

## 2 描述交流电的物理量

### 学习目标

- 1.掌握交变电流的周期、频率、线圈转动角速度三者之间的关系.
- 2.能理解电流的有效值是与热效应有关的量，而平均值不是简单意义的平均.
- 3.掌握交变电流有效值与峰值的关系，会进行有效值的计算.

# 一、周期和频率

周期、频率及它们之间的关系

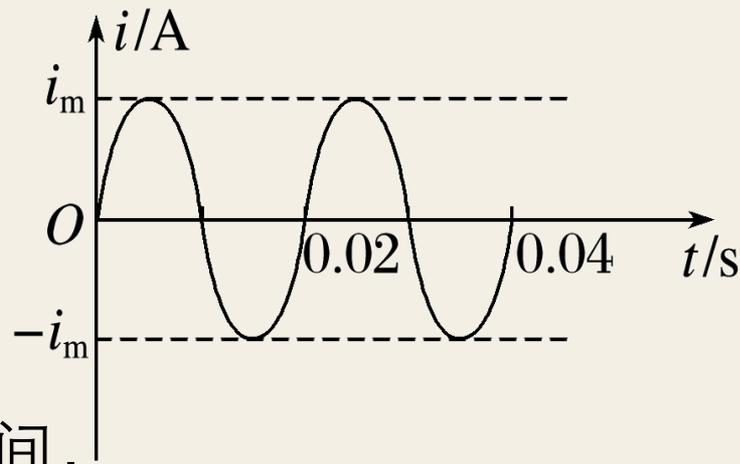
(1) 周期( $T$ ):

交变电流作一次 **周期性** 变化所需的时间.

(2) 频率( $f$ ):

交变电流在1 s内完成 **周期性** 变化的次数.

(3) 关系  $T = \frac{1}{f}$      $f = \frac{1}{T}$



$$\Rightarrow T = 0.02 \text{ s}$$

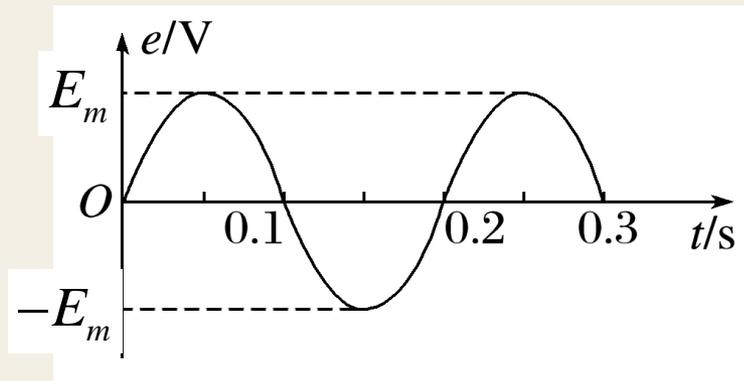
$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \text{转速 } n = 3000 \text{ r / min}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 100\pi \text{ rad / s}$$

## 二、峰值和有效值

某交流电压的瞬时值表达式  $u = 6\sqrt{2} \sin(100\pi t)$  V，把标有“6 V 2 W”的小灯泡接在此电源上会不会被烧坏？把标有6 V的电容器接在此电源上会不会被击穿？



### 1. 峰值（最大值）：

(1) 正弦交流电表达式中的  $U_m$  和  $I_m$  分别称为电压和电流的峰值，若交流电接入纯电阻电路中，电流及外电阻两端的电压的最大值分别为

$$I_m = \frac{E_m}{R+r}, \quad U_m = I_m R. \quad E_m = NBS\omega = I_m(R+r)$$

(2) 使用交变电流的用电器，其最大耐压值应大于其使用的交流电压的 **最大值**。

## 二、峰值和有效值

2.有效值：确定交流电有效值的依据是 电流的热效应。

如果交流电与某一直流电通过 同一 电阻，在相同的时间内所产生 热量 的相等，则这个直流电的电流和电压值就分别称为相应交流电的电流和电压的有效值。

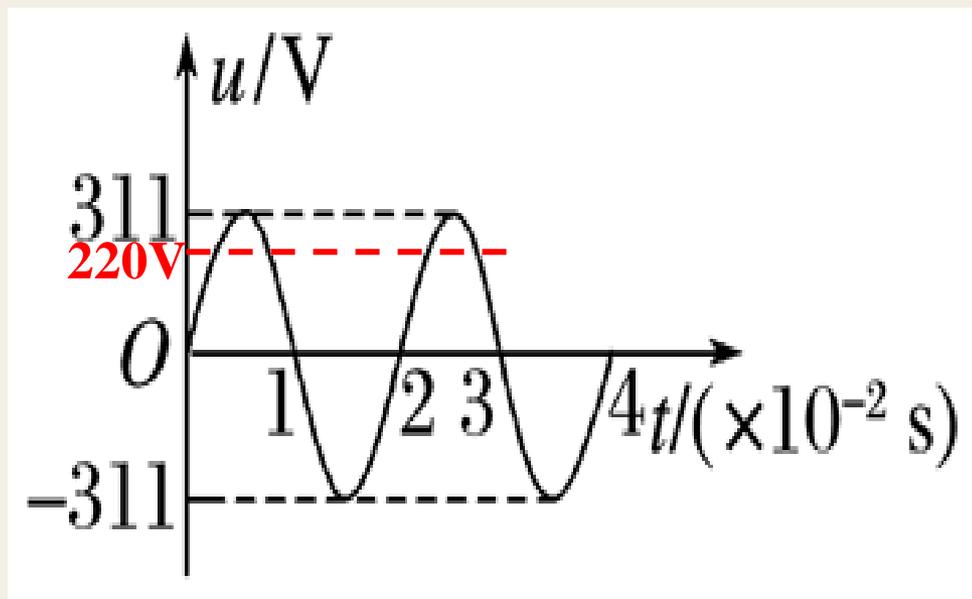
$$Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

3.在正弦交变电流中，最大值与有效值之间的关系为：

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m,$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m,$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m.$$



【即学即用】 判断下列说法的正误.

(1)正弦交变电流的正负两部分是对称的，所以有效值为零.( × )

(2)交流电的有效值就是一个周期内的平均值.( × )

(3)一个正弦交变电流的峰值同周期频率一样是不变的，但有效值是随时间不断变化的.( × )

(4)交流电路中，电压表、电流表的测量值都是有效值.( ✓ )

# 一、周期和频率的理解

交变电流的周期和频率跟发电机转子的角速度 $\omega$ 或转速 $n$ 有关. $\omega(n)$ 越大, 周期越短, 频率越高, 其关系为 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ,  $\omega = 2\pi f = 2\pi n$ .

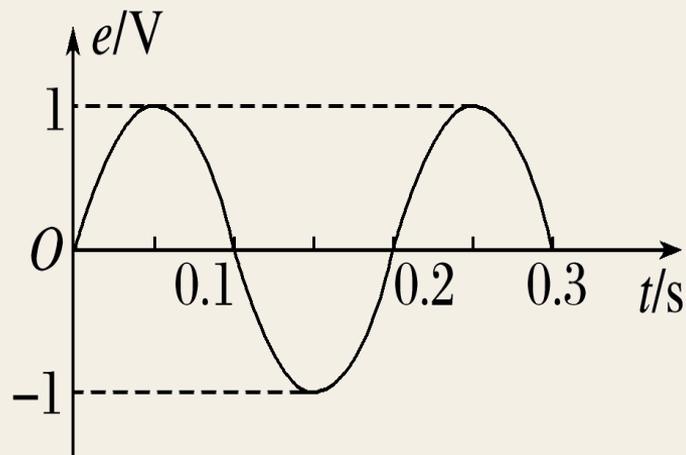
**例1** (多选)矩形金属线圈共10匝, 绕垂直于磁场方向的转动轴在匀强磁场中匀速转动, 线圈中产生的交流电动势 $e$ 随时间 $t$ 变化的情况如图2所示. 下列说法中正确的是 ( **BC** )

A. 此交变电流的频率为0.2 Hz

B. 1 s内电流方向变化10次

C.  $t = 0.1$  s时, 线圈平面与磁场方向平行

D. 1 s内线圈转5圈



## 二、非正弦式交变电流有效值的计算

利用有效值的定义，根据电流的热效应计算，计算时注意取一个完整周期的时间，而不是简单地对电压求平均值。

$$Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

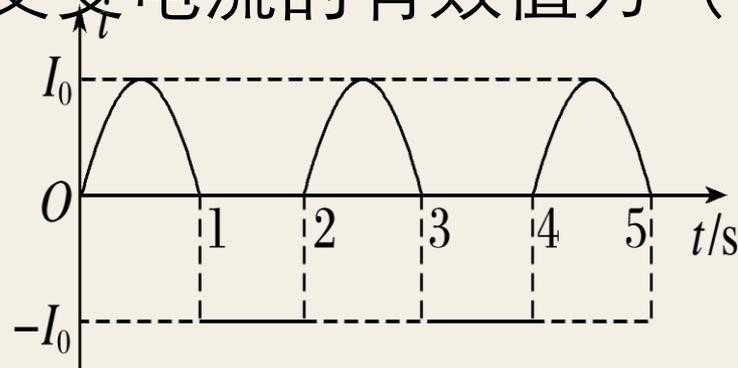
**例2** 如图所示的交变电流由正弦式交变电流的一半和反向脉冲电流组合而成，则这种交变电流的有效值为（**C**）

A.  $\frac{1}{2}I_0$

B.  $\frac{\sqrt{2}}{2}I_0$

C.  $\frac{\sqrt{3}}{2}I_0$

D.  $I_0$



$$Q = I^2 R T = \left(\frac{I_0}{\sqrt{2}}\right)^2 R \frac{T}{2} + I_0^2 R \frac{T}{2}$$

### 【技巧点拨】

计算时要注意三个相同：“相同电阻”上“相同时间”内产生“相同热量”。“相同时间”一般取一个周期，半周期对称的可取半个周期。

### 三、正弦式交流电有效值、最大值、平均值的对比

**例3** 如图所示，矩形线圈面积为 $S$ ，匝数为 $n$ ，线圈电阻为 $r$ ，在磁感应强度为 $B$ 的匀强磁场中绕 $OO'$ 轴以角速度 $\omega$ 匀速转动，外电路电阻为 $R$ .当线圈由图示位置转过 $90^\circ$ 的过程中，求：

(1)通过电阻 $R$ 的电荷量 $q$ ;

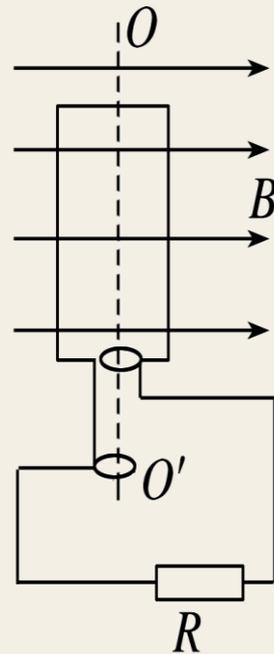
**解析** (1)依题意磁通量的变化量  $\Delta\Phi=BS$ ,

线圈转过  $90^\circ$  的时间为  $\Delta t = \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{4\omega} = \frac{\pi}{2\omega}$ ,

平均感应电动势为  $\overline{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{2nBS\omega}{\pi}$

平均感应电流为  $\overline{I} = \frac{\overline{E}}{R+r} = \frac{2nBS\omega}{\pi(R+r)}$

通过电阻  $R$  的电荷量为  $q = \overline{I} \cdot \Delta t = \frac{nBS}{R+r}$



$$q = \overline{I} \cdot \Delta t = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

### 三、正弦式交流电有效值、最大值、平均值的对比

**例3** 如图所示，矩形线圈面积为 $S$ ，匝数为 $n$ ，线圈电阻为 $r$ ，在磁感应强度为 $B$ 的匀强磁场中绕 $OO'$ 轴以角速度 $\omega$ 匀速转动，外电路电阻为 $R$ 。当线圈由图示位置转过 $90^\circ$ 的过程中，求：

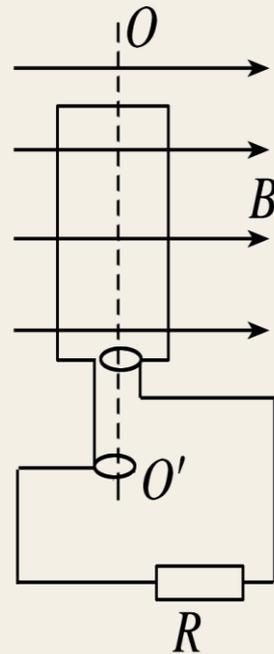
- (1) 通过电阻 $R$ 的电荷量 $q$ ；
- (2) 电阻 $R$ 上所产生的热量 $Q$ 。

(2) 线圈中感应电动势的有效值  $E$  和最大值  $E_m$  的关系是

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{nBS\omega}{\sqrt{2}},$$

电路中电流的有效值为  $I = \frac{E}{R+r} = \frac{nBS\omega}{\sqrt{2}(R+r)}$ 。

电阻  $R$  上产生的焦耳热为  $Q = I^2 R \cdot \Delta t = \frac{\pi n^2 B^2 S^2 \omega R}{4(R+r)^2}$



# 【总结提升】

## 1.有效值

(1)正弦式交流电的有效值根据 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ 计算.

(2)计算与电流热效应有关的量(如电功、电功率、热量)要用有效值.

(3)交流电表的测量值, 电气设备标注的额定电压、额定电流, 通常提到的交流电的数值都是指有效值.

## 2.平均值

(1)求某一过程中的电动势是平均值,  $\bar{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ .

(2)计算通过线圈横截面的电荷量时用电动势的平均值, 即

$$q = \bar{I} \cdot \Delta t = \frac{\bar{E}}{R_{\text{总}}} \Delta t = n \frac{\Delta\Phi}{R_{\text{总}}}.$$

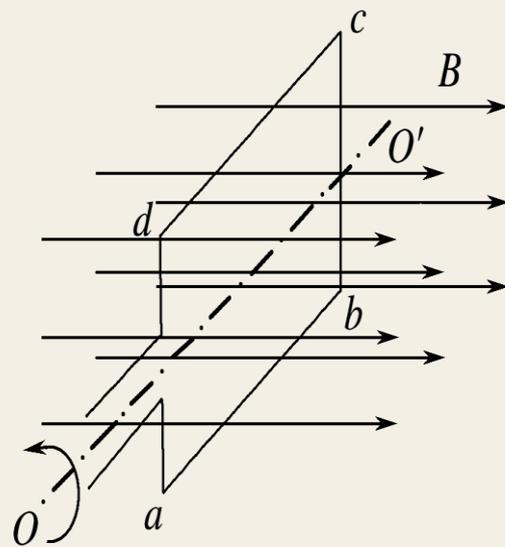
【达标检测1】小型手摇发电机线圈共 $N$ 匝，每匝可简化为矩形线圈 $abcd$ ，磁极间的磁场视为匀强磁场，方向垂直于线圈中心轴 $OO'$ ，线圈绕 $OO'$ 匀速转动，如图所示.矩形线圈 $ab$ 边和 $cd$ 边产生的感应电动势的最大值都为 $e_0$ ，不计线圈电阻，则发电机输出电压（ **D** ）

A.峰值是 $e_0$

B.峰值是 $2e_0$

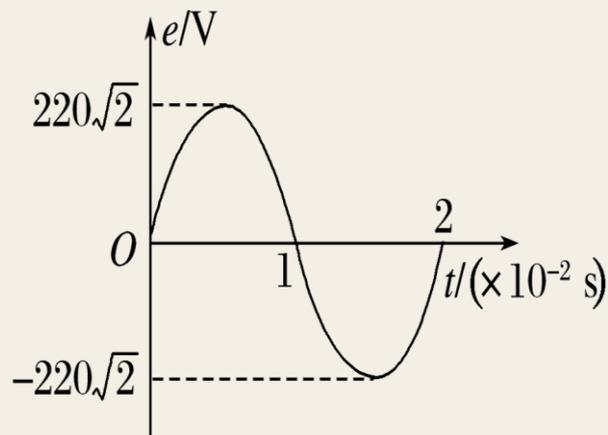
C.有效值是 $\frac{\sqrt{2}}{2} Ne_0$

D.有效值是 $\sqrt{2} Ne_0$

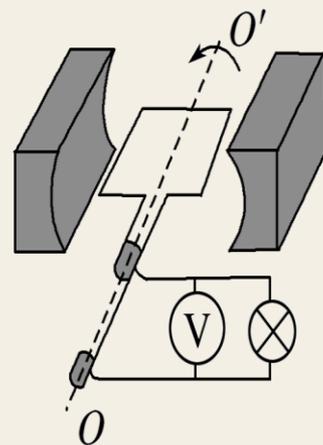


【达标检测2】 一台小型发电机产生的电动势随时间变化的正弦规律图像如图6甲所示.已知发电机线圈内阻为 $5\ \Omega$ ，外接一只电阻为 $95\ \Omega$ 的灯泡，如图乙所示，则（ **D** ）

- A.电压表  $\text{V}$  的示数为 $220\ \text{V}$
- B.电路中的电流方向每秒钟改变50次
- C.灯泡实际消耗的功率为 $484\ \text{W}$
- D.发电机线圈内阻每秒钟产生的焦耳热为 $24.2\ \text{J}$



甲



乙

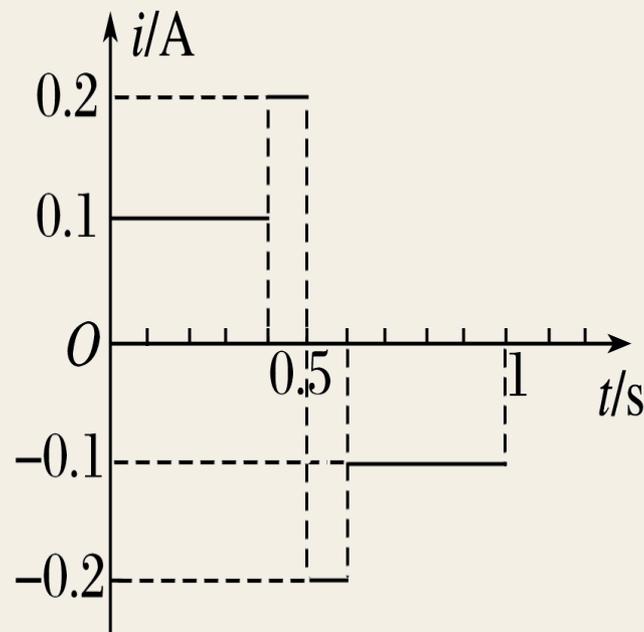
【达标检测3】 通过一阻值 $R = 100 \ \Omega$ 的电阻的交变电流如图7所示，其周期为1 s.该电阻两端电压的有效值为 ( **B** )

A.12

B. $4\sqrt{10}$  V

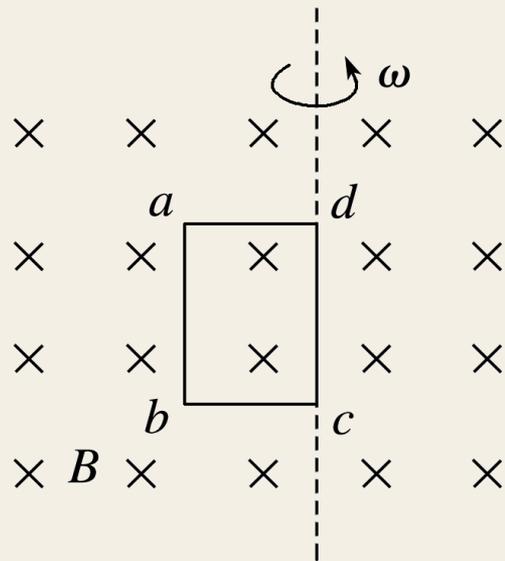
C.15 V

D. $8\sqrt{5}$  V



$$(0.1 \text{ A})^2 R \times 0.4 \text{ s} \times 2 + (0.2 \text{ A})^2 R \times 0.1 \text{ s} \times 2 = I^2 R \times 1 \text{ s}$$

【达标检测4】 如图所示，单匝矩形闭合导线框 $abcd$ 全部处于磁感应强度为 $B$ 的水平匀强磁场中，线框面积为 $S$ ，电阻为 $R$ 。线框绕与 $cd$ 边重合的竖直固定转轴以角速度 $\omega$ 匀速转动，线框中感应电流的有效值 $I = \underline{\hspace{2cm}}$ 。线框从中性面开始转过 $\frac{\pi}{2}$ 的过程中，通过导线横截面的电荷量 $q = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



解析 感应电动势的最大值  $E_m = BS\omega$ ，有效值  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ ，

感应电流的有效值  $I = \frac{E}{R} = \frac{\sqrt{2}BS\omega}{2R}$ ，

电荷量  $q = \overline{I} \cdot \Delta t = \frac{\overline{E}}{R} \cdot \Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R \cdot \Delta t} \cdot \Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{BS}{R}$ 。