

实验室工程师知识点分享：一次测电路电容放电试验方法浅析

产品名称	实验室工程师知识点分享：一次测电路电容放电试验方法浅析
公司名称	深圳市实测通技术服务有限公司
价格	.00/件
规格参数	测试周期:5-7天 寄样地址:深圳宝安 价格费用:电话详谈
公司地址	深圳市罗湖区翠竹街道翠宁社区太宁路145号二单元705
联系电话	17324413130 17324413130

产品详情

摘要：本文从标准的内容出发，分析了一次测电路电容放电的原理，阐述了电容放电试验的方法及注意事项。

关键词：一次测电路；电容放电；实验方法

1 一次电路电容器的放电 标准GB 4943.1-2011《信息技术设备的安全》第2.1.1.7条规定：设备在设计上应保证在交流电网电源外部断接处，尽量减小因接在设备内的电容器贮存有电荷而产生电击危险。

在标准GB 8898-2011《音频、视频及类似电子设备 安全要求》9.1.6条规定：

对预定采用电源插头与电网电源连接的设备，其设计应保证在插头从电源插座拔出后，当接触插头的插脚或插销时，不得因电容器贮存的电荷而产生电击危险。

从以上内容可以看出，虽然标准不一样，但是不同的标准对同一种潜在的危险均做出了规定：拔出插头后，在插头插脚之间的残余电压不得对人产生电击的危险。

2 电容放电产生的原因

开关电源的设计在电子产品中得到了广泛的应用，而同时，在兼顾电磁兼容的设计中，为了抑制来自电网的干扰和解决EMI问题，在设备的电源输入端通常都会接有滤波线路，而最常见的就是接入滤波电容。因为电容是一种储能元件，通过电容的充放电作用可使输出电压变得平滑，通交流阻直流，从而实现滤波的目的。滤波电容一般分为X电容和Y电容，其中X电容接在输入线L和N两端用来消除差模干扰，Y电容接在输入线和地线G之间用来消除共模干扰，如图1所示。

图1 电容滤波电路图

由于电容滤波电路结构简单，使用方便，故应用较广。电容滤波的效果跟电容的放电时间常数有直接关系，放电时间常数越大，滤波效果越好，故一般电容的取值都较大。而电容接在设备的电源输入端，当设备被供电时就会对这些电容进行充电，也就是说，在一定时间内这些电容是带电的；当设备断电后，贮存的能量不会马上消失，人可能用手接触到电源的输入端，如果此时滤波电容储存的电量足够大，电容贮存的能量通过插头进行放电，人就有可能产生触电危险。

3 标准要求及分析

GB 4943.1-2011《信息技术设备的安全》标准中规定：

如果器具上电容的标称电容量超过 $0.1\mu\text{F}$ ，则该电容器的放电时间常数不超过对于可插式A类设备 1s 。

有关放电常数是等效电容量（ μF ）与等效放电电阻（ $\text{M}\Omega$ ）的乘积。 R

C （1）其中：一次电路电容器的放电时间常数， s 。

R ：一次电路跨接于L、N或PE任意两极之间的等效电阻， $\text{M}\Omega$ 。 C ：

一次电路跨接于L、N或PE任意两极之间的等效电容， μF 。

虽然公式看起来比较简单，但是我们知道，由于电子线路的设计比较复杂，而同时PCB板的铜箔走线本身也存在有分布电阻和分布电容，所以如果需要把等效电阻与等效电容计算出来是相当困难的。因此我们一般不会采用公式一方法去进行试验。

图2 电容放电的曲线图

图2是一张电容放电的曲线图，我们可以知道放电的方程式为：所以

（2）其中， τ ：一次电路电容器的放电时间常数， s 。 t ：放电的时间， s 。

U_0 ：一次电路电容器放电的初始电压值， V 。 U ：一次电路电容器放电时刻 t 的电压值， V 。

由公式二可以看出，只需要测量出 U_0 、 U 和 t 的值，就可以根据测量值计算出放电时间常数的值，就可以判定测量的结果是否合格。

时间常数的概念是电容上的电压衰减为初始值的36.8%（37%）时所需的时间。所以，GB 4943-2011的注解中也提到：在经过一段等于一个时间常数的时间，电压将衰减到初始值的37%。

同时，GB 8898-2011中规定，拔出插头2s后，插头上的插脚或插销不应变成危险带电。

从以上可以看出，虽然两个标准的具体规定不一样，但要求及原理均基本相似，即：经过一段时间后，一次电路两端插脚或插销的电压降到标准规定的水平。

4 测试方法

目前实验室一般都采用数字存储示波器进行电容放电的测量，在被测器具断电时刻开始记录L极与N极之间、L极与G(如果有)之间和N极与G(如果有)之间的电容放电并存储记忆，然后在示波器上读取电压值加以判定，按照GB 4943.1-2011标准，如果1s后的电压降至初始电压的37%以下；或者按照GB 8898-2011标准，2s后的电压不超过交流35V(峰值)或直流60V，则可以判定本测试样品的此项检测是合格的。测量电路有两种，如图3与图4所示。

图3 测量电路a图4 测量电路b

两种电路得到的输出波形，如图5与图6所示。

图5 测量电路a对应波形图6 测量电路b对应波形

图5是从220V的交流电开始衰减的波形，接通电源时波形与断电后波形没有明显的分界线，单纯从波形上确定断电的开始时间，较为困难，我们可以把最后一个311V波峰作为断电开始的标志，这样时间上的误差不超过0.02s；相比之下，图6是在无信号的情况下，突然出现一个电压峰值，然后逐渐衰减下来的波形，看来似乎可以把开关切换的瞬间的脉冲峰值作为断电的时刻，但是，由于人为工地操作，开关从电网断开到接通示波器之间的时间间隔远大于0.02s，在这段时间里，电容已经开始了放电过程，也就是波形的第一个波峰实际是断电一段时间后电容两端的电压。所以测量电路a应是比较好的方法。如果转换开关使用了继电器或者其它类似装置，使得转换时间可以缩少至0.02s以内，则测量线路b也是可以使用的。

5 测试注意事项

从测量的方法来看，测试并不复杂，但是测试中示波器的选择、测试细节的把握，均会对测试结果产生影响，甚至有可能做出错误的判定。试验需要注意的事项有：

1) 断电时刻的U₀值

由于测试实际上是对器具电路的零输入响应的测量，测试结果是与断电时刻的电路状态，如电容两端电压、或电感中的电流等直接相关。当断电时刻电网电压正好处于波峰时，电容两端的电压高，在电路不变的情况下，放电时间也较长；反之，假如断电时刻正好处于电网电压的过零点，则电容不存在放电过程。此外，由于被测试设备的等效负载类型很多，有纯阻型，电容、电阻电感串并混合型等，所以无法准确控制断电时刻的电网瞬间电压，几乎每次断电，我们都可能得到不同的输出波形。

由于输出波形的不确定性，GB 8898-2011中提出：为了找到最不利的情况，试验可重复10次。一般情况下，比较理想的情况是电容从波峰开始放电，这样可以真实地反映放电的时间长短。但是在实际操作中，很难捕捉到从波峰点开始放电的波形，即使是通过10次试验，也不一定能找到最不利的情况。同时GB 494-2011标准中没有提出测试10次的要求，认为原因是GB 4943-2011标准中规定：被测点的电压降到初始电压的37%时所需的时间应小于1s（或10s）。而放电的方程式是恒定的，所以无论初始值是多少，到37%的初始值的时间也是恒定的。但我们在测量中一般为了取得较理想的波形图，认为还是尽可能使初始值为波峰值。

为了使电容可以从波峰开始放电，可以使用“可设定断电相位角”的电源产品给被测设备供电，将交流电断电相位角设定为90°或者270°，这样放电的U₀肯定从波峰开始的。这种方法简单方便，与实际相一致。缺点就是这种“可设定断电相位角”的交流电源比较昂贵，一般试验室是没有配备。

2) 电压的容差

在进行电容放电测试时，应选用最严酷的测试状态，所以也需要考虑标准内规定的电压容差的问题，如按GB 8898-2011进行测试，额定输入电压为220V~时，在进行电容放电测试，就需要按标准规定的 $220 \times 10\% = 242V \sim$ 进行测试判定。

3) 放电负载对测试结果的影响

放电试验需要在最严酷的状态下测试，例如器具在运行的情况下断电测量，此时电容的放电负载可能包括：压敏元件、变压器、负载元件等，这些元件同时并联在电容两端，放电负载基本由其中阻抗最小的元件决定，使得测试结果大大小于实际可能出现的结果。所以，有时候被测器具在待机状态下或者空载状态下进行放电的测试，测量结果会比带载工作条件下更加严酷。

此外，仪器的选择也很重要，例如示波器探头的使用，应尽量选择输入阻抗大的仪器，GB4943-2011中规定：当测量电压衰减时，使用输入阻抗由一个 $100M \pm 5M$ 电阻和一个输入电容量为 $20pF \pm 5pF$ 的电容并联组成的仪器得到结果。因为有时只有压敏元件并联在电容两端时，放电负载是兆欧级的，如果只选

用输入阻抗几千欧的仪器，则电容主要放电对象为仪器，测试不能得到对器具的客观评价。