

静电放电抗扰度试验结果差异分析

Analysis on Variance of Electrostatic Discharge Immunity Test Result

山东省计量科学研究院 吕惠政 张朝华 刘毅

摘要

不同实验室对同一受试设备进行静电放电抗扰度试验可能会得出不同的试验结论,分析了其原因,为提高试验结果的可靠性、复现性和不同实验室之间试验结果的可比性提出了建议。

关键词

静电放电;空气放电;抗扰度试验

Abstract

We often get different test results on the same EUT in different laboratories. This paper analyzes the possible reasons which can make different conclusions, and gives some suggestions on improving the reliability, reproducibility and comparability of test results in different laboratories.

Keywords

electrostatic discharge; air discharge; immunity test

1 引言

电气和电子产品的静电放电抗扰度试验是电磁兼容抗扰度试验中重要的试验项目之一。多年来,经常遇到同一台受试设备(EUT)在不同的实验室进行静电放电(ESD)抗扰度试验,试验结果有很大差异,即使两个实验室的试验配置完全相同,使用的静电放电模拟器型号不同)都是经中国计量科学研究院校准符合技术要求的,其试验结果也会明显不同。下面分析主要原因,并为统一试验结果提出建议。

2 静电放电模拟器本身发射无用瞬态电磁骚扰问题

用某一型号的静电放电模拟器对EUT进行接触放电方式或空气放电方式的放电试验时,经常会出现这样的现象:在EUT工作正常情况下,静电放电模拟器放电重复率设置在连续单次放电,放电运行期间,EUT工作正常,但放电运行程序结束时,EUT就不能正常工作了。这种现象在空气放电方式下更为常见,如在对电子水表、热能表、燃气表、多功能电能表、电能量采集器、电力负荷管理终端、电量远方终端、称重显示控制器、数字式心电图机等受试设备进行空气放电试验,放电运行程序结束时,都曾经出现过数字乱码、黑屏、死机、信息改变等工作不正常现象。而用另一型号的静电放电模拟器对同一受试设备进行空气放电试验,放电运行程序结束时,则不出现上述现象。说明这两种型号的静电放电模拟器在空气放电运行程序结束瞬间,其模拟器本身会往外发射无用瞬态电磁骚扰,并且两者的电磁骚扰强度差异较大,造成了试

验结果的不同。

以下是用某型号的静电放电模拟器对不摆放EUT的试验台上方的空中进行空气放电,用数字存储示波器接收到的骚扰电压波形来说明无用瞬态电磁骚扰是来自静电放电模拟器本身。

静电放电模拟器设为空气放电方式,空气放电电压分别设为+4 kV,+8 kV,+15 kV,放电次数设为自动连续10次单次放电,放电间隔设为1 s。示波器扫描因数设在50 ns/DIV,示波器测试电缆输入端以开路状态放在试验台上,静电放电模拟器的空气式放电头对距20 cm远的测试电缆开路端上方的空中进行放电(此时由于空气放电头未靠近任何金属物,静电放电模拟器只运行放电程序,实际上是放不出电的),示波器屏幕上显示结果见表1。

表1 静电放电模拟器本身发射的无用瞬态电磁骚扰电压

放电运行状态	设置电压		
	+4 kV	+8 kV	+15 kV
放电运行开始瞬间	无电压波形	无电压波形	无电压波形
放电运行过程中	无电压波形	无电压波形	无电压波形
放电运行结束瞬间	3.1 V	6.0 V	12.2 V

按下静电放电模拟器的运行启动键,在没有对任何物体放电的情况下,放电运行程序从运行开始到整个运行过程,示波器上都无骚扰电压波形。但是,在静电放电运行程序结束的瞬间,示波器上却有很强的骚扰电压波形,如静电放电模拟器设置为+8 kV空气放电时,放电运行程序结束瞬间产生的骚扰电压单峰值可达6 V,如图1所示(波形展开后,测得波形周期为2.5 ns,即基频为

400 MHz,其谐波频率会更高)。这说明放电运行程序结束瞬间,骚扰电压来自静电放电模拟器本身发出的无用瞬态电磁骚扰。那么,在EUT实际试验中,有这样强的无用瞬态电磁骚扰,对EUT的电缆、内部引线,甚至印制板上的走线来讲都是非常有效的接收天线,所以,有的EUT在进行静电放电抗扰度试验时就是在这种强无用瞬态电磁骚扰下不合格的。

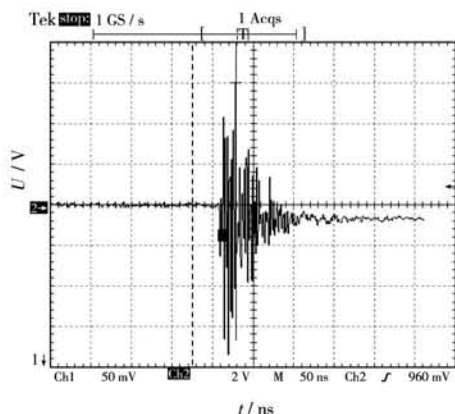


图1 设为+8 kV空气放电时,放电运行结束瞬间电压波形

3 静电放电模拟器空气放电方式下放电电流波形参数不校准问题

由于当前对静电放电模拟器的校准只在接触放电方式下对放电电流波形参数校准,在空气放电方式下因现

表2 连续10次单次放电示波器显示的骚扰电压

放电次数	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次
骚扰电压/V	29.2	16.8	10.8	8.2	7.2	7.2	7.2	7.1	7.2	6.8

已储满电荷),再增加放电次数,电荷也不往金属板中转移。图2所示为第4次放电时示波器上显示的电压波形。

静电放电模拟器仍安装接触式放电头,模拟器屏幕上放电方式设置为接触放电方式,放电间隔设置为1 s。将模拟器屏幕上放电电压正负极性设为极性自动转换

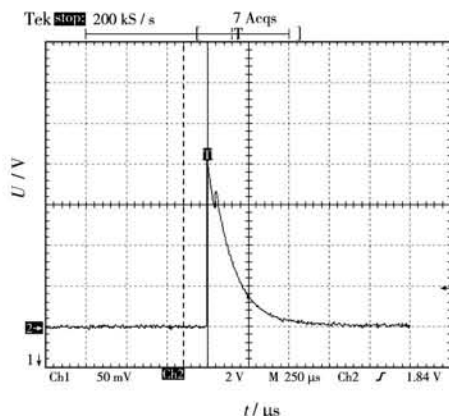


图2 设为+8 kV接触放电时,第4次放电时的骚扰电压波形

行标准GB/T 17626.2—2006《电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试验》中对空气放电电流波形参数没有规定而不进行校准,所以,不同的静电放电模拟器在空气放电方式下如果放电电流波形参数相差很大,试验时就会对受试设备的试验结果造成很大的差异。

4 累积电荷及放电极性转换时间问题

下面首先对不接地的金属部位进行连续单次放电,证明金属部位会累积电荷及反极性,这对金属部位放电会产生更大的放电电流,然后说明反极性放电与极性转换时间长短的关系。

把一块金属板水平放在木桌上,模拟对EUT外壳上不接地的金属部位进行放电。示波器的扫描因数设在100 μs/DIV,示波器测试电缆的输入端处于开路状态,并距水平金属板边沿10 cm,静电放电模拟器安装上接触式放电头,模拟器屏幕上放电方式设置为接触放电方式,放电电压设置为+8 kV,放电间隔设置为1 s,然后对不接地的金属板的边沿施加+8 kV放电电压,连续10次单次放电,示波器屏幕上显示的骚扰电压见表2。

从表2可以看出,由于放电电流往金属板中注入的电荷量随放电次数的增加而逐渐减少,所以,示波器上接收到的骚扰电压值也逐渐变小。第5次放电后,示波器上的电压值基本不变,说明金属板上基本储满了电荷,即意味着在对EUT进行试验时,EUT外壳上不接地的金属部位

(极性转换时间为1 s),先正极性4 kV放电5次,再转为负极性4 kV放电5次,示波器显示的骚扰电压见表3。

表3 正极性放电5次转为负极性放电5次,示波器显示的骚扰电压

示波器显示的骚扰电压/V	第1次放电	第2次放电	第3次放电	第4次放电	第5次放电
正极性	15.6	14.8	14.8	14.8	14.8
负极性	-22.4	-21.2	-22.8	-21.8	-21.2

从表3可以看出,正极性5次放电后待1 s转换为负极性反放电,示波器上显示的骚扰电压值明显增大。特别是正极性第5次放电后转换为负极性后的第1次放电,示波器上显示的骚扰电压值最大,为-22.4 V,这是正极性第1次放电时15.6 V的1.4倍。这意味着,如果不对不接地的EUT进行放电试验,EUT外壳金属部件上累积的正电荷还没有自然消失,就转为负极性电压放电,且反放电电流很

强,对EUT的试验结果影响是很大的。尽管新版GB/T17626.2—2006中的7.1.3规定了不接地设备的试验方法,即:在无争议时,对不接地设备金属外壳或非金属外壳上有金属件的设备,允许在金属部位与水平耦合板之间(对台式EUT)或与接地平面之间(对落地式EUT)接一条两端各有一个470 kΩ的电阻电缆进行试验,以便及时泄放掉累积在金属部位上的电荷。但是,标准中对机壳上无外露金属部分的不接地设备没有明确规定如何进行累积电荷的泄放,那么就存在一个放电极性转换时间问题。例如,某厂家研制的“电力负荷管理终端”,对其塑料外壳上的孔缝、按键及显示屏进行连续单次空气放电,一极性放电后待1 s转换为另一极性放电,但因机壳内金属件上累积的电荷还没有自然泄放掉,就转为另一极性放电,结果产生了很强的反放电电流,导致EUT出现死机现象。若一极性放电后待5 s转换为另一极性放电,EUT则仍能正常工作。可见,对于机壳上无外露金属部分的不接地EUT来讲,试验结果与放电极性转换时间长短有很大关系。实际上,对于机壳上无外露金属部分的接地EUT也存在这样的问题。

5 关于统一各实验室试验结果的建议

不同实验室对同一EUT进行试验,其试验结果差异较大的主要原因是由上述三方面的问题引起的,为了使各实验室的试验结果一致,我们建议:

(1) 虽然GB/T 17626.2—2006第6章中规定了:“对发生器应采取的措施,以防止非期望的脉冲和连续形式的辐射或传导发射,以便使受试设备或试验辅助设备不受额外的骚扰”,但是并没有规定发生器的发射限值,从而会造成不同结构的静电放电模拟器(发生器)本身往外发射的无用瞬态电磁骚扰相差很大。所以,对EUT进行试验,如果在放电运行结束瞬间造成EUT工作不正常,则认为是“非期望”骚扰所致,不能判为不合格。

(2) 由于不同厂家生产的静电放电模拟器设计原理、工艺结构可能有所不同,所以,在对静电放电模拟器进行校准时,不仅要定期在接触放电方式下对放电电流波形参数进行校准,还应定期在空气放电方式下对放电电流波形参数进行校准。尽管现行标准对空气放电方式下放电电流波形参数无规定,但检测出其放电电流波形参数可与其他实验室的静电放电模拟器的放电电流波形参数做比较。

(3) 对于机壳上无外露金属部分的设备,在缺少非接触式静电计监视EUT累积电荷自然衰减情况下,一极性放电结束后,应等待足够的时间,确保EUT内部累积电荷自然放电消失后,再进行另一极性放电。

6 结语

EUT的静电放电抗扰度试验,其试验结果直接关系到企业的利益,有关企业对不同实验室的试验结果得出截然相反的试验结论反映强烈。我们认为,在对EUT进行静电放电实际试验时,只要在标准规定试验方法的基础上把本文中“统一各实验室试验结果的建议”考虑进去,就可以使各实验室之间的试验结果一致,从而做出准确、合理的试验结论。这样做可提高EUT试验结果的可靠性、复现性和不同实验室之间试验结果的可比性。

参考文献

- [1] 上海工业自动化仪表研究所,上海电器科学研究所(集团)有限公司.GB/T 17626.2—2006 静电放电抗扰度试验[S].北京:中国标准出版社,2007.

编辑:王颖 E-mail:wangy@cesi.ac.cn



- 全金属编织丝网衬垫;
- 带弹性(橡胶、海绵)芯金属丝网;
- 金属屏蔽缠带;
- 模压丝网衬垫;
- 组合式屏蔽衬垫;
- 可定制特殊规格尺寸丝网编织衬垫。
- 丝网选用优质进口材料,规格 $\Phi 0.114(\pm 0.012)$ 。
镀锡磷青铜(Sn/Ph/Bz),镀锡铜包铁(Sn/Cu/Fe),蒙乃尔(Monel)等,可供客户选择。



北京康可禄德精密组件有限公司

地址:北京市丰台区西四环南路80号421
 邮编:100071
 电话:86-10-63898814
 63846353 60244616
 传真:86-10-63846353
 手机:13701239224
 邮箱:yangling@tconcord.com

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



WiFi 和蓝牙天线设计培训课程

该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP)公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习! ...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.html>



CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>