

高中物理远距离恒功率输电模型的建构

任孝有

(北京市通州区潞河中学 北京 101100)

(收稿日期:2021-02-01)

摘要:尝试通过本地恒压输电,转换视角到远程恒功率输电,体现远距离恒功率输电模型从无到有的建构过程.

关键词:恒压 恒功率 远距离输电

1 问题提出

科学建模(scientific modeling)是新一轮国际科学课程改革关注的热点^[1],对于高中物理中的远距离恒功率输电模型^[2],学生总会存在一个困扰:如何做到交流电恒功率输送呢?在学习变压器时,明明是输出功率决定了输入功率,用户需求决定了输送功率,这不是矛盾了吗?下面基于高中物理知识,结合本地供电与远程供电两种情境进行简单的模型建构进阶分析.

2 建构模型

2.1 本地恒压输电

如图1所示,一个灯泡,额定电压为 U_0 ,额定电流为 I_0 ,为正常发光,采用交流本地供电,导线电阻不计,供电电压等于小灯泡额定电压.此时输电效率(用户获得功率与输送功率之比)为100%.

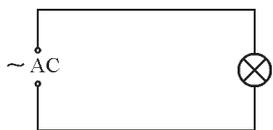


图1 交流恒压输电电路原理图

2.2 远程恒压输电

如图2所示,使用交流远程供电,设输电线电阻共为 r ,使用同样电源供电,因为电阻分压,无法实现灯泡正常发光.

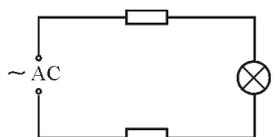


图2 交流远程供电电路图

图3所示,其中的 $n_1 < n_0$.

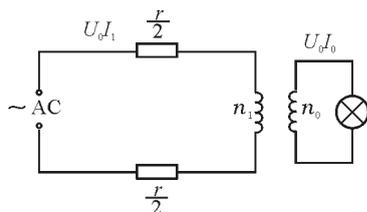


图3 交流远程恒压输电电路图

因为是理想变压器,根据能量守恒

$$U_0 I_1 = I_1^2 r + U_0 I_0$$

$$I_1 = \frac{U_0 \pm \sqrt{U_0^2 - 4rU_0 I_0}}{2r}$$

由数学可知,当

$$\Delta = U_0^2 - 4rU_0 I_0 = U_0(U_0 - 4rI_0) \geq 0$$

即 $r \leq \frac{1}{4} \frac{U_0}{I_0}$ 时,也就是输电线电阻小于等于用电器电阻的 $\frac{1}{4}$ 时有解,此时

$$\frac{n_0}{n_1} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{U_0 \pm \sqrt{U_0^2 - 4rU_0 I_0}}{2rI_0} > 1 \quad (1)$$

虽然灯泡可以正常工作,但现实应用有限,且 $I_1 > I_0$,使输电线上损失的功率 $I^2 r$ 很大,那么如何减少这种损失呢?

(1) 可以取式(1)中的减号得到较小的 I_1 ,即

$$I_1 = \frac{U_0 - \sqrt{U_0^2 - 4rU_0 I_0}}{2r}$$

(2) 减小输电线电阻 r ,但效果有限.

(3) 用其他方法进一步减小电流,使 $I_1 < I_0$,下面进行具体分析.

2.3 远程升压输电

如果输送电流小于灯泡电流,则在用户端应改

(下转第69页)

有没有升压的装置呢?显然是变压器,电路如

Analysis and Suggestions on the Current Situation of Curriculum Ideological and Political Education Research in University Physics

Zheng Yanbin Wang Xueqin Liang Lanju

(College of Optoelectronic Engineering, Zaozhuang University, Zaozhuang, Shandong 277160)

Abstract: Curriculum politics is an important measure to implement the fundamental task of moral education. As a public fundamental course, college physics is almost opened to students belonging to all college majors. So, it is very important to implement curriculum politics construction of college physics course. Based on literature investigation, the research status and shortcomings of curriculum politics in college physics are summarized. Also, some strategies and suggestions are proposed aimed at the shortcomings of current research.

Key words: college physics; curriculum ideological and political education; research status; suggestions

(上接第 62 页)

用降压升流变压器,但带来的问题是要求图 3 中原线圈电压高于小灯泡额定电压,而电源电压等于额定电压,因此需要电源通过连接升压变压器达到要求,电路如图 4 所示,其中 $n_1 > n_0, n_2 > n_3$.

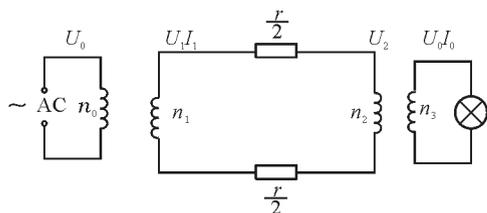


图 4 交流远程升压输电电路图

根据理想变压器能量守恒

$$U_1 I_1 = I_1^2 r + U_0 I_0$$

解得
$$I_1 = \frac{U_1 \pm \sqrt{U_1^2 - 4rU_0 I_0}}{2r}$$

由数学可知,当 $\Delta = U_1^2 - 4rU_0 I_0 \geq 0$, 即 $U_1 \geq \sqrt{4rU_0 I_0}$ 时有解,则输电效率

$$\eta = \frac{U_0 I_0}{U_1 I_1} = \frac{U_1 I_1 - I_1^2 r}{U_1 I_1} = 1 - \frac{I_1 r}{U_1}$$

即

$$\eta = 1 - \frac{U_1 \pm \sqrt{U_1^2 - 4rU_0 I_0}}{2rU_1} \quad (2)$$

由式(2)可知,需求功率 $U_0 I_0$ 和输电电阻 r 一定时,输电效率由 U_1 决定.

同样的 U_1 , 取减号时,输电效率更高,所以

$$I_1 = \frac{U_1 - \sqrt{U_1^2 - 4rU_0 I_0}}{2r}$$

则变压器线圈匝数比可以确定为

$$\frac{n_1}{n_0} = \frac{U_1}{U_0} \quad \frac{n_3}{n_2} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{U_1 - \sqrt{U_1^2 - 4rU_0 I_0}}{2rI_0}$$

整理输电效率的表达式为

$$\eta = 1 - \frac{U_1 - \sqrt{U_1^2 - 4rU_0 I_0}}{2rU_1} = 1 - \frac{1}{2r} + \frac{\sqrt{U_1^2 - 4rU_0 I_0}}{2rU_1}$$

即
$$\eta = 1 - \frac{1}{2r} + \sqrt{1 - \frac{4rU_0 I_0}{U_1^2}}$$

显然, U_1 越大,输电效率越高,而且结合推导过程可知,对线圈 n_0 两端的电压并没有要求.

因此,在现实输电中,经常采用高压输电,减少电路损耗,提升输电效率.

2.4 远程恒功率输电模型

基于上面的分析,当用户需求一定时,高压输电可以提升输电效率,减少输送功率. 或者从输送端看,根据 $P_{\text{用}} = P_{\text{送}} \eta$ 输送出同样的功率,采用高压输电会使用户获得更多的功率,这就是常见的恒功率输电模型,是对现实用电输电的简单描述,本质上仍旧是用户端决定了输送功率.

经历以上的模型建构、进阶修正过程,学生对远距离恒功率输送模型的认知会更加全面深刻,帮助学生体会模型建构的过程,促进建模能力的提升^[3].

参考文献

- 张静,郭玉英.从模型进阶到思维发展:物理建模教学设计与实践[J].课程·教材·教法,2020,40(2):113~118
- 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中教科书物理选择性必修 2[M].北京:人民教育出版社,2018
- 任孝有.基于圆球模型推导重力加速度与纬度的关系式[J].物理通报,2020(9):56~62