

运用电位器研究电阻大小对限流电路的影响

陶学明

(浙江省湖州中学 浙江 湖州 313000)

(收稿日期:2016-03-15)

摘要:使用指针多圈电位器替代滑动变阻器接入限流电路,通过对实验数据、图像分析,说明负载电阻越大,路端电压变化越均匀.同时利用传统滑动变阻器实验数据作对比,得出相似的结论.

关键词:指针多圈电位器 限流电路 滑动变阻器

1 前言

在高中物理课本上研究限流电路和分压电路时,往往运用滑动变阻器或者电阻箱来连接电路,通过调节滑动变阻器或改变电阻箱的阻值来实现输出的电流或者电压发生改变.但是在电学里面还有一样仪器也可以实现类似的功能,而且在高中物理实验室里也有,那便是电位器.

2 电位器简单介绍

电位器(Potentiometer)是可变电阻器的一种.通常是由电阻体与转动或滑动系统组成,即靠一个动触点在电阻体上移动,获得部分电压输出.电位器的作用——调节电压(含直流电压与信号电压)和电流的大小.

笔者用的是WXD2-53型指针多圈电位器,外形如图1所示.



图1 电位器的外形

电位器的读数盘如图2所示,采用螺旋形10圈调节,带长短指针指示调节的角度,旋转1圈,长针转 360° (1圈),短针转1格.如图2指针位置表示BC端电阻(结合图3)是2.60圈,是AC端全电阻10圈的26%.我们定义:BC端电阻 R_{BC} 与全电阻 R 的比

值为电位器的电阻比 k ,即 $k = \frac{R_{BC}}{R}$.图2中电位器的电阻比 $k = 0.26$.



图2 电位器的读数盘

3 用WXD2-53型指针多圈电位器研究限流电路实验

3.1 实验原理

连接限流电路,如图3所示,电压传感器可以测出负载电阻 R_L 两端的电压 U_L ,调节电位器的电阻比 k 可调节回路中的电流 $I = \frac{U_L}{R_L}$.

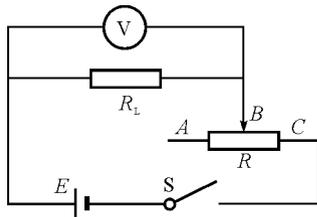


图3

定义:回路中的电流 I 与最大电流 I_m 之比为限流电路的限流比 S ,即 $S = \frac{I}{I_m}$.公式中 I_m 回路中的最大电流.

定义:负载电阻 R_L 与电位器全电阻 R 之比

$$\beta = \frac{R_L}{R}$$

3.2 实验目的

现研究不同 β 下 S 与 k 的关系曲线.

3.3 实验过程和数据处理

(1) 根据图3连接电路,用DIS实验装置中的电压传感器连接电阻箱两端,将电阻箱调到 $100\ \Omega$ ($\beta=0.1$),调节电位器电阻比 $k=1.00$,闭合开关S.在DIS的“教材通用软件”界面下进入数据表格,选择手动记录,记录下电压传感器的读数.依次改变 $k=$

$0.95, k=0.90, k=0.85, k=0.80, k=0.75, k=0.70, k=0.65, k=0.60, k=0.55, k=0.50, k=0.45, k=0.40, k=0.35, k=0.30, k=0.25, k=0.20, k=0.15, k=0.10, k=0.05, k=0$,记录对应的电压传感器读数.

(2) 将实验数据导入到Excel表格中(表1).

(3) 分别改变电阻箱阻值为 $500\ \Omega$ ($\beta=0.5$)、 $1\ 000\ \Omega$ ($\beta=1$)、 $2\ 000\ \Omega$ ($\beta=2$),重复上述步骤(1)和(2).

表1 限流电路实验数据

k	$\beta = 0.1$		$\beta = 0.5$		$\beta = 1$		$\beta = 2$	
	U_1/V	S	U_1/V	S	U_1/V	S	U_1/V	S
1.00	0.137	0.094	0.500	0.328	0.756	0.491	1.016	0.658
0.95	0.143	0.098	0.517	0.339	0.774	0.503	1.033	0.669
0.90	0.150	0.103	0.536	0.351	0.795	0.516	1.051	0.681
0.85	0.158	0.108	0.556	0.365	0.818	0.531	1.070	0.693
0.80	0.167	0.114	0.578	0.379	0.841	0.546	1.089	0.705
0.75	0.177	0.121	0.601	0.394	0.866	0.562	1.111	0.720
0.70	0.187	0.128	0.626	0.410	0.893	0.580	1.131	0.733
0.65	0.201	0.137	0.654	0.429	0.921	0.598	1.153	0.747
0.60	0.214	0.146	0.684	0.449	0.950	0.617	1.176	0.762
0.55	0.230	0.157	0.717	0.470	0.981	0.637	1.199	0.777
0.50	0.249	0.170	0.754	0.494	1.014	0.658	1.225	0.793
0.45	0.272	0.186	0.793	0.520	1.050	0.682	1.251	0.810
0.40	0.298	0.204	0.838	0.550	1.087	0.706	1.277	0.827
0.35	0.332	0.227	0.889	0.583	1.129	0.733	1.306	0.846
0.30	0.373	0.255	0.946	0.620	1.175	0.763	1.336	0.865
0.25	0.428	0.293	1.010	0.662	1.224	0.795	1.367	0.885
0.20	0.498	0.340	1.082	0.710	1.276	0.829	1.399	0.906
0.15	0.598	0.409	1.172	0.769	1.335	0.867	1.434	0.929
0.10	0.749	0.512	1.272	0.834	1.398	0.908	1.469	0.951
0.05	1.004	0.686	1.391	0.912	1.469	0.954	1.508	0.977
0.00	1.463	1.000	1.525	1.000	1.540	1.000	1.544	1.000

(4) 在Excel表格中,整理步骤(1)~(3)的实验数据,利用公式计算不同 β 下的 S 值,在Excel表格中插入“带平滑曲线和数据标记的散点图”(如图4).

3.4 数据结论

从图4中,我们可以看到:

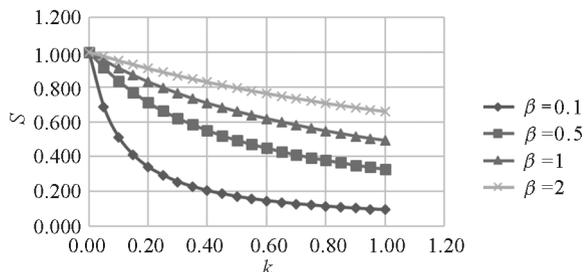


图4 限流电路 $S-k$ 关系图像

1) 在限流电路中, S 随 k 的增大而减小,

2) 限流电路电流调不到零.

3) β 越小, 调节范围越大, 但调节非线性越大(可操作性差). β 越大, 调节范围越小, 但调节越接近线性(可操作性好). 故在满足调节范围的前提下, β 宜选大些好.

4 传统高中物理课堂实验的推导和讨论

在高中物理课本中并未出现此类实验, 大多限流电路都是采用传统的滑动变阻器^[2].

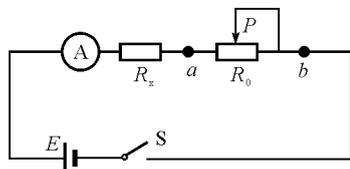


图 5

如图 5 所示为限流电路, 电流表、电源作理想处理(或它们内阻可等效在 R_x 中), 滑片 P 在某位置时, 电路中的电流表达式为

$$I_x = \frac{E}{R_x + R_{aP}}$$

设 $I_0 = \frac{E}{R_0}$, $k = \frac{R_x}{R_0}$, $x = \frac{R_{aP}}{R_0}$ (很明显 $x \leq 1$), 则上式分子、分母同时除以 R_0 有

$$I_x = \frac{I_0}{k + x}$$

对上面的式子进行讨论^[1]:

(1) 当 k 很大时, 尽管在图 6 中 $I_x - x$ 图像线性较好, 但是电路中电流变化很小, 滑动变阻器对电流起不到很好的控制作用. 所以, 在这个实验中不采用这样的变阻器.

(2) 当 k 很小时, 图 6 所示的 $I_x - x$ 图像线性较差, 特别是当 x 趋向于零时, 电流变化很大, 且电流变化范围宽, 因此, 在这个实验中为了使得电流变化范围更加宽, 又可使电路中的电流变化较均匀, 就要做到: 在限流电路中 R_0 并不是越大越好, 而应使其最大值在 R_x 的 2 ~ 5 倍之间最好.

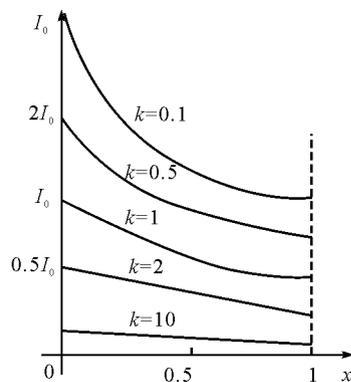


图 6

5 设计的实验与高中教材上的对比与借鉴

这两种实验都是采用限流电路进行数据记录的, 但是都能得到类似的图像和结论, 即在限流电路中, 滑动变阻器或者电位器选择阻值略大点的时候, 电流 I 随着滑动变阻器或者电位器变化线性程度越好, 更好地满足我们在实验中对 I 或 U 数据分布均匀的需要.

参考文献

- 1 陶学明. 滑动变阻器在分压和限流电路中的选择方法. 中学生数理化(高二版), 2012(9): 18 ~ 19
- 2 新概念高中物理读本(第二册). 北京: 人民教育出版社, 2007

Effect of Resistance on Current Limiting Circuit by Using Potentiometer

Tao Xueming

(Huzhou high school, Zhejiang Province, Huzhou, Zhejiang 313000)

Abstract: Using a pointer multi turn potentiometer alternative sliding rheostat access current - limiting circuit. Through the analysis of experimental data, image, illustrate the load resistance is large, terminal voltage variation is more uniform. Comparison of the experimental data using traditional sliding rheostat to make, come to similar conclusions.

Key words: pointer multi turn potentiometer; current - limiting circuit; sliding rheostat