

电器产品的耐压测试

黄少良

CSA International广州办事处认证测试部经理兼工程师

在CSA, UL和IEC标准中, 几乎各种电器安全标准都会要求对产品进行耐压测试。这就可以看出耐压测试是电器安全标准的一个重要组成部分。耐压测试 (Dielectric Voltage Withstand Test) 也就是俗称的高压测试 (High Voltage Test), 通过对设备施加一个高于其额定值的电压并维持一定时间来判定设备的绝缘材料和空间距离是否符合要求的测试。本文介绍的美国和加拿大标准的耐压测试特点, 详细地叙述了耐压测试步骤及其指标和方法, 以帮助中国企业制造出真正符合北美市场标准的电器设备。

为什么要进行耐压测试?

正常情况下, 电力系统中的电压波形是正弦波。电力系统在运行中由于雷击、操作、故障或电气设备的参数配合不当等原因, 引起系统中某些部分的电压突然升高, 大大超过其额定电压, 这就是过电压。过电压按其发生的原因可分为两大类, 一类是由于直接雷击或雷电感应而引起的过电压, 称为外部过电压。雷电冲击电流和冲击电压的幅值都很大, 而且持续时间很短, 破坏性极大。但由于城镇及一般工业企业内的3 - 10kV与以下的架空线路, 因受厂房或高大建筑物的屏蔽保护, 所以遭受直接雷击的概率很小, 比较安全。而且这里讨论的是民用电器的, 不在上述范围内, 就不进一步讨论。另一类是因为电力系统内部的能量转换或参数变化引起的, 例如切合空载线路, 切断空载变压器, 系统内发生单相弧光接地等, 称为内部过电压。内部过电压是确定电力系统中各种电气设备正常绝缘水平的主要依据。也就是说, 产品的绝缘结构的设计不但要考虑额定电压而且要考虑产品使用环境的内部过电压。耐压测试就是检测产品绝缘结构是否能够承受电力系统的内部过电压。

测试点和测试电压值

测试点和测试电压值依据具体产品的相关标准来

确定。美国和加拿大除了其本身的北美体系的标准以外还有以IEC为基础的新标准。这里就用“Motor-Operated Appliances (Household and Commercial)” CAN/CSA-C22.2 No.68-92和“Portable Electrical Motor-Operated and Heating Appliances: General Requirements” C22.2 NO. 1335.1-93的标准来介绍美国和加拿大标准的耐压测试的特点。

(1) CAN/CSA-C22.2 No.68-92

要求: 产品的带电部分与可能接地的非带电导体间须施加适当频率的交流电压达1分钟。具体测试电压如下:

a. 额定电压为31~250V的设备, 测试电压为1000V。

b. 额定电压为251~600V的设备, 测试电压为1000V+两倍额定电压。

c. 额定电压为31~250V, 无接地而且可被人体触及的设备, 测试电压为2500V。

d. 对于30伏或以下的低电压电路, 测试电压为500V。

(2) 双重绝缘的产品。(表1)

(3) C 222 No. 1335.1-93。(表2)

直流耐压测试和交流工频耐压测试的区别

耐压测试有两种: 一种是交流工频耐压测试, 另一种是直流耐压测试。由于绝缘材料的特性决定了交流和直流电压的击穿机理不同。大多数绝缘材料和系统都包含了一系列不同的介质。当对之施加交流试验电压时, 电压将按材料的介电常数和尺寸等参数的比例来分配电压。而直流电压只按材料的电阻的比例来分配电压。而且实际上, 绝缘结构发生击穿, 往往是电击穿, 热击穿, 放电等多种形式同时存在, 很难截然分开。而交流电压比直流电压增加了热击穿的可能性。所以, 我们认为交流耐压测试比直流耐压测试更加严格。实际操作中, 在进行耐压测试时, 如果要使用直流做耐压测试时, 试验电压要求比交流工频的试验电压高。一般直流耐压测试的试验电压是通过把交流

表1

序号	测试电压施加点	交流绝缘强度测试电压（V）
1	带电部件与不可触及的带基本绝缘的非带电导体之间	按上述测试要求。
2	不可触及的带基本绝缘的非带电导体与可触及的导体之间	2500
3	不可触及的带基本绝缘的非带电导体与贴在外部非导体表面上的金属箔之间	2500
4	加强绝缘的带电体与可触及的非带电导体之间	4000
5	加强绝缘的带电体与贴在外部非导体表面上的金属箔之间	4000
6	可触及的非带电导体（或贴在外部非导体表面上的金属箔）与外壳入口处电源线的金属裹层（或与电源线直径相等的金属插杆）之间	2500

表2

电压施加点	测试电压（V）		
	带变压器的器具	额定功率超过0.5匹马力的带电机器具	额定功率不超过0.5匹马力的带电机器具和加热器具
1带电部分和可触及的部分以及在印刷电路板上靠近的不同极性的线路	— —	1000 V+两倍额定电压	1000
2 隔离型或自耦型变压器 (a) 次级电压 < 50 V (b) 次级电压为 51-125 V	500 1000	— —	— —

试验电压的有效值乘以一个常数K。通过对比测试，我们有如下的结果：电线电缆产品，常数K选用3；航空工业，常数K选用1.6 至1.7；CSA对民用产品一般使用1.414。

形式试验和工厂测试

形式测试是用来判断产品的绝缘结构设计是否符合实际使用。通常是在温升测试，潮态测试，异常测试和其它的一些测试后立即进行。一般是对产品施加试验电压一分钟。

工厂测试是检测生产过程的生产缺陷，不是检测绝缘结构的设计是否合理。通常是产品完成后准备包装前进行的。产品绝缘结构的缺陷通常会有如下的情况：锋利的部件损伤了电线绝缘层，连接线 - 地间或初级 - 次级间的电子元器件给短路了，电线的焊接点焊的不好或脱落了，爬电距离减少了，变压器内的绝缘损坏了等等。为了适应大批量生产，工厂测试还可以将试验电压值提高20%，试验时间由1分钟缩短到1秒钟。

耐压测试和击穿测试

标准中会指定测试时的具体电压数值。经过耐压测试只能说明产品的绝缘结构能承受该试验电压，而不能说明产品的绝缘结构究竟能承受多高的电压。如果在进行

绝缘材料的应用研究和电器设备的设计，需要测定绝缘强度时，就需要进行击穿测试。击穿测试就是测试电介质被击穿时的电压。当电场强度超过某一极限时，通过介质的电流与施加于介质的电压关系就不符合欧姆定律，而是突然增加。如图1所示。这时绝缘材料被破坏而失去了绝缘性能。对于一台电气产品，如果其绝缘发生了击穿，它就失去了运行使用功能。这结果与耐压测试完全不同。耐压测试是要通过测试来保证产品没有缺陷，能安全正常的工作。所以，耐压测试的测试电压是经过实践证明是安全、可靠、有效的，应该严格按其执行。我们到工厂进行工厂审查时，有些工厂为了显示其产品的质量好把耐压测试的电压特别提高，有的甚至提高到所要求的两倍。这样做是有百害无一益的。因为第一、这样做有可能降低了产品的合格率。第二、虽然通过了测试，有可能损害了一部分绝缘结构，使产品的安全性降低。第三、有可能损坏一些元器件，使产品的质量降低，寿命减短。

经常有人提“多大的漏电流就认为是耐压击穿了？”的问题。其实这个漏电流很难精确确定。因为当高压施加到产品时，会在绝缘间产生一个稳定的微小漏电流。由于每种产品复杂程度和绝缘结构都不同，这个漏电流会随之变化。当绝缘给击穿时，这个漏电流将迅速增加。如图1

所示。所以一般情况下，只要将此耐压测试仪的过电流继电器动作电流（即是漏电流）设定为比产品正常施加高压时而产生的漏电流稍高就行了。请注意，这里的漏电流与泄漏电流测试（Leakage Current Test）中的泄漏电流在本质上是同样的，都是绝缘系统在电压的作用下产生的极微小的电流。它们的不同之处在于耐压测试中的漏电流是在高压的情况下产生的，而泄漏电流测试中的泄漏电流是在额定电压下产生的。

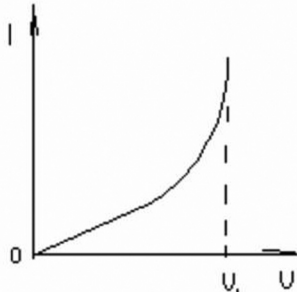


图1

可免除工厂耐压测试的情况

当出现下列情况时，工厂的耐压测试可以考虑免除：

产品的电源输入是其它产品次级输出的低压（ELV）或超低电压（SELV），例如电源或变压器等。

当成品要使用另外的电源作为部件，而这个电源是CSA认证的、具有完整的外壳和输入输出连接器。由于此电源是CSA认证的，它已经经过耐压测试了，所以可以考虑免除整个产品的耐压测试。但必须注意安装电源前必须检查它是否有损坏。

当信号变压器用在同一电压的线路中，而且不作为安全器件时，可考虑免除初级到铁芯间的耐压测试。

测试设备要求

对600 V以下的产品，美国和加拿大标准中通常会要求耐压测试仪的变压器容量最少为500VA，输出电流可以达到95mA，带电部分到地之间的电容值不超过0.1mF。仪器最少一年计量校正一次。形式测试之前必须进行仪器检查，工厂测试必须定期检查仪器，这样做可以避免因仪器不正常而误判或损坏产品。

交流耐压测试仪器一般包括高压测试变压器，调压器，电压测量系统以及控制和保护装置等。图2是手动升压试验装置线路图，供参考。

测试方法

下面介绍典型的耐压测试方法：

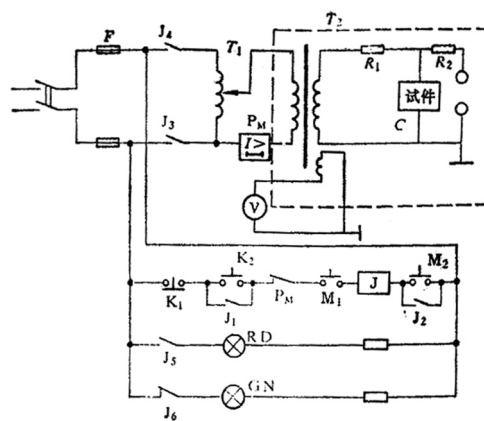


图2 手动升压试验装置线路图

- 1) 检查确认耐压测试仪的主电源开关是处于“关”的位置
- 2) 除非仪器的特殊设计以外，所有的不带电金属部分必须可靠接地
- 3) 把受测设备的所有电源输入端的电线或端子连接起来
- 4) 合上受测设备的所有电源开关，继电器等
- 5) 把耐压测试仪的测试电压调为零
- 6) 把耐压测试仪的高电压输出线（通常为红色）连接到受测设备的电源输入端
- 7) 把耐压测试仪的回路接地线（通常为黑色）连接到受测设备的可触及不带电金属部分
- 8) 把耐压测试仪的主电源开关闭合，缓慢升高仪器的次级电压到要求值。一般升压速度不超过500V/sec的速度
- 9) 在指定的时间内维持这个测试电压
- 10) 把测试电压缓慢降下来
- 11) 把耐压测试仪的主电源开关断开。先断开耐压测试仪的高电压输出线，再断开耐压测试仪的回路接地线

下列情况表示受测设备通不过测试：

当出现测试电压不能升到指定电压值或者电压反而下降时

耐压测试仪出现警告信号时

需要注意的是，由于耐压测试中存在对人身产生危险的高电压，进行测试时必须特别小心。

下面几点需要特别注意的事项：

必须规定只有经过训练和授权的人员才可以进入测试区域操作仪器

必须在测试区域周围安放固定的、明显的警告标语，防止其他人员进入危险地带

当进行测试时，包括操作人员在内的所有人员必须远离测试仪器和受测设备

当测试仪器启动时，千万不要触及其输出线