой разряд должен быть приложен (контактный или воздушный) к каждой точке;
- степень жёсткости испытаний и критерий качества функционирования;
- количество разрядов, которое должно быть приложено к каждой точке для полного выполнения испытания.

Указания мер безопасности

- **Запрещается** прикасаться к разрядному наконечнику при работе генератора. Сменные наконечники следует заменять только при выключенном из сети блоке питания, предварительно разрядив накопительный конденсатор прикосновением разрядного наконечника к заземлённой поверхности.

- **Запрещается** эксплуатация генератора ИГЭ 15.2 без ленты заземления, подключённой к земляной шине.

- **Запрещается** переключать режимы работы генератора при нажатых кнопках ПУСК или КОНТРОЛЬ.

Испытайте оборудование на воздействие электростатических разрядов. Для этого следует выполнить следующие действия.

1. Включите испытательный генератор. Установите режимы работы генератора с помощью переключателей, расположенных на левой стороне кор-

пуска. Помните, что запрещается переключать полярность выходных импульсов, режим работы и степень жёсткости при нажатых кнопках ПУСК или КОНТРОЛЬ.

2. Установите сменный наконечник, соответствующий выбранному режиму разряда (при воздушных ЭСР круглый наконечник, при контактных – заострённый).

3. Установите необходимое значение зарядного напряжения переключателем, расположенным на левой стороне рукоятки. Для этого нужно установить переключатель в положение, когда соответствующая цифра находится напротив риски на рукоятке.

4. Проконтролируйте значение зарядного напряжения при помощи встроенного вольтметра нажатием кнопки КОНТРОЛЬ, расположенной слева под ним на левой стороне корпуса. Генератор при этом следует держать так, чтобы исключить прикосновение к разрядному наконечнику.

5. Проведите испытания в соответствии с методикой, указанной в ГОСТ Р 51317.4.2-99 или в ГОСТ 50607-93, и с разработанной программой испытаний. Для получения одиночных разрядов следует кратковременно нажимать на кнопку ПУСК, расположенную на передней стороне рукоятки. При этом светодиод на левой стороне корпуса вспыхивает красным светом. Если кнопку удерживать в нажатом состоянии, то выходные импульсы вырабатываются с частотой 1 или 5 Гц, в зависимости от положения соответствующего переключателя. Проследите за изменением в работе ИТС, результаты запишите в протокол.

После окончания испытаний разрядите накопительный конденсатор прикосновением разрядного наконечника к заземлённой поверхности, после чего не нажимайте на кнопки ПУСК или КОНТРОЛЬ.

5.3. Содержание отчёта

В отчёте должны содержаться следующие данные:

- цель работы;
- краткое описание испытуемого и испытательного оборудования;
- программа испытаний;
- протокол и результаты испытаний;
- подробные выводы по результатам работы.