

经验让一个简单题目成为教师的一道经典错题

——理想变压器的动态分析

白红艳

(深圳市宝安第一外国语学校 广东 深圳 518128)

(收稿日期:2017-09-18)

近5年全国高考物理选择题中,经常会见到理想变压器动态分析的题目,因此在不少城市的高考前的第一次模拟考或者第二次模拟考的选择题中都有它的身影!站在教学最前线的教师当然也对此种题目非常重视.正因为如此,可能才使笔者在很短的时间里,听到了不同教师对此种题目的相似解答和相同的结论.然而,正是教师们对理想变压器动态分析的一道典型模式的解答引起了笔者的质疑.笔者想把质疑写出来,与教学一线的教师们一起切磋和商讨.

下面便是笔者心存质疑的题目和一些教师的讲法.这原本是一道看似简单的选择题,可能刚好出题人设置答案时,回避了一些问题,致使一些教师没有找到这类理想变压器动态分析题目的本质.首先,看看一些经验丰富的教师,是如何给学生讲解此题的解题方法以及如何给出相同的结论的!然后,我们再分析一下,教师们采取此种讲法的好处以及笔者认为的不当之处,最后给大家呈现一下,很多人知道这个结论可以推导,但又没有去推导的结论究竟是什么样?

状态改变时,这个观测者不仅能够观测到磁场,还应该观测到一个电场的存在,并且根据对称性的分析,我们还能推理出这些电场的电场线可以是闭合的,这就是涡旋电场假设的提出.另外,利用大自然底层的规律在形式上就应该是优美的信念,通过修补方程组在形式上对称协调美感的破缺,我们在安培环路定律中引入了新的一项,而这一项正好就是麦克斯韦通过其他方式所提出的位移电流的假设.我们这里是从美学角度出发得到相同的结果,这本身就很好地诠释了物理学中也存在着美学.

参考文献

- 1 基特尔等.伯克利物理学教程电磁学卷.北京:机械工业出版社,2014.180~183
- 2 诸葛向彬.工程物理学.杭州:浙江大学出版社,2010.328~331
- 3 鲍世宁,黄敏,应和平.大学物理学教程.杭州:浙江大学出版社,2014.180~183
- 4 费因曼.费因曼物理学讲义第二卷.上海:上海科技出版社,2013.232~234
- 5 John David Jackson. Classical Electrodynamics,北京:高等教育出版社,2014.237~239

Discussion on Vortex Electric Field and Displacement Current in Teaching

Sheng Xianyong

(Zhejiang Shuren University Basic Couege, Hangzhou, Zhejiang 310011)

Abstract: Vortex electric field and displacement current were important concepts proposed by Maxwell, later, they were proved by experiments. Today, we lose the information about how Maxwell drawn his inspiration to make such great proposition. However, there were wisdom and beauty in the derivation of such two proposition. In this paper, we make a try to talking about a method of deriving the vortex electric field and displacement current proposition.

Key words: law of induction; vortex electric field; displacement current; beauty in physics

【例1】如图1所示为理想变压器,其中 r 为定值电阻, R 为滑动变阻器, P 为滑动变阻器的触头, u 为正弦交流电源,电源输出电压的有效值恒定.则

A. P 向右移动时,原、副线圈的电流之比可能变大

B. P 向右移动时,变压器的输出功率变大

C. 若原、副线圈增加相同匝数,其他条件不变,则变压器输出电压不变

D. 若原、副线圈增加相同匝数,其他条件不变, r 消耗的功率可能不变

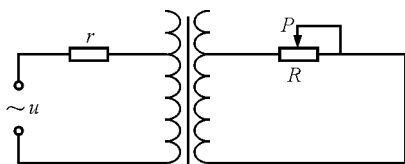


图1 例1题图

笔者首先展示一些教师的讲法,再讨论这讲法中所隐含的一些附加条件,最后展示一种完整的解法与真正正确的结论.

第一种:一些教师的讲法.由图1我们可以联想到,此题很像远程输电中的一部分,现在我们先把它简单补充一下如图2所示,看看是不是很像远程输电?

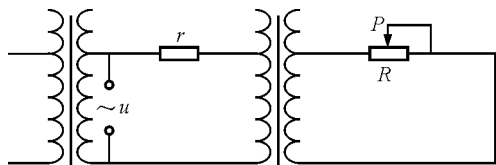


图2 对图1进行补充

如果你觉得滑动变阻器不好理解,我们继续把它用负载替换一下,如图3所示,看看是否变化到你熟悉的图形中了呢?

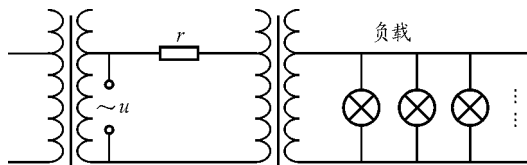


图3 继续变换图2成为远程输电电路

图3中远程输电的结论还记得吗? 并联负载减少,总电阻变大,输出电流变小,输出功率变小;并联

负载增加,总电阻变小,输出电流变大,输出功率变大! 这个结论就是来自生活经验和事实. 同理这道题,滑动变阻器的触头 P 向右移,电阻增大,输出电流变小,输出功率变小,所以选项B不对!

此种讲法的优点:第一,由学生熟悉的远程输电的模型入手,提取图形中的一部分进行讲解,可以让学生更容易得到转换新模型的结论;第二,用学生的生活经验加以验证这个结论,更容易让学生接受这种讲法,又可以对这个结论深信不疑! 用讲课教师的话说,“因为生活事实如此”;第三,提升学生学以致用的变通思维能力. 例如物理模型间的转换,物理模型中的提炼,物理模型的截取,物理模型的拓展等等.

此种讲法容易出现错误的地方:第一,从远程输电中截取一段模型和例题中的图形进行对比,形式相似,实质就是相同的吗? 第二,远程输电中的结论,实际上包含着一些前提条件,例如这位老师截取的那段含原副线圈的部分,一定是降压变压器! 还有一般输电线上的电阻 r 都是很小的,相对用户的使用的总电阻而言! 在这道例题的题干中,显然没有关于 r 和 R 大小关系的信息,也没有给和线圈匝数多少有关的信息. 因此,教师这样的解法,无意间是自行添加了一些条件进来,这已经超出了题干中的信息范围! 即便是排除了答案选项B,但解释方法,笔者认为也是值得商榷的!

下面笔者通过第二种解法,看看这道题的输出功率到底随着滑动变阻器阻值 R 的变化是怎么变化的.

如图4所示,设输入电流为 I_1 ,输入电流为 I_2 ,原、副线圈的电压以及匝数分别为 U_1, U_2 和 n_1, n_2 ,输出功率为 P_2 .

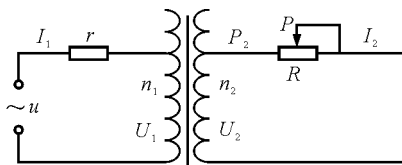


图4 求解例1用图

$$\text{解: } P_2 = \frac{u_2^2}{R} = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1}u_1\right)^2}{R} = \frac{n_2^2(u - I_1 r)^2}{n_1^2 R} \quad (1)$$

$$P_2 = I_2^2 R \quad (2)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

由式(1)~(3)解得

$$P_2 = \frac{n_2^2 \left(u - \frac{n_2 r}{n_1} \sqrt{\frac{P_2}{R}} \right)^2}{n_1^2 R} \quad (4)$$

整理式(4)得到关于 P_2 的方程

$$\frac{n_1^2}{n_2^2} R P_2 = u^2 + \frac{n_2^2 r^2 P_2}{n_1^2 R} - \frac{2n_2 r u}{n_1} \sqrt{\frac{P_2}{R}} \quad (5)$$

$$\text{设} \quad \sqrt{\frac{P_2}{R}} = x \quad (6)$$

则式(5)变成

$$\frac{n_1^2}{n_2^2} R x^2 = u^2 + \frac{n_2^2 r^2 x^2}{n_1^2 R} - \frac{2n_2 r u x}{n_1 \sqrt{R}}$$

$$\text{即} \quad \left(\frac{n_1^2}{n_2^2} R - \frac{n_2^2 r^2}{n_1^2 R} \right) x^2 + \frac{2n_2 r u}{n_1 \sqrt{R}} x - u^2 = 0$$

解得

$$x = \frac{u}{\frac{n_1}{n_2} \sqrt{R} + \frac{n_2 r}{n_1 \sqrt{R}}} \quad (7)$$

$$\text{设} \quad z = \sqrt{R} \quad (8)$$

又设函数

$$y = \frac{n_1}{n_2} \sqrt{R} + \frac{n_2 r}{n_1 \sqrt{R}} = \frac{n_1}{n_2} z + \frac{n_2 r}{n_1 z} \quad (9)$$

根据式(6)~(9),结合数学知识,解析 y 的函数讨论得:

$$(1) \text{ 当 } \frac{n_1}{n_2} z = \frac{n_2 r}{n_1 z}, \text{ 即 } z = \sqrt{\frac{n_2^2 r}{n_1^2}} \text{ 时, } y \text{ 有最小值. 也}$$

就是 $\sqrt{R} = \sqrt{\frac{n_2^2 r}{n_1^2}}$ 时, y 有最小值, x 有最大值, 即 P_2 有最大值.

$$(2) \text{ 当 } z > \sqrt{\frac{n_2^2 r}{n_1^2}}, \text{ 即 } R > \frac{n_2^2 r}{n_1^2} \text{ 时, 随着 } z \text{ 的增大,}$$

即 R 的增大, y 值增大, x 值减小, 功率 P_2 减小.

$$(3) \text{ 当 } z < \sqrt{\frac{n_2^2 r}{n_1^2}}, \text{ 即 } R < \frac{n_2^2 r}{n_1^2} \text{ 时, 随着 } z \text{ 的增大,}$$

即 R 的增大, y 值减小, x 值增大, 功率 P_2 增大.

由第二种完整的解法,我们可以看到选项 B 中,

随着滑片触头 P 向右滑动的过程中, R 确实增大了,

但由于 R 与 $\frac{n_2^2 r}{n_1^2}$ 的大小关系是不明确的, 所以直接

说功率 P_2 是增大或是减少都是错误的, 正确的说法是功率 P_2 是可能增大也可能减少!

那么第一种讲法中, 由于讲课教师, 是利用远程输电的结论去讲, 也就是说, 其实他这个答案的前提是在 $\frac{n_2}{n_1} < 1$ (降压变压器), 而且一般输电线上的电

阻 r 会小于总的用户使用的负载电阻的情况下, 即 $R > \frac{n_2^2 r}{n_1^2}$ 的前提下讲的. 此种条件下, 确实随着 R 增

大, 功率 P_2 减少, 正好否定了选项 B, 但这只是一个巧合! 因为这个答案如果改成随着 R 的增大, 功率 P_2 可能增大, 那么, 估计这位教师一定会说结论是错误的, 因为按照远程输电的结论, 功率 P_2 一定是减小的! 但真实的事实是, 在题干中没有明确 R 与

$\frac{n_2^2 r}{n_1^2}$ 的大小关系的时候, 功率 P_2 变大和变小都是有可能的!

因此, 老师您讲错了! 您知道吗? 您这样的拓展改变了题干中原本的条件!

在我们教师的日常教学中, 有些时候, 确实知道有些问题是有推导可以知道明确结论的, 但是由于经验丰富, “恰好” 确实没有碰到利用“经验丰富” 没有解释不了的“答案”, 所以便理所当然的认为, 自己的这种“经验讲法” 是正确, 这样讲解出来的答案也是正确. 可是往往就是这种没有经过严格检验的结论与讲法, 误导了一些学生, 更使我们自己偏离了物理学科本身最倡导的“实事求是” 的原则!

如果我们少些理所当然, 少些讲解没有经过验证的“所谓经验结论”、“所谓事实表象验证”, 或许我们不仅不会错过真实的结论, 还会教会学生存疑、质疑表象以及探究事物本质的能力, 那样我们的学生一定会更加聪明! 希望我们每位教师都能成为注重教学严谨的智者!