

第 45 讲 交变电流的产生及描述

——划重点之精细讲义系列



考点 1	正弦交变电流的产生与瞬时值表达式
考点 2	交变电流有效值的计算
考点 3	正弦交变电流的“四值”



一. 交变电流的产生和变化规律

1. 交变电流：大小和方向都随时间做周期性变化的电流。

2. 正弦交流电

(1)产生：在匀强磁场里，线圈绕垂直于磁场方向的轴匀速转动。

(2)中性面

①定义：与磁场垂直的平面。

②特点：线圈位于中性面时，穿过线圈的磁通量最大，磁通量的变化率为零，感应电动势为零。线圈每经过中性面一次，电流的方向就改变一次。

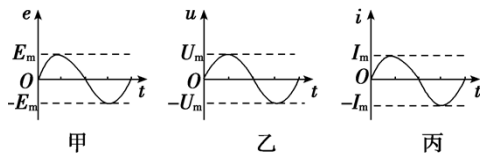
(3)变化规律(线圈在中性面位置开始计时)

①电动势(e): $e = E_m \sin \omega t$.

②电压(u): $u = U_m \sin \omega t$.

③电流(i): $i = I_m \sin \omega t$.

(4)图象(如图所示)



二. 描述交变电流的物理量

1. 交变电流的周期和频率的关系: $T = \frac{1}{f}$.

2. 峰值和有效值

(1)峰值：交变电流的峰值是它能达到的最大值。

(2)有效值：让交变电流与恒定电流分别通过大小相同的电阻，如果在交流的一个周期内它们产生的热量相等，则这个恒定电流 I 、恒定电压 U 就是这个交变电流的有效值。

(3)正弦式交变电流的有效值与峰值之间的关系

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

考点剖析理重点

考点 1：正弦交变电流的产生与瞬时值表达式

1. 正弦式交变电流的变化规律及对应图象(线圈在中性面位置开始计时)

	函数	图象
磁通量	$\Phi = \Phi_m \cdot \cos \omega t = BS \cos \omega t$	
电动势	$e = E_m \cdot \sin \omega t = nBS\omega \sin \omega t$	
电压	$u = U_m \cdot \sin \omega t = \frac{RE_m}{R+r} \sin \omega t$	
电流	$i = I_m \cdot \sin \omega t = \frac{E_m}{R+r} \sin \omega t$	

2. 两个特殊位置的特点

- 线圈平面与中性面重合时, $S \perp B$, Φ 最大, $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 0$, $e = 0$, $i = 0$, 电流方向发生改变.
- 线圈平面与中性面垂直时, $S \parallel B$, $\Phi = 0$, $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 最大, e 最大, i 最大, 电流方向不改变.

划重点

(1)交变电流图象问题的三点注意

①只有当线圈从中性面位置开始计时, 电流的瞬时值表达式才是正弦形式, 其变化规律与线圈的形状及转动轴处于线圈平面内的位置无关.

②注意峰值公式 $E_m = nBS\omega$ 中的 S 为有效面积.

③在解决有关交变电流的图象问题时, 应先把交变电流的图象与线圈的转动位置对应起来, 再

根据特殊位置求特征解.

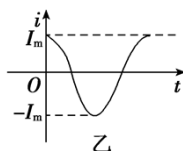
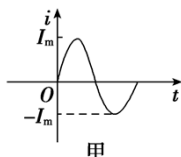
(2)瞬时值书写的两关键

①确定正弦交变电流的峰值, 根据已知图象或由公式 $E_m = nBS\omega$, 求出相应峰值.

②明确线圈的初始位置, 找出对应的函数关系式.

a. 线圈从中性面位置开始转动, 则 $i-t$ 图象为正弦函数图象, 函数式为 $i = I_m \sin \omega t$, 图象如图甲所示.

b. 线圈从垂直中性面位置开始转动, 则 $i-t$ 图象为余弦函数图象, 函数式为 $i = I_m \cos \omega t$. 图象如图乙所示.



划重点

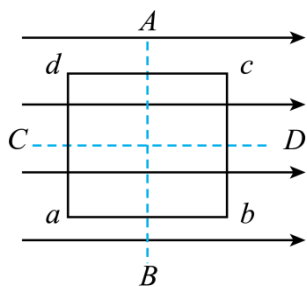
考向预测

考向 1: 正弦交变电流的产生

(1)解决此类问题的关键在于把线圈在匀强磁场中的具体位置与转动的时刻对应好, 也就是电流的变化规律与线圈在磁场中转动的具体情境对应好.

(2)交变电动势的最大值 $E_m = nBS\omega$, 与转轴位置无关, 与线圈形状无关.

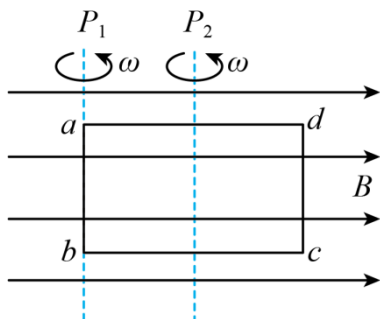
【考向 1】如图所示, 空间有一匀强磁场水平向右, 一正方形导线框 $abcd$ 平行于磁场方向放置, 已知导线粗细均匀, 若该线框分别绕不同轴线以相同大小的角速度旋转, 以下说法正确的是 ()



- A. 线框绕 ac 轴旋转, 线框中不会产生交流电
- B. 线框分别绕 AB 轴和 CD 轴从图示位置开始转动时产生的交流电相同
- C. 若以 ab 为轴转动, 不会产生周期性电流, 但 a 、 d 两点间会有电势差

D. 沿 AB 方向观察，从图示位置开始线框分别绕 ad 轴和 bc 轴顺时针转动，线框中瞬间产生的感应电流方向相反

【考向 2】(多选) 如图所示，矩形线圈 $abcd$ 在匀强磁场中可以分别绕垂直于磁场方向的轴 P_1 和 P_2 以相同的角速度匀速转动，当线圈平面转到图示与磁场方向平行时 ()



- A. 线圈绕 P_1 转动时的电流等于绕 P_2 转动时的电流
- B. 线圈绕 P_1 转动时的电动势小于绕 P_2 转动时的电动势
- C. 线圈分别绕 P_1 和 P_2 转动时的电流的方向相同，都是 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b$
- D. 线圈绕 P_1 转动时 dc 边受到的安培力大于绕 P_2 转动时 dc 边受到的安培力

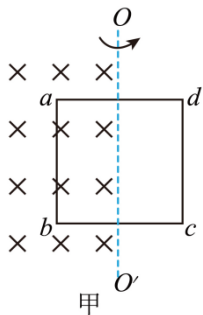
考向 2：交变电流的图象

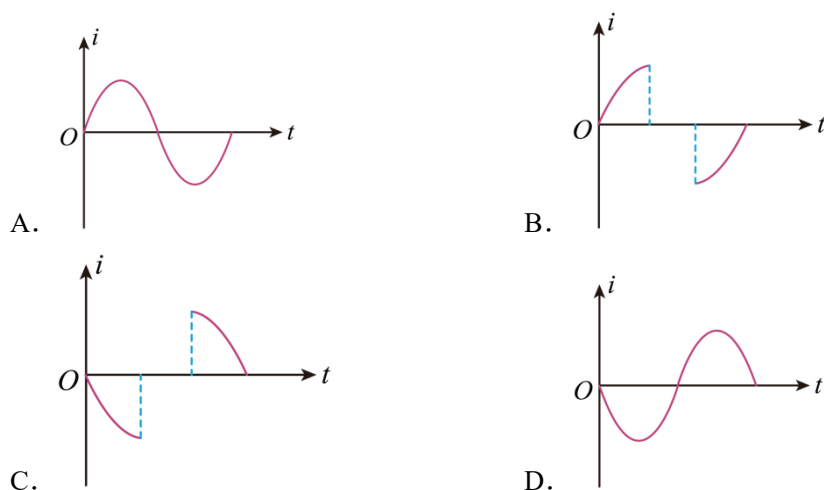
(1) 由图象可读出交变电流的电压或电流的最大值，进而利用正弦式交变电流最大值与有效值的关系得到有效值。

(2) 由图象可读出交变电流的变化周期 T ，然后计算得出角速度 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 。

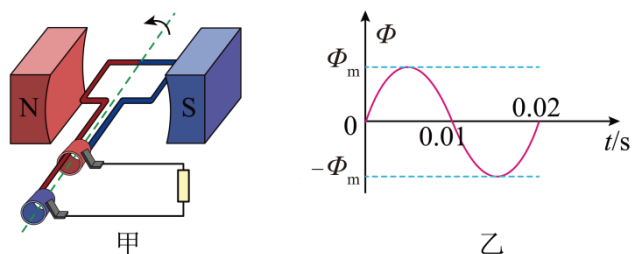
(3) 根据最大值、角速度等信息可以写出交变电流的瞬时值表达式。

【考向 3】 (2024·天津·一模) 如图甲所示，矩形线圈放在有明确边界的匀强磁场中，线圈的中心轴 OO' 与磁场边界重合，从上向下俯视，看到线圈绕 OO' 轴逆时针匀速转动。从图示位置开始计时，以 $abcda$ 方向为电流正方向，则线圈转动时产生的感应电流随时间变化的图线是图乙中的 ()



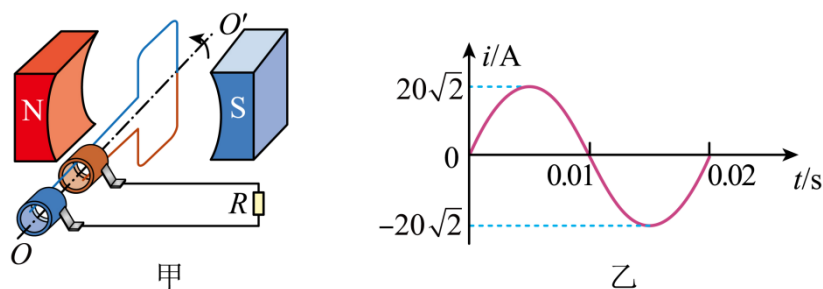


【考向 4】小型发电机的工作原理图如图甲所示，两磁极之间可视为匀强磁场，穿过线圈的磁通量随时间的变化规律如图乙所示，将线圈与定值电阻相连。不计线圈内阻，下列说法正确的是（ ）



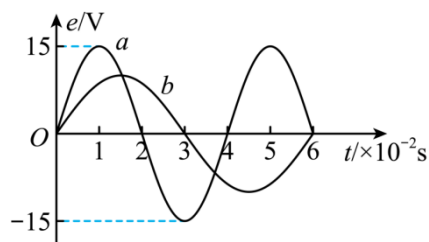
- A. $t=0$ 时，线圈平面转到中性面位置
- B. $t=0.01\text{s}$ 时，线圈产生的感应电动势最大
- C. 定值电阻消耗的功率与线圈的匝数成正比
- D. 电路中通过定值电阻的电流方向每秒改变 50 次

【考向 5】（2024·北京大兴·三模）如图甲所示，为一小型交流发电机示意图。匝数为 20 的线圈总电阻为 2Ω ，当线圈匀速转动时与外电路 $R=18\Omega$ 的电阻构成闭合回路。从图甲所示位置开始计时，通过电阻 R 的交变电流如图乙所示，则下列判断正确的是（ ）



- A. $t=0.01\text{s}$ 时，线圈平面与磁场方向平行
- B. 图甲所示时刻，穿过线圈的磁通量变化最快
- C. 电阻 R 的功率为 $7.2 \times 10^3\text{W}$
- D. 线圈的最大磁通量为 $\frac{\sqrt{2}}{5}\text{Wb}$

【考向 6】(多选) 在同一匀强磁场中，两个完全相同的矩形闭合金属线圈分别以不同的转速，绕与磁感线垂直的轴匀速转动，产生的交变电动势图像如图中曲线 a 、 b 所示。则 ()



- A. 两次 $t = 0$ 时刻穿过线圈的磁通量均为零
- B. 曲线 a 表示的交变电动势的频率为 25Hz
- C. 曲线 b 表示的交变电动势的最大值为 15V
- D. 曲线 a 、 b 对应的线圈转速之比为 3:2

考向 3: 交变电流瞬时值的书写

交变电流瞬时值表达式的推导思路

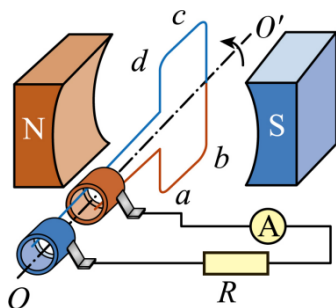
(1) 先求电动势的最大值 $E_m = nBS\omega$;

(2) 求出角速度 ω , $\omega = \frac{2\pi}{T}$;

(3) 明确从哪一位置开始计时，从而确定是正弦函数还是余弦函数;

(4) 写出瞬时值的表达式.

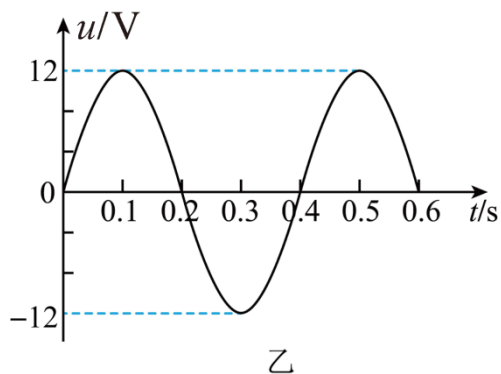
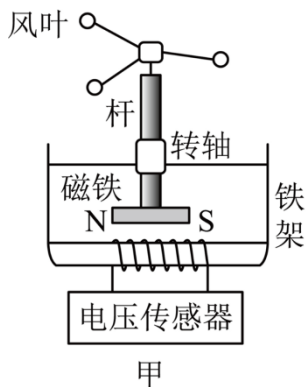
【考向 7】 如图所示，矩形线圈 $abcd$ 在匀强磁场中匀速转动可以产生交变电流。线圈的匝数 $N=10$ 匝，线圈的面积 $S = 0.01\text{m}^2$ ，线圈的转速 $n=50\text{r/s}$ ，磁感应强度 $B = \frac{\sqrt{2}}{\pi}\text{T}$ ，线圈电阻 $r=1\Omega$ ，电阻 $R=9\Omega$ 。则从图示位置开始计时有 ()



- A. 线圈转动产生的感应电动势的峰值为 10V
- B. 线圈转动产生的感应电动势表达式为 $e = 10\sqrt{2}\sin 50t(\text{V})$
- C. 电流表的示数为 1A
- D. 电阻 R 的热功率为 18W

【考向 8】 图甲为风力发电的简易模型。在风力作用下，风叶带动与杆固连的永磁体转动，磁铁下

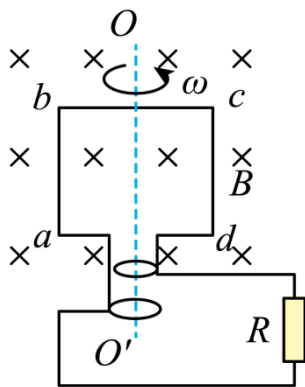
方的线圈与电压传感器相连。在某一风速时，传感器显示如图乙所示，则（ ）



- A. 磁铁的转速为 $2.5\pi \text{ r/s}$
- B. 1s内，该电压传感器中电流方向改变 10 次
- C. 该交变电流的电压表达式为 $u = 12\sin 5\pi t (\text{V})$
- D. 该交变电流可以直接加在击穿电压为 $6\sqrt{2} \text{ V}$ 的容器上

【考向 9】 如图所示，有一单匝矩形线圈 $abcd$ 在磁感应强度为 B 的匀强磁场中绕垂直于磁场方向的轴 OO' 匀速转动，转动频率为 f ，边 ab 、 bc 的长度分别为 L_1 和 L_2 ，轴 OO' 分别通过 ad 和 bc 的中点，线圈的电阻为 r ，线圈的两个末端分别与两个彼此绝缘的铜环（集流环）焊接在一起，并通过电刷与阻值为 R 的定值电阻连接。

- (1) 线圈平面由如图所示位置开始计时，写出 t 时刻流过线圈的电流 i 的表达式；
- (2) 求线圈每转动一周，电阻 R 上产生的焦耳热；
- (3) 由如图所示位置转过 30° 时，求 ab 边所受安培力大小。



考点 2：交变电流有效值的计算

1. 公式法

利用 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ 、 $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ 、 $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ 计算，只适用于正(余)弦式交变电流。

2. 利用有效值的定义计算(非正弦式电流)

计算时“相同时间”至少取一个周期或为周期的整数倍。

3. 利用能量关系

当有电能和其他形式的能转化时，可利用能的转化和守恒定律来求有效值。

3. 根据图像计算有效值的技巧

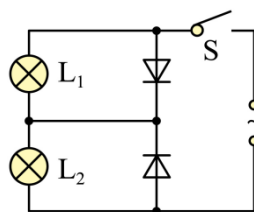
① 计算有效值时要根据电流的热效应，抓住“三同”：“相同时间”内“相同电阻”上产生“相同热量”，先分段计算热量，求和得出一个周期内产生的总热量，然后根据 $Q_{\text{总}} = I^2 RT$ 或 $Q_{\text{总}} = \frac{U^2}{R} T$ 列式求解。

② 若图像部分是正弦(或余弦)式交变电流，其中的 $\frac{1}{4}$ 周期(必须是从零至最大值或从最大值至零)

和 $\frac{1}{2}$ 周期部分可直接应用正弦式交变电流有效值与最大值间的关系 $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ 、 $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ 求解。



【考向 10】 (2024·湖北·高考真题) 在如图所示电路中接入正弦交流电，灯泡 L_1 的电阻是灯泡 L_2 的 2 倍。假设两个二极管正向电阻为 0、反向电阻无穷大。闭合开关 S，灯泡 L_1 、 L_2 的电功率之比 $P_1:P_2$ 为 ()



- A. 2:1 B. 1:1 C. 1:2 D. 1:4

【考向 11】 (2024·河北·高考真题) R_1 、 R_2 为两个完全相同的定值电阻， R_1 两端的电压随时间周期性变化的规律如图 1 所示 (三角形脉冲交流电压的峰值是有效值的 $\sqrt{3}$ 倍)， R_2 两端的电压随时间按正弦规律变化如图 2 所示，则两电阻在一个周期 T 内产生的热量之比 $Q_1:Q_2$ 为 ()

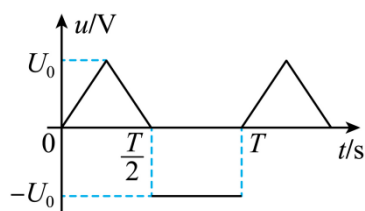


图1

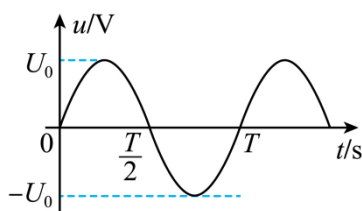
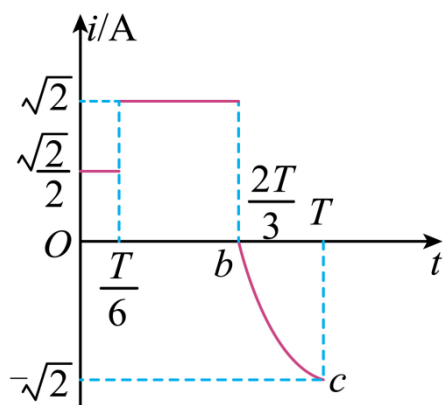


图2

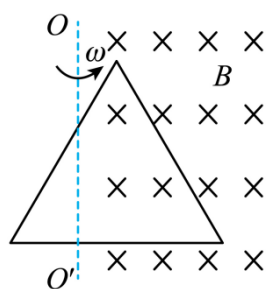
- A. 2:3 B. 4:3 C. $2:\sqrt{3}$ D. 5:4

【考向 12】某电路中的交变电流在一个周期内的 $i-t$ 图像如图所示，其中图线的 bc 段为正弦曲线的四分之一，则该交变电流的有效值为（ ）



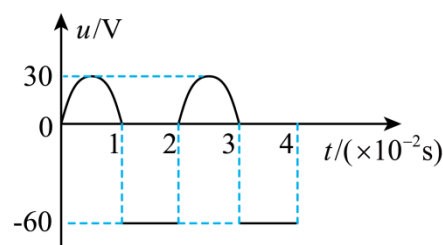
- A. $\frac{\sqrt{51}}{6}A$ B. $\frac{2\sqrt{51}}{3}A$ C. $\frac{\sqrt{51}}{3}A$ D. $\frac{5\sqrt{51}}{6}A$

【考向 13】如图所示，匀强磁场的左边界为 OO' ，磁场方向垂直于纸面向里、磁感应强度大小为 B 。 $t=0$ 时刻，面积为 S 的单匝三角形线圈与磁场垂直，三分之二的面积处于磁场中。当线圈绕 OO' 以角速度 ω 匀速转动，产生感应电动势的有效值为（ ）

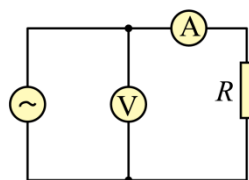


- A. $\frac{\sqrt{10}BS\omega}{6}$ B. $\frac{\sqrt{5}BS\omega}{6}$ C. $\frac{\sqrt{5}BS\omega}{3}$ D. $\frac{\sqrt{2}BS\omega}{2}$

【考向 14】如图甲所示为一交变电压随时间变化的图像，每个周期内，前二分之一周期电压按正弦规律变化，后二分之一周期电压恒定。若将此交流电连接成如图乙所示的电路，电阻 R 阻值为 50Ω ，则（ ）



甲



乙

- A. 理想电压表读数为 45V
B. 理想电流表读数为 0.8A
C. 电阻 R 消耗的电功率为 45W
D. 电阻 R 在 50 秒内产生的热量为 2020J

考点剖析理重点

考点 3：正弦交变电流的“四值”

	物理含义	重要关系	适用情况
瞬时值	交变电流某一时刻的值	$e = E_m \sin \omega t$ $i = I_m \sin \omega t$	计算线圈某时刻的受力
峰值	最大的瞬时值	$E_m = nBS\omega$ $I_m = \frac{E_m}{R+r}$	确定用电器的耐压值，如电容器、晶体管等的击穿电压
有效值	跟交变电流的热效应等效的恒定电流值	对正（余）弦式交流电： $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$	①计算与电流热效应相关的量，如功、功率、热量等； ②交流电表的测量值；③电气设备所标注的额定电压、额定电流；④保险丝的熔断电流
平均值	交变电流图象中图线与时间轴围成面积与时间的比值	$\bar{E} = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$	计算通过电路某一截面的电荷量： $q = \bar{I} \cdot t$

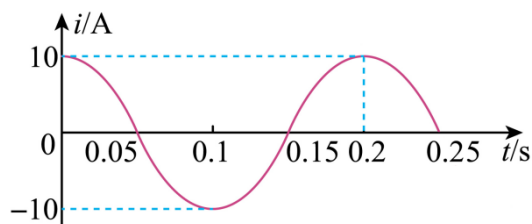
敲黑板

交变电流“四值”应用的几点提醒

- (1) 在解答有关交变电流的问题时，要注意电路结构。
- (2) 注意区分交变电流的最大值、瞬时值、有效值和平均值，最大值是瞬时值中的最大值，有效值是以电流的热效应来等效定义的。
- (3) 与电磁感应问题一样，求解与电能、电热相关的问题时，一定要用有效值；而求解通过导体某横截面的电荷量时，一定要用平均值。

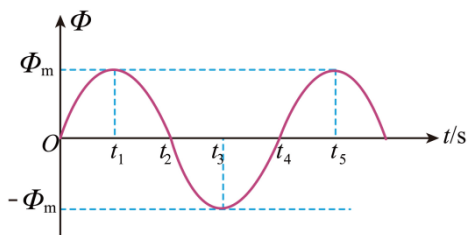
考向预测

【考向 15】如图所示为一个正弦式交变电流的波形图。根据 $i-t$ 图像可知电流（ ）



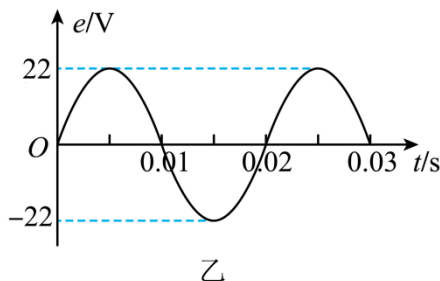
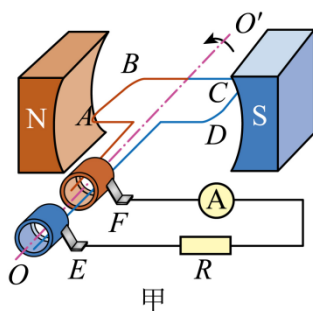
- A. 有效值为 $5\sqrt{2}\text{A}$ B. 平均值为 10A C. 峰值为 $10\sqrt{2}\text{A}$ D. 0.2s 时的瞬时值为 $5\sqrt{2}\text{A}$

【考向 16】(2024·天津河西·二模) 一个单匝矩形线圈, 绕垂直于匀强磁场并位于线圈平面内的固定轴做匀速转动。通过线圈的磁通量 Φ 随时间 t 的变化规律如图所示, 则以下说法正确的是 ()



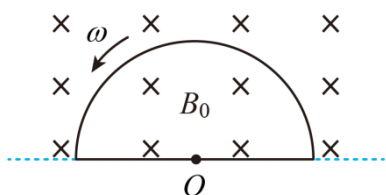
- A. 零时刻线圈位于中性面
B. t_2 时刻电流方向发生改变
C. 感应电动势的有效值为 $\frac{\sqrt{2}\pi\Phi_m}{t_4}$
D. t_1 时刻到 t_3 时刻, 感应电动势的平均值为零

【考向 17】图甲是小型交流发电机的示意图, 两磁极 N、S 间的磁场可视为水平方向的匀强磁场, A 为理想交流电流表。单匝线圈绕垂直于磁场的水平轴 OO' 沿逆时针方向匀速转动, 产生的电动势随时间变化的图像如图乙所示。已知发电机线圈电阻为 10Ω , 外接一只阻值为 90Ω 的电阻, 不计电路的其它电阻, 则 ()



- A. 电流表的示数为 0.22A
B. 0.02s 时线圈磁通量为 $\frac{11}{50\pi}\text{Wb}$
C. 线圈转动的角速度为 $50\pi\text{rad/s}$
D. $0\sim 0.01\text{s}$ 内, 电动势的平均值为 $\frac{22}{\pi}\text{V}$

【考向 18】(多选) 如图, 均匀磁场中有一个半径为 r 的半圆弧及其直径构成的导线框, 线框总电阻为 R , 半圆直径与磁场边缘重合, 磁场方向垂直于半圆面 (纸面) 向里, 磁感应强度大小为 B_0 。使该线从如图所示位置, 绕过圆心 O 、垂直于半圆面的轴以角速度 ω 匀速转动, 在线框中产生感应电流。下列说法正确的是 ()



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/838122055102006133>