

巧用“比例法”突破高中电路动态分析

林玉 黄胜

(中山市实验中学 广东 中山 528400)

(收稿日期:2018-08-07)

摘要:介绍了一种处理高中电路动态分析的新方法——比例法.该方法对电压和电流的动态分析可独立进行,且逻辑严密、过程简捷,在一定程度上弥补了“串反并同”法的不足.以数学和物理结合的形式论证该方法,并应用“比例法”巧妙地解决了6种典型电路的动态分析.

关键词:比例法 电路 动态分析

高中物理电路的动态分析方法主要有:直观法^[1]、程序法^[2]、极值法、特殊值法、“串反并同”法^[3,4]、分压定理^[5]、应用基尔霍夫定律^[6]等,各种方法在难易程度和适用范围上各有不同.笔者在教学过程中,总结出一种简单快速解决电路动态分析的方法——比例法.应用此法在实际教学中效果显著,以下为“比例法”的物理原理及应用.

1 需要的数学知识

1.1 比例关系

若 $x + y = k$ 且 $x : y = a : b$ (a, b 为已知量), 根据比例关系:总量为 k , 共计分成 $a + b$ 等份, 其中 x 占了 a 等份, 因此

$$x = \frac{a}{a+b}k$$

1.2 糖水原理

有一杯糖水, 浓度是 $\frac{a}{b}$ (其中 a 为溶剂糖的质量, b 为溶液糖水的质量, 浓度小于 1). 再加入质量为 m 的糖后, 糖水会变甜, 即浓度变大. 新糖水的浓度是 $\frac{a+m}{b+m}$, 因此

$$\frac{a+m}{b+m} > \frac{a}{b}$$

2 “比例法”的介绍

基本串联电路如图 1: 当 $R_2 \uparrow$ 时, 由糖水原理

知: R_2 在全电路电阻中所占的比例 $\eta = \frac{R_2 \uparrow}{R_2 \uparrow + R_1 + r}$ 增加(后文中简称为“电阻占比 η ”), 根据串联电路中部分电路的电压与电阻成正比, 可知 R_2 的分压比例增加, 而电路总电压等于 E 不变, 因此 R_2 两端电压 $U_2 = \eta E$ 变大.

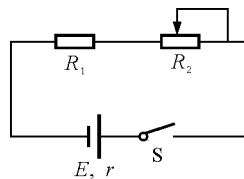


图1 基本串联电路

基本并联电路如图 2: 当 $R_2 \uparrow$ 时, R_2 的电阻占比 $\eta_2 \uparrow$, 由并联电路中支路电流与电阻成反比知, R_2 的分流比例减小, 且总电流 $I_{\text{总}} = \frac{E}{R_{\text{总}}}$ 减小, 则 $I_2 = \text{分流比例} \times I_{\text{总}}$ 将减小.

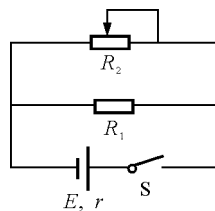


图2 基本并联电路

基本混联电路如图 3: 首先将电路等效为一个串联电路, 当 $R_1 \uparrow$ 时, 虚线框内电阻 $R_{\text{虚}} \uparrow$, $\eta_{\text{虚}} \uparrow$, 分压比例增加, 即 $U_1 \uparrow$; 隔离虚线框内的子电路, R_1 的分流比例为 $\frac{R_2}{R_1 \uparrow + R_2}$ 减少, 结合 $I_{\text{总}} \downarrow$, 得到 $I_1 \downarrow$.

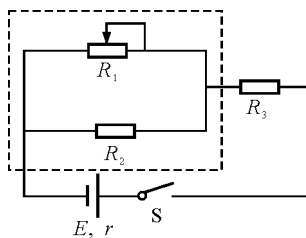


图3 基本混联电路

2.1 “比例法”的内容

当某电阻的电阻占比 η 增加(减少)时,在等效串联电路中该电阻分压比例增加(减少),在并联电路中该电阻分流比例减少(增加)。

2.2 利用“比例法”解题的基本步骤

(1) 将复杂电路等效为一个串联电路,并判断变值电阻属于哪一部分。

(2) 按照比例法判断等效串联电路各部分电压的变化情况。

(3) 分析出总电流的变化后,按照比例法判断并联部分各电阻电流的变化情况。

3 “比例法”的应用

下面笔者将举例说明如何应用“比例法”处理表1中的6种典型电路,分析时均采用先电压后电流的顺序进行(亦可反序),充分体现“比例法”对电压和电流分析的独立性。

表1 “比例法”应用类型及注意事项

应用类型	子类型	注意事项
I. 复杂的混联电路	① 电源内阻不可忽略	外电压可变
	② 电源内阻可忽略	外电压恒定
II. 含理想变压器的电路	① 原线圈串联电阻	等效于 I. ①
	② 原线圈无电阻	等效于 I. ②
III. 含电感的电路	无	感抗
IV. 含电容的电路	无	容抗

【例1】(I. ①) 如图4所示的电路中,电源内阻为 r , R_1, R_3, R_4 均为定值电阻,电表均为理想电表,闭合开关 S,将滑动变阻器 R_2 的滑片向右移动,则关于该电路下列结论中正确的是()

- A. 电阻 R_1 被电流表短路
- B. 流经电阻 R_2 的电流减少
- C. 电压表示数变大,电流表示数变小
- D. 外电路总电阻变小

答案:B.

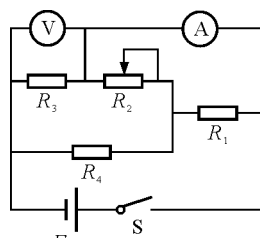


图4 例1题图

分析:该电路的等效电路如图5所示,外电阻 $R_{外}$ 与 r 串联.当 $R_2 \uparrow$ 时, $R_{外} \uparrow$,分压比例增加,电压表示数 $U \uparrow$. R_4 与并联电阻 R_1, R_2 串联, $\eta_{12} \uparrow$ 分压比例增大,且 $U \uparrow$,则 $U_{12} \uparrow$;

$\eta_{124} \uparrow$,分流比例减少,且 $I_{总} \downarrow$,得 $I_{124} \downarrow$. 隔离 R_1, R_2 组成的并联子电路, $\eta_2 \uparrow$,分流比例减少,则 $I_2 \downarrow$. R_1 与 R_2, R_3 并联, $\eta_{23} \uparrow$,分流比例减小,故电流表示数 I_{23} 减小.

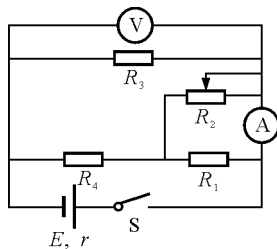


图5 例1题电路等效电路

【例2】(I. ②) 如图6所示,电源电动势为 E ,内电阻可忽略.两电压表可看作是理想电表,当闭合开关,将滑动变阻器的滑片由左端向右端滑动时(设灯丝电阻不变),下列说法正确的是()

- A. 小灯泡 L_2 变亮, V_1 表的示数不变, V_2 表的示数变小
- B. 小灯泡 L_2 变暗, V_1 表的示数先变大后变小, V_2 表的示数变大
- C. 小灯泡 L_1 先变亮后变暗, V_1 表的示数不变, V_2 表的示数变大
- D. 小灯泡 L_1 变亮, V_1 表的示数不变, V_2 表的示数变小

答案:A.

分析:将全电路简化为由虚线框内电阻 $R_{并}$ 、滑动变阻器滑片右侧电阻 $R_{右}$, R_2 组成的串联电路,外电路分压比例为 100%,且电动势 E 不变, V_1 表示数不变.由于 $R_{并} \uparrow$,剩余部分 $(R_{右} + R_2) \downarrow$,由比例法知, $R_{并}$ 的分压比例增加, $U_{并} \uparrow$,即灯泡 L_1 变亮; $(R_{右} + R_2)$ 的分压比例减小,电压表 V_2 示数变小;在滑片逐渐向右端滑动的过程中, $R_{总}$ 减小,则 $I_{总}$

增加,故灯泡 L_2 变亮.

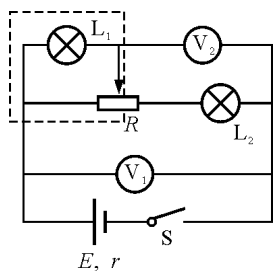


图6 例2题图

【例3】(II. ①) 如图7所示,理想变压器原线圈接有交流电源,保持输入电压不变.开始时单刀双掷开关 S_0 接 a ; S 断开时,小灯泡 A 发光较暗,要使小灯泡 A 亮度增加,下列操作可行的是()

- A. 闭合开关 S
- B. 开关 S_0 接 b
- C. 把滑动变阻器滑片向左移动
- D. 把滑动变阻器滑片向右移动

答案: B, D.

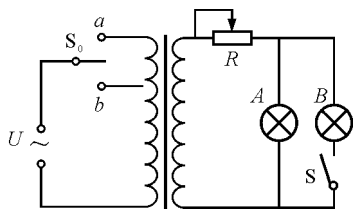


图7 例3题图

分析: 要使小灯泡 A 的亮度增加,有两种方案, (1) 副线圈两端电压不变时,让 $\eta_A \uparrow$, 从而增大分压比例. (2) A 灯的 η_A 不变时,分压比例不变,增大副线圈两端电压,从而增大 U_A .

- A. 闭合开关 S , $R_{总} \downarrow$, 此时 $\eta_{AB} \downarrow$ 分压比例降低, A 灯变暗
- B. 开关 S_0 接 b , 副线圈两端电压增大, 而分压比例不变, $U_A \uparrow$, A 灯变亮
- C. 滑片向左移, $R \uparrow$, $R_{总} \uparrow$, $\eta_A \downarrow$, A 灯分压比例减小, A 灯变暗

类似选项 C 的分析过程,选项 D 正确.

【例4】(II. ②) 一含有理想降压变压器的电路如图8所示, U 为正弦交流电源,输出电压的有效值恒定, L 为灯泡(其灯丝电阻可以视为不变), R, R_1 和 R_2 为定值电阻, R_3 为光敏电阻,其阻值的大小随照射光强度的增强而减小. 现将照射光强度增强,则()

- A. 原线圈两端电压不变
- B. 通过原线圈的电流减小

C. 灯泡 L 将变暗

D. R_1 两端的电压将增大

答案: D.

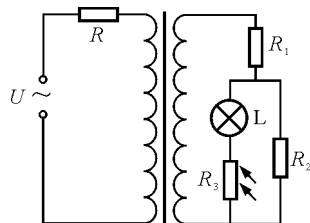


图8 例4题图

分析: 先将交流电源 U 和电阻 R 等效为一个电源电动势为 E , 内阻为 r 的电源(如图9), 外电压能定性反映原、副线圈两端电压的变化. 再将图9看作串联电路——虚线框部分, R_1, r . 当光照强度增加时, $R_3 \downarrow$, $R_{外} \downarrow$, $\eta_{外} \downarrow$, $R_{外}$ 分压比例减小, 则原线圈两端电压减小. 而 $\eta_1 \uparrow$, R_1 的分压比例增大, 则 $U_1 \uparrow$; 隔离虚线框内的子电路, $(R_3 + R_L)$ 的电阻占比 $\eta_{3L} \downarrow$, 则分流比例增大, 且 $I_{总} \uparrow$, 故 $I_L \uparrow$, 灯泡 L 变亮.

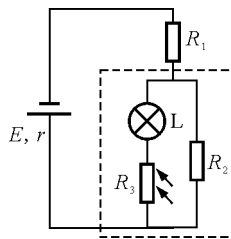


图9 例4题分析图

【例5】(III) 如图10所示, 电路的输入电压值恒定, 当输入电压的频率变大时, 各灯亮度如何变化?

分析: 电感对变化电流的阻碍能力用感抗 $X_L = 2\pi fL$ 描述, 当频率增加时, $X_L \uparrow$; $\eta_3 \downarrow$, 分压比例减小, 灯 L_3 变暗; $\eta_2 \uparrow$, 分压比例增大, $U_2 \uparrow$, 灯 L_2 变亮; $\eta_{L+L_1} \uparrow$, 分流比例减小, 且 $I_{总} \downarrow$, 因此 $I_1 \downarrow$, 灯 L_1 变暗.

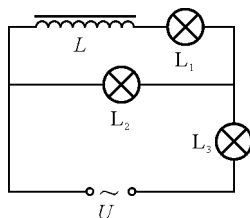


图10 例5题图

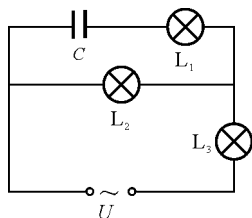


图11 例6题图

【例6】(IV) 如图11所示, 若仅将例5中的电感 L 更换为电容 C , 结果如何?

分析: 电容对变化电流的阻碍能力用容抗 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 描述, 当频率增加时, $X_C \downarrow$. 类似于例5中的分



例谈高中物理教学中的问题设计

贾 华 许敬川 解远领

(天津市耀华中学 天津 300040)

(收稿日期:2018-07-07)

摘 要:问题是促进学生认知的动力,但以问题为中心的教学并不应该把“问题”强硬地附加给学生,而是通过问题情境的创设来激起学生的兴趣,还要兼顾不同学生的认知水平,分层启发引导使他们学会主动提问并积极地解决问题。

关键词:物理教学 问题设计 科学思维 实验探究

1 引言

《普通高中物理课程标准(实验)》在新课程实施上提出:“注重自主学习,提倡教学方式多样化”,在教科书编写上提出:“科学始于观察,思维源于问题,教科书在讲解物理概念、原理和规律时,应从观察和问题出发,引导学生展开想象的翅膀,提出各种可供检验的猜想和假说,再经过分析和验证,直到解决问题”^[1]。这就要求课堂必须从以讲授为中心转变为以学习为中心,所有的教学必须以学生为主线去设计,必须让学生真实的学习过程能够发生并且展开。在这种课堂中,问题应该是教师和学生教与学的

主线,课堂教学中教师和学生围绕问题进行活动,学生通过问题学习,教师通过问题组织教学,问题是引导课堂教学有序展开的一条主线^[2]。所以,要获得高效的物理课堂,有效的问题设计就显得非常重要。这些年来,笔者在物理教学中对问题的创设进行了有意识的研究以激发学生学习物理的兴趣,从而打造高效课堂。

2 案例

2.1 问题的设计必须以创设情境为基础 能够激起学生的兴趣和探究欲望

例如电势的教学,应创设不同试探电荷在匀强

析过程可知,灯 L_3 变亮,灯 L_2 变暗,灯 L_1 变亮。

4 结束语

“比例法”处理高中电路动态分析时,关键在于找准电阻占比 η 的变化,从而在等效串联电路中得到分压比例的变化,在电路并联部分得到分流比例的变化。电压和电流的分析相对独立,适用范围广,逻辑严密,尤其在分析变值电阻自身的电压、电流变化时,体现出明显的优势。对 I. ② 电路的分析中,有效解决了多阻值变化的动态分析问题,一定程度上弥补了“串反并同”法的不足。在实际教学中,建议教师选择适当的方法引导学生处理高中电路动态分析。各方法间,程序法逻辑最为严密,但过程复杂;“串反并同”法效果可观,但缺乏理论支撑且有一定的适用范围;本文介绍的“比例法”难度适中,有效

结合了电路的基本分析方法,适用面比较广。教师亦可选择教授两种或多种方法,让学生依据题意自由选择,以期多种方法灵活应用,相辅相成。

参 考 文 献

- 1 李军. 运用“四法”分析电路的动态问题. 理化生教学与研究·考试周刊,2011(72):182~183
- 2 杜良超. 闭合电路动态分析的基本方法. 理科考试研究·综合版,2014(3):64
- 3 陈云富.“串反并同”规律的严格证明和使用条件. 理科考试研究·综合版,2015(2):35~36
- 4 王昭政. 例谈直流电路动态变化的归类分析. 中学物理,2016,34(09):37~38
- 5 隋莲莲. 利用“分压定理”巧解闭合电路动态问题. 中学物理,2010,28(05):9~10
- 6 王玉璐. 换个方法对付高中物理电路动态分析问题. 湖南中学物理,2014(4):64~65