

3.4 电能的输送

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 授课日期：_____

本课在课程标准中的表述：了解交变电流从发电站到用户的输电过程

[学习目标]

- 1.理解远距离输电线上的能量损失与哪些因素有关.
- 2.应用理想变压器、电路知识对简单的远距离输电线路进行定量计算.
- 3.了解交变电流从发电站到用户的输电过程.

[课前预习]

一、输送电能的基本要求

1. 可靠：指保证_____可靠地工作，故障少.
2. 保质：保证电能的质量——_____和_____稳定.
3. 经济：指输电线路建设和运行的费用_____，电能损耗_____.

二、降低输电损耗的两个途径

1. 输电线上的功率损失： $P=I^2r$ ， I 为输电电流， r 为输电线的电阻.
2. 降低输电损耗的两个途径
 - (1)减小输电线的电阻：在输电距离一定的情况下，为了减小电阻，应当选用电阻率_____的金属材料，还要尽可能_____导线的横截面积.
 - (2)减小输电线中的电流：为了减小输电电流，同时又要保证向用户提供一定的电功率，就要_____输电电压.

三、电网供电

1. 远距离输电的基本原理：在发电站内用_____变压器升压，然后进行远距离输电，在用电区域通过_____变压器降到所需的电压.
2. 电网：通过网状的输电线、_____，将许多电厂和广大用户连接起来，形成全国性或地区性的输电_____.
3. 电网输电的优点
 - (1)降低一次能源的运输成本，获得最大的_____.
 - (2)减小断电的风险，调剂不同地区_____的平衡.
 - (3)合理调度电力，使_____的供应更加可靠，质量更高.

即学即用：

1. 判断下列说法的正误.
 - (1)输电线上电功率的损失，与输电线的电阻成正比，与输电线电流的平方成正比。()
 - (2)由 $P=\frac{U^2}{r}$ 可知，输电电压越小，输电线上电功率的损失就越小。()
 - (3)使用变压器进行远距离输电，用户得到的电压可以高于发电机输出的电压。()
 - (4)远距离输电时，若升压变压器匝数比为 $1:n$ ，降压变压器匝数比为 $n:1$ ，则升压变压器的输入电压和降压

变压器的输出电压相等。()

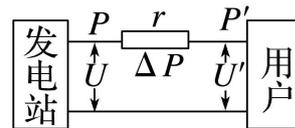
2. 输电线的总电阻为 R , 输送电功率为 P . 现用电压 U 来输电, 输电线上的电流为 _____, 输电线上损失的功率为 _____. 如果用 $2U$ 电压来输电, 则输电线上的电流为 _____, 输电线上损失的功率为 _____. 两次损失的功率之比为 _____.

[课堂学习]

一、输电线上的电压和功率损失

【导学探究】

如图所示, 假定发电站输出的电压为 U , 输送功率为 P , 输电线路中的电流是 I , 两条导线的总电阻是 r (在图中把导线电阻集中画为 r). 那么:



(1) 用户两端的电压是多大?

(2) 用户得到的电能与发电站输出的电能相等吗?

(3) 输电线上功率损失的原因是什么? 功率损失的表达式是什么? 降低功率损耗有哪些途径?

【知识深化】

1. 输电电路的电压损失

输电线始端电压 U 与输电线末端电压 U' 的差值. $\Delta U = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$, 其中 I 为输电线上的电流, r 为输电线的电阻.

2. 输电电路的功率损失

(1) 远距离输电时, 输电线有电阻, 电流的热效应引起功率损失, 损失的电功率 $\Delta P = \underline{\hspace{2cm}}$.

(2) 若输电线上损失的电压为 ΔU , 则功率损失还可以表示为 $\Delta P = \underline{\hspace{2cm}}$, $\Delta P = \underline{\hspace{2cm}}$.

3. 减小电压、功率损失的方法

(1) 减小输电线的电阻

由 $R = \rho \frac{l}{S}$ 可知, 距离 l 一定时, 使用电阻率小的材料, 增大导体横截面积可减小电阻.

(2) 减小输电电流 I , 根据 $I = \frac{P}{U}$, 在输送功率 P 一定, 输电线电阻 r 一定的条件下, 输电电压提高到原来的 n 倍, 输电电流可减为原来的 _____, 输电线上的功率损耗将降为原来的 _____.

【例 1】 三峡电站某机组输出的电功率为 50 万千瓦。

(1)若输出的电压为 20 万伏，则输电线上的电流为多少？

(2)在(1)情况下，某处与电站间每根输电线的电阻为 10 欧，则输电线上损失的功率为多少？它与输出功率的比值是多少？

(3)若将输出电压升高至 50 万伏，输电线上的电流为多少？某处与电站间每根输电线的电阻仍为 10 欧，输电线上损失的功率又为多少？它与输出功率的比值是多少？

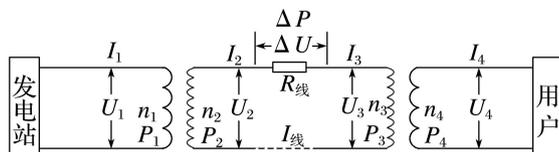
针对训练 1 降雪很大时，高压线上冻起厚厚的冰霜，导致部分电线负重增大而断裂，有人想出了通过增大输电线上损耗功率来融冰的方案。假设输电电压是 220 kV，当输送功率保持不变时，为使输电线上损耗的功率增大为原来的 4 倍，输电电压应变为()

- A. 55 kV B. 110 kV C. 440 kV D. 880 kV

二、远距离高压输电过程的分析与计算

【导学探究】

某发电站向远处输电的示意图如图所示，其中各部分的物理量已在图上标注，在这个电路包括三个回路。



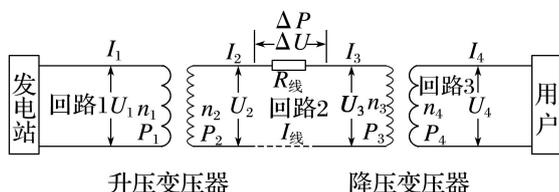
(1)结合闭合电路的知识，分别分析三个回路中各物理量之间的关系(发电机内阻、 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 线圈的电阻均忽略不计)。

(2)若两个变压器均为理想变压器，则每个变压器中的电流、电压、功率有什么关系？

【知识深化】

解决远距离高压输电问题的基本方法

1. 首先应画出远距离输电的电路图(如图)，并将已知量和待求量写在电路图的相应位置。



2. 理清三个回路:

回路 1: $P_1 =$ _____

回路 2: $U_2 =$ _____, $P_2 =$ _____ = _____₃, $I_2 = I_3$

回路 3: $P_4 =$ _____.

3. 常用关系

(1) 功率关系: $P_1 = P_2$, $P_2 =$ _____, $P_3 = P_4$.

(2) 电压关系: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, $U_2 =$ _____, $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$.

(3) 电流关系: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, $I_2 = I_{\text{线}} = I_3$, $\frac{I_3}{I_4} = \frac{n_4}{n_3}$.

(4) 输电电流: $I_{\text{线}} = \frac{P_2}{U_2} = \frac{P_3}{U_3} = \frac{\Delta U}{R_{\text{线}}}$.

(5) 输电线上损耗的电功率:

$\Delta P =$ _____ = _____ = _____ = _____.

(6) 输电线上的电压损失:

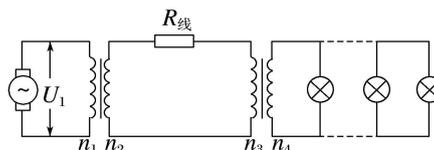
$\Delta U = I_{\text{线}} R_{\text{线}} = U_2 - U_3$.

【例 2】 一小型发电站通过升压、降压变压器把电能输给用户, 已知发电机的输出功率为 500 kW, 升压变压器原线圈两端的电压为 500 V, 升压变压器原、副线圈的匝数比为 1 : 5, 两变压器间输电线的总电阻为 1.5 Ω , 降压变压器的输出电压为 220 V, 不计变压器能量损耗, 求:

- (1) 升压变压器副线圈两端的电压;
- (2) 输电导线上的功率损失及用户得到的功率;
- (3) 降压变压器原、副线圈的匝数比.

针对训练 2 如图所示, 某小型水电站发电机的输出电压 $U_1 = 250$ V, 经升压变压器和降压变压器后为养殖场供电. 已知输电线的总电阻 $R_{\text{线}} = 5$ Ω , 输电线上损失的功率 $P_{\text{线}} = 2$ kW, 养殖场共有 1 100 盏标有“220 V 40 W”字样的灯泡正常工作(除此之外没有其他用电器). 假设两个变压器均为理想变压器, 下列说法正确的是 ()

- A. 输电线上的电流 $I_{\text{线}} = 20$ A
- B. 升压变压器的匝数比 $n_1 : n_2 = 1 : 10$
- C. 降压变压器的匝数比 $n_3 : n_4 = 9 : 1$
- D. 发电机的输出功率为 44 kW



【课后作业】 完成课后作业

【课后感悟】 _____