

第 46 讲 变压器 远距离输电

——划重点之精细讲义系列

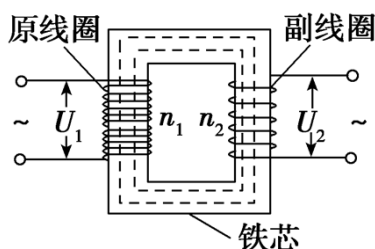


考点 1	理想变压器基本规律的应用
考点 2	理想变压器的动态分析
考点 3	几种常用的变压器
考点 4	远距离输电问题



一. 变压器原理

1. 构造和原理(如图所示)



(1)主要构造：由原线圈、副线圈和闭合铁芯组成。

(2)工作原理：电磁感应的互感现象。

2. 理解变压器的基本关系式

(1)功率关系： $P_{\text{入}}=P_{\text{出}}$

(2)电压关系： $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ ，若 $n_1>n_2$ ，为降压变压器，若 $n_1<n_2$ ，为升压变压器。

(3)电流关系：只有一个副线圈时， $\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$ ；有多个副线圈时， $U_1I_1=U_2I_2+U_3I_3+\dots+U_nI_n$ 。

二. 远距离输电

1. 电路损失

(1)功率损失：设输电电流为 I ，输电线的电阻为 R ，则功率损失为 $\Delta P=I^2R$ 。

(2)电压损失： $\Delta U=IR$ 。

减小功率损失和电压损失，都要求提高输电电压，减小输电电流。

2. 降低损耗的两个途径

- (1) 一个途径是 **减小输电线的电阻**. 由电阻定律 $R = \rho \frac{l}{S}$ 可知, 在输电距离一定的情况下, 为减小电阻, 应当用电阻率小的金属材料制造输电线. 此外, 还要尽可能增加导线的横截面积.
- (2) 另一个途径是 **减小输电导线中的电流**, 由 $P = IU$ 可知, 当输送功率一定时, 提高电压可以减小输电电流.



考点 1: 理想变压器基本规律的应用

1. 理想变压器的基本特点

- (1) 无漏磁, 故 **原、副线圈中的 Φ 、 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 相同**.
- (2) 线圈无电阻, 因此无压降, $U = E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.
- (3) 根据 $\frac{U}{n} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 得, 套在同一铁芯上的线圈, 无论是原线圈, 还是副线圈, 该比例都成立, 则有

$$\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2} = \frac{U_3}{n_3} = \dots$$

2. 理想变压器的基本关系

功率关系	原线圈的输入功率等于副线圈的输出功率, 即 $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$
电压关系	原、副线圈的电压比等于匝数比, 即 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 与副线圈的个数无关
电流关系	① 只有一个副线圈时: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ② 有多个副线圈时: 由 $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$ 得 $U_1 I_1 = U_2 I_2 + U_3 I_3 + \dots + U_n I_n$ 或 $I_1 n_1 = I_2 n_2 + I_3 n_3 + \dots + I_n n_n$
频率关系	$f_1 = f_2$, 变压器不改变交流电的频率



1. 理想变压器的制约关系

原线圈电压 U_1 和匝数比决定副线圈电压 U_2 , $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$

副线圈的输出功率 $P_{\text{出}}$ 决定原线圈的输入功率 $P_{\text{入}}$, $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$

副线圈电流 I_2 和匝数比决定原线圈电流 I_1 , $I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2$

2. 含有多个副线圈的变压器

计算具有两个或两个以上副线圈的变压器问题时, 需注意三个关系:

$$\text{电压关系: } \frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2} = \frac{U_3}{n_3} = \dots = \frac{U_n}{n_n}$$

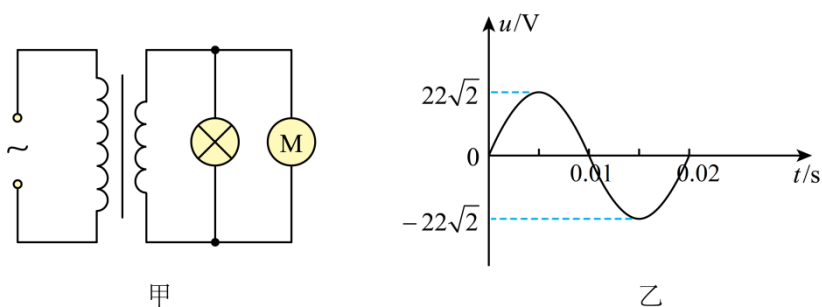
$$\text{功率关系: } P_1 = P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_n$$

$$\text{电流关系: } n_1 I_1 = n_2 I_2 + n_3 I_3 + n_4 I_4 + \dots + n_n I_n$$

划重点

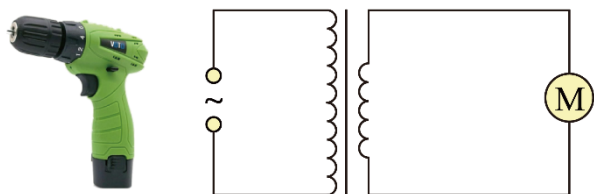
考向预测

【考向 1】（2024·湖南常德·一模）如图甲所示的交变电路中，变压器可看作理想变压器，灯泡和电动机的额定电压相等，当原线圈两端接有如图乙所示的交流电压时，灯泡刚好正常发光，电动机也刚好正常工作。已知电动机的内阻 $r = 0.1\Omega$ ，电动机的额定功率为 2 W 、效率为 80% ，灯泡正常发光时电阻为 0.5Ω 。下列说法正确的是（ ）



- A. 灯泡的额定电压为 1 V B. 原、副线圈的匝数比为 $11:1$
C. 原线圈中的电流为 5.5 A D. 灯泡中的电流 1 s 内方向改变 50 次

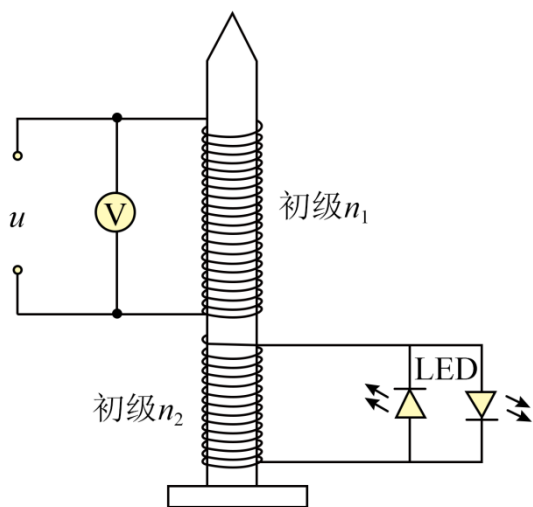
【考向 2】（多选）（2024·广西·二模）下图是一款小型电钻及其简化电路图，它由变压器及电动机两部分构成，变压器为理想变压器。电动机的内阻为 1Ω ，额定电压为 16 V ，额定电流为 2.2 A 。当变压器输入电压为 220 V 的正弦交流电时电钻正常工作，下列说法正确的是（ ）



- A. 变压器的原、副线圈匝数之比是 $55:4$
B. 变压器原线圈电流的最大值为 0.16 A
C. 变压器的输入功率为 35.2 W
D. 电动机的效率约为 73%

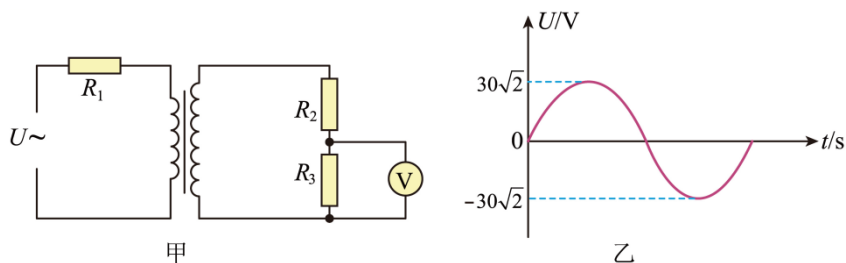
【考向 3】（多选）（2024·广东佛山·二模）小明同学用漆包线和铁钉绕制了一个如图所示简易变压器，

初级线圈匝数 $n_1 = 400$ 匝，接入正弦交流电 $u = 8\sqrt{2}\sin 100\pi t(\text{V})$ 。次级线圈匝数 $n_2 = 100$ 匝，其两端并接着两只极性相反发光二极管 LED（单向导电），此 LED 两端电压超过 2.1V 就会导通被点亮。忽略铁钉漏磁，下列说法正确的是（ ）



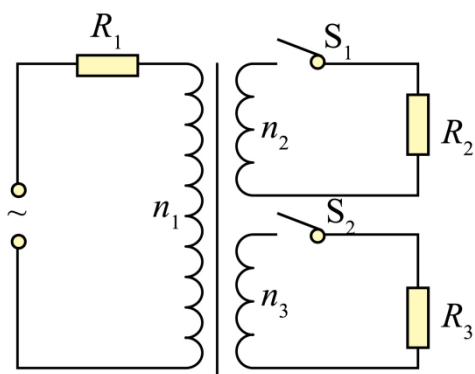
- A. 图中电压表示数为 8V B. 两只 LED 都不能被点亮
C. 每只 LED 闪光频率 $f = 50\text{Hz}$ D. LED 两端电压峰值 $U_m = \sqrt{2}\text{V}$

【考向 4】（多选）（2024·江西鹰潭·二模）一含有理想变压器的电路如图所示，图中电阻 $R_1:R_2:R_3 = 1:8:12$ ，当 U 为如图乙所示正弦式交流电源时，理想交流电压表示数为 30V ，则该变压器原、副线圈匝数比可设计为（ ）



- A. 1:10 B. 2:5 C. 1:2 D. 3:5

【考向 5】（多选）（2024·湖北·三模）如图所示为理想变压器，已知 $n_1 = 100$ 匝， $n_2 = 30$ 匝。电阻 $R_1 = 8\Omega$ ， $R_2 = 0.36\Omega$ ， $R_3 = 2.56\Omega$ 。电源为理想交流电源。开关 S_1 闭合 S_2 断开时 R_2 的电功率和开关 S_2 闭合 S_1 断开时 R_3 的电功率相等。则线圈 n_3 的匝数可能为（ ）



A. 20

B. 40

C. 60

D. 80



考点2：理想变压器的动态分析

常见的理想变压器的动态分析一般分匝数比不变和负载电阻不变两种情况。

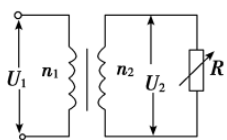
1. 匝数比不变的情况(如图甲所示)

(1) U_1 不变, 根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 输入电压 U_1 决定输出电压 U_2 , 不论负载电阻 R 如何变化, U_2 不

变。

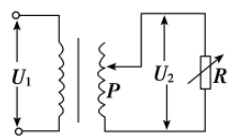
(2) 当负载电阻发生变化时, I_2 变化, 输出电流 I_2 决定输入电流 I_1 , 故 I_1 发生变化。

(3) I_2 变化引起 P_2 变化, $P_1 = P_2$, 故 P_1 发生变化。



$\frac{n_1}{n_2}$ 不变, 负载 R 变化

图甲



$\frac{n_1}{n_2}$ 改变, 负载 R 不变

图乙

2. 负载电阻不变的情况(如图乙所示)

(1) U_1 不变, $\frac{n_1}{n_2}$ 发生变化, 故 U_2 变化。

(2) R 不变, U_2 变化, 故 I_2 发生变化。

(3) 根据 $P_2 = \frac{U_2^2}{R}$, P_2 发生变化, 再根据 $P_1 = P_2$, 故 P_1 变化, $P_1 = U_1 I_1$, U_1 不变, 故 I_1 发生变

化。



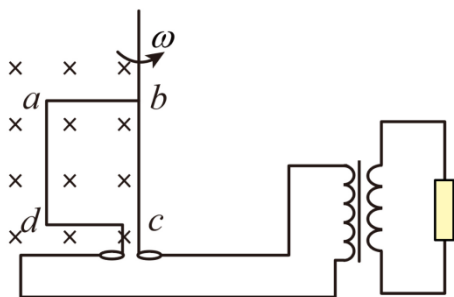
(1) 分析该类问题的一般思维流程是：

$$U_1 \xrightarrow{\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}} U_2 \xrightarrow{I_2 = \frac{U_2}{R_{\text{负载}}}} I_2 \xrightarrow{\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}} I_1 \xrightarrow{P_1 = I_1 U_1} P_1$$

划重点

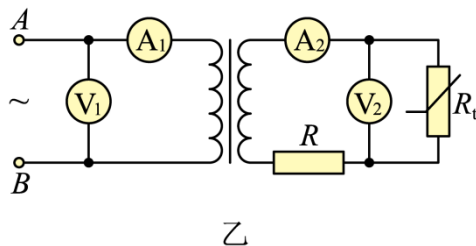
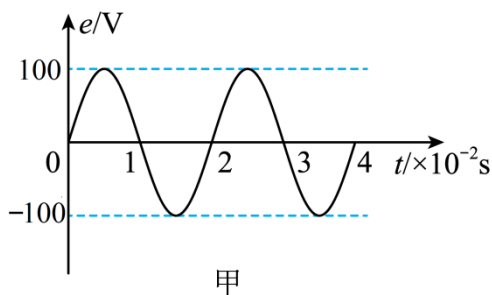
考向预测

【考向 6】（2024·辽宁葫芦岛·二模）如图所示，矩形线圈 $abcd$ 与理想变压器原线圈组成闭合电路，副线圈接一定值电阻。矩形线圈 $abcd$ 在有界匀强磁场中绕垂直于磁场的 bc 边匀速转动，磁场只分布在 bc 边的左侧，磁场的磁感应强度大小为 B ，线圈的匝数为 N ，转动的角速度为 ω ， ab 边的长度为 L_1 ， ad 边的长度为 L_2 ，线圈电阻不计。假设从如图所示位置开始计时，下列说法正确的是（ ）



- A. 矩形线圈中产生的是正弦式交变电流
- B. 原线圈两端电压的有效值为 $\frac{\sqrt{2}NBL_1L_2\omega}{2}$
- C. 若仅增大线圈的转速，则通过定值电阻的电流减小
- D. 若仅增大变压器副线圈的匝数，则定值电阻的电功率增大

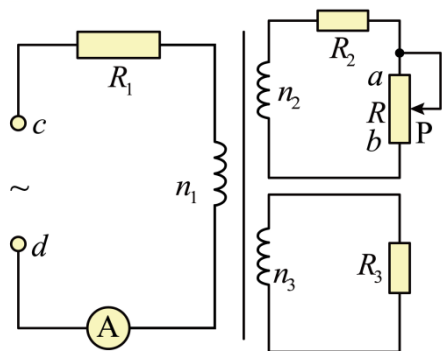
【考向 7】在匀强磁场中有一电阻忽略不计的矩形线圈，绕垂直于磁场的轴匀速转动，产生的正弦交流电的感应电动势 e 随时间 t 的变化如图甲所示，把该交流电输入到图乙中理想变压器的 A 、 B 两端。已知 R_t 为热敏电阻（其电阻随温度升高而减小）， R 为定值电阻，图中各电表均为理想电表。下列说法正确的是（ ）



- A. 变压器 A 、 B 两端电压的瞬时值表达式为 $u = 100\sin 50\pi t$ (V)

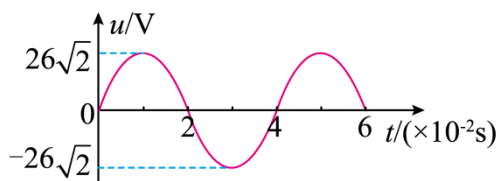
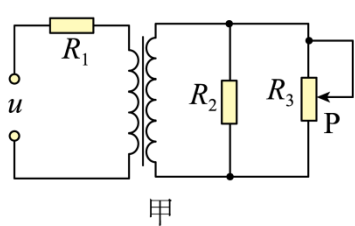
- B. 图甲中 $t = 2 \times 10^{-2}\text{s}$ 时, 穿过线圈的磁通量最大
- C. R_t 处温度升高后, 电压表 V_1 与 V_2 示数的比值不变
- D. R_t 处温度升高后, 变压器的输入功率减小

【考向 8】(多选) 在如图所示的电路中, 理想变压器的匝数比 $n_1:n_2:n_3 = 4:2:1$, 定值电阻 $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = R_3 = 1\Omega$, 滑动变阻器 R 的最大阻值为 3Ω 。在 c 、 d 两端输入正弦式交流电, 电压的表达式为 $u = 10\sqrt{2}\sin 100\pi t(\text{V})$ 。当滑片 P 从 a 端滑到 b 端的过程中, 下列说法正确的是 ()



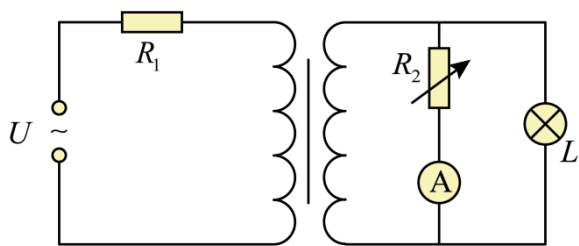
- A. 电阻 R_3 的功率一直增大
- B. 电流表示数的最小值为 $\frac{5}{6}\text{A}$
- C. 当滑片 P 处在 a 端与 b 端的中点时, 整个电路的功率达到最大
- D. 理想变压器的最大输出功率为 6.25W

【考向 9】(多选) (2024·四川南充·三模) 在图甲的电路中, 交变电源电压 u 随时间 t 按正弦规律变化如图乙。理想变压器原、副线圈的匝数比为 $2:3$, 电阻 $R_1=4\Omega$, $R_2=18\Omega$, 滑动变阻器 R_3 的最大阻值为 20Ω 。下列说法正确的是 ()



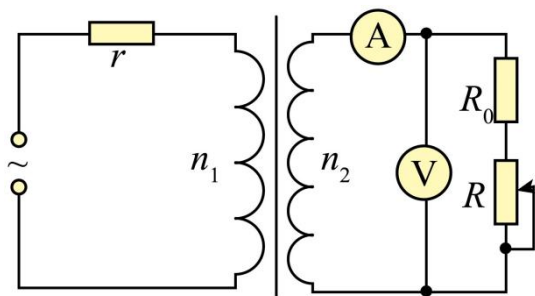
- A. 原线圈两端电压有效值为 26V
- B. 滑片 P 从上向下移动时, R_1 的功率逐渐增大
- C. 副线圈中电流方向每秒钟改变 25 次
- D. 当 $R_3=18\Omega$ 时, 变压器的输出功率最大

【考向 10】 如图所示, 一理想变压器原、副线圈的匝数比为 $2:1$, 原线圈输入的交流电压瞬时值的表达式为 $u = 220\sqrt{2}\sin 100\pi t(\text{V})$, 定值电阻 R_1 的阻值为 10Ω , 电阻箱 R_2 的初始阻值为 20Ω , 灯泡 L 阻值恒为 20Ω , 电流表的内阻不计。下列说法正确的是 ()



- A. 原线圈中的电流方向每秒钟改变 50 次
- B. 原副线圈磁通量变化率之比为 2:1
- C. 电流表示数为 4.4A
- D. 当 $R_2 = \frac{20}{7}\Omega$ 时，副线圈功率达到最大

【考向 11】（多选）（2024·河北·三模）如图所示，理想变压器原线圈接 $e = 100\sqrt{2}\sin(100\pi t)V$ 的交流电，原、副线圈匝数比 $n_1:n_2 = 2:5$ ，已知定值电阻 $r = 16\Omega$ 、 $R_0 = 25\Omega$ ， R 是滑动变阻器，电压表和电流表均为理想交流电表，以下说法正确的是（ ）



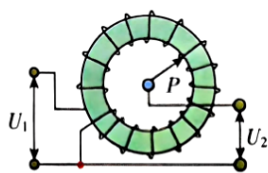
- A. $R = 75\Omega$ 时，理想变压器的输出功率最大
- B. 理想变压器的最大输出功率为 $P_m = 165.25W$
- C. 理想变压器的输出功率最大时，电流表的示数为 1A
- D. $R = 125\Omega$ 时，滑动变阻器消耗的功率最大



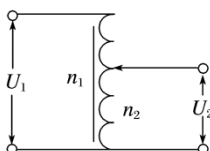
考点 3：几种常用的变压器

1. 自耦变压器——调压变压器。

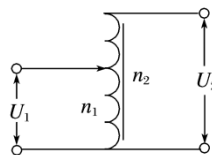
如图所示，铁芯上只绕一个线圈，低压线圈是高压线圈的一部分，既可以作为升压变压器使用，也可以作为降压变压器使用，如图甲(降压作用)、乙(升压作用)所示



自耦变压器构造



甲



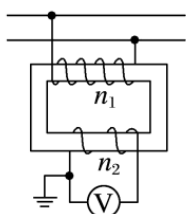
乙

规律：自耦变压器只有一个线圈，每匝线圈产生的电动势 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 相同，故 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 成立。通过自耦变压器，可以从零至最大值连续调节所需电压，与分压器类似，可以通过滑片 P 来调节副线圈的匝数，可以判断输出电压的情况。

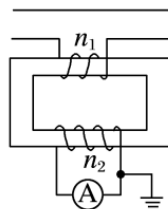
2. 互感器

(1) 电压互感器：**并在被测电路中，实质是降压变压器**，可以把高电压变成低电压，故原线圈匝数 n_1 大于副线圈匝数 n_2 。如图丙所示。

(2) 电流互感器：**串在被测电路中，实质是升压变压器**，可以把大电流变成小电流，故原线圈匝数 n_1 小于副线圈匝数 n_2 。如图丁所示。



丙

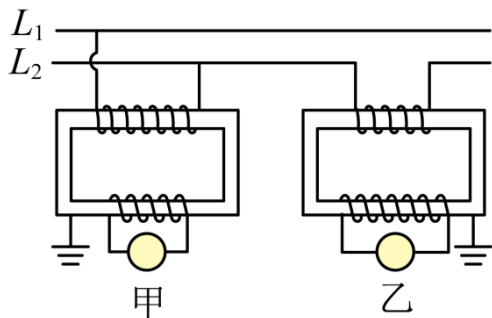


丁

交流电压表和交流电流表都有一定的测量范围，不能直接测量高电压和大电流。互感器是利用变压器的原理将不能直接测量的高电压和大电流转换成低电压、小电流后再进行测量。



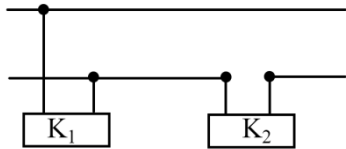
【考向 12】（2024·福建三明·一模）如图， L_1 、 L_2 是高压输电线，图中两电表示数分别是 220V 和 10A，已知甲图中原副线圈匝数比为 100:1，乙图中原副线圈匝数比为 1:10，则（ ）



- A. 甲图中的电表是电压表，输电电压为 2200V
- B. 甲图是电流互感器，输电电流是 100A
- C. 乙图中的电表是电压表，输电电压为 22000V

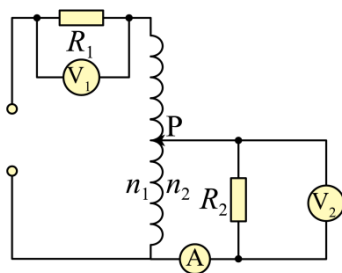
D. 乙图是电流互感器，输电电流是 100A

【考向 13】 (2024·江西·二模) 为实时监测高压输电线的电压和电流，需要测量出输电线上的电压和电流的大小。因高压输电线的电压和电流很大，可采用互感器进行测量。如图所示，电压互感器 K_1 和电流互感器 K_2 分别连接在高压线上，设两个互感器的原、副线圈的匝数比分别为 k_1 、 k_2 ，两个互感器所连的电表的示数分别为 a 、 b ，则高压输电线的电压和电流分别为（ ）



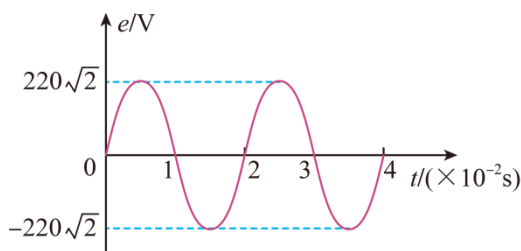
- A. $\frac{k_1}{a}$, bk_2 B. k_1a , $\frac{b}{k_2}$ C. $\frac{b}{k_2}$, k_1a D. bk_2 , $\frac{k_1}{a}$

【考向 14】 (2024·贵州·一模) 如图，一理想自耦变压器原线圈的匝数为 $n_1 = 400$ 匝，滑片 P 可在原线圈上面上下移动，从而改变副线圈的匝数 n_2 ，电路中的定值电阻 $R_1 = 150\Omega$ ， $R_2 = 30\Omega$ ，交流电压表、电流表均为理想电表，当从变压器的左端接入 $u = 180\sqrt{2}\sin 100\pi t(\text{V})$ 交流电源时，滑片 P 移动到某一位置，电压表 V_1 与电压表 V_2 的示数均为 30V，下列说法正确的是（ ）

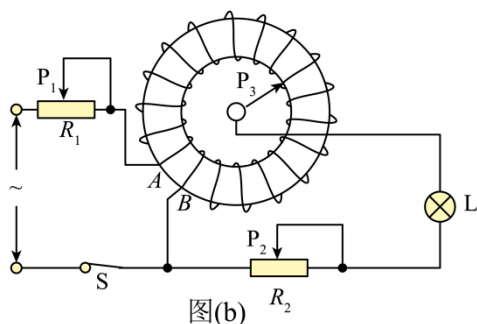


- A. 副线圈的匝数为 $n_2 = 80$ 匝
B. 电流表的示数为 $\sqrt{2}\text{A}$
C. R_1 消耗的电功率为12W
D. 若把滑片 P 向上滑，则流经 R_2 的电流频率会大于 50Hz

【考向 15】 如图 (b) 所示是一种理想自耦变压器示意图，线圈绕在一个圆环形的铁芯上， P_3 是可移动的滑动触头， A 、 B 端与滑动变阻器 R_1 串联后接正弦交流电源，输出端接灯泡 L 和滑动变阻器 R_2 ， P_1 、 P_2 为滑动变阻器的滑片。当开关 S 闭合，输入端接电压如图 (a) 所示， P_1 、 P_2 、 P_3 处于如图所在的位置时，灯泡 L 能正常发光。下列说法正确的是（ ）



图(a)



图(b)

- A. 流过灯泡 L 的电流方向每秒改变 50 次
- B. AB 两端电压有效值为 220V
- C. 若保持 P_2 和 P_3 不变, 仅将 P_1 向左移动, L 将变暗
- D. 若将 P_1 移至最左端, 移动 P_2 的同时转动 P_3 , L 亮度保持可能不变

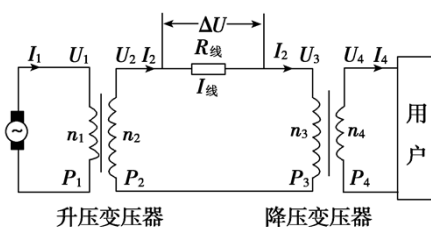
考点剖析理重点

考点 4: 远距离输电问题

1. 远距离输电的处理思路

对高压输电问题, 应按“发电机→升压变压器→远距离输电线→降压变压器→用电器”, 或按从“用电器”倒推到“发电机”的顺序一步一步进行分析。

2. 远距离高压输电的几个基本关系(以下图为例)



(1) 功率关系: $P_1 = P_2, P_3 = P_4, P_2 = P_{\text{损}} + P_3$.

(2) 电压、电流关系: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}, \frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{I_4}{I_3}, U_2 = \Delta U + U_3, I_2 = I_3 = I_{\text{线}}.$

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

(4) 输电线上损耗的电功率: $P_{\text{损}} = I_{\text{线}} \Delta U = I_{\text{线}}^2 R_{\text{线}} = \left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2 R_{\text{线}}.$

当输送功率一定时, 输电电压增大到原来的 n 倍, 输电线上损耗的功率就减小到原来的 $\frac{1}{n^2}$.

划重点

(1) 输电线上电压损失和输送电压不能混用, 如 $P_{\text{损}} = \Delta U I = \frac{\Delta U^2}{R} = \frac{U_{\text{线}}^2}{R} = I U_{\text{线}}$ (ΔU 或 $U_{\text{线}}$ 指输电

线电阻上的电压降), $P_{\text{损}} = (\frac{P}{U})^2 R$ (U 指输送总电压).

(2) 输电过程的电压关系:

$$U_{\text{出}} = U_{\text{损}} + U_{\text{用}}$$

$\swarrow$ 输电线损失电压
 $\searrow$ 降压变压器原线圈电压
 $\swarrow$ 升压变压器副线圈电压

(3) 输电过程功率的关系:

$$P_{\text{出}} = P_{\text{损}} + P_{\text{用}}$$

$$I = \frac{P_{\text{出}}}{U_{\text{出}}}$$

$$P_{\text{损}} = I^2 R_{\text{线}}$$

$$P_{\text{损}} = \frac{U_{\text{损}}^2}{R_{\text{线}}}$$

划重点

考向预测

【考向 16】 (2023·浙江绍兴·二模) 特高压是指 $\pm 800\text{kV}$ 及以上的直流电和 1000kV 及以上的交流电的电压等级, 该技术具有输送容量大、距离远、效率高和损耗低等优越性, 是世界上最先进的输电技术之一。保证输电功率不变的情况下将输电电压从交流 500kV 的超高压变为交流 1000kV 的特高压, 在两次输电过程中, 下列说法正确的是 ()

- A. “1000kV”指的是交流电的峰值
- B. 输电线上的电流变为原来的 2 倍
- C. 输电线上的电能损耗降为原来的 $\frac{1}{4}$
- D. 用户获得的功率一定为原来的 4 倍

【考向 17】 (2024·山西运城·二模) 如图所示为远距离输电的原理图, 已知升压变压器原、副线圈的匝数分别为 n_1 和 n_2 , 降压变压器原、副线圈的匝数分别为 n_3 和 n_4 , 输电线上的电阻为 R , 变压器均为理想变压器, 若保持发电厂的输出电压 U_1 不变, 当输电线上电流 I_2 减少 ΔI 时, 则用户端的电压增加 ()

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/875312143231011331>