

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2015.01.10

测量兆欧表中值电压和开路电压的一种方法

李涛, 高博, 张华锋

(中国人民解放军 92957 部队, 浙江 舟山 316000)

摘要: 提出了一种仅用一台通用高阻标准器和台式数字多用表来完成兆欧表中值电压和开路电压的计量方法。通过调节高阻标准器的阻值以及改变和数字多用表的连接方式, 组合出所需的测量电路。实验结果表明, 该方法实用性强, 操作方便, 灵活度高, 减低了成本, 提高了设备的使用率。

关键词: 电学计量; 兆欧表; 中值电压测量; 开路电压测量

中图分类号: TB971

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2015)01-0042-03

A Measurement Method for Median Voltage and Open Circuit Voltage of Meggers

LI Tao, GAO Bo, ZHANG Huafeng

(No. 92957 of PLA, Zhoushan 316000, China)

Abstract: The article puts forward a new method to measure the median voltage and open circuit voltage of meggers, by only using a general-purpose high resistance standard and a desktop digital multimeter. We got the right circuit through adjusting the high resistance standard and changing the connection with the digital multimeter. The experimental results show that this method is practical, easy to operate, full of high flexibility, reduces the cost and improves the efficiency of the equipment.

Key words: electrical metrology; megger; measurement of median voltage; measurement of open circuit voltage

0 引言

根据 JJG 622-1997《绝缘电阻表(兆欧表)检定规程》的要求, 示值误差、中值电阻端钮电压和开路端钮电压是必测项目。根据 JJG 1005-2005《电子式绝缘电阻表检定规程》的要求, 示值误差、开路测量电压是必测项目。这样检定一台兆欧表至少要用到高电阻标准器(例如 ZX79D+)、静电电压表(高输入阻抗电压表), 或是高电阻标准器(例如 ZX79D+)、带电压测量仪的高电阻标准器(例如 ZX124C), 给使用、维护、溯源、现场测试都带来诸多不便^[1]。

本文介绍一种使用一台高电阻标准器(如 ZX79D+)和一台通用的数字电压表完成中值电阻端钮电压和开路端钮电压项目的测量方法, 因示值误差的检定与一般方法没有异同, 本文不再赘述。

1 以往方法存在的问题

测量中值端钮电压或开路端钮电压的两种方法如

图 1 所示。测量方法一: 使用一台高输入阻抗的电压测量设备静电电压表进行电压测量, 使用高阻标准器提供中值阻值, 特点是可以提供的中值电阻范围大, 不足是增加一台静电电压表。测量方法二: 使用专用的中值电压测量设备 ZX124C 完成测量, 特点是方法直接, 不足是增加了一台 ZX124C 设备。ZX124C 输出的中值电阻数量不多, 时常需要借助 ZX79D+ 完成中值电阻值的设置, ZX124C 除电压测量功能外, 其他功能与 ZX79D+ 相重复, 且量值点较少。

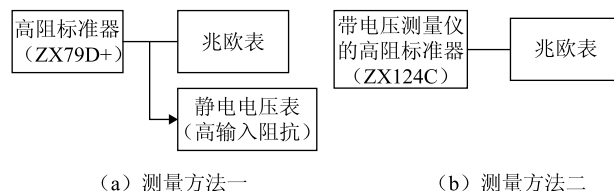


图 1 中值端钮电压、开路端钮电压的两种测量方法示意图

这样的方法带来两个问题: 一是必须配备两台高电阻标准器(如 ZX79D+ 和 ZX124C), 标准器数量多, 给溯源和维护等带来不便, 两个标准器的功能、量值重复, 造成浪费, 两台体积、重量较大的设备携带到现场不方便; 二是根据检定规程要求, 高输入阻抗电压表的测量误差不大于 $\pm 1.5\%$, 输入阻抗是中值电阻

收稿日期: 2014-09-09; 修回日期: 2014-11-03

作者简介: 李涛(1960-), 男, 辽宁本溪人, 高级工程师, 硕士研究生导师, 从事计量测试工作。

的 20 ~ 50 倍, 兆欧表的中值电阻一般为 1 ~ 200 MΩ, 开路电压范围一般为 50 ~ 5000 V, 电压表的输入阻抗应能达到 20 ~ 10000 MΩ。通常情况下, 仅有静电电压表能够测量宽电压范围的高阻抗电压表。采用静电电压表能满足测量要求, 但是静电电压表的应用范围较窄, 基本成为“专用设备”, 利用率不高。

2 测量方法

中值电阻端钮电压是指兆欧表指示值为刻度盘的中心刻度时, 兆欧表端钮输出的电压。开路电压可以理解成兆欧表端钮开路时, 或兆欧表指示值超出最高有数字的刻度、同时可以小于无穷大刻度时, 电子式兆欧表按规定要求显示示值时, 兆欧表端钮输出的电压。根据上述的理解, 本文使用输入阻抗为 10 MΩ 的数字电压表, 与高阻标准器 (ZX79D) 共同测量中值端钮电压和开路端钮电压。根据中值电阻的不同, 采用三种相应的测量方法^[2]。

当中值电阻为 10 MΩ 时, 直接用数字电压表测量兆欧表端钮电压, 这时数字电压表的输入阻抗作为兆欧表的被测电阻, 数字电压表的测量值为中值电阻端钮电压。该方法是利用数字表的输入阻抗, 用数字表直接测量端钮电压, 方法简单、直接, 电压最高测量值一般不超过 1000 V。

当中值电阻小于 10 MΩ 时, 测量方法如图 2 所示, 将高阻标准器与数字电压表并联接到被测兆欧表的端钮上, 调节高阻标准器, 使被测兆欧表指示值为中值电阻值, 数字电压表的测量值为中值端钮电压。该方法可以完成较低中值电阻兆欧表的测量, 电压最高测量值一般不超过 1000 V。

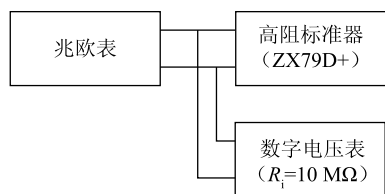


图 2 中值电阻小于 10 MΩ 测量示意框图

当中值电阻大于 10 MΩ 时, 测量方法如图 3 所示, 将高阻标准器与数字电压表串联接到被测兆欧表的端钮上, 调节高阻标准器, 使被测兆欧表指示值为中值电阻值, 读取数字电压表的测量值, 按式(1)计算中值电阻端钮电压。该方法可以完成较高中值电阻兆欧表的测量, 电压最高测量值一般可以测量到高阻标准器的最高电压使用上限。

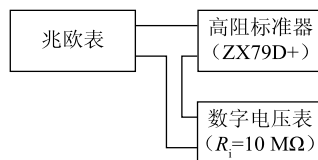


图 3 中值电阻大于 10 MΩ 测量示意框图

根据串联电阻的分压关系可得

$$u_s = u_{zo} \times \frac{R_i}{R_b + R_i}$$

经过变换可得

$$u_{zo} = u_s \times \frac{R_b + R_i}{R_i} \quad (1)$$

式中: u_{zo} 为兆欧表的中值电阻端钮电压, V; u_s 为数字电压表的测量值, V; R_b 为高阻标准器的电阻值, MΩ; R_i 为数字电压表的输入阻抗, MΩ。

根据上述原理, 可以设计一种较为通用的测量方法, 如图 4 所示。将高阻标准器、一个分压电阻 R_f 串联接到兆欧表的端钮上, 数字电压表连接到分压电阻两端。分压电阻阻值取 1 MΩ, 设置数字电压表的输入阻抗大于 1000 MΩ, 如 34401 数字多用表输入电阻可以设置为大于 10 GΩ, 或分压电阻阻值取 1.11 MΩ, 设置数字电压表的输入阻抗为 10 MΩ, 调节高阻标准器, 使被测兆欧表指示值为中值电阻值, 读取数字电压表的测量值, 按式(1)计算中值电阻端钮电压。其中 $R_i = R_f = 1$ MΩ。由于高阻标准器的分压作用, 使 1 MΩ 分压电阻的电压降不大于 50 V, 满足一般精密电阻的使用技术条件, 为了减小测量误差和减少测量不确定度分析的繁琐, 分压电阻的误差不大于 $\pm 0.1\%$ 。该方法是一种通用的测量方法, 其中值电阻最小值为 1 MΩ, 电压最高测量值一般可以测量到高阻标准器的最高电压使用上限。

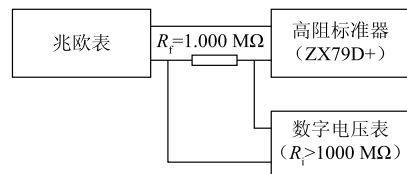


图 4 端钮电压测量方法示意图

开路端钮电压的测量可根据实际情况, 采用图 3 或图 4 所示方法。测量时调节高阻标准器的阻值, 使被检模拟兆欧表的示值超出最高有数字的刻度, 电子式兆欧表按规定要求显示示值, 读取数字电压表的测量值, 仿照中值电阻端钮电压的计算方法, 按式(1)计算开路端钮电压。在实际测量过程中, 难以使兆欧表

3 测量不确定度分析

使用高阻标准器与数字表串联的工作方式时，电压测量不确定度来自于数字电压表的测量误差、高阻标准器阻值误差、分压电阻的阻值误差、数字电压表的输入阻抗误差，以及测量的重复性。数字表的输入阻抗误差不大于 $\pm 0.1\%$ ，分压电阻的误差为 $\pm 0.1\%$ ，高阻标准器的误差范围为 $\pm (0.2\% \sim 1.0\%)$ 。数字表的输入阻抗和高阻标准器的误差是电压测量不确定度的主要来源，其他可以忽略不计。经过合成后最大约为 $\pm 1.2\%$ 。所以满足检定规程测量误差小于 $\pm 1.5\%$ 的要求。当高阻标准器的误差大于 $\pm 1.0\%$ 时，测量不

[8] Passaro A, Biagioni L, Lagraff. Fast Acting Probe for Measurement of Turbulent Pressure and Temperature Fluctuations in a Gas Turbine Combustor [C]//44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. Reno, NV: AIAA, 2006: 1-16.

[9] 王高, 徐兆勇, 周汉昌. 基于蓝宝石光纤传感器的瞬态高温测试及校准技术[J]. 光电子激光, 2005, 16(4): 441-443.

[10] Lisa C Martin, John D Wrbanek, Gustave C Fralick. Thin Film Sensors for Surface Measurements [R]. Cleveland: NASA-Glenn Research Center. 2001: 1-7.

采用该方法测试过 50 台模拟式兆欧表, 10 台电子式绝缘电阻表, 测试过程正常, 并且与使用 ZX124C 绝缘电阻表多功能试验箱的测量结果相比较, 测量结果基本一致。用该方法和 ZX124C 测量上级计量标准量值, 测量值如表 1 所示。

量程	上级标准值	ZX124C	本方法
250	250.0	250.8	251.2
500	500	502	501
1000	2500	5000	1000
2500	5000	1004	2514
5020	1003	2513	5018

该方法使用一台高阻标准器和一台通用的数字电压表完成兆欧表主要技术指标的测试,测试原理科学,测试过程中均使用标准计量器具。经过实际使用证明,实用性强,操作方便,测量准确度高,减低了成本,提高了设备的使用率,测量方法与计量检定规程不冲突,是一种值得推广的测试方法。

- [1] 杨会民, 陈琚, 薛冰. 绝缘电阻表的检定、校验及维修[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2011(5): 46-48.
- [2] 赵应林. 探究万用电表欧姆挡的中值电阻[J]. 中国教育技术装备, 2010(5): 99.
- [3] 申莉, 李俊, 曹作群. 电子式绝缘电阻表测量不确定度的分析与评定[J]. 电测与仪表, 2010(8): 146-149.
- [4] 李树松. 绝缘电阻表(兆欧表)测量不确定度评定报告[J]. 江苏现代计量, 2013(12): 36-38.

- [11] Lecordier J C, Dupont A, Gajan P, et al. Correction of temperature fluctuation measurements using cold wires [J]. J. Phys. E: Sci. Instrum. , 1984, 17: 307 – 311.
- [12] Gilad Arwatz, Carla Bahri, Alexander J Smits, et al. Dynamic calibration and modeling of a cold wire for temperature measurement[J]. Meas. Sci. Technol. , 2013, 24: 1 – 11.
- [13] 国家技术监督局. JJF 1049-1995 温度传感器动态响应校准[S]. 北京: 中国计量出版社, 1995.
- [14] Zhao Jian, Yi Wang, Wang Peng, et al. Evaluation on Rain-defense Performance of Temperature Sensors[J]. International Journal of Thermophysics, 2010, 31: 1832 – 1841.