

指针式仪表表头参数测量方法

承德市自动化计量仪器厂 李荣武

摘要 介绍了用电压源法和电流源法测表头参数(灵敏度和内阻)的方法、步骤和应用实例。并介绍了几种常用的电压源和电流源。测量精度一般可达1.5%以上。

很多仪器仪表都要用指针式微安表或毫安表作指示器。例如万用电表、各种变换器式电表、指针式温度计、粮食含水量测试仪等等。人们通常把作指示器的这种微安表或毫安表称做表头。

如果想利用一只表头构成一种新用途的仪表,或者修理改造用表头作指示器的仪器仪表,必须首先应知道表头的二个最重要参数:灵敏度和内阻。

关于测定表头参数,以前曾有过一些报导和介绍,其中测灵敏度主要是用串联标准表对比法。而测内阻方法则更为复杂些,因为在不知表头参数情况下,不能直接用欧姆表去测表头的内阻。因欧姆表(或万用表欧姆量程)是有源的,用它测一个灵敏度较高的表头内阻时有时会把表头线圈烧坏。

电子技术的发展及新型电子元器件的出现,为测量表头的参数开辟了简单而有效的途径。本文介绍的二种方法就是在这方面的尝试。二种方法的共同特点是不用标准表,电路简单,费用很少,效率高,每种方法既能测表头灵敏度,也能测内阻。

一、电压源法

电压源是端电压保持规定的值而不随通过它的电流大小而变化的二端元件,其内阻为零。

电压源法所需要的器件为一个电压源,一只可变电阻器(最好是五位以上十进电阻箱)。

电路接线见图1。

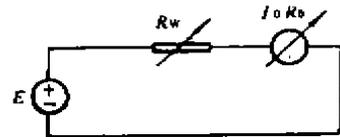


图1 电压源法原理图

其中电压源的电压 E 是已知的。

1. 测量方法

按图1接线,注意开始接通电源前, R_w 应调到最大位置,以免表头过载。具体步骤很简单:

(a)调十进电阻箱 R_w ,使表头满偏转,记下此时电阻箱的值,记作 $R_{w\text{满}}$ 。

(b)调 R_w ,使表头偏转一半刻度,如满度为200,应使指针指在100刻度上,将此时十进电阻箱的值记为 $R_{w\text{半}}$ 。

如果没有十进电阻箱,用的是可调电阻器时,则需用万用表欧姆量程测出 $R_{w\text{满}}$ 及 $R_{w\text{半}}$ 值。

以上测试完毕,就可以通过很简单的计算求出表头参数。设表头内阻为 R_0 ,灵敏度为 I_0 。

由欧姆定律,在步骤(a)、(b)分别可写出:

$$(R_{w\text{满}} + R_0)I_0 = E \quad (1)$$

$$(R_{w\text{半}} + R_0) \frac{I_0}{2} = E \quad (2)$$

因为(1)式=(2)式,即

$$(R_{w\text{满}} + R_0)I_0 = (R_{w\text{半}} + R_0) \frac{I_0}{2} \quad (3)$$

$$\text{由(3)式可得: } R_0 = R_{w\text{半}} - 2R_{w\text{满}} \quad (4)$$

用(4)式即求出了表头内阻,它是使表头半偏转时的电阻箱阻值 $R_{w\text{半}}$ 减去使表头满偏转时的电阻箱的阻值的二倍所得的差。

有了内阻 R_0 ,将它代入(1)式,因 E 是已知

的,即可求出 I_0 :

$$I_0 = \frac{E}{R_{\text{调}} + R_0} \quad (5)$$

现举一具体实例,说明此方法的应用。

按图 1 接线,其中电压源 E 为 1.5V, R_0 可调范围是 0~9999 Ω 。

按步骤(a),记下 $R_{\text{调}} = 14\text{k}\Omega$

按步骤(b),记下 $R_{\text{半}} = 29\text{k}\Omega$

按(4)式计算内阻 $R_0 = R_{\text{半}} - 2R_{\text{调}}$
 $= 29 - 2 \times 14 = 1\text{k}\Omega$

按(5)式计算灵敏度 $I_0 = \frac{1.5}{14+1} = 0.1\text{mA} = 100\mu\text{A}$

上面所述电压源 E 是理想电压源,即其内阻为零。实际上,理想电压源是不存在的,但在所要求的测表头参数应用中,实际电压源内阻如果比表头内阻小二个数量级以上,就完全能满足使用的需要了。可以用三种实际电压源来代替理想电压源而不会产生不允许的测量误差。

2. 三种常用的电压源

(1)三端集成稳压电源 国内外各厂家出产的 78 \times \times 系列,例 7805,输出端接上 10V 以上未稳直流电压,输出端就产生 5V 左右的恒定电压,其内阻一般在 1 欧以内,可以把它当作一个电压源使用。78 \times \times 系列集成稳压源很便宜,价格在 3 元左右一只。

(2)用稳压二极管代替理想电压源 稳压二极管内阻很小,合理接入电路后,它二端的电压几乎不随温度和负载电阻改变而变化。国产的 2DW7C(2DW234)性能很好,价格也很低。用一节电池,一只限流电阻及一个 2DW7C 就可以构成一个电压源。图 2 示出了以 2DW7C 作电压源的表头参数测定电路。还必须补充一点,每个 2DW7C 的稳压值略有差别。使用时,先用精度高些的电压表测定一下。

(3)用干电池作电压源 在要求不高的场合下,新的干电池也可作为电压源来使用,新干电池内阻一般在 1 欧以内。但要注意,随着使用时间的变化、内部能量的消耗,干电池的电压不断下降,内阻逐渐增加。当 1.5V 干电池电压下

降到 1.4V 时,就不能用它作电压源了。而图 2 中的 9V 干电池下降到 7V 时也还一样可用,因为电压的变化被 3k Ω 电阻所吸收,2DW7C 两端

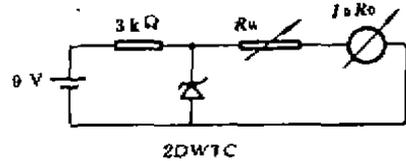


图 2 用稳压二极管作电压源的表头参数测定电路

电压仍然为 6V 左右不变。

电压源法测表头参数的主要误差是被测表头刻度的线性误差。大家知道,表头都是磁电系的。磁电系表头,尤其是外磁式的,刻度很均匀,刻度的线性度很好。因此,用电压源法测表头参数精度是不低的,误差一般不低于 1.5%。

二、电流源法

电路图如图 3 所示,也只需二个外接器件,一个是电流值已知的电流源 I ,另一个是五位十进电阻箱 R_0 (或可变电阻器)。表头参数仍以 I_0 、 R_0 表示。

电流源是这样一种电源,由它产生而流入电路的电流总是保持恒定的值 I ,而与电流源两端的电压无关。与电压源一样,理想电流源也是不存在的,但在不同情况下,一些实际电流源可以在测量精度或使用条件允许时,认为可以完全代替理想电流源。

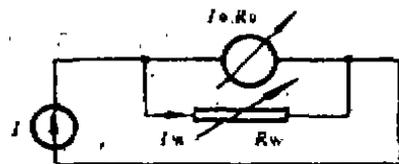


图 3 电流源法

1. 用电流源法测量表头参数步骤

(1)调节 R_0 (电路刚接通时, R_0 应处于阻值最小状态,以免表头过载),使表头满偏,记下此时的阻值,用 $R_{\text{满}}$ 表示。

(2)调节 R_0 ,使表头指针转到标尺满刻度的一半,记下此时的阻值,用 $R_{\text{半}}$ 表示。

(3)按下面的简单推导所得出的公式来计

5. 出表头的灵敏度 I_0 及内阻 R_0 。

由步骤(1)并参照图 2 可得:

$$I_0 R_0 = I_0 R_{\text{调}} = (I - I_0) R_{\text{调}} \dots (6)$$

由步骤(2), 有

$$\frac{1}{2} I_0 R_0 = (I - \frac{1}{2} I_0) R_{\text{调}} \quad (7)$$

(7)式两端乘 2, 即与(6)式相等, 即:

$$(I - I_0) R_{\text{调}} = 2 R_{\text{调}} (I - \frac{1}{2} I_0) \quad (8)$$

由(8)式可得表头灵敏度的表达式:

$$I_0 = \frac{I(R_{\text{调}} - 2R_{\text{调}})}{R_{\text{调}} - R_{\text{调}}} \quad (9)$$

将 I_0 值代入(6)式, 即得表头内阻 R_0 的计算公式:

$$R_0 = \frac{(I - I_0) R_{\text{调}}}{I_0} \quad (10)$$

现举例说明此方法的应用。

选定一个 $I = 400 \mu\text{A}$ 的电流源, 将表头、五位电阻箱 $R_{\text{调}}$ 与电流源按图 3 所示电路连接。按步骤(1), 调 $R_{\text{调}}$, 使表头满偏转, 记下 $R_{\text{调}} = 1.5 \text{ k}\Omega$; 按步骤(2), 调 $R_{\text{调}}$, 使表头半偏, 记下 $R_{\text{调}} = 300 \Omega$, 将所知的值代入公式(9), 求出 I_0 :

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{400(1500 - 2 \times 300)}{1500 - 300} \\ &= 300 \mu\text{A} \end{aligned}$$

将 I_0 值代入式(10), 可算出内阻 R_0 :

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{I - I_0}{I_0} R_{\text{调}} \\ &= \frac{400 - 300}{300} \times 1500 = 500 \Omega \end{aligned}$$

测量精度与电压源法一样, 主要决定于被

测表头的线性度, 一般可达 1.5% 以上。

2. 常用的三种电流源

(1) 最方便的电流源是数字万用表欧姆量程所具备的电流源。大多数数字万用表测电阻的原理是将一恒定电流通过被测电阻, 而数字表所显示的实际上是被测电阻两端的电压, 由于电流一定, 所以这显示的电压值可以代表电阻的大小。对于不同的量程, 内部恒流源(电流源)大小是不一样的。在数字万用表的说明书上, 各电阻量程的电流源值是给出的。使用方法是量程开关转到所选定电流源值的那个欧姆量程上, 此时连接测电阻的两接线端就可以得到所需要的值的电流源了。

(2) 用稳流二极管作电流源。国产的 2DH, 3DH 系列稳流二极管与直流电源串连, 可以很方便地构成电流源。可以根据所测表头情况, 选稳流管型号规格, 例如所测表头 I_0 在 $200 \mu\text{A}$ 以内, 可以选 2DH4 ($I = 300 \sim 400 \mu\text{A}$), 要注意每个稳流管稳流值是不一样的, 使用前应先准确测定记下。

(3) 用场效应管构成简单电流源。如果想得到自己预选定的值的可以调节的电流源, 可以用场效应管及电位器通过简单连接所构成的电流源, 这方面的电路, 《电测与仪表》刊物有过多篇介绍, 这里不再赘述。

参 考 文 献

1. 简单适用的袖珍场效应管恒流源. 电测与仪表, 1975, No. 12 (姜玉红 编发)

(上接 17 页)

交叉灵敏度对输出信噪比的影响。用微机进行信号处理固然是一种提高信噪比的方法, 更彻底的办法是降低光纤干涉仪的交叉灵敏度来实现。如通过使两个干涉臂尽量等光程而产生共模抑制; 在光纤上涂敷对声、振动等退敏的材料等。这正是我们下一步要解决的问题。可以预料, 这个问题解决后, 光纤干涉磁强计的灵敏度再提高几个数量级不是一件难事, 这将使之更

有吸引力。光纤干涉磁强计是一种新型测量手段, 其固有特点和已表现出的优点决定它必将在弱磁测量领域中大显身手。

参 考 文 献

- 1 T. G. Gullerenz et al, IEEE J. Q. E Vol. QE-18, No. 4 P. 626, 1982
- 2 叶培大著, 光纤理论, 知识出版社
- 3 王龙甫著, 弹性理论, 科学出版社
- 4 J. D. Livingston, phys. stat. sol. vol. 70, pp. 591, 1982 (康广庸 编发)