



物理

应用欧姆定律解决动态电路问题

北京十一学校顺义学校 高金平

欧姆定律是物理学科中非常重要的规律。它反映了电流 I 、电压 U 和电阻 R 这三个电学量之间的关系,是分析解决电路问题的金钥匙,也是整个初中物理电学的核心内容。 I 、 U 、 R 三个量在串、并联两类电路中的关系如表 1 所示。

	串联电路	并联电路	
$U \xrightarrow{\text{形成}} I \xleftarrow{\text{阻碍}} R$ 电压 U 是形成电流的原因; 电阻 R 是导体本身特性, 表示对电流阻碍作用的大小。 欧姆定律: $I = \frac{U}{R}$			电路图
	$I = I_1 = I_2$ $U = U_1 + U_2$	$I = I_1 + I_2$ $U = U_1 = U_2$	电流关系 电压关系
	$R = R_1 + R_2$ $R > R_1, R > R_2$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ $R < R_1, R < R_2$	电阻关系

表 1 三量在两类电路中的关系

动态电路问题是电学中的一个重点题型,主要可分为两类。一是模型式,由于滑动变阻器滑片的移动或是电路中开关的通断,导致电路中电阻值发生变化,从而引起其他量变化。这类问题有定性分析,也有定量计算。二是情境式,通常需要明确情境中电路的结构,再开始分析变化情况,这类问题主要是定性分析。

如何解决这两类动态电路问题,下面笔者逐一举例说明。

类型一:模型式动态电路问题

变化问题可从不变量入手,一般按照“局部—整体—局部”的顺序进行分析,主要依据欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 和串并联电路中电流、电压的关系进行分析和计算。

1. 由于滑动变阻器滑片的移动引起的变化

【例 1】 如图 1 所示电路,电源两端电压为 4.5V 且恒定。电流表的量程为 0~0.6A,电压表的量程为 0~3V,小灯泡规格为“2.5V 0.5A”(假设灯丝阻值不变),滑动变阻器规格为“20Ω 1A”。闭合开关,向右移动滑动变阻器的滑片 P,保证电路中各元件都不超出额定值,判断下列说法是否正确。

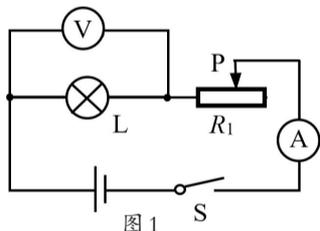


图 1

- (1) 电路中的总阻值变小
- (2) 电流表示数变大
- (3) 电压表示数变小
- (4) 电流表示数变化范围是 0A~0.5A
- (5) 电压表示数变化范围是 0.9V~2.5V
- (6) 滑动变阻器连入电路的阻值变化范围是 4Ω~20Ω

【解析】 首先明确不变量,本题中的不变量是电源两端电压和小灯泡灯丝的阻值;然后从局部开始分析,滑片 P 移动导致电阻如何变化? 这样的局部变化会引起整个电路中电阻、电流或电压如何变化? 最后再分析局部某个元件的电流、电压如何变化。本题中滑片 P 向右移动,滑动变阻器连入电路中的阻值 R_1 变大,根据串联电路电阻关系 $R_{\text{总}} = R_1 + R_L$ 可知, $R_{\text{总}}$ 变大,所以(1)错误;再根据欧姆定律,电路中的电流 $I = \frac{U}{R_{\text{总}}}$,电源两端电压 U 不变, $R_{\text{总}}$ 变大,电流 I 变小,所以电流表示数变小,(2)错误;电压表

测量小灯泡两端的电压 U_L ,小灯泡灯丝的阻值不变,又根据欧姆定律 $U_L = IR_L$, R_L 不变, I 变小,所以 U_L 变小,即电压表示数变小,(3)正确。

电流表示数变化范围、电压表示数变化范围、滑动变阻器连入电路的阻值变化范围三个要一起综合考虑。第一步找到“限制条件”,根据小灯泡规格为“2.5V 0.5A”和滑动变阻器规格为“20Ω 1A”可以确定,电路中电流最大值是 0.5A,小灯泡两端电压最大值是 2.5V,此时滑动变阻器两端电压是 2V,滑动变阻器连入电路的阻值为 4Ω,即确定了滑片 P 向左移动的最远位置。第二步用前三问的思路确定滑片向右移动的最远位置, P 向右移动,滑动变阻器连入电路中的阻值 R_1 变大,电流 I 变小, U_L 变小,当滑动变阻器连入电路中的阻值为 20Ω 时, $R_{\text{总}} = R_1 + R_L = 20\Omega + 5\Omega = 25\Omega$,电路中电流 $I = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{4.5V}{25\Omega} = 0.18A$,电流表示数变化范围是 0.18A~0.5A,(4)错误。

小灯泡两端电压 $U_L = IR_L = 0.18A \times 5\Omega = 0.9V$,即电压表示数变化范围是 0.9V~2.5V,(5)正确。而滑动变阻器连入电路的阻值变化范围是 4Ω~20Ω,(6)正确。

2. 由于电路中开关的通断引起的变化

【例 2】 如图 2 所示电路,电源两端电压保持不变,在不短路电源的情况下,可用不同开关的通断组成不同的电路,使电流表有不同的示数。已知 $R_1 > R_2$,请分析说明怎样通断开关能使电流表示数最大。

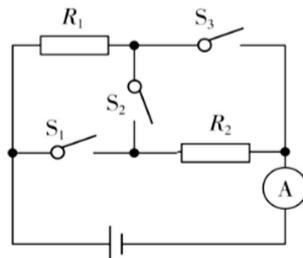


图 2

【解析】 本电路除三个开关都闭合以外均可组成符合题意的电路。

不变量是电源两端电压和两个电阻的阻值。

只闭合 S_1 ,则只有 R_2 接入电路;

只闭合 S_2 ,则 R_1 和 R_2 串联接入电路;

只闭合 S_3 ,则只有 R_1 接入电路;

闭合 S_1 和 S_2 ,断开 S_3 , R_1 被短路,电路中只有 R_2 ;

闭合 S_2 和 S_3 ,断开 S_1 , R_2 被短路,电路中只有 R_1 ;

闭合 S_1 和 S_3 ,断开 S_2 , R_1 和 R_2 并联接入电路。

这 6 种情况,可以确定的是当 R_1 和 R_2 串联时,电路中

的阻值最大,根据欧姆定律可知此时电路中电流最小;而 R_1 和 R_2 并联接入电路,电路中的总电阻 $R_{\text{总}}$ 小于 R_1 ,也小于 R_2 ,更小于 R_1 和 R_2 串联后的总电阻,由欧姆定律可知此时电路中电流最大。即闭合 S_1 和 S_3 ,断开 S_2 ,电流表示数最大。

若已知电源两端电压和 R_1 、 R_2 ,就可以定量计算出每一种情况的电流表示数。

类型二:情境式动态电路问题

解决实验情境或是生活情境中的动态电路问题,考生首先需要根据情境描述确定好电路结构,然后同样按照“局部—整体—局部”的思路依据欧姆定律进行分析。

【例 3】 小京在学习时,用两端电压不变的电源及其他器材做了如图 3 所示的实验。她将电阻丝 R_1 、 R_2 先后分别接入电路中的 a、b 两端,闭合开关后,观察到接入 R_2 时,小灯泡的亮度更亮,电流表的示数更大。已知灯泡亮度变亮时,灯丝电阻变大。请分析并判断 R_1 与 R_2 阻值的大小关系。

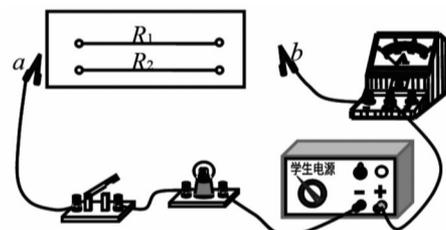


图 3

【解析】 R_1 、 R_2 分别接入电路中,等效电路如图 4 甲、乙所示

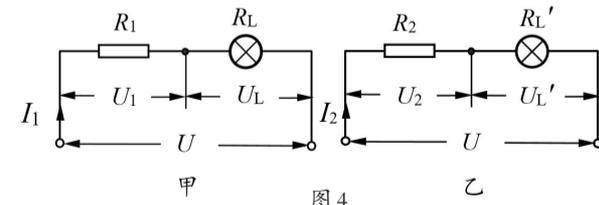


图 4

电源电压 U 不变,电流 $I_1 < I_2$,灯丝电阻 $R_L < R_L'$ 依据欧姆定律 $U_L = I_1 R_L$, $U_L' = I_2 R_L'$,可知 $U_L < U_L'$ 依据串联电路的电压关系 $U_1 = U - U_L$, $U_2 = U - U_L'$,可知 $U_1 > U_2$

依据欧姆定律变式可得 $R_1 = \frac{U_1}{I_1}$, $R_2 = \frac{U_2}{I_2}$,可知 $R_1 > R_2$

本题中不变量是电源两端的电压,首先利用欧姆定律找出灯泡两端电压关系,然后根据串联电路电压关系得到 R_1 和 R_2 两端电压关系,最终再利用欧姆定律得出结果。

考生应用欧姆定律解决动态电路问题,除了需要掌握欧姆定律和“局部—整体—局部”的分析思路,还需具备一定的技能,比如判断电路类型,判断各表测量哪些元件等,这些也是必不可少的。