

# 交变电流

## 目录

<b>1 交变电流、电磁振荡、电磁波与传感器</b>	<b>2</b>
1.1 第 1 节交变电流的产生与描述	2
1.1.1 考点 1 正弦式交变电流的产生及变化规律	2
1.1.2 即练即清	3
1.1.3 提分关键·规律总结	3
1.1.4 考点 2 交变电流四值的理解与应用	3
1.1.5 能力进阶	3
1.1.6 提分关键·规律总结	5
1.2 第 2 节变压器远距离输电	5
1.2.1 考点 1 实验:探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系	5
1.2.2 考点 2 理想变压器及其应用	6
1.2.3 考点 3 远距离高压输电线路分析及有关物理量的计算	7
1.2.4 教考衔接	8
1.3 微专题 30 含变压器电路的动态分析	9
1.3.1 题型含变压器电路的动态分析	9
1.3.2 提升关键·方法提升	11
<b>2 第 3 节电磁振荡与电磁波传感器</b>	<b>14</b>
2.1 考点 1 电磁振荡与电磁波	14
2.1.1 一、电磁振荡	14
2.1.2 二、电磁波	14
2.1.3 提升关键·方法提升	16
2.2 考点 2 实验:利用传感器制作简单的自动控制装置	16
2.2.1 一、观察热敏电阻的特性	16
2.2.2 二、观察光敏电阻的特性	17

# 1 交变电流、电磁振荡、电磁波与传感器

## 1.1 第 1 节交变电流的产生与描述

### 1.1.1 考点 1 正弦式交变电流的产生及变化规律

- 产生：线圈绕垂直于磁感线方向的轴匀速转动。
- 两个特殊位置的特点
  - (1) 线圈平面与中性面重合时,  $S \perp B$ ,  $\Phi$  最大,  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$ ,  $e = 0$ ,  $i = 0$ , 电流方向将发生改变。
  - (2) 线圈平面与中性面垂直时,  $S // B$ ,  $\Phi = 0$ ,  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  最大,  $e$  最大,  $i$  最大, 电流方向不改变。
  - (3) 电流方向的改变：线圈通过中性面位置时, 电流方向发生改变, 一个周期内线圈两次通过中性面位置, 因此电流的方向改变两次。
  - (4) 感应电动势的最大值  $E_m = nBS\omega$ , 与转轴位置无关, 与线圈形状无关。
- 交变电流的变化规律 (从线圈在中性面位置开始计时)

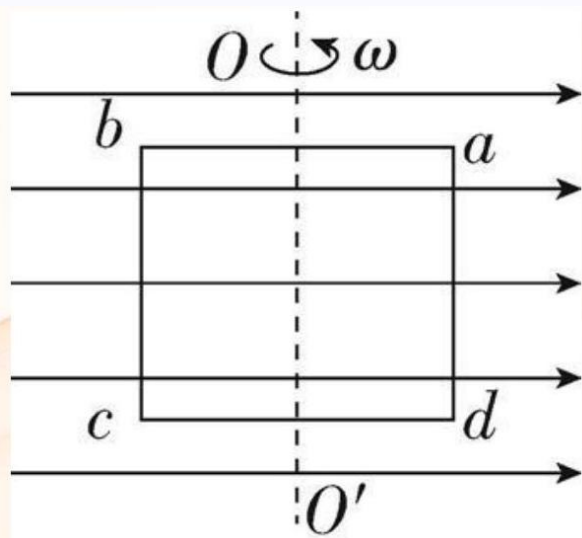
	函数表达式	图像
磁通量	$\Phi = \Phi_m \cos \omega t = BS \cos \omega t$	
感应电动势	$e = E_m \sin \omega t = nBS\omega \sin \omega t$	

## 1.1.2 即练即清

判断正误，正确的打√、错误的打×。

如图所示，一正方形线圈  $abcd$  在匀强磁场中绕垂直于磁感线的对称轴  $OO'$  匀速转动，沿着  $OO'$  方向观察，线圈沿逆时针方向转动。已知匀强磁场的磁感应强度大小为  $B$ ，线圈匝数为  $n$ ，边长为  $l$ ，电阻为  $R$ ，转动的角速度为  $\omega$ 。

- (1) 线圈匀速转动时不会产生正弦式交变电流。(×)
- (2) 当线圈转至图示位置时，穿过线圈的磁通量为 0。(√)
- (3) 当线圈转至图示位置时，穿过每匝线圈磁通量的变化率为  $Bl^2\omega$ 。(√)



## 1.1.3 提分关键·规律总结

书写交变电流瞬时值表达式的基本思路

- (1) 求出角速度  $\omega$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ 。
- (2) 确定正弦式交变电流的峰值，根据已知图像读出或由公式  $E_m = nBS\omega$  求出相应峰值。
- (3) 明确线圈的初始位置，写出对应的函数关系式。

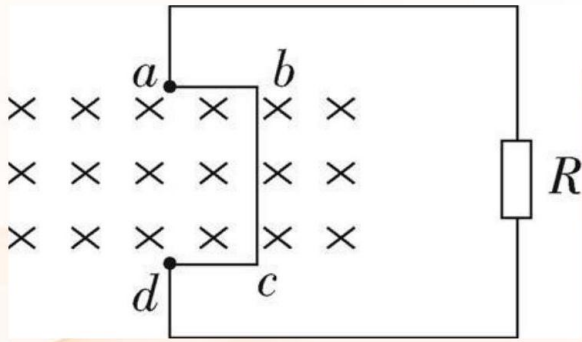
## 1.1.4 考点 2 交变电流四值的理解与应用

## 1.1.5 能力进阶

典例如图所示，电阻为  $r$  的单匝金属直角线框  $abcd$  放置在磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场中， $ad$  两点连线与磁场垂直， $ab$ 、 $cd$  的长度均为  $l$ ， $bc$  的长度为  $2l$ ，定值电阻的阻值为  $R$ 。线框绕  $ad$  连线以角速度  $\omega$  匀速转动，从图示位置开始计时，则 ( )

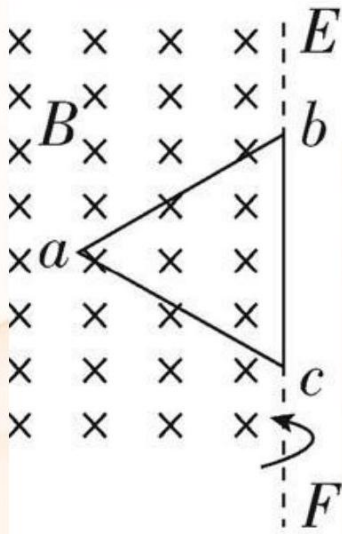
- A. 线框每转一圈，回路电流方向改变一次
- B. 回路中产生的感应电动势有效值为  $2Bl^2\omega$
- C.  $ad$  两点间的电压为  $\sqrt{2}Bl^2\omega$

D.  $\frac{1}{4}$  周期内通过  $R$  的电荷量为  $\frac{2Bl^2}{R+r}$

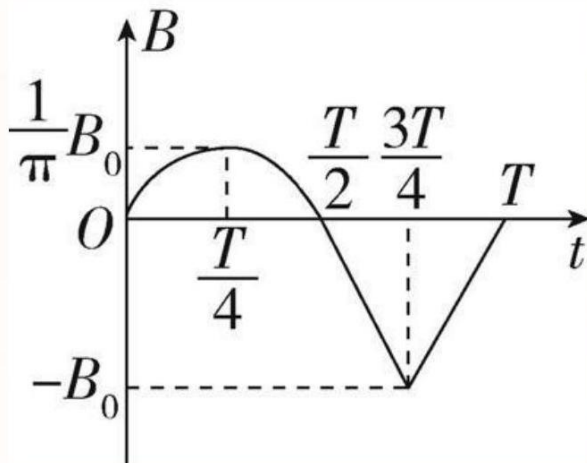


进阶 1 (由一般到特殊) 如图所示, 边长为  $L$ 、阻值为  $R$  的等边三角形单匝金属线圈  $abc$  从图示位置开始绕轴  $EF$  以角速度  $\omega$  匀速转动,  $EF$  的左侧有垂直纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度的大小为  $B$ , 右侧没有磁场。下列说法正确的是 ( )

- A. 图示位置通过线圈的磁通量最大, 磁通量的变化率也最大
- B. 从图示位置转出磁场的过程中, 线圈中产生逆时针方向的感应电流
- C. 线圈中产生的感应电动势的最大值为  $\frac{\sqrt{3}BL^2\omega}{4}$
- D. 转动一周, 外力做功的功率为  $\frac{3B^2L^4\omega^2}{32R}$



进阶 2 (结合图像求有效值) 边长为  $L$  的单匝正方形线框处在匀强磁场中, 磁场方向与线框平面垂直, 磁感应强度随时间变化规律如图所示 (前半周期为正弦波形的一半), 线框的电阻为  $R$ , 则线框中感应电流的功率为 ( )



- A.  $\frac{6B_0^2L^4}{RT^2}$   
 B.  $\frac{7B_0^2L^4}{RT^2}$   
 C.  $\frac{8B_0^2L^4}{RT^2}$   
 D.  $\frac{9B_0^2L^4}{RT^2}$

### 1.1.6 提分关键·规律总结

其他交变电流有效值的计算

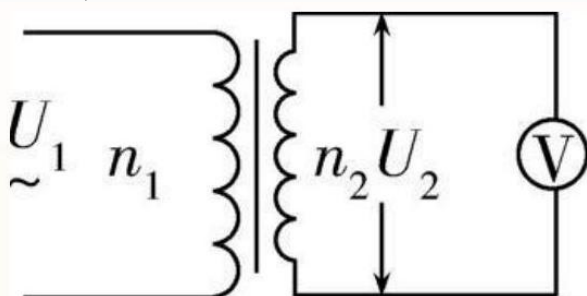
- (1) 计算有效值时要根据电流的热效应，抓住“三同”：“相同时间”内“相同电阻”上产生“相同热量”，列式求解。
- (2) 分段计算热量并求和得出一个周期内产生的总热量  $Q$ 。
- (3) 利用公式  $Q = I^2Rt$  和  $Q = \frac{U^2}{R}t$  可分别求得电流有效值和电压有效值。
- (4) 若交变电流图像部分是正弦（或余弦）函数图像或图像的一部分，则其中的  $\frac{1}{4}$  周期（必须是从零至最大值或从最大值至零）和  $\frac{1}{2}$  周期部分可直接应用正弦式交变电流有效值与最大值间的关系  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$   $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$  分析。

## 1.2 第 2 节变压器远距离输电

### 1.2.1 考点 1 实验：探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系

一、实验原理

1. 实验电路图



## 2. 控制变量法

- (1)  $n_1$ 、 $U_1$  一定, 研究  $U_2$  和  $n_2$  的关系。
- (2)  $n_2$ 、 $U_1$  一定, 研究  $U_2$  和  $n_1$  的关系。

## 二、操作步骤

1. 保持原线圈的匝数  $n_1$  和电压  $U_1$  不变, 改变副线圈的匝数  $n_2$ , 研究  $n_2$  对副线圈电压  $U_2$  的影响。

(1) 估计被测电压的大致范围, 选择多用电表交流电压挡适当量程。若不知道被测电压的大致范围, 则应选择交流电压挡的最大量程进行测量。

(2) 组装可拆变压器: 把两个线圈穿在闭合铁芯上, 用交流电压挡测量输入、输出电压。

2. 保持副线圈的匝数  $n_2$  和原线圈两端的电压  $U_1$  不变, 研究原线圈的匝数对副线圈电压的影响, 重复以上操作。

## 三、实验结论

原、副线圈的电压比等于原、副线圈的匝数比。

## 四、注意事项

1. 在改变学生电源电压、线圈匝数前均要先断开电源开关, 再进行操作。
2. 为保障人身安全, 学生电源的电压不能超过 12 V, 通电时不能用手接触裸露的导线和接线柱。
3. 为了多用电表的安全, 使用交流电压挡测电压时, 先用最大量程挡试测, 大致确定被测电压后再选用合适的挡位进行测量。

## 五、误差分析

1. 由于漏磁, 通过原、副线圈的每一匝的磁通量不严格相等造成误差。
2. 原、副线圈有电阻, 原、副线圈中的焦耳热损耗造成误差。
3. 铁芯有磁损耗, 形成涡流产生误差。

### 1.2.2 考点 2 理想变压器及其应用

#### 一、理想变压器的基本特点

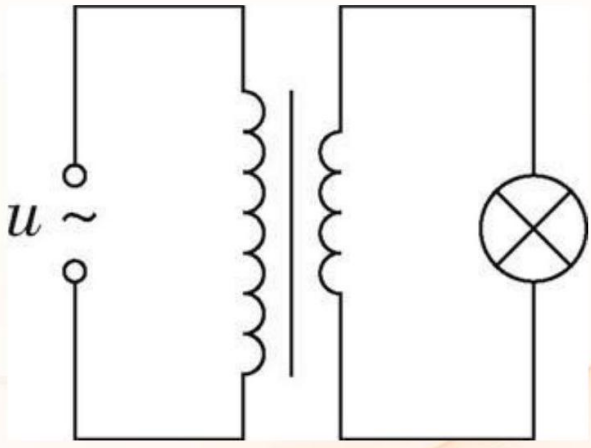
1. 无漏磁, 故原、副线圈中的  $\Phi \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  相同。
2. 线圈无电阻, 因此,  $U = E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 。
3.  $\frac{U}{n} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ , 套在同一铁芯上的线圈, 无论是原线圈, 还是副线圈, 该比例都成立。

#### 二、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 $P_{\lambda} = P_{\text{出}}$
电压关系	原、副线圈的电压比等于匝数比，即 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$
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 $P_{\lambda} = P_{\text{出}}$ 得 $I_1 U_1 = I_2 U_2 + I_3 U_3 + \cdots + I_n U_n$ 或 $I_1 n_1 = I_2 n_2 + I_3 n_3 + \cdots + I_n n_n$
频率关系	$f_1 = f_2$ ，变压器不改变交变电流的频率

典例 1 (2024 北京, T<sub>5</sub> 改编) 如图所示, 理想变压器原线圈接在正弦式交流电源上, 输入交流电压  $u = 24\sqrt{2}\sin 100\pi t$  (V), 副线圈接规格为 " 6 V, 3 W " 的灯泡。若灯泡正常发光, 下列说法正确的是 ( )

- A. 副线圈两端电压的周期为 0.01 s
- B. 副线圈中电流的有效值为 0.5 A
- C. 原、副线圈匝数之比为 1: 4
- D. 原线圈的输入功率为 12 W

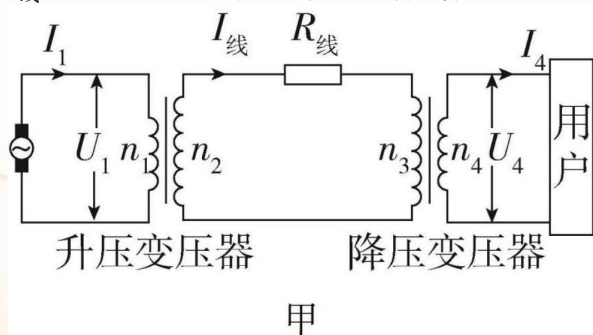


### 1.2.3 考点 3 远距离高压输电线路分析及有关物理量的计算

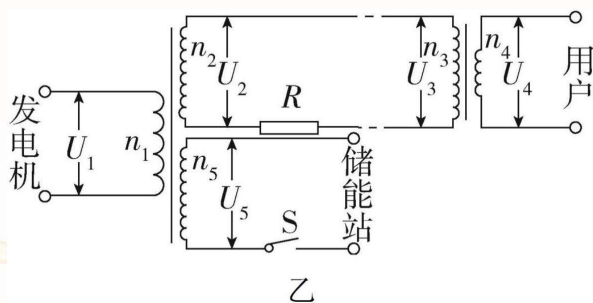
电路构成	
各个量之间的联系	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}, P_1 = P_2, \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}, P_3 = P_4, \frac{I_3}{I_4} = \frac{n_4}{n_3}$ $I_2 = I_3 = I_{\text{线}}$
能量关系	$P_1 = P_{\text{损}} + P_4$
输电线路损耗	电压损失 $\Delta U = U_2 - U_3 = I_2 R$ 功率损失 $P_{\text{损}} = P_2 - P_3 = I_2^2 R = \left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2 R = I_2 \Delta U = \frac{(\Delta U)^2}{R}$

### 1.2.4 教考衔接

典例 2 (人教版选必二 P<sub>67</sub>, T<sub>5</sub> 改编) 如图甲所示, 某小型水电站发电机的输出功率  $P = 100 \text{ kW}$ , 发电机的电压  $U_1 = 250 \text{ V}$ , 经升压变压器升压后向远处输电, 输电线总电阻  $R_{\text{线}} = 8 \Omega$ , 在用户端用降压变压器把电压降为  $U_4 = 220 \text{ V}$ 。已知输电线上损失的功率  $P_{\text{线}} = 5 \text{ kW}$ 。假设两个变压器均是理想变压器。



- (回归教材) 输电线上的电流、降压变压器的匝数比与用户端得到的电流分别是多少?
- (情境变式) 某节能储能输电网络如图乙所示, 发电机的输出电压  $U_1 = 250 \text{ V}$ , 输出功率为  $500 \text{ kW}$ 。降压变压器的匝数比  $n_3 : n_4 = 50 : 1$ , 输电线总电阻  $R = 62.5 \Omega$ , 其余线路电阻不计, 用户端电压  $U_4 = 220 \text{ V}$ 、功率  $P' = 88 \text{ kW}$ , 所有变压器均为理想变压器。求:

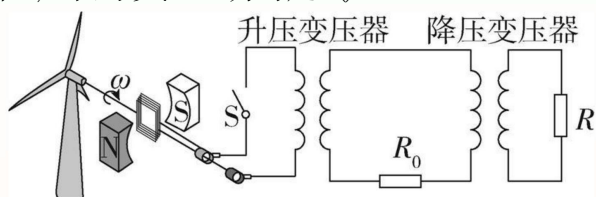


(1) 输电线上损失的功率;

(2) 输送给储能站的功率;

(3) 升压变压器的匝数比。

(3) (链接高考) (2024 湖南, 6, 4 分) 根据国家能源局统计, 截止到 2023 年 9 月, 我国风电装机 4 亿千瓦, 连续 13 年居世界第一位, 湖南在国内风电设备制造领域居于领先地位。某实验小组模拟风力发电厂输电网络供电的装置如图所示。已知发电机转子以角速度  $\omega$  匀速转动, 升、降压变压器均为理想变压器, 输电线路上的总电阻可简化为一个定值电阻  $R_0$ 。当用户端接一个定值电阻  $R$  时,  $R_0$  上消耗的功率为  $P$ 。不计其余电阻, 下列说法正确的是 ()



A. 风速增加, 若转子角速度增加一倍, 则  $R_0$  上消耗的功率为  $4P$

B. 输电线路距离增加, 若  $R_0$  阻值增加一倍, 则  $R_0$  上消耗的功率为  $4P$

C. 若升压变压器的副线圈匝数增加一倍, 则  $R_0$  上消耗的功率为  $8P$

D. 若在用户端再并联一个完全相同的电阻  $R$ , 则  $R_0$  上消耗的功率为  $6P$

## 1.3 微专题 30 含变压器电路的动态分析

### 1.3.1 题型含变压器电路的动态分析

1. 理想变压器中各量的制约关系是怎样的?

制约关系	电压	副线圈电压 $U_2$ 由原线圈电压 $U_1$ 和匝数比决定 ( $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$ )
	功率	原线圈的输入功率 $P_{\lambda}$ 由副线圈的输出功率 $P_{\text{出}}$ 决定 ( $P_{\lambda} = P_{\text{出}}$ )
	电流	原线圈电流 $I_1$ 由副线圈电流 $I_2$ 和匝数比决定 ( $I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2$ )

2. 解决理想变压器电路动态分析问题的一般思路是怎样的?

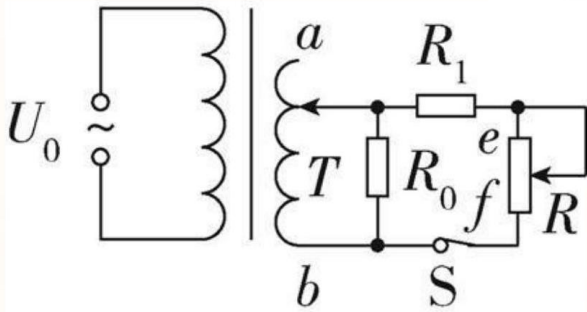
(1) 分清不变量和变化量。

(2) 弄清理想变压器中电压、电流、功率之间的联系和相互制约关系。

(3) 利用闭合电路欧姆定律、串并联电路特点进行分析判定。

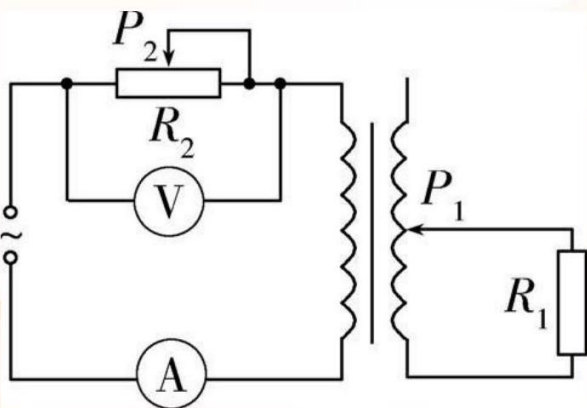
典例 (2024 全国甲, 19, 6 分) (多选) 如图, 理想变压器的副线圈接入电路的匝数可通过滑动触头  $T$  调节, 副线圈回路接有滑动变阻器  $R$ 、定值电阻  $R_0$  和  $R_1$ 、开关  $S$ 。  $S$  处于闭合状态, 在原线圈电压  $U_0$  不变的情况下, 为提高  $R_1$  的热功率, 可以 ()

- A. 保持  $T$  不动, 滑动变阻器  $R$  的滑片向端滑动
- B. 将  $T$  向  $b$  端移动, 滑动变阻器  $R$  的滑片位置不变
- C. 将  $T$  向  $a$  端移动, 滑动变阻器  $R$  的滑片向  $f$  端滑动
- D. 将  $T$  向  $b$  端移动, 滑动变阻器  $R$  的滑片向  $e$  端滑动



高考变式 (原线圈无负载  $\rightarrow$  含负载) (2022 湖南, 6,4 分) 如图, 理想变压器原、副线圈总匝数相同, 滑动触头  $P_1$  初始位置在副线圈正中间, 输入端接入电压有效值恒定的交变电源。定值电阻  $R_1$  的阻值为  $R$ , 滑动变阻器  $R_2$  的最大阻值为  $9R$ , 滑片  $P_2$  初始位置在最右端。理想电压表 (V) 的示数为  $U$ , 理想电流表 (A) 的示数为  $I$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 保持  $P_1$  位置不变,  $P_2$  向左缓慢滑动的过程中,  $C$  减小,  $U$  不变
- B. 保持  $P_1$  位置不变,  $P_2$  向左缓慢滑动的过程中,  $R_1$  消耗的功率增大
- C. 保持  $P_2$  位置不变,  $P_1$  向下缓慢滑动的过程中,  $C$  减小,  $U$  增大
- D. 保持  $P_2$  位置不变,  $P_1$  向下缓慢滑动的过程中,  $R_1$  消耗的功率减小

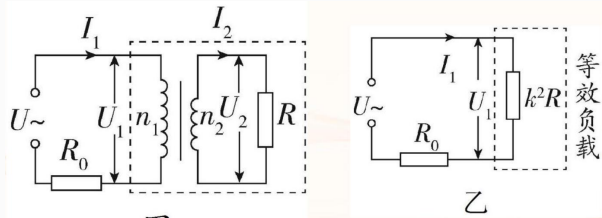


## 1.3.2 提升关键·方法提升

## 等效电阻法与等效电源法

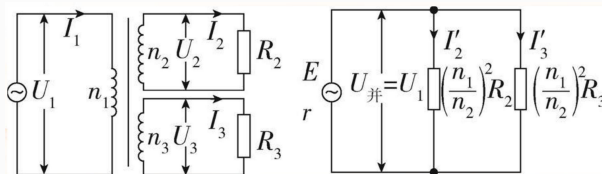
## 1. 等效电阻法

## (1) 等效电阻的建立



如图甲所示, 设理想变压器原线圈两端的电压为  $U_1$ 、电流为  $I_1$ , 副线圈两端的电压为  $U_2$ 、电流为  $I_2$ , 副线圈所接负载为  $R$ , 变压器原、副线圈匝数分别为  $n_1$   $n_2$ 。由欧姆定律可知  $\frac{U_2}{I_2} = R$ , 令  $\frac{n_1}{n_2} = k$ , 则有  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = k$ ,  $\frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2} = k$ , 联立可得  $\frac{U_1}{I_1} = k^2 R$ , 所以可将变压器和副线圈所接负载整体看成阻值为  $k^2 R$  的等效电阻直接连在原线圈一侧, 等效电路如图乙所示。

## (2) 拓展: 含有两个副线圈理想变压器的等效电阻



变压器含有多个副线圈时, 每个线圈等效的电阻应为并联关系,  $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$ ,  $P_{R2} = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{(\frac{n_2}{n_1} U_1)^2}{R_2} = \frac{U_1^2}{(\frac{n_1}{n_2})^2 R_2}$ ,  $U_3 = \frac{n_3}{n_1} U_1$ ,  $P_{R3} = \frac{U_3^2}{R_3} = \frac{(\frac{n_3}{n_1} U_1)^2}{R_3} = \frac{U_1^2}{(\frac{n_1}{n_3})^2 R_3}$ ,  $R_2$  所在副线圈等效电阻的功率  $P_{R2}' = \frac{U_1^2}{R_2'}$ ,  $R_3$  所在副线圈等效电阻的功率  $P_{R3}' = \frac{U_1^2}{R_3'}$ , 将变压器等效成定值电阻, 定值电阻的功率与变压器的功率相同, 即  $P_{R2} = P_{R2}'$ ,  $P_{R3} = P_{R3}'$ , 由此可得  $R_2' = \frac{n_1^2}{n_2^2} R_2$ ,  $R_3' = \frac{n_1^2}{n_3^2} R_3$ 。

## (3) 推广: 两个以上副线圈理想变压器的等效电阻

若理想变压器满足如图甲所示情况, 则可等效成如图乙所示电路, 且满足  $R_k' = \frac{n_1^2}{n_k^2} R_k (k > 2)$ 。

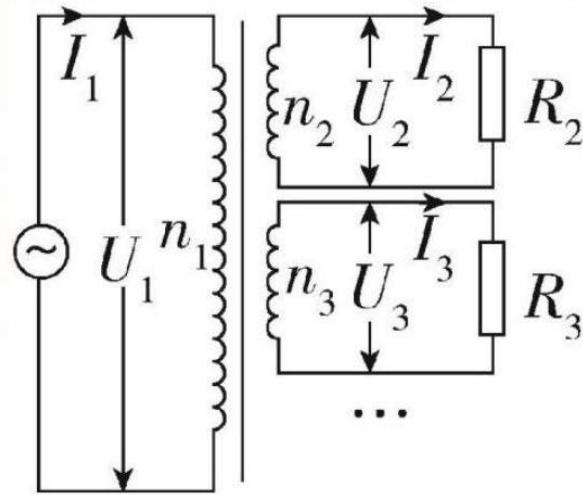


图 1: 甲

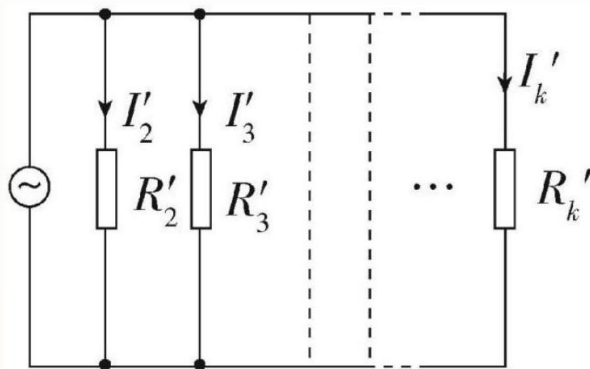


图 2: 乙

## 2. 等效电源法

如图甲所示，设理想变压器原线圈两端的电压为  $U_1$ 、电流为  $I_1$ ，副线圈两端的电压为  $U_2$ 、电流为  $I_2$ ，副线圈所接负载为  $R$ ，与原线圈串联的定值电阻为  $R_0$ ，变压器原、副线圈匝数分别为  $n_1 n_2$ 。将变压器、定值电阻  $R_0$  与原交流电源看为一个整体，等效为一个新的电源，令新电源的电动势为  $E'$ ，新电源的等效内阻为  $r'$ ，作出等效后的电路图如图乙所示。

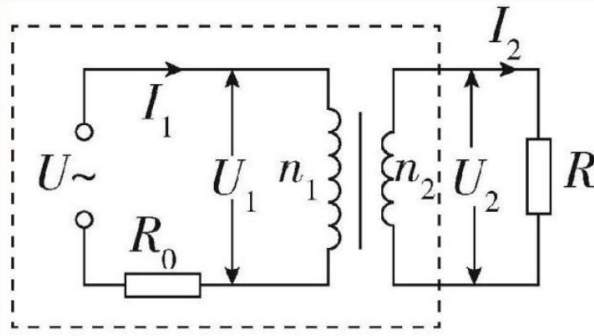
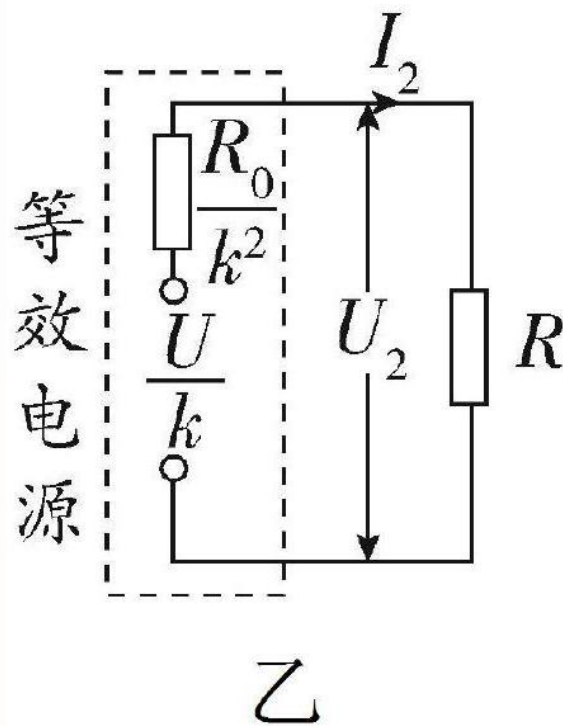


图 3: 甲



乙

对图甲，由串联电路的规律得  $U_1 = U - I_1 R_0$ ，令  $\frac{n_1}{n_2} = k$ ，则  $\frac{U_1}{U_2} = k$ ， $\frac{I_2}{I_1} = k$ ，联立可得  $U_2 = \frac{U}{k} - I_2 \frac{R_0}{k^2}$ 。对图乙，由闭合电路欧姆定律得  $U_2 = E' - I_2 r'$ 。两式比较可得  $E' = \frac{U}{k}$ ， $r' = \frac{R_0}{k^2}$ 。

## 2 第3节电磁振荡与电磁波传感器

### 2.1 考点1 电磁振荡与电磁波

#### 2.1.1 一、电磁振荡

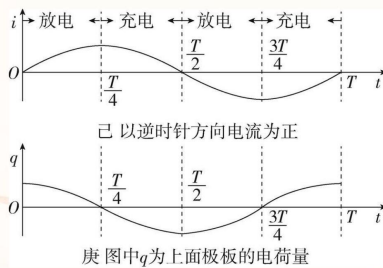
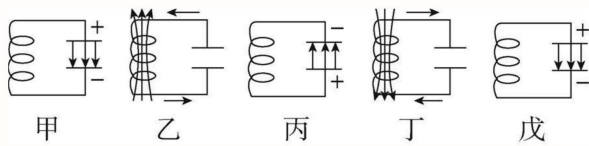
##### 1. 电磁振荡的基本规律

(1) 放电过程：电容器的电荷量、电场强度都减小，线圈中的电流、磁感应强度都增大，电场能转化为磁场能。

(2) 充电过程：电容器的电荷量、电场强度都增大，线圈中的电流、磁感应强度都减小，磁场能转化为电场能。

2. 电磁振荡的周期和频率：周期  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ ，频率  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。

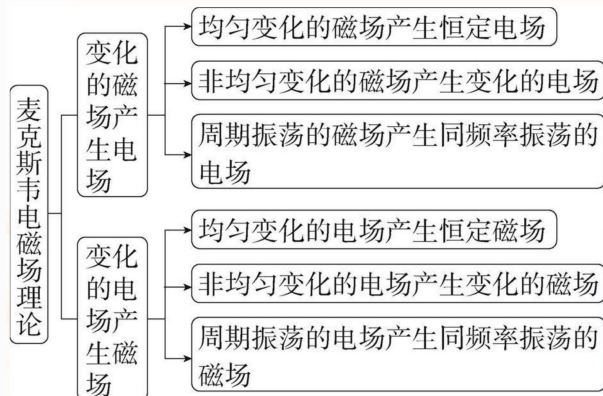
##### 3. 振荡电流、极板电荷量随时间的变化图像



点拨提醒  $U E E_{\text{电}}$  规律与  $q-t$  图像相对应； $B E_{\text{磁}}$  规律与  $i-t$  图像相对应。

#### 2.1.2 二、电磁波

##### 1. 麦克斯韦电磁场理论



##### 2. 电磁波

(1) 变化的电场和磁场在空间由近及远地向周围传播，形成电磁波。电磁波是横波。

(2) 电磁波的传播不需要介质，可在真空中传播，在真空中不同频率的电磁波传播速度相同（都等于光速）。

(3) 不同频率的电磁波，在同一介质中传播，其速度是不同的，频率越高，波速越小。

(4)  $v = \lambda f$  是电磁波的频率。

点拨提醒对电磁波的两点提醒

(1) 不同电磁波的频率或波长不同，表现出不同的特性。波长越长，越容易产生干涉、衍射现象；波长越短，穿透能力越强。

(2) 同频率的电磁波在不同介质中传播速度不同，不同频率的电磁波在同一种介质中传播时，频率越高，折射率越大，速度越小。

典例 (2024 届吉林东北师大附中月考) 电感为  $L$  的线圈与电容为  $C$  的电容器组成一个理想的振荡电路，某时刻电路中电流的方向和电容器中电场强度的方向如图甲所示，电容器  $a$  极板所带的电荷量随时间变化的图像如图乙所示 ( $Q_0$  为电容器所带最大电荷量的绝对值)。下列说法正确的是 ( )

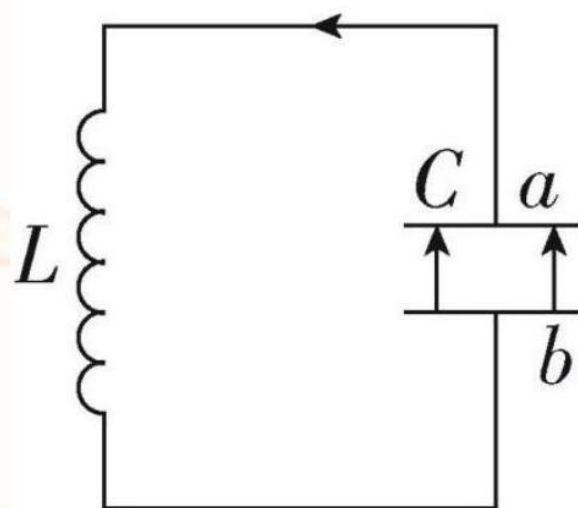


图 4: 甲

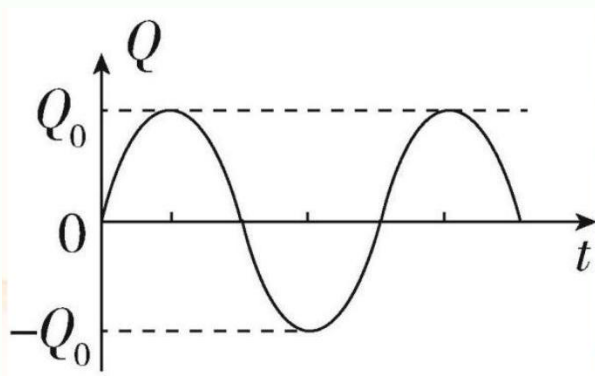


图 5: 乙

- A. 图甲所示的时刻可能为图乙中从  $t = 0$  时刻开始的第 4 个四分之一周期的某个时刻  
 B. 图甲所示的时刻线圈的自感电动势正在减小  
 C. 该振荡电路从图乙中  $t = 0$  时刻开始的第 1 个四分之一周期内的平均电流为  $\frac{4Q_0}{\pi\sqrt{LC}}$   
 D. 该振荡电路中电容器两极板间的正弦交流电压的有效值为  $\frac{Q_0}{\sqrt{2}C}$

答案 D

解析题图甲所示时刻电容器两极板间电场强度的方向向上，下极板  $b$  带正电，电流沿逆时针方向，电容器处于充电状态，此时  $a$  极板带负电且电荷量在增加，题图甲所示的时刻可能为题图乙中从  $t = 0$  开始的第 3 个四分之一周期的某个时刻，该时刻电路中电流在减小，电流的变化率在增大，自感电动势增大，A B 错误。该振荡电路从题图乙中  $t = 0$

时刻开始的第一个四分之一周期内的平均电流  $\bar{I} = \frac{Q_0}{T} = \frac{2Q_0}{\pi\sqrt{LC}}$ ，C 错误。  $C = \frac{Q}{U}$ ，电容器两端电压的最大值  $U_m = \frac{Q_0}{C}$ ， $U_{有} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{Q_0}{\sqrt{2}C}$ ，D 正确。

### 2.1.3 提升关键·方法提升

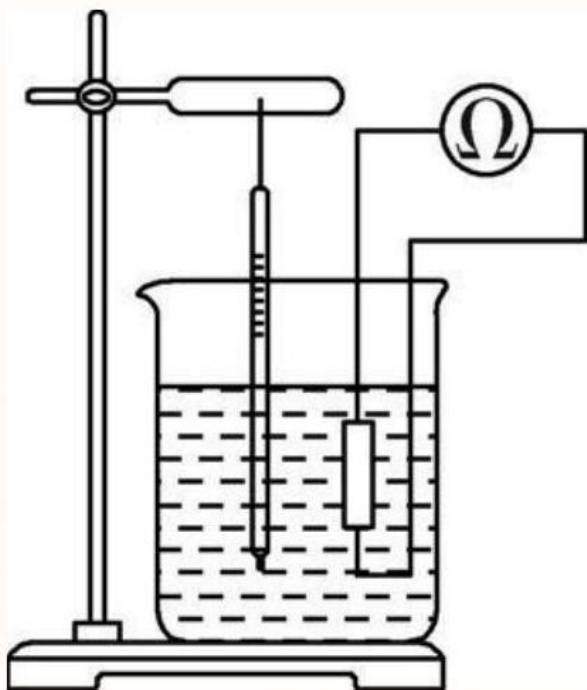
$LC$  振荡电路充、放电过程的判断方法

1. 根据电流流向判断: 当电流流向带正电的极板时，电容器的电荷量增加，磁场能向电场能转化，处于充电过程；反之，当电流流出带正电的极板时，电荷量减少，电场能向磁场能转化，处于放电过程
2. 根据物理量的变化趋势判断: 当电容器的带电荷量  $q$ （电压  $U$ 、电场强度  $E$ ）增大或电流（磁感应强度  $B$ ）减小时，处于充电过程；反之，处于放电过程
3. 根据能量判断: 电场能增加时充电，磁场能增加时放电

## 2.2 考点 2 实验：利用传感器制作简单的自动控制装置

### 2.2.1 一、观察热敏电阻的特性

1. 原理装置



## 2. 操作步骤

- (1) 按装置图连接好电路。
- (2) 把多用电表置于电阻挡，并选择适当的量程测出烧杯中没有水时热敏电阻的阻值，并记下温度计的示数。
- (3) 向烧杯中注入少量的冷水，使热敏电阻浸没在冷水中，记下温度计的示数和多用电表测量的热敏电阻的阻值。
- (4) 将热水分几次注入烧杯中，测出不同温度下热敏电阻的阻值，并记录。

## 3. 数据处理

在如图所示的坐标系中，粗略画出热敏电阻的阻值随温度变化的图线。

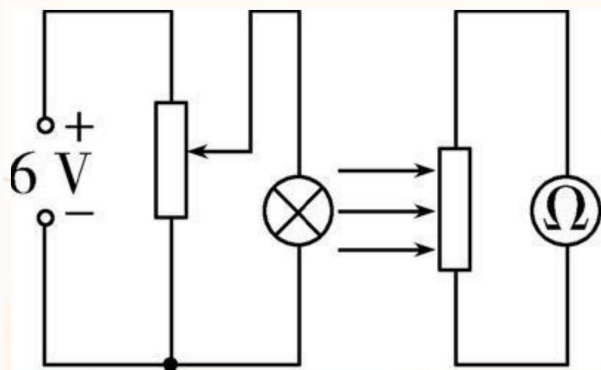
$$\begin{array}{c} R/\Omega \\ 0 \rightarrow ^\circ\text{C} \end{array}$$

## 4. 注意事项

实验时，加热水后要等一会儿再测热敏电阻的阻值，以使热敏电阻温度与水的温度相同，并读出水温。

### 2.2.2 二、观察光敏电阻的特性

#### 1. 原理装置



## 2. 操作步骤

- (1) 将光敏电阻、多用电表、灯泡、滑动变阻器按原理装置图所示的电路连接好，其中多用电表置于 " $\times 100$ " 挡。
- (2) 先测出在室内自然光的照射下光敏电阻的阻值，并记录数据。
- (3) 接通电源，让小灯泡发光，调节小灯泡的亮度使其逐渐变亮，观察多用电表表盘指针显示光敏电阻阻值的情况，并记录。
- (4) 用手掌（或黑纸）遮光时，观察多用电表表盘指针显示光敏电阻阻值的情况，并记录。

## 3. 数据处理

根据记录数据分析光敏电阻的特性。

## 4. 注意事项

- (1) 实验中，如果效果不明显，可将光敏电阻部分电路放入带盖的纸盒中，并通过盖上的小孔改变照射到光敏电阻上的光的多少来达到实验目的。
- (2) 多用电表电阻挡每次换挡后都要重新进行欧姆调零。