

欧姆定律在耐压测试仪期间核查中的应用

赵相泽

(云南省电子信息产品检验院, 云南昆明, 650031)

摘要: 在设备使用过程中或在相邻两次校准之间, 按照规定程序验证其功能或计量特性能否持续满足方法要求或规定要求而进行的操作称为期间核查。期间核查的目的是为了保持对设备校准状态的可信度, 确保测试数据准确有效。期间核查的方法多种多样, 具体采用什么方法要视设备而定。本文选取的期间核查对象: 耐压测试仪, 其主要功能是测试受试设备的泄漏电流、电气强度等绝缘性能指标, 涉及的参数是电压和电流, 再把受试设备看作一个负载, 那么在整个测试电路中其实就变成电压、电流、电阻三个物理量关系的电学问题。与欧姆定律中的三个物理量一致, 于是便联想到利用欧姆定律来对耐压测试仪进行期间核查。本文将通过理论结合实际来论证该方法的可行性、实用性。

关键词: 欧姆定律; 期间核查; 耐压测试仪; 泄漏电流; 电气强度

DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2020.z2.038

1 期间核查的背景及要求

ISO/IEC17025:2017《检测和校准实验室能力的通用要求》规定, 当需要利用期间核查以保持设备性能的信心时, 应按程序进行核查。中国合格评定国家认可委员会制定的CNAS-CL01: 2018《检测和校准实验室能力的通用要求》亦对测量设备的期间核查作了明确的规定: A类设备的验证采用校准的方式, 验证其计量特性是否符合方法要求, 适用时, 各实验室/检验机构可在相邻两次校准之间对设备进行期间核查^[1]。

2 期间核查的适用范围及确定测量设备期间核查应考虑的因素

期间核查适用于所有设备, 但不是所有设备均需要进行期间核查。在确定设备是否需要期间核查时, 实验室/检测机构应从以下因素考虑: 设备的稳定性; 设备的使用寿命和运行状况; 设备的校准周期; 设备历次校准的结果及变化趋势; 设备的使用范围(或参数)、使用频率和使用环境; 设备的维护保养情况; 是否具备实施期间核查的资源或配置期间核查资源的成本; 测量结果的用途及风险大小^[2]。

3 耐压测试仪的功能及测试原理

从事家用电器及电气设备检测的技术人员都知道, 泄漏电流、电气强度、绝缘电阻、接地电阻、爬电距离与电气间隙、耐热与耐燃等指标是家用电器及电气设备安规检测的重要安全指标, 对于测试不同的指标要使用不同的测试设备。而耐压测试仪正是一种测试家用电器及电气设备泄漏电流、电气强度等绝缘性能指标的安规设备, 其工作原理是将一规定交流或直流电压施加于相关标准规定的部位, 持续一段规定的时间, 来考核受试设备的绝缘性能^[3]。

4 绝缘性能测试的目的及重要性

由于家用电器及电气设备在长期工作中, 不仅要承受额

定工作电压的作用, 还要承受操作过程中引起短时间的高于额定工作电压的过电压作用。在这些电压的作用下, 电气绝缘材料的内部结构将发生变化。当过电压强度达到一定值时, 就会使材料的绝缘击穿, 影响设备正常运行, 使用者就可能触电, 危及人身安全。因此在对这类设备进行绝缘性能测试时, 标准中都会要求受试设备须在气候试验箱内进行潮热预处理(潮热预处理条件一般是温度: 20℃~30℃之间, 相对湿度: 93%±3%, 时间: 48小时), 潮热预处理后立即在试验箱内进行^[3]。目的是增加试验的严酷程度, 降低安全风险, 有效保证设备的安全运行和使用者的人身安全。鉴于此目的, 不论是制造商的型式试验还是政府相关职能部门每年的市场抽检或风险预警监测, 凡是涉及到国家标准安全的项目都列为必检项目, 而绝缘性能又是安全项目中极其重要的一项, 由此可见绝缘性能测试的重要性。

5 欧姆定律在耐压测试仪期间核查中的实现方法

从摘要中可以看出, 要实现对耐压测试仪的输出电压及泄漏电流进行测试, 只需应用欧姆定律搭建一个电路即可实现(电路图见图2), 该电路搭建如下: 在耐压测试仪的高压输出端子(H.V.)与回线端子(RETURN)间串联一个定值电阻和一块电流表。但要注意下列事项: ①电阻要满足伏安特性曲线, 即线性电阻或欧姆电阻(阻值大小根据耐压测试仪的容量、试验电压而定); ②电流表和电阻必须经过校准; ③接线时高压输出端子接电阻, 回线端子接电流表^[4]。在进行试验前先回顾一下欧姆定律, 其文字表述为: 在同一电路中, 通过某段导体的电流跟这段导体两端的电压成正比, 跟这段导体的电阻成反比。数学表达式为: $I=U/R$, 由该公式可演变出: $R=U/I$ 及 $U=IR$ 。接下来本文将结合《GB4706.1-2005 家用和类似用途电器的安全第1部分: 通用要求》第16章泄漏电流和电气强度来阐述如何利用欧姆定律对耐压测试仪的输出电压及泄漏电流进行期间核查。

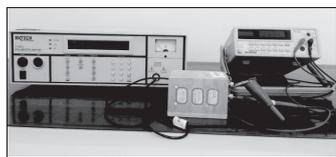


图1 实物连接图

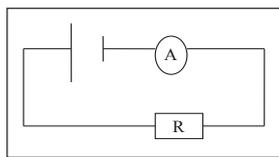


图2 电路图

■ 5.1 输出电压的期间核查方法及步骤

第一步：准备被核查的耐压测试仪、一块电流表、一个线性电阻 R，并按图 1 连接；

第二步：设置耐压测试仪的输出电压（不同的标准对试验电压要求不同，在核查时可选取部分常用的试验电压进行核查）以及其他需要设置的参数，按下耐压测试仪上的“测试”按钮开始测试；

第三步：从电流表上快速读取 n 个电流值（ $n \geq 5$ ），分别记为 I_1, I_2, \dots, I_n ，并通过公式（1）计算出电流的算术平均值；

$$I_{avr} = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{n} \quad (1)$$

式中： I_{avr} ——电流的算术平均值

第四步：根据公式（2）、（3）、（4）分别计算出耐压测试仪的实际输出电压、电压绝对误差及电压相对误差。

$$U_r = I_{avr} \cdot R = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{n} \times R \quad (2)$$

式中： U_r ——实际输出电压值，R——定值线性电阻。

$$\Delta_U = |U_r - U_c| \quad (3)$$

式中： Δ_U ——电压绝对误差， U_c ——校准证书中电压校准值。

$$\delta_U = \frac{\Delta U}{U_c} \times 100\% = \left| \frac{U_r - U_c}{U_c} \right| \times 100\% \quad (4)$$

式中： δ_U ——电压相对误差。

第五步：分析判定，根据实验室 / 检验机构的质量手册、相关程序文件规定以及校准结果的不确定度等因素判定耐压测试仪的输出电压是否在最大允许误差范围内，能否满足要求。

■ 5.2 泄漏电流的期间核查方法及步骤

第一步：准备被核查的耐压测试仪、一块电流表、一个线性电阻 R，并按图 1 连接；

第二步：设置耐压测试仪输出电压（根据《GB4706.1-2005. 家用和类似用途电器的安全 第 1 部分：通用要求》第

16 章泄漏电流和电气强度的要求：输出电压为 1.06 倍受试设备工作电压，即 233.2V）以及其他需要设置的参数，按下耐压测试仪上的“测试”按钮开始测试；

第三步：从电流表快速读取 n 个电流值（ $n \geq 5$ ），分别记为 I_1, I_2, \dots, I_n ，并通过公式（1）、（5）、（6）分别计算出电流的算术平均值、电流绝对误差及电流相对误差；

$$\Delta_I = |I_{avr} - I_c| \quad (5)$$

式中： Δ_I ——电流绝对误差。

I_c ——校准证书中的泄漏电流校准值。

$$\delta_I = \frac{\Delta I}{I_c} \times 100\% = \left| \frac{I_{avr} - I_c}{I_c} \right| \times 100\% \quad (6)$$

式中： δ_I ——电流相对误差。

第四步：分析判定，根据实验室 / 检验机构的质量手册、相关程序文件规定以及校准结果的不确定度等因素判定耐压测试仪的泄漏电流是否在最大允许误差范围内，能否满足要求。

注：5.1 和 5.2 中的参考电压和参考电流均为耐压测试仪校准证书中的校准值（ U_c, I_c ），而不是耐压测试仪的显示（设置）值。

6 总结

综上所述，应用欧姆定律对耐压测试仪进行期间核查是一种科学、高效、务实、可行的方法，该方法简单实用、易操作，对核查人员的专业素质要求相对较低，实验室 / 检验机构对资源条件的配置要求相对容易。相比其他期间核查方法（对比法、二次送检法等）具有节约时间、节约成本、不受核查频次限制等优点，可以推广应用到其他电学领域测量设备的期间核查。

参考文献

- * [1] CNAS-CL01:2018 检测和校准实验室能力认可准则 [S]. 北京: 2019.
- * [2] CNAS-GL042:2019 测量设备期间核查的方法指南 [S]. 北京: 2019.
- * [3] GB4706.1-2005. 家用和类似用途电器的安全 第 1 部分: 通用要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- * [4] 安规综合分析仪操作使用说明书 [Z]. 台北: 华仪电子股份有限公司.

.....
(上接第 20 页)

- * [2] 王伟悦. 现代飞机电源系统及其发展 [J]. 黑龙江科技信息, 2011 (03): 47-48.
- * [3] 严加根. 航空高压直流开关磁阻起动 / 发电机系统的研究 [D].

南京航空航天大学, 2006.

- * [4] 王伟悦. 新型双凸极直流发电机的结构、原理和特性研究 [D]. 南京航空航天大学, 2010.