

动态电路电学量的变化量比值解法的探讨

欧阳正杰

(沙湾县第一中学 新疆 塔城 832100)

(收稿日期:2015-04-10)

摘要:动态电路各支路的电阻分为变与不变两种情况,电学量变化量比值解法不同.应通过闭合电路欧姆定律分析出电压与电流关系表达式;或利用等效电源的方法,类比由“测电源的电动势和内阻”实验对数据处理方法;也可以用求导数的方法进行分析.

关键词:动态电路 解法 等效电源 导数

恒定电流电路动态分析是电学中的重要知识点.由于动态分析问题涉及的知识面广,分析中头绪多,易混乱,学生的思维障碍多,极易出现错误.现就电学量的变化量比值解法举例说明如下.

【例1】如图1所示的电路中,电流表A的示数为 I ,示数变化量为 ΔI ,电流表 A_1 示数为 I_1 ,示数变化量为 ΔI_1 ,电压表示数为 U ,示数变化量为 ΔU ,则闭合开关S,将滑动变阻器的滑片 P 向右移动过程中: $\frac{I}{I_1}$, $\frac{\Delta I}{\Delta I_1}$, $\frac{U}{I}$, $\frac{\Delta U}{\Delta I}$, $\frac{U}{I_1}$, $\frac{\Delta U}{\Delta I_1}$ 将如何变化?

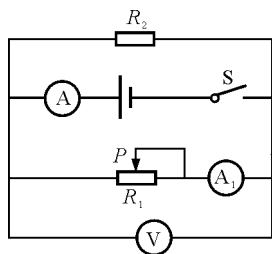


图1

解析:

方法一:由欧姆定律、闭合电路欧姆定律、串并联特征找到两电学量之间的关系

(1) 找 $\frac{I}{I_1}$ 的关系.

$$I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = I_1 R_1$$

$$\frac{I}{I_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = \frac{R_1}{R_2} + 1$$

由 R_2 不变, R_1 增大, $\frac{I}{I_1}$ 增大.

(2) 找 $\frac{\Delta I}{\Delta I_1}$ 的关系.

由 $E = Ir + I_2 R_2$, $I = I_1 + I_2$,有

$$E = Ir + (I - I_1) R_2$$

$$E = I(r + R_2) - I_1 R_2$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta I_1} = \frac{R_2}{R_2 + r}$$

由 R_2 和 r 不变, $\frac{\Delta I}{\Delta I_1}$ 不变.

由于 I, I_1, R_1 都变,所以

$$\frac{I}{I_1} \neq \frac{\Delta I}{\Delta I_1}$$

不能根据 $\frac{I}{I_1}$ 来 $\frac{\Delta I}{\Delta I_1}$ 判断其变化.

(3) 找 $\frac{U}{I}$ 的关系.

$$\frac{U}{I} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{1 + \frac{R_2}{R_1}}$$

由 R_2 不变, R_1 增大, $\frac{U}{I}$ 增大.

(4) 找 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 的关系.

由“测电源的电动势和内阻”实验对数据处理方法可知, $\frac{\Delta U}{\Delta I} = r$ 不变.

(5) 找 $\frac{U}{I_1}$ 的关系.

$$\frac{U}{I_1} = R_1$$

由 R_1 增大, $\frac{U}{I_1}$ 增大.

(6) 找 $\frac{\Delta U}{\Delta I_1}$ 的关系.

由于 R_1 增大, $\frac{U}{I_1} \neq \frac{\Delta U}{\Delta I_1}$.不能根据 $\frac{U}{I_1}$ 来 $\frac{\Delta U}{\Delta I_1}$ 判

断其变化.

$$\text{由} \quad I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = I_1 R_1$$

$$\text{得} \quad I = \frac{I_1 (R_1 + R_2)}{R_2}$$

$$\text{由} \quad U = E - Ir$$

$$U = E - \frac{I_1 \left(\frac{U}{I_1} + R_2 \right)}{R_2} r$$

$$\text{得} \quad U = \frac{R_2}{R_2 + r} E - I_1 \frac{R_2 r}{R_2 + r}$$

$$\text{所以} \quad \frac{\Delta U}{\Delta I_1} = -\frac{R_2 r}{R_2 + r} \text{ 不变.}$$

方法二: 等效电源法, 把定值电阻 R_2 等效为电源内阻的一部分, 得到等效电动势

$$E' = \frac{R_2 E}{R_2 + r}$$

$$\text{等效电阻为} \quad r' = \frac{r R_2}{R_2 + r}$$

$$\text{因为} \quad U = E' - I_1 r'$$

$$\text{所以} \quad U = \frac{R_2}{R_2 + r} E - I_1 \frac{R_2 r}{R_2 + r}$$

$$\text{因此} \quad \frac{\Delta U}{\Delta I_1} = -\frac{R_2 r}{R_2 + r}, \text{ 不变.}$$

方法三: 求导数法

$$\text{由} \quad U = E - Ir$$

$$\text{得} \quad \frac{\Delta U}{\Delta I} = -r$$

$$\text{由} \quad U = I_2 R_2$$

$$\text{得} \quad \frac{\Delta U}{\Delta I_2} = R_2$$

$$\text{由} \quad I = I_1 + I_2$$

$$\text{得} \quad \Delta I = \Delta I_1 + \Delta I_2$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta U} = \frac{\Delta I_1}{\Delta U} + \frac{\Delta I_2}{\Delta U}$$

$$\text{即} \quad \frac{\Delta U}{\Delta I_1} = -\frac{R_2 r}{R_2 + r}, \text{ 不变.}$$

【例 2】 如图 2 所示的电路中, 闭合开关 S, 当滑动变阻器的滑动触头 P 向下滑动, 4 个理想电表的示数分别用 I, U_1, U_2, U_3 表示; 示数的变化量分别用 $\Delta I, \Delta U_1, \Delta U_2, \Delta U_3$ 表示. 则下列比值正确的是

$$\text{A. } \frac{U_1}{I} \text{ 不变} \quad \frac{\Delta U_1}{\Delta I} \text{ 不变}$$

$$\text{B. } \frac{U_2}{I} \text{ 变大} \quad \frac{\Delta U_2}{\Delta I} \text{ 变大}$$

$$\text{C. } \frac{U_2}{I} \text{ 变大} \quad \frac{\Delta U_2}{\Delta I} \text{ 不变}$$

$$\text{D. } \frac{U_3}{I} \text{ 变大} \quad \frac{\Delta U_3}{\Delta I} \text{ 不变}$$

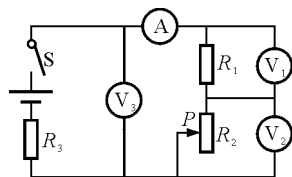


图 2

解析:

由于 R_1 是定值电阻, $R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ 故 A 正确;

R_2 增大, 所以 $R_2 = \frac{U_2}{I} \neq \frac{\Delta U_2}{\Delta I}$, 可采用等效电源法, $r' = R_1 + r$, 电压表 V_2 示数 U_2 是在等效电源下的路端电压, 故 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = R_1 + r$ 不变, B 错误, C 正确;

由 $\frac{U_3}{I} = R_1 + R_2$, 可知 R_2 增大, $\frac{U_3}{I}$ 增大, 由“测电源的电动势和内阻”实验对数据处理方法可知, $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = r$ 不变, D 正确.

此题也可以用求导数的方法解答, 由 $U_3 = E - Ir$, 所以 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = -r$, 不变, D 正确;

$$U_1 = I_1 R_1, I = I_1 = I_2, \frac{\Delta U_1}{\Delta I} = R_1, \text{ 不变, A 正确;}$$

$$\Delta I = \Delta I_1 = \Delta I_2, U = U_1 + U_2,$$

$$\Delta U_3 = \Delta U_1 + \Delta U_2, \frac{\Delta U_3}{\Delta I} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I} + \frac{\Delta U_2}{\Delta I},$$

$$\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = \frac{\Delta U_3}{\Delta I} - \frac{\Delta U_1}{\Delta I}, \frac{\Delta U_2}{\Delta I} = -r - R_1 =$$

$-(r + R_1)$, 不变, B 错误, C 正确.

从以分析过程可以看出: 当电阻不变时可根据 $R = \frac{U}{I} = \frac{\Delta U}{\Delta I}$ 来分析电学量的变化量比值的变化情况; 当电阻变化时 $R = \frac{U}{I} \neq \frac{\Delta U}{\Delta I}$, 应通过闭合电路欧姆定律分析出电压与电流关系表达式, 再进行讨论;

或利用等效电源的方法, 类比由“测电源的电动势和内阻”实验对数据处理方法来分析; 也可以用求导数的方法进行分析. 灵活应用上述解法可以开阔学生的解题思路并提高学生分析问题的能力.