

用“等效法”速解理想变压器的动态分析问题

彭爱国

(武汉市第三中学 湖北 武汉 430050)

(收稿日期:2016-06-13)

在只有一个副线圈的理想变压器电路中,可将变压器及其负载电阻 R 用另一个电阻 R' 来等效替代.所谓等效,就是用 R' 替代后,输入电路的电压和电流、功率都不变,也就是说直接接在电源上的电阻 R' 和接在变压器副线圈的电阻 R 是等效的.

用“等效法”分析计算变压器的动态问题,能降低难度,使问题简捷明了,特别在选择题中用此法解决问题具有明显的优越性.例如2016年高考理综全国卷 I 的第16题,用基本方法又繁琐又费时,用“等效法”则又快又准.

1 变压器等效负载电阻公式的推导

理想变压器原、副线圈的匝数比为 $n_1:n_2$,原线圈输入电压为 U_1 ,副线圈输出电压为 U_2 ,副线圈接一负载电阻为 R ,原、副线圈通过的电流分别为 I_1 , I_2 ,如图1所示.

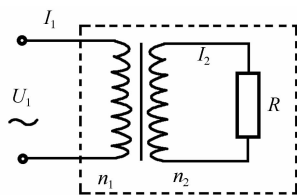


图1 接负载的理想变压器

根据理想变压器的电压、电流关系有

$$U_1:U_2=n_1:n_2 \quad n_1 I_1=n_2 I_2$$

又
$$I_2 = \frac{U_2}{R}$$

得
$$I_1 = \frac{n_2}{n_1} \frac{U_2}{R} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \frac{U_1}{R}$$

则变压器及其负载电阻 R 的等效电阻

$$R' = \frac{U_1}{I_1} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R$$

其等效电路如图2所示.

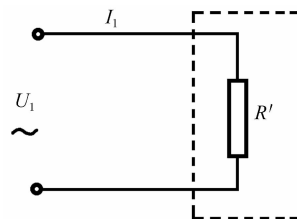


图2 等效电路

2 理想变压器“等效法”的应用

【例1】(2016年高考全国卷 I 理综第16题)一含有理想变压器的电路如图3所示,图中电阻 R_1 , R_2 和 R_3 的阻值分别 3Ω , 1Ω 和 4Ω , $\textcircled{A}$ 为理想交流电流表, U 为正弦交流电压源,输出电压的有效值恒定.当开关 S 断开时,电流表的示数为 I ;当 S 闭合时,电流表的示数为 $4I$. 该变压器原、副线圈匝数比为()

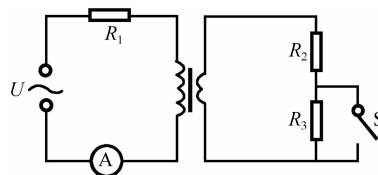


图3 例1题图

A. 2 B. 3 C. 4 D. 5

解法1(基本方法):

当 S 断开时,电路如图4所示,由闭合电路欧姆定律,原线圈两端电压

$$U_1 = U - IR_1 \quad (1)$$

根据变压器原副线圈电压关系,有

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

副线圈中的电流

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2 + R_3} \quad (3)$$

联立式(1)、(2)、(3)得

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \frac{U - R_1 I}{(R_2 + R_3) I} \quad (4)$$

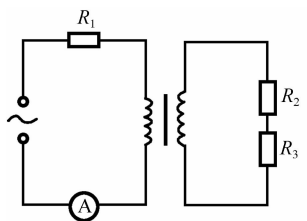


图4 开关断开的电路图

当S闭合时,电路如图5所示,由闭合电路欧姆定律,原线圈两端电压

$$U_1' = U - 4IR_1 \quad (5)$$

根据变压器原副线圈的电压关系

$$\frac{U_1'}{U_2'} = \frac{n_1}{n_2} \quad (6)$$

副线圈中的电流得

$$I_2' = \frac{U_2'}{R_2} \quad (7)$$

联立式(5)、(6)、(7)得

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \frac{U - R_1 I_2'}{R_2 I_2'} = \frac{U - 4R_1 I}{4R_2 I} \quad (8)$$

联立式(4)、(8),并代入数据解得

$$\frac{n_1}{n_2} = 3$$

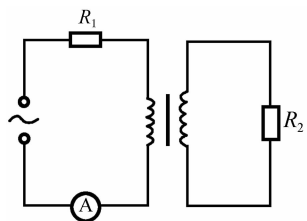


图5 开关闭合的电路图

解法2(等效法):

当开关S断开时,等效负载电阻

$$R_1' = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 (R_2 + R_3)$$

设 $k = \frac{n_1}{n_2}$

即 $R_1' = (R_2 + R_3)k^2$

此时有 $I = \frac{U}{R_1 + R_1'}$

即 $I = \frac{U}{R_1 + (R_2 + R_3)k^2} \quad (9)$

当开关S闭合时, R_3 短路,等效负载电阻

$$R_2' = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2 = R_2 k^2$$

此时有 $4I = \frac{U}{R_1 + R_2'}$

即 $4I = \frac{U}{R_1 + R_2 k^2} \quad (10)$

式(9)除以式(10),并代入数据得 $k = 3$,即

$$\frac{n_1}{n_2} = 3$$

【例2】如图6所示,变压器为理想变压器,交流电源电压恒定,灯泡 L_1 串联在原线圈回路中,灯泡 L_2, L_3 为副线圈的负载,开关S断开时,灯泡 L_1, L_2 的亮度与断开前相比()

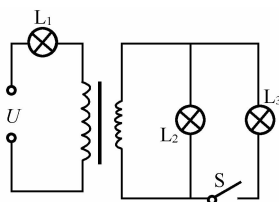


图6 例2题图

- A. L_1 亮度不变 B. L_1 的亮度减弱
C. L_2 亮度不变 D. L_2 亮度增强

解析:由变压器等效负载电阻公式 $R' = \frac{n_1^2}{n_2^2} R$

知,断开S后负载电阻 R 增大了,等效负载电阻也增大了,所以通过 L_1 的电流会减小,灯 L_1 会变暗.通过 L_1 的电流减小导致 L_1 两端电压也减小,所以原线圈两端电压会升高,副线圈两端电压会升高,灯 L_2 会变亮.正确答案为B,D.此题因原、副线圈两端电压及原、副线圈中的电流都随负载电阻的变化而变化,且相互影响,用常规方法则无法分析清楚,但用“等效法”却迎刃而解.

【例3】加在理想变压器b上的交流电源的电动势为 E ,内电阻为 r ,与副线圈相连的负载电阻阻值为 R ,如图7所示,求:

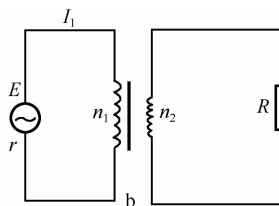


图7 例3题图

(1) 原线圈中的电流 I_1 为多大时,负载 R 上获

微课在初中物理演示实验中的应用策略

庾嘉亮

(华南师范大学附属中学番禺学校 广东 广州 511442)

(收稿日期:2016-06-15)

摘要:物理学是一门以实验为基础的科学,而演示实验在引导和培养学生学习物理的兴趣、发现介绍物理规律等方面又是必不可少的.现行的课堂演示实验仍存在诸多不足,如投影分辨率不够高、对稍纵即逝的实验画面无法准确抓取等.结合教学过程中的真实案例,阐述了“演示实验微课化”的应用策略.

关键词:微课 演示实验 应用策略

1 初中物理演示实验的作用及教学现状

物理学是一门以实验为基础的科学,物理学中的很多理论依据基于物理实验的结果,实验在物理学的发展过程中起着举足轻重的作用,而演示实验在引导和培养学生学习物理的兴趣、发现介绍物理规律等方面又是必不可少的.演示实验不仅能为学生学习物理创造良好愉快的学习环境,激发学生的求知欲望,还能潜移默化地培养学生的观察能力、思维能力、创造能力及良好的科学态度和作风.中学物理课堂演示实验现存在的不足有以下几方面.

1.1 课堂上演示实验的缺位

许多学校由于实验器材的缺乏,在演示实验教学中只靠在黑板画图、PPT 和 Flash 等形式进行讲

解,表现为只注重理论知识的识记,而忽视了这些理论知识的来源,实验呈现缺乏真实性.

1.2 部分演示实验现象难以观察

计算机的普及以及多媒体技术在课堂上的应用,使得物理现象能够方便、快捷地展示,而深受教师的青睐,但在做某些演示实验时,由于实物展台的分辨率和图像转换速度等问题,当观察如温度计、密度计等细小刻度时,或当实验过程进行得较快,现象稍纵即逝时,实验现象就难以被学生观察到.这样一来,演示实验不仅起不到好的课堂效果,甚至还会使学生产生一种忙乱、烦躁的感觉和抵触的情绪.

2 微课在初中演示实验中的应用策略

微课是一种“麻雀虽小,五脏俱全”的学习资源

得的功率最大,最大值是多少;

(2) 负载获得最大功率时,变压器的原、副线圈匝数比多大.

解析:(1) 负载 R 获得最大功率时,电源的输出功率是最大的.变压器及其负载的等效电阻为

$$R' = \frac{n_1^2}{n_2^2} R$$

电源的输出功率为

$$P = I_1^2 R' = I_1^2 \frac{n_1^2}{n_2^2} R = EI_1 - I_1^2 r$$

所以,当

$$I_1 = \frac{E}{2r}$$

电源的输出功率最大,这时 R 消耗的功率也是最大.此时的功率为

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$$

(2) 将 $I_1 = \frac{E}{2r}$ 代入上式得,电阻消耗的功率最

大时,原、副线圈的匝数比为

$$\frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{r}{R}}$$

用“等效法”将变压器输出功率的极值问题转化为含源电路输出功率的极值问题,使问题的解决变得简单、明了.