

(2) 导体框的 PQ 边进入磁场后, 导体框受水平向右的外力 F 、水平向左的安培力 F_A 、水平向左的外力 F' 作用, 此时导体框的合力方向向左, 导体框做减速运动. 取向左为正方向, 根据牛顿第二定律可得加速度大小 $a = \frac{F_A + F' - F}{m} = \frac{B^2 L^2 v + kR}{mR} - \frac{P}{mv}$, 随着速度 v 减小, 加速度也减小, 故导体框的 PQ 边在磁场内的过程中, 导体框做加速度减小的减速运动, 最后可能做匀速运动.

(3) 导体框的速度为 v 时, 安培力 $F_A = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R}$, 与速度 v 成正比, 又因为 $F' = kv$, 与速度 v 成正比, 故必有 $\frac{W}{W_A} = \frac{F'}{F_A} = \frac{kR}{B^2 L^2}$, 由功能关系可知, 导体框中产生的焦耳热 $Q = W_A = \frac{B^2 L^2 W}{kR}$.

9. CD 【解析】金属棒沿光滑导轨下滑切割磁感线产生感应电动势, 同时给电容器充电, 由牛顿第二定律有 $mg \sin 30^\circ - BiL = ma$,

而充电电流为 $i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{C \Delta U}{\Delta t} = \frac{CBL \Delta v}{\Delta t} = CBL a$, 联立可得 $a = \frac{mg}{2(m + CB^2 L^2)}$, 可知加速度恒定, 即金属棒做匀加速直线运动, A 错误; 金属棒做匀加速直线运动, 则下滑 x 时, 根据运动学公式

有 $v^2 = 2ax$, 解得 $v = \sqrt{\frac{mgx}{m + B^2 L^2 C}}$, B 错误; 金属棒下滑 x 的过程中

电容器储存的电荷量为 $q = CU = CBLv = CBL \sqrt{\frac{mgx}{m + B^2 L^2 C}}$, C 正确;

对棒下滑 x 的过程, 由动能定理有 $mg \sin 30^\circ \cdot x - W_{F_A} = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 而 $W_{F_A} = E_{电}$, 联立解得 $E_{电} = \frac{mgCB^2 L^2 x}{2(m + B^2 L^2 C)}$, D 正确.

10. D 【解析】开关 S 先接 1, 使电容器完全充电后, 其电压等于电源电动势, 其电荷量为 $Q = CE = 70 \text{ C}$, 故 A 错误; 开关 S 接 2 后, 金属棒 ab 加速运动的过程中, 因电容器放电, 其两端的电压逐渐减小, 金属棒 ab 的动生电动势逐渐增大, 则两者的电压之差逐渐减小, 则流过金属棒 ab 的电流逐渐减小, ab 所受的安培力逐渐减小, 由牛顿第二定律可知, 加速度逐渐减小, 故 B 错误; 当金属棒 ab 刚开始运动时, 电容器与金属棒 ab 的电压之差最大, 则电流最大, 安培力最大, 加速度最大, 为 $a = \frac{BIL}{m} = \frac{BEL}{mR} = 7 \text{ m/s}^2$, 故 C 错误; 金属棒 ab 达到最大速度时加速度为零, 有 $U = BLv_m$, 对金属棒 ab 运动的全过程, 由动量定理有 $B\bar{I}L \cdot \Delta t = mv_m - 0$, 而电容器放电的电荷量为 $q = \bar{I} \cdot \Delta t = C(E - U)$, 联立解

得 $v_m = \frac{BLCE}{m + B^2 L^2 C} = 14 \text{ m/s}$, 故 D 正确.

考向 45 涡流及其应用 自感

1. BD 【解析】洛伦兹力始终与运动方向垂直, 所以洛伦兹力对小球一直不做功, 故 B 正确; 玻璃圆管处于均匀变化的磁场中, 在周围产生稳定的涡旋电场, 对带正电的小球做功, 由楞次定律和安培定则可知电场方向为顺时针方向, 因此小球先沿逆时针方向做减速运动, 一段时间后, 沿顺时针方向做加速运动, 当小球速度减为 0 时, 小球受到的洛伦兹力为 0, 可知小球受到的洛伦兹力不是一直增大, C 错误, D 正确; 当小球沿逆时针方向做减速运动时, 小球受到的洛伦兹力方向背离圆心, 根据牛顿第二定律可得 $N - qvB = m \frac{v^2}{r}$, 当小球速度减为 0 时, 小球受到的洛伦兹力为 0, 小球所需的向心力为 0, 则圆管对小球指向圆心的弹力为 0, 此时小球受到的弹力最小, 即此时小球对玻璃圆管的压力最小, 所以小球对玻璃圆管的压力不是一直增大, 故 A 错误.

2. BD 【解析】图 1 中当线圈中通以周期性变化的电流, 金属中产生涡流, 利用涡流生热使金属熔化, A 正确, 不符合题意; 图 2 中利用相互绝缘的硅钢片叠成的铁芯主要是为了防止涡流, 减小能量的损失, B 错误, 符合题意; 图 3 中探雷器遇见金属时, 金属会感应出涡流, 涡流的磁场反过来影响线圈中的电流, 使仪器报警, C 正确, 不符合题意; 小圆柱形永磁体在无缝铝管中下落时, 产生电磁感应, 阻力很大, 阻碍磁体与铝管间的相对运动, 小圆柱形永磁体在有竖直裂缝的铝管中下落时, 在侧壁也产生涡流,

易错点: 铝管有裂缝时也会产生涡流

但对小圆柱形永磁体产生向上的阻力较小, 所以小圆柱穿越无缝铝管的时间比穿越有缝铝管的时间长, D 错误, 符合题意.

3. BCD 【解析】缓冲过程中, 线圈 bc 段切割磁感线, 根据右手定则可知, 感应电流方向为 c 到 b , 故同一匝线圈中 b 端的电势高于 c 端的电势, 由左手定则可知, 线圈 bc 段受到向左的安培力, 线圈 ab 段中电流方向为由 b 到 a , A 错误, B、C 正确; 线圈 bc 段中感应电流方向为 c 到 b , 磁场反向时, 线圈中感应电流方向反向, 线圈 bc 段受到的安培力方向仍然向左, 仍起到缓冲作用, D 正确.

4. D 【解析】在电路甲中, 线圈 L 中产生的自感电动势阻碍电流的减小, 则断开 S 后, 电阻 R 和灯泡 A 重新组成回路, 使得灯泡 A 将由原来的亮度慢慢熄灭, A、B 错误; 在电路乙中, 由于电阻 R 和自感线圈 L 的阻值都很小且小于灯泡 A 的电阻, 则电路稳定时通过线圈 L 的电流大于通过灯泡 A 的电流, 断开 S 后, 原来通过电阻 R 和灯泡 A 的电流立刻消失, 而当电流减小时线圈 L 中产生自感电动势阻碍电流减小, 则线圈 L 相当于电源, 与灯泡 A 和电阻 R 重新组成回路, 由于该电流大于灯泡 A 原来的电流, 则使得灯泡 A 将先变得更亮, 然后逐渐变暗, C 错误, D 正确.

专题 13 交变电流

考向 46 交变电流的产生

1. BC 【解析】线圈平面与磁场垂直时的位置为中性面, 由题图可知, 在 $t = 0$ 和 $t = 0.2 \text{ s}$ 时, 磁通量最小, 线圈平面和磁场平行, 线

电磁振荡 传感器

圈位于与中性面垂直的位置, 感应电动势最大, 故 A 错误; 由题图可知, 在 $t = 0.1 \text{ s}$ 和 $t = 0.3 \text{ s}$ 时, 磁通量最大, 线圈位于中性面位置, 磁通量变化率为零, 感应电动势为 0, 线圈切割磁感线的有

效率最小,故 **B 正确, D 错误**;由题图可知,在 $t=0.2\text{ s}$ 和 $t=0.4\text{ s}$ 时,磁通量最小,线圈位于与中性面垂直的位置,由 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 可知电动势的方向没有变,电流方向没有发生变化,故 **C 正确**.

2. C 【解析】由题图乙可知交流电的周期为 $T=0.02\text{ s}$,一个周期内电流方向改变 2 次(线圈过中性面时电流方向改变),则电流方向每秒变化 100 次,即每分钟变化 6 000 次, **A 错误**;线圈转动的角速度为 $\omega=\frac{2\pi}{T}=100\pi\text{ rad/s}$, **B 错误**;题图甲所示位置线圈平面与中性面垂直,此时穿过线圈的磁通量为零,磁通量的变化率

最大,感应电动势最大, **C 正确**;电流表示数为 $I=\frac{U}{R+r}=\frac{\frac{10\sqrt{2}}{5+0.5}}{5+0.5}\text{ A}=\frac{20}{11}\text{ A}\approx 1.8\text{ A}$, **D 错误**.

→ **关键点:** 交流电流表的示数为有效值

快解 由题图乙可知,题图甲所示线圈位置,感应电动势最大,故 **C 正确**.

3. A 【解析】题图甲所示交流电的电压有效值为 $U_{\text{甲}}=\frac{U_0}{\sqrt{2}}$,设题图乙所示电压的有效值为 $U_{\text{乙}}$,则有 $\frac{U_{\text{乙}}^2}{R}T=\frac{(2U_0)^2}{R}\cdot\frac{T}{2}+\frac{U_0^2}{R}\cdot\frac{T}{2}$,解得 $U_{\text{乙}}=\frac{\sqrt{10}}{2}U_0$,又 $P_1=\frac{U_{\text{甲}}^2}{R}$, $P_2=\frac{U_{\text{乙}}^2}{R}$,则有 $P_1:P_2=1:5$;设题图丙所示电流的有效值为 $I_{\text{丙}}$,则有 $I_{\text{丙}}^2RT=\left(\frac{I_1}{\sqrt{2}}\right)^2R\cdot\frac{T}{2}$,解得 $I_{\text{丙}}=\frac{I_1}{2}$,题图丁所示电流的有效值为 $I_{\text{丁}}=I_2$,又因为两个完全相同的电热器在一段相同且较长时间内产生的热量之比为 $4:1$,由焦耳定律 $Q=I^2Rt$,可得 $I_{\text{丙}}:I_{\text{丁}}=2:1$,则 $I_1:I_2=4:1$,故选 **A**.

4. A 【解析】由题图乙可知,交流电的周期 $T=0.02\text{ s}$,峰值为 $U_{\text{m}}=100\text{ V}$,则 ab 两点间接入的交变电流的电压 u 随时间 t 变化的规律是 $u=U_{\text{m}}\sin\omega t=U_{\text{m}}\sin\frac{2\pi}{T}t=100\sin 100\pi t(\text{V})$,故 **B 错误**;设 R 两端电压的有效值为 $U_{\text{有效}}$,由于理想二极管的单向导电性,则 $\frac{U^2}{R}\cdot\frac{T}{2}=\frac{U_{\text{有效}}^2}{R}\cdot T$,其中 $U=\frac{100\text{ V}}{\sqrt{2}}=50\sqrt{2}\text{ V}$,解得 $U_{\text{有效}}=50\text{ V}$,即 R 两端电压有效值为 50 V , R 在 1 min 内产生的热量为 $Q=\frac{(U_{\text{有效}})^2}{R}t=\frac{50^2}{15}\times 60\text{ J}=1.0\times 10^4\text{ J}$,故 **A 正确, C 错误**;一个周期内通过 R 的电流的平均值为 $\bar{I}=\frac{q}{T}$,一个周期内通过 R 的电荷量为

$$q=n\frac{\Delta\Phi}{R}=n\frac{2BS}{R}, U_{\text{m}}=nBS\omega=nBS\frac{2\pi}{T}=100\text{ V}, \text{联立解得 } \bar{I}=\frac{U_{\text{m}}}{\pi R}=$$

→ **关键点:** 需要区分平均值和有效值的计算方法; $q=\bar{I}\Delta t=$

$$\frac{\bar{E}}{R}\Delta t=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t\cdot R}\Delta t=n\frac{\Delta\Phi}{R}$$

$\frac{100}{15\pi}\text{ A}=\frac{20}{3\pi}\text{ A}$,故 **D 错误**.

方法总结 计算交流电的有效值时,要注意“三相同”,即电流通过相同的电阻,在相同时间内产生相同的焦耳热.

5. ACD 【解析】由题意和数学知识可得线圈中产生的感应电动势随时间变化的规律为 $e=B_0S\omega\cos\omega t$,电动势的最大值 $E_{\text{m}}=B_0S\omega$,设正三角形的边长为 a ,面积 $S=\frac{\sqrt{3}}{4}a^2$,则 $E_{\text{m}}\propto a^2$,线圈甲、乙中产生的电动势的最大值之比为 $9:4$, **A 正确**;线圈中电流的最大值 $I_{\text{m}}=\frac{E_{\text{m}}}{R}$, $E_{\text{m}}\propto a^2$,又 $R=\rho\frac{l}{S_{\text{横}}}$, $R\propto a$,可得 $I_{\text{m}}\propto a$,线圈甲、乙中产生的电流的最大值之比为 $3:2$, **B 错误**;线圈中产生的焦耳热 $Q=I^2Rt=\left(\frac{E_{\text{m}}}{\sqrt{2}R}\right)^2Rt=\frac{E_{\text{m}}^2}{2R}t$, $E_{\text{m}}\propto a^2$, $R\propto a$,则 t 相同时, $Q\propto a^3$,故线圈甲、乙中产生的焦耳热之比为 $27:8$, **C 正确**;通过导线横截面的电荷量 $q=\bar{I}t=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{\Delta B\cdot S}{R}$, $S\propto a^2$, $R\propto a$,则 $q\propto a$,相同时间内通过线圈甲、乙导线横截面的电荷量之比为 $3:2$, **D 正确**.

6. AC 【解析】导体棒切割磁感线时,产生的最大感应电动势 $E_{\text{m}}=Blv=10\text{ V}$,由闭合电路欧姆定律可知,流经电阻 R 的电流最大值为 $I_{\text{m}}=\frac{E_{\text{m}}}{R+r}=5\text{ A}$,设流经电阻 R 的电流有效值为 I ,由二极管的单向导电性和有效值的定义有 $\left(\frac{I_{\text{m}}}{\sqrt{2}}\right)^2R\cdot\frac{T}{2}=I^2RT$,解得 $I=2.5\text{ A}$,理想电压表示数为 $U=IR=2.5\text{ V}$,故 **A 正确, D 错误**;导体棒运动到题图所示位置时,假设电路导通,由右手定则判定,导体棒上的感应电流方向由 a 到 b ,二极管反向截止,没有电流流过电阻 R ,故 **B 错误**;导体棒中的有效电流为 2.5 A ,由焦耳定律可得导体棒上热功率为 $P=I^2r=6.25\text{ W}$,故 **C 正确**.

7. D 【解析】设线圈转动的角速度为 ω , $ad=l$, $ab=L$,则从题图所示位置转过 90° 的过程中,感应电动势 $i=\frac{BLv}{R}=\frac{BL}{R}\cdot\frac{\omega l}{2}\sin\omega t=\frac{BL\omega}{2R}\sin\omega t$,根据楞次定律可知感应电流的方向为 $a\rightarrow d\rightarrow c\rightarrow b\rightarrow a$,与规定的正方向相反;转过 90° 后, ab 边离开磁场,同时 cd 边进入磁场,由于两边的线速度大小相等、方向相反,则 cd 边进入磁场时与 ab 边离开磁场时产生的感应电动势大小相同,方向也相同,所以感应电流是连续的;当 cd 边转动到最左端时,感应电流减小到零;继续转动时,穿过线圈的磁通量将减小,根据楞次定律可知,感应电流的方向为 $a\rightarrow b\rightarrow c\rightarrow d\rightarrow a$,与规定的正方向相同.故 **D 正确**.

快解 由题图可知, ab 、 cd 一定会有一边切割磁感线,感应电流连续变化,排除 **B**、**C**;根据楞次定律可知,感应电流初始方向为 $a\rightarrow d\rightarrow c\rightarrow b\rightarrow a$,与规定正方向相反,故排除 **A**,选 **D**.

8. AD 【解析】当金属框在匀强磁场中以恒定角速度绕 OO' 轴转动时,通过金属框的磁通量和产生的感应电流大小和方向都随

时间周期性变化.若金属框从经过中性面开始计时,磁通量随时间按余弦规律变化;若金属框从垂直于中性面开始计时,磁通量随时间按正弦规律变化,A 正确,B 错误.若金属框从经过中性面开始计时,金属框中的电流随时间按正弦规律变化;金属框通过两半圆形金属环与导线及电阻 R 构成一闭合回路,由楞次定律

易错点:磁通量变化图像并不一定与感应电流变化图像相同,还需关注具体的回路是否发生变化

和安培定则知通过电阻 R 的电流方向不变,都是向左通过电阻 R ,C 错误,D 正确.

9. BD 【解析】图线 b 对应的交流电在 $0 \sim 0.3 \text{ s}$ 时间内 $\Delta\Phi$ 不为零,又 $q = \bar{I}\Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R} \neq 0$,故 A 错误;由题图可知 $T_a = 0.4 \text{ s}$, $T_b = 0.6 \text{ s}$,根据 $n = f = \frac{1}{T}$,得 $\frac{n_a}{n_b} = \frac{3}{2}$,故 B 正确;根据 $U_m = BS\omega$,又 $\omega = \frac{2\pi}{T}$,得 $\frac{U_{ma}}{U_{mb}} = \frac{3}{2}$,由题图可知 $U_{ma} = 10 \text{ V}$,得 $U_{mb} = \frac{20}{3} \text{ V}$,故 C 错误;若不计线圈电阻,图线 a 、 b 对应的交流电先后给相同的电阻 R 供电,在线圈转动一周的过程中,电阻 R 产生的热量分别为 $Q_a = \left(\frac{U_{ma}}{\sqrt{2}}\right)^2 T_a$ 、 $Q_b = \left(\frac{U_{mb}}{\sqrt{2}}\right)^2 T_b$,可得 $\frac{Q_a}{Q_b} = \frac{3}{2}$,故 D 正确.

考向 47 理想变压器和远距离输电

1. B 【解析】由理想变压器的电压与匝数的关系可知,副线圈两端的电压 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = \frac{1}{22} \times 220 \text{ V} = 10 \text{ V}$,设副线圈中的电流为 I_2 ,有 $U_2 I_2 = I_1^2 r + P$,代入数据解得 $I_2 = 5 \text{ A}$,根据理想变压器的电流与匝数的关系 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$,可得原线圈中的电流 $I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2 = \frac{5}{22} \text{ A}$,故选 B.
2. D 【解析】由题图乙可知,原线圈输入电压的有效值为 $U_0 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 220 \text{ V}$.根据原、副线圈匝数比与电压比的关系有 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_0}{U_1}$,得电压表 V_1 读数为 $U_1 = 20 \text{ V}$;由于二极管具有单向导电性,对电阻 R 有 $\frac{U_1^2}{R} \cdot \frac{T}{2} = \frac{U_2^2}{R} \cdot T$,得电压表 V_2 读数为 $U_2 = 10\sqrt{2} \text{ V} \approx 14.1 \text{ V}$,故 A、B 错误.通过 R 的电流为 $I_2 = \frac{U_2}{R} = \sqrt{2} \text{ A}$,理想变压器输入功率等于输出功率,则原线圈的输入功率为 $P_0 = P_2 = I_2^2 R = 20 \text{ W}$,根据理想变压器的电流比与匝数比的关系有 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$,得 $I_1 = \frac{\sqrt{2}}{11} \text{ A}$,即电流表读数为 $\frac{\sqrt{2}}{11} \text{ A} \approx 0.13 \text{ A}$,故 C 错误,D 正确.
3. A 【解析】由题可知发电机提供电压的有效值为 10 V ,电阻 R_2 两端电压的有效值为 25 V ,设原线圈中电流为 I_1 ,则原线圈两端电压 $U_1 = 10 \text{ V} - I_1 R_1 = 10 \text{ V} - 5 \Omega \cdot I_1$,副线圈中的电流 $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{25}{125} \text{ A} = 0.2 \text{ A}$,根据原、副线圈电压比与匝数比的关系可知 $\frac{U_1}{U_2} =$

$\frac{10 \text{ V} - 5 \Omega \cdot I_1}{25 \text{ V}} = \frac{n_1}{n_2}$,根据原、副线圈电流比与匝数比的关系可得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_1}{0.2 \text{ A}} = \frac{n_2}{n_1}, \text{ 两式联立解得 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{5}, \text{ 故 A 正确.}$$

4. A 【解析】发电机的输出电压为 $u = 220\sqrt{2} \sin 100\pi t (\text{V})$,可知输出电压的有效值为 $U = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ V} = 220 \text{ V}$,发电机线圈的转速满足 $\omega = 2\pi n$,解得 $n = 50 \text{ r/s}$,故 B 错误;根据 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$,解得 $I_2 = 3I_1$,原线圈两端的电压为 $U_1 = U - I_1 R$,副线圈两端的电压为 $U_2 = I_2 R = 3I_1 R$,理想变压器原、副线圈的电压比与匝数比关系为 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$,解得 $I_1 = 2 \text{ A}$,电压表的示数为 $U_2 = I_2 R = 66 \text{ V}$,故 A 正确;灯泡 L_1 、 L_2 的实际电功率之比为 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1^2 R}{I_2^2 R} = \frac{1}{9}$,故 C 错误;发电机输出的电功率为 $P = UI_1 = 220 \times 2 \text{ W} = 440 \text{ W}$,故 D 错误.

易错警示 没理解 U_1 、 U_2 的意义导致出错

原线圈所在电路含有用电器时,原线圈两端电压不等于发电机输出电压,此类问题可根据能量守恒定律列等量关系式,从而求得 U_1 、 U_2 的具体值. $UI_1 = I_1^2 R + I_2^2 R$,根据理想变压器电流之间的关系 $n_1 I_1 = n_2 I_2$,可得 $UI_1 = I_1^2 R + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 I_1^2 R$.在实际计算过程中,容易混淆发电机输出电压和原线圈输入电压从而导致错解.

5. BC 【解析】根据理想变压器电压比与匝数比关系可得 $\frac{U_0}{U_1} = \frac{n_0}{n_1}$, $U_1 = IR_1$,得 $U_0 = \frac{n_0}{n_1} IR_1$,同理 $\frac{U_0}{U_2} = \frac{n_0}{n_2}$, $U_2 = I_2 R_2$,联立解得 $I_2 = \frac{n_2 R_1}{n_1 R_2} I_1$,故 A 错误,B 正确;根据理想变压器的输入功率等于输出功率,有 $U_0 I_0 = U_1 I_1 + U_2 I_2$,可得通过原线圈的电流为 $I_0 = \left(\frac{n_1}{n_0} + \frac{n_2^2 R_1}{n_1 n_0 R_2}\right) I_1$,故 C 正确;由题意可知,矩形线圈在匀强磁场中转动产生交流电压的最大值 $U_m = \sqrt{2} U_0 = 2NBL^2 \omega$,解得 $\omega = \frac{\sqrt{2} n_0 IR_1}{2Nn_1 BL^2}$,故 D 错误.
6. AC 【解析】仅将滑动变阻器滑片向上移动, I 和 II、III 匝数比不变,所以电压比均不变,电压表 V_1 的示数和电压表 V_2 的示数均不变,故 A 正确,B 错误.仅将 P 向上移动, n_1 不变, n_2 变小, n_3 变大,根据电压比与匝数比之间的关系有 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, $\frac{U_1}{U_3} = \frac{n_1}{n_3}$,可知电压表 V_1 的示数变小,电压表 V_2 的示数变大;因 $n_1 = n_2 + n_3$, $P_1 = P_2 + P_3 = \frac{U_2^2}{R_0} + \frac{U_3^2}{R_0} = \frac{U_1^2 (n_2^2 + n_3^2)}{n_1^2 R_0}$,又 $P_1 = U_1 I_1$,则 $I_1 = \frac{U_1 (n_2^2 + n_3^2)}{n_1^2 R_0} = \frac{U_1 (2n_2^2 - 2n_1 n_2 + n_1^2)}{n_1^2 R_0} = \frac{2U_1 \left[\left(n_2 - \frac{n_1}{2}\right)^2 + \frac{n_1^2}{4} \right]}{n_1^2 R_0}$,由数学知识可知,当 $n_2 = \frac{n_1}{2}$ 时,电流表 A_1 的示数最小,即 P 初始在中间

位置时电流表 A_1 的示数最小, 仅将 P 向上移动, 电流表 A_1 的示数变大, 故 **D 错误**. 同理, 仅将 P 向下移动, 电流表 A_1 的示数变大, 电压表 V_1 的示数变大, 故 **C 正确**.

7. B 【解析】若要保证负载仍能正常工作, 即负载两端的电压 U_4 、通过负载的电流 I_4 均不变, 根据 $\frac{U_3}{U_4} = n, \frac{I_3}{I_4} = \frac{1}{n}, \frac{U}{U_2} = m$, 在输电过程有 $U_2 = U_3 + I_3 r$, 解得 $U_4 = \frac{U}{mn} - \frac{I_4 r}{n^2}$, 输电电阻 r 增大, 若 U_4 、 I_4 不变, 可以减小 m , **A 错误, B 正确**; 根据上述函数关系, 当输电线的电阻 r 增大时, 增大 n 不能使 U_4 、 I_4 不变, **C 错误**; 根据上述函数关系, 当输电线的电阻 r 增大时, 若 U_4 、 I_4 不变, 可以增大 U , **D 错误**.

8. BCD 【解析】用电器并联使用, 在用电高峰时, 用电器增加, 相当于 R_2 变小, **A 错误**; 用电高峰期, 相当于 R_2 变小, 降压变压器副线圈的电流增大, 则降压变压器原线圈中的电流增大, 根据 $\Delta U = Ir$ 可知输电线上的电压将增大, 又发电站输出的电压稳定, 升压变压器的匝数比不变, 则输电线路左端的电压不变, 可知降压变压器的原线圈两端的电压减小, 副线圈输出的电压减小, R_1 两端的电压变小, **B 正确**; 在不改变输送电能总功率的前提下, 由 $P = UI$ 可知, 使用特高压输电, 输电线上的电流大幅度减小, 输电线上的电压 $\Delta U = Ir$ 大幅度减小, 即输电线两端电压的变化幅度很小, R_1 两端的电压更稳定, 单位时间输电线上的电能损耗 $P_{损} = I^2 r$ 降低, **C、D 正确**.

一题多解

利用定量计算的方式. 设电压依次为 U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 , 电流依次为 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 , 线圈匝数依次为 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 . 根据变压器原、副线圈电流与匝数之间的关系和输入功率与输出功率的关系可得 $U_1 I_1 = I_2^2 r + I_4^2 R_{用}$, $U_1 I_1 = \left(\frac{n_1 I_1}{n_2}\right)^2 r + \left(\frac{n_1 n_3 I_1}{n_2 n_4}\right)^2 R_{用}$, 进一步变形可得 $I_1 = \frac{U_1}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 r + \left(\frac{n_1 n_3}{n_2 n_4}\right)^2 R_{用}}$. 用电高峰期时, 相当于 $R_{用}$ 减小, 则 I_1 增大、 I_2 增大、 I_3 增大、 I_4 增大, U_1 不变、 U_2 不变、 U_3 减小、 U_4 减小, 故 **B 正确**.

9. C 【解析】若开关打到“1”, 线圈由题图所示位置转过 90° 的过程中, 平均感应电动势为 $\bar{E} = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$, 又 $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$, $q = \bar{I} \Delta t$, 得 $q = N \frac{\Delta \Phi}{R+r} = \frac{NBS}{R+r}$, 故 **A 错误**; 根据题意可知, 线圈由题图所示位置转过 90° 过程的时间为 $t = \frac{1}{4} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{2\omega}$, 线圈转动产生感应电动势的最大值为 $E_m = NBS\omega$, 有效值为 $E_{有效} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}}$, 若开关打到“1”, 感应电流的有效值为 $I_{有效} = \frac{E_{有效}}{R+r} = \frac{BNS\omega}{\sqrt{2}(R+r)}$, 电阻 R_1 产生的热量 $Q_1 = I_{有效}^2 R t = \frac{B^2 N^2 S^2 \omega R}{4(R+r)^2}$, 若开关打到“2”, 设电压表示数为 U , 流过 R_2 的电流为 I , 则原线圈两端电压为 $U_1 = \frac{1}{2} U$, 流过原线

圈的电流为 $I_1 = 2I$, 则原线圈的等效电阻为 $R' = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U}{4I} = \frac{R}{4}$, 则

有 $U_1 = \frac{\frac{1}{4} R}{R+r+\frac{1}{4} R} E_{有效} = \frac{RNBS\omega}{\sqrt{2}(5R+4r)}$, 则电压表示数 $U = 2U_1 =$

$\frac{\sqrt{2} RNBS\omega}{5R+4r}$, 电阻 R_2 产生的热量 $Q_2 = \frac{U^2}{R} t = \frac{RN^2 B^2 S^2 \omega \pi}{(5R+4r)^2}$, 故 **B、D 错**

误, **C 正确**.

重难专项 13 变压器及其动态变化问题

1. AC 【解析】因为变压器输入的交流电压可视为不变, 故 V_1 示数不变, **B 错误**; 变压器的输出电压由输入电压和匝数比决定, 因为变压器输入的交流电压可视为不变, 故变压器的输出电压不变, 当用户用电器增加时, 副线圈串联的电阻减小, 故副线圈电流

增大, 电流表 A_2 示数变大, **D 错误**; 变压器原、副线圈电流比与匝数比成反比, 因为副线圈电流增大, 所以原线圈电流增大, 故电流表 A_1 示数变大, **C 正确**; 因为副线圈电流增大, 定值电阻 R_0 分压变大, 故电压表 V_2 示数变小, **A 正确**.

一题多解

输入电压不变, 匝数比不变, 则副线圈输出电压不变. 分析副线圈电路, 根据“串反并同”可知, R 减小, V_2 示数减小, A_2 示数增大, 则 A_1 示数增大, V_1 测量原线圈电压, 其示数不变, 故选 **A、C**.

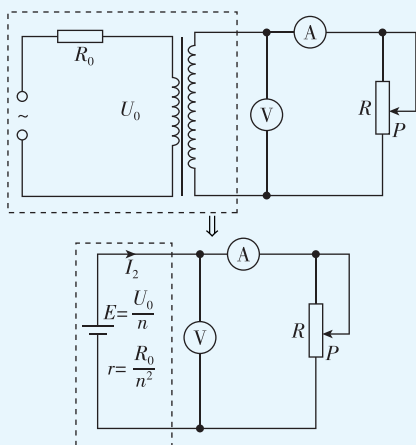
2. D 【解析】在原线圈回路中, 根据闭合电路欧姆定律有 $U_1 = U_{ab} - I_1 R_1$, 则有 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I_1} = R_1 = 10 \Omega$; 由理想变压器电压比、电流比与匝

数比的关系可知 $\frac{U_1}{U_2} = k, \frac{I_2}{I_1} = k$, 得 $U_2 = \frac{U_{ab}}{k} - I_2 \cdot \frac{R_1}{k^2}$, 则有 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I_2} =$

端电压随电流的变化规律得到 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I_2}$

$\frac{R_1}{k^2} = \frac{2}{5} \Omega$, 可知 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I_1} > \frac{\Delta U_2}{\Delta I_2}$, 故 **D 正确**.

方法总结 等效电路的构建

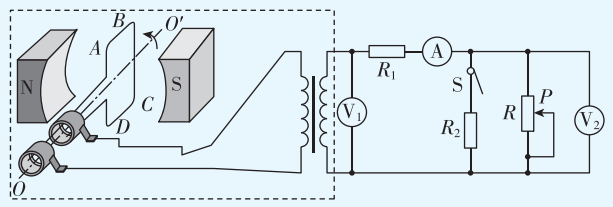


3. D 【解析】当线圈 $ABCD$ 位于题图所示的位置时, 穿过线圈的磁

通量最大,但磁通量的变化率为零,根据法拉第电磁感应定律可知,线圈 $ABCD$ 产生的感应电动势为零,故 **A 错误**;由题意知,若发电机线圈的转速 n 变为原来的 2 倍,其他条件不变,根据法拉第电磁感应定律可得 $E_m = NBS\omega = 2\pi nNBS$,可知产生的感应电动势的最大值 E_m 变为原来的 2 倍,有效值 $U_{有}$ 也增大为原来的 2 倍,根据理想变压器的输入功率等于输出功率, U_1 为输出端电压,即 $P_{入} = P_{出} = \frac{U_1^2}{R_{总}} = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1} \cdot U_{有}\right)^2}{R_{总}}$,可得原线圈的输入功率将变为原来的 4 倍,故 **B 错误**;电压表 V_1 测量的是变压器输出端的电压,输出端的电压取决于输入端电压及变压器原、副线圈的匝数比,所以,当滑动变阻器的滑片向下滑动而其他条件不变时,电压表 V_1 的示数保持不变,故 **C 错误**;当闭合开关 S ,移动滑动变阻器的滑片而其他条件不变时,根据闭合电路欧姆定律可得

$U_2 = U_1 - IR_1$,可得 ΔU_2 与 ΔI 的比值为 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = R_1$, R_1 不变,所以 ΔU_2 与 ΔI 的比值不变,故 **D 正确**.

一题多解 如图所示,将左侧交流发电机、变压器作为等效电源,原线圈的电阻为零,等效电源为理想电源,这样就可以采用直流电路动态分析的“程序法”进行快速解题.当闭合开关 S ,其他条件不变时, ΔU_2 与 ΔI 的比值等于 R_1 ,故 **D 正确**.



- 4. A** 【解析】 b 为原线圈的中心抽头,单刀双掷开关与 b 连接时灯泡 L_1 恰好正常发光,灯泡 L_1 的额定电压为 55 V,说明副线圈电压为 $U_2 = 55$ V,原线圈 c, d 两端的电压由题图乙可得 $U_1 \approx 220$ V,则 $\frac{n_1}{2} : n_2 = U_1 : U_2$,解得 $n_1 : n_2 = 8 : 1$,故 **A 正确**;由题图乙可得交流电的周期为 0.02 s,一个周期内交流电方向改变两次,可知 1 秒内流过灯泡 L_2 的电流方向改变 100 次,故 **B 错误**;当单刀双掷开关与 b 连接时,向上移动滑片 P ,滑动变阻器接入电路中的阻值增大,副线圈所在回路中的总电阻增大,副线圈两端的电压不变,副线圈回路中的电流减小,灯泡 L_1 两端的电压等于副线圈两端的电压,故灯泡 L_1 正常发光,通过灯泡 L_2 的电流减小,因此 L_2 将变暗,故 **C 错误**;当单刀双掷开关由 b 扳向 a 时,接入电路的原线圈的匝数增大,原线圈与副线圈的匝数比增大,则副线圈两端的电压减小,副线圈中的电流减小,原线圈中的电流减小,则接在原线圈回路中的电流表的示数减小,故 **D 错误**.

- 5. B** 【解析】设原、副线圈的匝数比为 n ,根据理想变压器原副线圈的电流、电压与匝数的关系,有 $\frac{I}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n}$, $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = n$,又

$$U_2 = I_2 R_1, \text{ 可得 } U_1 = n^2 I_2 R_1, \text{ 则 } U_0 = n^2 I_2 R_1 + I_2 R_2, \text{ 得 } I = \frac{U_0}{n^2 R_1 + R_2}. \text{ 保持}$$

P_2 位置不变, P_1 从正中间向下缓慢滑动的过程中, n 不断变大,则 I 变小,电压表的示数 $U = I R_2$,可知 U 不断变小,根据原、副线圈的功率相等可知 R_1 消耗的功率 $P_1 = I U_1 = \frac{U_0^2}{n^2 R_1 + R_2}$.

$$\left(U_0 - \frac{U_0 R_2}{n^2 R_1 + R_2} \right), \text{ 整理可得 } P_1 = \frac{U_0^2}{n^2 R_1 + \frac{R_2^2}{n^2 R_1 + 2R_2}}, \text{ 其中 } R_1 = R,$$

$R_2 = 6R$,根据数学知识可知 $n = 2$ 和 $n = 3$ 时, R_1 消耗的功率相等,则可知 R_1 消耗的功率先增大后减小,故 **A 错误, B 正确**;根据题意可知,开始时原、副线圈的匝数比为 2,根据电流与匝数成反比,有 $\frac{I}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$,得 $I_2 = 2I$,副线圈的电压有效值为 $U_2 = 2I R_1$,则变压器原线圈的电压有效值为 $U_1 = 2U_2 = 4I R_1$,设输入交流电的电压有效值为 U_0 ,则 $U_0 = 4I R_1 + I R_2$,得 $I = \frac{U_0}{4R_1 + R_2}$,保持 P_1 位置不变, P_2 向左缓慢滑动到正中间的过程中, R_2 变小,则 I 不断变大,根据 $U_1 = 4I R_1$,可知变压器原线圈的电压有效值变大,输入端电压有效值不变,则 R_2 两端的电压不断变小,则电压表示数 U 变小,原线圈的电压、电流都变大,则原线圈输入功率变大,根据原、副线圈的功率相等,可知 R_1 消耗的功率增大,故 **C、D 错误**.

- 6. BD** 【解析】原线圈的匝数小于副线圈的匝数,此变压器是升压变压器, **A 错误**;当滑片 P 固定不动时,副线圈两端的电压不变,当电阻箱的接入阻值 R 减小时,即副线圈负载减小,副线圈电流增大, R_0 两端的电压增大, R 两端的电压减小, **B 正确**;当电阻箱的接入电阻 R 不变时,滑片 P 向下移动,原线圈的匝数减小,副线圈的匝数不变,即副线圈两端电压增大,负载的电阻不变,副线圈电流增大, R_0 两端的电压增大, **C 错误**;将滑片 P 向上移动一些,副线圈两端的电压减小,将电阻箱的接入阻值 R 减小一些,副线圈负载电阻减小,副线圈的电流可能不变, R_0 的功率可能不变, **D 正确**.

- 7. AD** 【解析】由接入电压 $u = 220\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V) 可知,交变电流的频率为 $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = 50$ Hz,变压器不改变交变电流的频率,所以流过灯泡 L_1 的电流的频率也是 50 Hz,一个周期内电流方向改变两次,所以流过灯泡 L_1 的电流方向每秒改变 100 次,故 **A 正确**;变压器输入端的电压为电源电压的一部分,电源电压有效值为 220 V,所以变压器的输入电压小于 220 V,故 **B 错误**;若仅将 P_1 向左移动,滑动变阻器 R_1 接入电路的电阻变小, R_1 分压减小,则变压器输入端的电压增大,变压器输出电压增大,灯泡 L_1 两端电压增大,所以 L_1 将变亮,故 **C 错误**;先将 P_1 移至最左端,此时变压器输入电压为 220 V,然后将 P_3 逆时针转动,相当于变压器副线圈匝数增大,则变压器的输出电压变大,此过程中将 P_2 适当向右移动,滑动变阻器 R_2 两端的电压增大,则灯泡 L_1, L_2 并联部分两端电压可能不变,则 L_1 亮度可能不变,故 **D 正确**.

- 8. C** 【解析】 S_1, S_2 闭合时,副线圈电路的阻值 $R_{副} = \frac{R \cdot \frac{R}{2}}{R + \frac{R}{2}} = \frac{R}{3}$,

则 AB 间的等效电阻 $R_{AB} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_{\text{副}} = 3R$, 那么此时流过灯泡 L_1 的电流 $I = \frac{U_{\text{有效}}}{R + R_{AB}} = 0.5 \text{ A}$, **A 错误**; 灯泡正常发光的电功率 $P =$

$I^2 R = 27.5 \text{ W}$, **B 错误**; 将 P 沿逆时针转动, n_2 增大, 则 $\frac{n_1}{n_2}$ 变小, R_{AB} 变小, 则流过灯泡 L_1 的电流变大, 灯泡 L_1 一定变亮, **C 正确**;

断开 S_1 , 保持 S_2 闭合, 则有 $R'_{AB} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_0$, 将 P 逆时针转动, n_2 增大, 则 $\frac{n_1}{n_2}$ 变小, R'_{AB} 由 $\frac{9}{2}R$ 可减小到 $\frac{1}{2}R$, 讨论 R_0 的功率变化时, 可将灯泡 L_1 的电阻 R 看成电源的“等效内阻”, 则当 $R'_{AB} = R$ 时,

→ **关键点**: 在处理原线圈含负载的电路问题时, 采用等效电路法方便计算

R'_{AB} 的电功率最大, 即 R_0 的电功率最大, **D 错误**.

考向 48 电磁振荡 电磁波 传感器

1. D 【解析】开关 S 断开时电容器极板间有一带负电油滴恰好处于静止状态, 根据平衡条件可知油滴受到的电场力向上, 电容器极板内的电场向下, 故 $t=0$ 时, 电容器上极板带正电荷, 故 **A 错误**; LC 振荡电路的周期为 $T = 2\pi\sqrt{LC} = 4\pi \text{ s}$, 在 $0 \sim \pi \text{ s}$ 的时间内,

→ **关键点**: 分析振荡电路是处于充电状态还是放电状态的关键

即 $0 \sim \frac{T}{4}$, 电容器放电, 电路电流增大, 故 **B 错误**; 在 $\pi \sim 2\pi \text{ s}$ 的时间内, 即 $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$, 电容器反向充电, 磁场能不断减小, 故 **C 错误**; 在 $3\pi \sim 4\pi \text{ s}$ 的时间内, 即 $\frac{3}{4}T \sim T$, 电容器正向充电, 磁场能不断减小, 电场能不断增大, 故 **D 正确**.

2. C 【解析】由题图乙可知, t_2 时刻电流为零, 此时电容器 C 极板所带电荷量最大, 故 **A 错误**; 由题图乙可知, $t_1 \sim t_2$ 过程, 电流逐渐减小, 电容器充电, 磁场能向电场能转化, 线圈 L 中磁场能在减小, 故 **B 错误**; 由题图乙可知, $t_1 \sim t_2$ 过程, 电流变化的速率越来越大, 线圈 L 的自感电动势在增大, 故 **C 正确**; 由题图乙可知, LC 振荡电路中电流的周期变大, 根据 $T = 2\pi\sqrt{LC}$ 可知线圈自感系数变大, 则汽车正驶入智能停车位, 故 **D 错误**.

3. C 【解析】电路稳定后, 电容器被短路, 极板带电荷量为 0, 断开开关, 电感线圈与电容器构成回路, $0 \sim \frac{T}{4}$ 时间内电容器充电, A 板带正电, $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$ 时间内电容器放电, 电场能转化为磁场能, $\frac{T}{2} \sim \frac{3T}{4}$ 时间内电容器反向充电, B 板带正电, A 板带负电, 磁场能转化为电场能, 故 **A、B 错误, C 正确**; $\frac{T}{2} \sim \frac{3T}{4}$ 时间内, 电流在不断减小, 而电流的变化率增大, L 产生的自感电动势增大, 故 **D 错误**.

4. A 【解析】题图所示时刻, 电容器正在充电, 电容器两极板带的

电荷量正在增加, 磁场能转化为电场能, 电感线圈储存的磁场能正在减小, 故 **A 正确, B 错误**; $5G$ 无线电波的波长最短约为 $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5\,000 \times 10^6} \text{ m} = 0.06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$, 可知 $5G$ 通信技术采用的无线电波属于厘米波, 故 **C 错误**; 无线电波在真空中传播的速度等于光速, 与无线电波的频率无关, 故 **D 错误**.

5. D 【解析】电容器内电场强度 E 方向向上, 下极板带正电, 根据电流的方向, 自由电子正在向下极板运动, 因此电容器处于放电过程, 电容器的带电荷量越来越少, 两平行板间的电场正在减弱, **A 错误**; 该变化电场产生的磁场的方向可以等效成向下的电流产生的磁场的方向, 根据右手螺旋定则可知, 该变化电场产生的磁场沿顺时针方向(俯视), 故 **B 错误**; 放电过程中, 放电电流越来越大, 因而磁场是增强的, 从能的转化与守恒角度讲, 电场能转化为磁场能, 磁场增强, 故 **C 错误**; 电路中的电流正比于两极板上的电荷量, 两极板上的电荷量正比于板间电场强度的大小, 故电

→ **关键点**: $E = \frac{U}{d}$, $U = \frac{Q}{C}$, 则 $E = \frac{Q}{Cd}$

路中的电流正比于板间的电场强度的大小, 故 **D 正确**.

6. C 【解析】由题意可知, 有光照时, R_1 阻值减小, 回路电流变大, 根据 $P = I^2 R$, 可知 R_2 的功率将变大, 若将 R_2 看作电源内阻, 则当 $R_1 = R_2 + r$ 时光敏电阻 R_1 的功率最大, 由于 R_2 的阻值未知, 故无法判断 R_1 的功率的变化情况, **A、B 错误**; 一个周期内 R_2 两端电压差 $\Delta U = \frac{ER_2}{R_{1\min} + R_2 + r} - \frac{ER_2}{R_{1\max} + R_2 + r}$, 代入数据整理得 $\Delta U = \frac{48E}{\frac{100}{R_2} + R_2 + 52}$ (V), 由数学知识可知, 当 $R_2 = 10 \Omega$ 时, 一个周期内 R_2 两端电压差 ΔU 最大, **C 正确**; 由题图乙可知, 该传送带每 0.5 s 输送一个工件, 则每分钟输送 120 个工件, **D 错误**.

7. A 【解析】要达到题中的要求, 就要使苹果质量增大时 R_2 两端电压保持不变, 压力越大, 电阻 R_1 越小, 此时回路中的电流就越大, R_2 两端的电压就会变得更大, 则要想保持 R_2 两端的电压和原来一致, 可以只适当减小 R_2 的阻值, 或只减小和 R_1 、 R_2 串联的电源 E_1 的电动势, 故 **A 正确, B 错误**; 要达到题中的要求, 就要保持电磁铁的磁性不变, 压力越大, 电阻 R_1 越小, 此时回路中的电流就越大, 要保持电磁铁的磁性不变, 可以只减小缠绕电磁铁线圈的匝数, **C 错误**; 进入下面通道的大苹果的最小质量 M 大于 M_0 , 要使此大苹果通过托盘时压力传感器所受的压力与原来一致, 可知其他条件不变的情况下, 只需要将托盘秤压在杠杆上的位置向右移动一些, 故 **D 错误**.

→ **关键点**: 杠杆平衡原理, 力矩不变时, 力越大, 相应的力臂越小

8. C 【解析】电路中最大电流为 2 A , 由闭合电路欧姆定律有 $E = I(r + R + r_A)$, 可解得压力传感器 R 的最小阻值为 4Ω , 由电阻 R 随压力 F 变化的函数式 $R = 30 - 0.01F$ (R 和 F 的单位分别是 Ω 和 N), 可得压力最大为 $F = 2\,600 \text{ N}$, 即该秤能测量的最大体重是 $2\,600 \text{ N}$, 故 **A 错误**; 由闭合电路欧姆定律和电阻 R 随压力 F