

限流和分压电路多功能演示仪

程 柏

(新疆兵团第七师高级中学 新疆 伊犁 833200)

(收稿日期:2019-10-24)

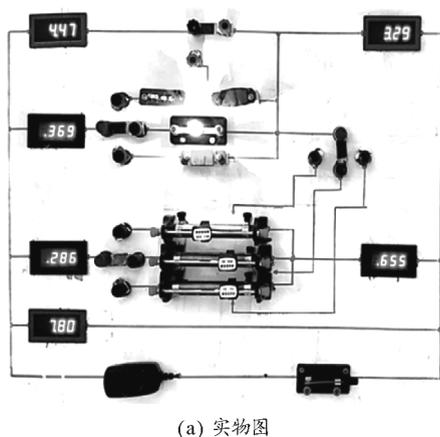
摘 要:限流和分压电路是高中物理控制电路的两种基本形式,也是高考的重点内容.但初学的学生在认知限流和分压电路的结构及变化规律时往往是含糊不清、朦朦胧胧,导致实验题目画电路图、实物连线以及选择仪器上容易出错.根本原因还在于教学过程中,教师如果只是理论讲解,而没有与电路图相对应的真实实验装置演示,导致学生学习头脑中没有清晰的电路表象,难以将“串并联电路的规律”整合、灵活应用,只是听完但印象不深,无法洞察电路规律变化的本质.因此,制作教具“限流、分压电路多功能演示仪”使得限流、分压电路规律动态演示可视化,通过比较,了然两种电路的优缺点,增强理论思维背后心理的确定性.

关键词:限流 分压 滑动变阻器接法

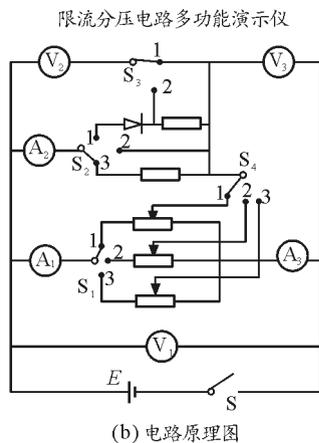
1 教具装置介绍

如图1所示,在长107 cm、宽58 cm的木板右侧画出限流、分压电路图,左侧对应地将稳压电源(8

V)、开关、数字电流表、电压表,滑动变阻器 $5\ \Omega$ 、 $20\ \Omega$ 、 $50\ \Omega$,小灯泡(9 V, 0.37 A),红色发光二极管及串联的定值电阻($225\ \Omega$),自制定值电阻 $62\ \Omega$ 固定在木板上.



(a) 实物图



(b) 电路原理图

图1 教具装置图

2 电路设计

(1) 将限流、分压电路整合在一起:如图2所示,当 S_2 断开时为限流电路, S_2 闭合时为分压电路,通过对比让学生认清两种电路结构不同.

(2) 功能拓展:使得负载元件可以选择定值电阻、小灯泡、发光二极管;滑动变阻器可选择 $5\ \Omega$ 、 $20\ \Omega$ 、 $50\ \Omega$ 3种量程.

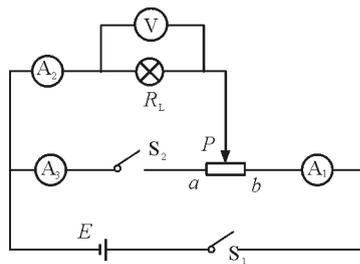


图2 限流、分压电路整合电路图

图3为实验装置电路图。开关 S_1 断开,不接触1,2,3触点,即采用滑动变阻器限流式接法;对应开关 S_4 接触点1时,接入滑动变阻器 $50\ \Omega$;对应开关 S_4 接触点2时,接入滑动变阻器 $20\ \Omega$;对应开关 S_4 接触点3时,接入滑动变阻器 $5\ \Omega$ 。

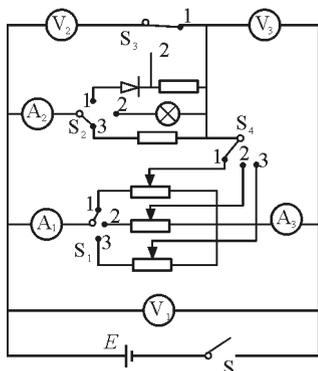


图3 实验装置电路图

当开关 S_1 闭合,则采用滑动变阻器分压式接法; S_1, S_4 闭合于对应的1处,采用滑动变阻器 $50\ \Omega$ 分压接法; S_1, S_4 闭合于对应触点2时,采用滑动变阻器 $20\ \Omega$ 分压接法; S_1, S_4 闭合于对应的3处,采用滑动变阻器 $5\ \Omega$ 分压接法。

3 功能用途展示

3.1 演示限流接法时 电流电压的变化规律

将电路图图3中的开关 S_1 断开;开关 S_2 闭合至触点2,接入灯泡负载;闭合开关 S_3 至触点1;闭合开关 S_4 至触点2,接入滑动变阻器 $20\ \Omega$;呈现限流电路如图4所示。

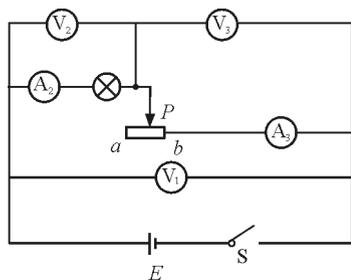


图4 限流电路图

滑片先置于最左端,闭合开关 S ,将滑片从最左边缓慢地移动至最右边,观察灯泡的发光情况,记录电流表 A_2, A_3 和电压表 V_2, V_3 的数据变化,发现 $I_2 = I_3$ 且最小电流不为零; $U_1 = U_2 + U_3$ 串联分压的规律。

3.2 探究分压接法的电路结构

将图3中的开关 S_1 闭合至触点2;开关 S_2 闭合

至触点2,接入灯泡负载;闭合开关 S_3 至触点1;闭合开关 S_4 至触点2,接入滑动变阻器 $20\ \Omega$;呈现分压电路如图5所示。

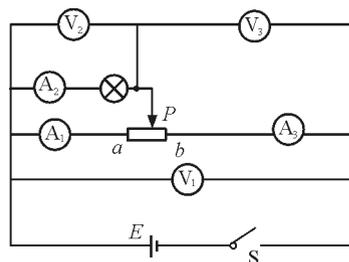


图5 分压电路图

闭合开关 S ,将滑片从最左边缓慢地移动至最右边,记录各电表的示数,容易观察到:

(1) 当滑片置于最左端 a 时,电流表 A_2 示数、电压表 V_2 示数几乎为零,即通过灯泡的电流和两端的电压均几乎为零;

(2) 滑片 P 在由 a 到 b 的过程中,电流表 A_2, A_3 示数均在增加,且恒有电流表 A_3 示数等于电流表 A_1 与电流表 A_2 示数之和,电压表 V_2, V_3 的示数恒等于电压表 V_1 的示数,即分压接法电路的结构为灯泡和滑动变阻器 aP 部分并联,再与 Pb 部分串联。

3.3 限流和分压电路的调压范围对比

实验发现:限流接法,灯泡电压 V_2 调节范围在 $2.75 \sim 6.71\ \text{V}$;而采用分压接法,灯泡电压 V_3 调节范围在 $0.30 \sim 6.40\ \text{V}$;显然分压式接法,对负载灯泡电压调节范围要大。

3.4 分压式接法选择总阻值不同的滑动变阻器对负载电阻调压效果比较

先将图3中开关 S_2 闭合至触点3,接入定值电阻 $62\ \Omega$,闭合开关 S_3 至触点1.分别接入滑动变阻器 $50\ \Omega, 20\ \Omega, 5\ \Omega$;将滑片从最左边缓慢移动至最右边,观察电阻负载中电流、电压的变化,对比体会调压的便捷性和精确性。

实验发现:使用总阻值为 $50\ \Omega$ 的滑动变阻器时,右移滑片过程中,开始定值电阻两端电压增加很缓慢,但增大到某一值时,其增长的幅度骤然变大,想把电压调节某一确定值就很困难,而换做滑动变阻器 $5\ \Omega$,电压随 R_{aP} 变化均匀,呈现较好的线性关系。

如图6所示,教师可以从理论上说明,滑动变阻器总阻值越小于负载电阻 R 的值,移动滑片时负载电压变化的线性程度越好、越方便读数。

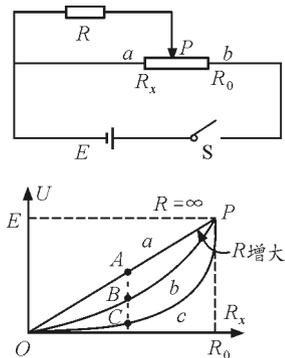
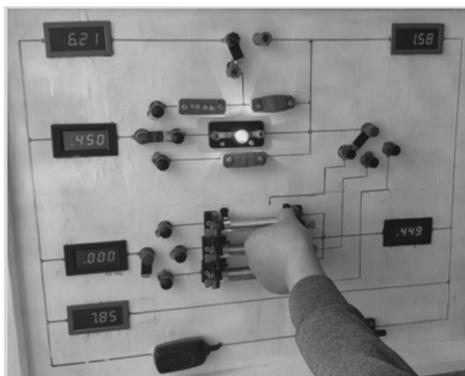


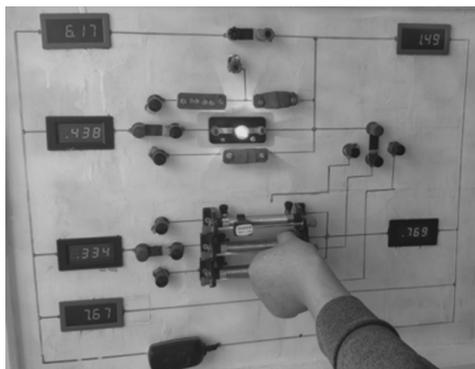
图6 总阻值不同滑动变阻器对负载电阻调压效果理论说明图

3.5 限流电路和分压电路的能耗对比

对灯泡选择滑动变阻器 $20\ \Omega$, 如图 7(a) 所示: 采用限流电路, 在调节滑动变阻器的滑片使得灯泡两端电压约为 $6.2\ \text{V}$ 情况下, 记录下干路电流表 A_3 示数约为 $449\ \text{mA}$ 和路端电压 V_1 的示数为 $7.85\ \text{V}$; 如图 7(b) 所示: 采用分压电路, 在调节滑动变阻器的滑片使得灯泡两端电压约为 $6.2\ \text{V}$ 情况下, 记录下干路电流表 A_3 示数约为 $769\ \text{mA}$ 和路端电压 V_1 的示数为 $7.67\ \text{V}$; 不难发现分压式接法耗能更大, 所以在两种接法调节灯泡电压都可行的情况下, 优先考虑限流式接法, 更方便, 更节能。



(a) 限流电路



(b) 分压电路

图7 限流电路与分压电路的能耗对比实验

3.6 对动态电路的规律演示

(1) 对于图 3 限流式电路, 当滑片向右滑动时, 变阻器 R_{pb} 阻值变小, 实验观察到电流表 A_2, A_3 , 电压表 V_2 示数在变大, 而电压表 V_1, V_3 示数变小; 验证了“串反并同”规律。

(2) 将图 3 中的开关 S_1 闭合至触点 2; 开关 S_2 闭合至触点 3, 接入定值电阻 $62\ \Omega$; 闭合开关 S_3 至触点 1; 闭合开关 S_4 至触点 2, 接入滑动变阻器 $20\ \Omega$; 呈现分压电路如图 8 所示。

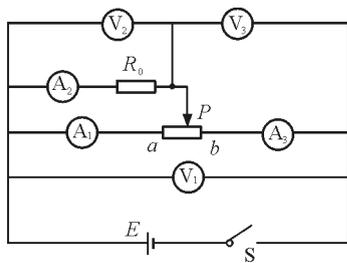


图8 动态电路规律演示电路图

问: 当把滑片从 a 向 b 移动时, 各个电表如何变化? “串反并同”的规律还适用么?

设电路 ab 两点间的总电阻为 R_{ab} , 定值电阻记为 R_0 , 滑动变阻器总阻值记为 R , 由串并联电路的性质可知

$$R_{ab} = R - R_{Pa} + \frac{R_{Pa}R_0}{R_{Pa} + R_0} =$$

$$R - \frac{R_{Pa}^2}{R_{Pa} + R_0} = R - \frac{R_{Pa}}{1 + \frac{R_0}{R_{Pa}}}$$

当 $R_{Pa} \downarrow \rightarrow R_{ab} \downarrow \rightarrow I_3 \uparrow \rightarrow U_{内} \uparrow \rightarrow U_1 \downarrow$;

$$I_2 = \frac{R_{aP}}{R_{aP} + R_0} = \frac{1}{1 + \frac{R_0}{R_{aP}}}$$

由并联分流可知:

当 $R_{aP} \uparrow \rightarrow I_2 \uparrow \rightarrow U_2 \uparrow = I_2 \uparrow R_0 \rightarrow U_3 \downarrow = U_1 \downarrow - U_2 \uparrow$; 唯有电流表 A_1 的示数变化不能确定。

因为无论是 $I_1 = \frac{U_2 \uparrow}{R_{aP} \uparrow}$, 还是 $I_1 = I_3 \uparrow - I_2 \uparrow$ 均无法断定。此时, 还有比做实验更好的办法来确认么? 事实上, 当实际实验演示时, 不论选用了 $50\ \Omega$, $20\ \Omega$, 还是 $5\ \Omega$ 的滑动变阻器, 实验结果通过数字表示数变化分明显示着, 电压表 V_2 示数在变大, 而电压表 V_1, V_3 示数变小, 电流表 A_2, A_3 示数在变大, 唯有电流表 A_1 示数都是先变小后变大! 惊奇之余, 是喜是忧?

这一生成的教育资源必将促进爱动脑筋的学生们去进一步思考.

3.7 功能拓展

该演示装置还可以测绘线性元件定值电阻、非线性元件小灯泡、发光二极管的伏安特性曲线,伏安法测电阻,测电源电动势和内阻等实验,可谓是多功能演示器.

4 创新要点

(1) 展示板大方稳固,线路直观简明,实物、电路图一一对应,便于观察、思考.

(2) 操作方便,效果明显.限流和分压电路整合在一起,通过自制单刀多向开关,方便实现两种电路结构和不同规格滑动变阻器以及负载元件的选择.

(3) 电流、电压表数字化,能有效动态演示,便于记录数据、发现规律.

(4) 功能丰富,可根据不同的实验目的,通过组合元件,改变电路结构,探究教学.

(上接第 81 页)

(1) 多用电表的选择开关旋至“ Ω ”区域的某挡位时,将多用电表的红、黑表笔短接,进行欧姆调零,调零后多用电表的总内阻为 $\underline{\quad}$ Ω ,某电阻接入红、黑表笔间,表盘如图 8(b) 所示,则该电阻的阻值为 $\underline{\quad}$ Ω .

(2) 若将选择开关旋至“ $\times 1$ ”,则需要将灵敏电流计 $\underline{\quad}$ (选填“串联”或“并联”)一阻值为 $\underline{\quad}$ Ω 的电阻,再欧姆调零.

解析: (1) 测量电阻时的总内阻可以由公式

$$I_g = \frac{E}{R_{\text{内}}}$$

得到

$$R_{\text{内}} = \frac{1.5 \text{ V}}{10 \times 10^{-3} \text{ A}} = 150 \Omega$$

从图 8(b) 可以看到这个表的中值电阻为 15Ω ,所以这个电路此时对应的倍率为“ $\times 10$ ”,而现在图 8(b) 的表盘读数为 6Ω ,再乘以倍率得到测量的电阻为 60Ω .

(2) 如果用“ $\times 1$ ”的倍率,则其内阻将会进一步变小,所以应当再并联一个电阻,让其内阻变得更小.此时的内阻为

$$R_{\text{内}} = R_{\text{中}} \times \text{倍率} = 15 \Omega$$

5 教育启示

物理演示实验的教育功能在于通过观察感知活动形成物理知觉,通过自觉表象活动使物理知觉上升为物理表象,再通过发生认知冲突促进认知图示的发展,由认知图示产生物理的概念和规律.区别限流、分压电路不同结构、不同规律、不同功能,就应当把电路“竖立起来”,在电路展板上显化电路图所对应的实验装置,演示限流结构和分压结构之间的转换,利用数字电表快速反应电路中各元件上的电压、电流变化规律,使得理论背后的规律动态、活泼起来,直观可视化,促进学生的科学思维和认知图示的形成.

参考文献

- 1 李展华. 简易数字化限流和分压电路演示装置[J]. 物理教学探讨, 2019(5): 51 ~ 52, 55
- 2 邢红军. 物理教学论[M]. 北京: 北京大学出版社, 2015

总电流应当为

$$I_{\text{总}} = \frac{1.5}{15} \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

所以

$$R_{\text{并}} = \frac{U_{\text{并}}}{I_{\text{总}} - I_g} = \frac{10 \text{ mA} \times 90 \Omega}{90 \text{ mA}} = 10 \Omega$$

答案: (1) 150; 60 (2) 并联; 10

4 结论

经过本文的分析探讨,结合实际电路图的对比,多用电表测电阻时并不只是一个简单的串联电路,而是通过在 G 表两端并联不同的电阻,来达到改变不同倍率的目的,倍率越大时,并联电阻会越大.正因为并入了不同电阻,所以需要电阻再次调节,使通过 G 表的电流满偏.如果我们注意了这种电路的变化,在教学中与学生一起探究多用电表测量电阻的电路图,肯定会加深对知识的理解与巩固,教学中也会起到事半功倍的效果.

参考文献

- 1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理(选修 3-1)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2010