

小议涉及家庭电路的动态变化分析问题

张燕怡

(中国人民大学附属中学 北京 100080)

(收稿日期:2021-09-03)

摘要:用电高峰期家用电器电压不足的问题,来源于实际生活情景,是帮助学生理解交、直流电路规律的很好素材.基于高中物理教学中恒定电流和交流电相关内容的知识、模型,讨论了家庭电路中用电器电压损失的两种来源,并对人教版新旧教材关于此问题的处理进行了对比和评价.

关键词:家庭电路 远距离输电 动态变化

1 问题背景

电路动态变化分析问题,是高中物理程序性知识中的重难点之一,初见于与恒定电流相关章节.此类问题需要学生综合应用闭合电路欧姆定律、部分电路欧姆定律、串并联规律求解,典型题目如例1所示.学生在经历一系列分析过程后,比较容易形成针对此类问题的套路化操作.

【例1】对于如图1所示的混联电路,讨论变阻器滑片滑动时,电路中相关电压、电流物理量的变化情况.

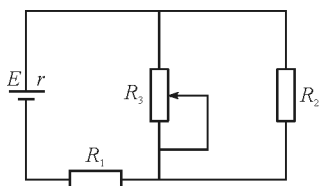


图1 闭合电路动态分析典型例题

对例1的思考流程如图2所示.

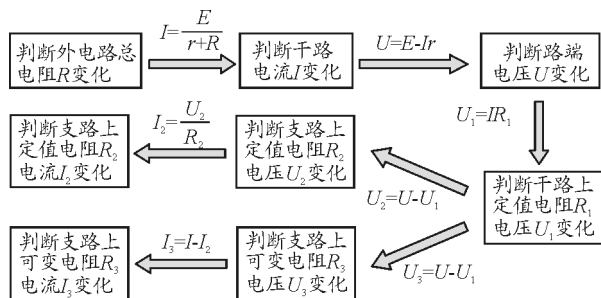


图2 闭合电路动态分析问题基本思考流程

人教版高中物理旧版教材在“恒定电流”一章的“说一说”栏目(选修3-1,P61),曾提出了如下问题.

一些同学可能有这样的经验:傍晚用电多的时候,灯光发暗,而当夜深人静时,灯光特别明亮.又如,在插上电炉、电暖气等用电多的电器时,灯光会变暗,拔掉后灯光马上又亮起来.在一些供电质量不太好的地区尤其是这样.试着解释这种现象.

刚刚学过闭合电路欧姆定律的学生,可以将家庭电路建模为电动势大小 220 V,并存在固定内阻(干路导线电阻)的电源,根据直流闭合电路中,路端电压随负载变化的规律,做出定性解释.

但在学过交流电章节,尤其是远距离输电的电网结构后,不少学生会对之前的论证基础产生疑问.原因在于,按照目前高中所学的输电模型,增加用户端负载时,用户端电压(降压变压器输出端电压)和用户端干路电流会同时变化,此时若沿用直流回路中动态分析的方法,假设用户端电压还是 220 V,逻辑上存在漏洞.

在学过“交流电”一章后,含有变压器和输电网络的电路结构也被纳入了动态分析问题的范畴.此类问题情景更复杂,综合性更强,所涉及到的公式、规律更多,对学生的分析能力要求很高.但目前出现的练习题和高考题,大多是给出了具体数据或是物理量存在简单比例关系的情景^[1,2].在笔者教学过

程中,对于“用户端负载增加时,用户端电流和输电电流增大,用户端电压减小”的结论,不少学有余力的学生并不只满足于定性的知道,而希望能够有一个基于输电模型的具体的推导论证过程.教师可以以此为契机,将此问题作为一个探究任务布置给有兴趣的学生,并给予指导帮助.

以下,笔者提供一种建模论证的思路.

2 建模论证

如图3所示,采用中学阶段的交流远距离输电模型,将研究对象选定为用户回路和输电回路.输电电压 U_0 保持不变,输电线末端电压(降压变压器输入电压)为 U_1 ,用户端电压(降压变压器输出端电压)为 U_2 ,输电电流为 I_0 ,输电线总电阻为 R_0 ,用户端干路电流为 I ,总电阻为 R (简单起见,假设用户端都接纯电阻用电器,且 R 包含用户端干路线阻).理想降压变压器原、副线圈匝数比为 $n_1:n_2$.现在需探究 U_2 和 I 随 R 变化的规律.

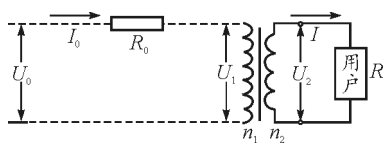


图3 输电回路、用户回路结构及各物理量示意

对用户回路

$$U_2 = IR$$

对输电回路

$$U_0 = I_0 R_0 + U_1$$

对于理想降压变压器

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{I}{I_0} = \frac{n_1}{n_2}$$

联立以上各式,可整理出 U_2 , I 与 R 的函数关系

$$U_2 = \frac{U_0}{\frac{n_2 R_0}{n_1 R} + \frac{n_1}{n_2}}$$

$$I = \frac{U_0}{\frac{n_2 R_0}{n_1} + n_2 R}$$

根据函数单调性可知,随着用户端负载增加(R 减小),用户端电压 U_2 会减小,用户端干路电流 I 会

增加.此后,可借鉴直流闭合回路中动态分析的方法,再单独分析用户端各用电器上电压电流的变化情况,最终得到和生活经验相符合的结果.

3 讨论与总结

用电高峰期家用电器电压不足的问题,来源于实际生活情景,是帮助学生理解交、直流电路规律的很好素材.从前面的分析可以看出,按照现有的输电模型,用户端负载增加时,家用电器上的电压损失应该有两个来源,一是由于用户回路干路电线上的电压损失导致,二是由于输电线上的电压损失导致.两者可分别用于考查学生对恒定电流基本规律、远距离输电规律的理解应用能力,但在出题时应尽量措辞严谨,避免歧义.

在2019年启用的人教版新教材“电能 能量守恒定律”一章中,之前的“说一说”栏目被删除,类似情景在课后练习中(必修3,P100第6题)被改造成了如下习题.

【例2】如图4所示,照明电路的电压为220V,并联了20盏电阻 R 都是807 Ω (正常发光时的电阻)的电灯,两条输电线的电阻 r 都是1.0 Ω .只开10盏灯时,整个电路消耗的电功率、输电线上损失的电压和损失的电功率各是多大?20盏灯都打开时,情况又怎样?

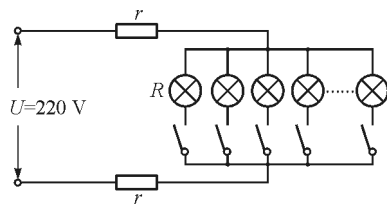


图4 例2题图

由于此处只涉及对欧姆定律的考查,因此题目直接假定了照明电压保持220V不变,回避掉了存在变压器及输电回路的问题,模型更为清楚明确.

参考文献

- 成金德. 弄清一三三四五六七,把握输电问题求解武器[J]. 中学生理科应试,2018(9):33~36
- 石峰虎,张卫刚. 交变电流与变压器的动态分析问题[J]. 中学物理教学参考,2020,49(3):36~42