

# 高中物理选修 3-2 知识点

## 第四章：电磁感应

### 一. 磁通量

穿过某一面积的磁感线条数；  $\Phi = BS \cdot \sin\theta$ ；单位 Wb， $1\text{Wb} = 1\text{T} \cdot \text{m}^2$ ；标量，但有正负。

### 二. 电磁感应现象

当穿过闭合电路中的磁通量发生变化，闭合电路中有感应电流的现象。如果电路不闭合只会产生感应电动势。（这种利用磁场产生电流的现象叫电磁感应现象，是 1831 年法拉第发现的）。

### 三. 产生感应电流的条件

- 1、闭合电路的磁通量发生变化。
- 2、闭合电路中的一部分导体在磁场中作切割磁感线运动。（其本质也是闭合回路中磁通量发生变化）。

### 四. 感应电动势

- 1、概念：在电磁感应现象中产生的电动势；
- 2、产生条件：穿过回路的磁通量发生改变，与电路是否闭合无关。
- 3、方向判断：感应电动势的方向用楞次定律或右手定则判断。

### 五. 法拉第电磁感应定律

- 1、内容：感应电动势的大小跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比。

2、公式： $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ，其中  $n$  为线圈匝数。

3、公式  $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  中涉及到磁通量的变化量  $\Delta \Phi$  的计算，对  $\Delta \Phi$  的计算，一般遇到有两种情况：

(1). 回路与磁场垂直的面积  $S$  不变，磁感应强度发生变化，由  $\Delta \Phi = \Delta BS$ ，此时  $E = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S$ ，此式中

的  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  叫磁感应强度的变化率，若  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  是恒定的，即磁场变化是均匀的，产生的感应电动势是恒定电动势。

(2). 磁感应强度  $B$  不变，回路与磁场垂直的面积发生变化，则  $\Delta \Phi = B \cdot \Delta S$ ，线圈绕垂直于匀强磁场的轴匀速转动产生交变电动势就属这种情况。

(3). 磁通量、磁通量的变化量、磁通量的变化率的区别

三个量 比较项目	磁通量	磁通量的变化量	磁通量的变化率
物理意义	某时刻穿过某个面的磁感线的条数	某段时间内穿过某个面的磁通量变化	穿过某个面的磁通量变化的快慢
大小	$\Phi = B S \cos\theta$	$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ $\Delta \Phi = B \cdot \Delta S$ $\Delta \Phi = S \cdot \Delta B$	$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t} \text{ 或 } \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = S \frac{\Delta B}{\Delta t}$
注意	若有相反方向磁场，磁通量可能抵消	开始时和转过 $180^\circ$ 时平面都与磁场垂直，穿过平面的磁通量是一正一负， $\Delta \Phi = 2BS$ ，而不是零	既不表示磁通量的大小，也不表示变化的多少。实际上，它就是单匝线圈上产生的电动势，即 $E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

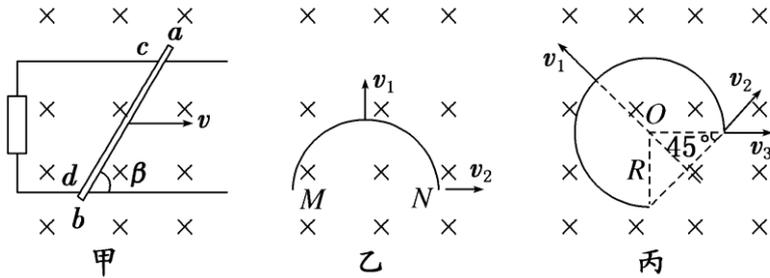
注意：① 该式  $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  中普遍适用于求平均感应电动势。

②  $E$  只与穿过电路的磁通量的变化率  $\Delta\phi / \Delta t$  有关, 而与磁通的产生、磁通的大小及变化方式、电路是否闭合、电路的结构与材料等因素无关

### 六. 导体切割磁感线时的感应电动势

1、导体垂直切割磁感线时, 感应电动势可用  $E = BLv$  求出, 式中  $l$  为导体切割磁感线的有效长度。

(1) 有效性: 公式中的  $l$  为有效切割长度, 即导体与  $v$  垂直的方向上的投影长度。



甲图:  $l = cd \sin \beta$ ;

乙图: 沿  $v_1$  方向运动时,  $l = MN$ ; 沿  $v_2$  方向运动时,  $l = 0$ 。

丙图: 沿  $v_1$  方向运动时,  $l = \sqrt{2}R$ ; 沿  $v_2$  方向运动时,  $l = 0$ ; 沿  $v_3$  方向运动时,  $l = R$

(2) 相对性:  $E = Blv$  中的速度  $v$  是相对于磁场的速度, 若磁场也运动, 应注意速度间的相对关系。

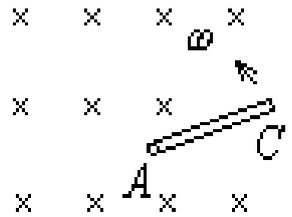
2、导体不垂直切割磁感线时, 即  $v$  与  $B$  有一夹角  $\theta$ , 感应电动势可用  $E = Blv \sin \theta$  求出。

3、公式  $E = Blv$  一般用于导体各部分切割磁感线的速度相同, 对有些导体各部分切割磁感线的速度不相同的情况, 如何求感应电动势?

例: 如图所示, 一长为  $l$  的导体杆  $AC$  绕  $A$  点在纸面内以角速度  $\omega$  匀速转动, 转动的区域的有垂直纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度为  $B$ , 求  $AC$  产生的感应电动势,

解析:  $AC$  各部分切割磁感线的速度不相等,  $v_A = 0, v_C = \omega l$ , 且  $AC$  上各点的线速度大小与半径成正比,

所以  $AC$  切割的速度可用其平均切割速度  $v = \frac{v_A + v_C}{2} = \frac{v_C}{2} = \frac{\omega l}{2}$ , 故  $E = \frac{1}{2} B \omega l^2$ 。



4、 $E_m = n \cdot B \cdot S \cdot \omega$  —— 面积为  $S$  的纸圈, 共  $n$  匝, 在匀强磁场  $B$  中, 以角速度  $\omega$

匀速转动, 其转轴与磁场方向垂直, 则当线圈平面与磁场方向平行时, 线圈两端有最大有感应电动势  $\epsilon_m$ 。

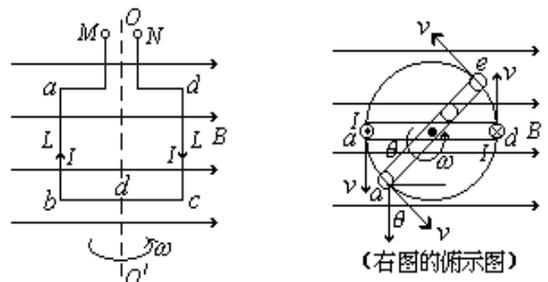
解析: 设线框长为  $L$ , 宽为  $d$ , 以  $\omega$  转到图示位置时,

$ab$  边垂直磁场方向向纸外运动切割磁感线, 速度为  $v = \omega \cdot \frac{d}{2}$

(圆运动半径为宽边  $d$  的一半) 产生感应电动势

$$E = BL \cdot v = BL \cdot \omega \cdot \frac{d}{2} = \frac{1}{2} BS \cdot \omega, \quad a \text{ 端电势高于 } b \text{ 端电势。}$$

同理  $cd$  边产生感应电动势  $E = \frac{1}{2} BS \omega$ 。  $c$  端电势高于  $d$  端电势。



(右图的俯视图)

则输出端  $M, N$  电动势为  $E_m = BS \omega$ 。如果线圈  $n$  匝, 则  $E_m = n \cdot B \cdot S \cdot \omega$ ,  $M$  端电势高,  $N$  端电势低。

**参照俯视图:** 这位置由于线圈边长是垂直切割磁感线, 所以有感应电动势最大值  $E_m$ , 如从图示位置转过一个角度  $\theta$ , 如果圆周运动线速度  $v$ , 在垂直磁场方向的分量应为  $v \cos \theta$ , 此时线圈产生感应电动势的瞬时值  $E = E_m \cdot \cos \theta$ 。即作最大值方向的投影  $E = E_m \cdot \cos \theta = n \cdot B \cdot S \omega \cdot \cos \theta$  ( $\theta$  是线圈平面与磁场方向的夹角)。当线圈平面垂直磁场方向时, 线速度方向与磁场方向平行, 不切割磁感线, 感应电动势为零。

### 七. 总结: 计算感应电动势公式:

$$E = BLv \left\{ \begin{array}{l} \text{如 } v \text{ 是瞬时速度, 则 } \epsilon \text{ 为瞬时感应电动势。} \\ \text{如 } v \text{ 是平均速度, 则 } \epsilon \text{ 为平均感应电动势。} \end{array} \right.$$

$$E = n \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \left\{ \begin{array}{l} \Delta t \text{ 是一段时问, } \epsilon \text{ 为这段时间内的平均感应电动势。} \\ \Delta t \rightarrow 0, \text{ 为瞬时感应电动势。} \end{array} \right.$$

$$E = \frac{1}{2}BL^2\omega \quad (\text{导体绕某一固定点转动})$$

$$E = \begin{cases} E_m = nBS\omega & (\text{线圈平面与磁场平行时有感应电动势最大值}) \\ E = nBS\omega \cos\theta & (\text{瞬时值公式, } \theta \text{ 是线圈平面与磁场方向夹角}) \end{cases}$$

**注意:** 1. 公式中字母的含义, 公式的适用条件及使用条件。

2. 感应电流与感应电量, 当回路中发生磁通变化时, 由于感应电场的作用使电荷发生定向移动而形成感应电流, 在  $\Delta t$  内迁移的电荷量为感应电量。

$$q = I\Delta t = \frac{E}{R}\Delta t = \frac{n\Delta\phi}{R\Delta t}\Delta t = \frac{n\Delta\phi}{R}, \quad \text{仅由回路电阻和磁通量的变化量决定, 与磁通量变化的时间无关。}$$

因此, 当用一磁棒先后两次从同一处用不同速度插至线圈中同一位置时, 线圈里聚积的感应电量相等, 但快插与慢插时产生的感应电动势、感应电流不同, 外力做功也不同。

## 八. 楞次定律:

### 1、用楞次定律判断感应电流的方向。

楞次定律的内容: 感应电流具有这样的方向, 感应电流的磁场总是要阻碍引起感应电流磁通量的变化。

即原磁通量变化  $\xrightarrow{\text{产生}}$  感应电流  $\xrightarrow{\text{建立}}$  感应电流磁场  $\xrightarrow{\text{阻碍}}$  原磁通量变化。

(这个不太好理解、不过很好用 口诀: 增缩减扩, 来拒去留, 增反减同)

### 2、楞次定律的理解: 感应电流的效果总是要反抗 (或阻碍) 引起感应电流的原因。

- (1) 阻碍原磁通的变化 (原始表述);
- (2) 阻碍相对运动, 可理解为“来拒去留”。
- (3) 使线圈面积有扩大或缩小的趋势;
- (4) 阻碍原电流的变化 (自感现象)。

### 3、应用楞次定律判断感应电流方向的具体步骤:

- (1) 查明原磁场的方向及磁通量的变化情况;
- (2) 根据楞次定律中的“阻碍”确定感应电流产生的磁场方向;
- (3) 由感应电流产生的磁场方向用安培表判断出感应电流的方向。

### 4、当闭合电路中的一部分导体做切割磁感线运动时, 用右手定则可判定感应电流的方向。

导体运动切割产生感应电流是磁通量发生变化引起感应电流的特例, 所以判定电流方向的右手定则也是楞次定律的特例。 (“力”用左手, “其它”用右手)

## 九. 互感 自感 涡流

1、**互感:** 由于线圈 A 中电流的变化, 它产生的磁通量发生变化, 磁通量的变化在线圈 B 中激发了感应电动势。这种现象叫互感。

2、**自感:** 由于线圈 (导体) 本身电流的变化而产生的电磁感应现象叫自感现象。

① 在自感现象中产生感应电动势叫自感电动势。分析可知: 自感电动势总是阻碍线圈 (导体) 中原电流的变化。

自感电动势的大小跟电流变化率成正比。

$$E_{\text{自}} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$L$  是线圈的自感系数, 是线圈自身性质, 线圈越长, 匝数越多, 横截面积越大, 自感系数  $L$  越大。另外, 有铁心的线圈的自感系数比没有铁心时要大得多。单位是亨利 (H)。

② 自感现象分通电自感和断电自感两种, 其中断电自感中“小灯泡在熄灭之前是否要闪亮一下”的问题,

例: 如图 2 所示, 原来电路闭合处于稳定状态,  $L$  与  $L_A$  并联, 其电流分别为  $I_L$  和  $I_A$ , 方向都是从左到右。在断开  $S$  的瞬间, 灯 A 中原来的从左向右的电流  $I_A$  立即消失, 但是灯 A 与线圈  $L$  构成一闭合回路, 由于  $L$  的自感作用, 其中的电流  $I_L$  不会立即消失, 而是在回路中逐渐减弱维持短暂的时间, 在这个时间内灯 A 中有从右向左的电流通过, 此时通过灯 A 的电流是从  $I_L$  开始减弱的, 如果原来  $I_L > I_A$ , 则在灯 A 熄灭之前要闪亮一下; 如果原来  $I_L \leq I_A$ , 则灯 A 是逐渐熄灭不再闪亮一下。原来  $I_L$  和  $I_A$  哪一个大, 要由  $L$  的直流电阻  $R_L$  和 A 的电阻  $R_A$  的大小来决定, 如果  $R_L \geq R_A$ , 则  $I_L \leq I_A$ , 如果  $R_L < R_A$ ,  $I_L > I_A$ 。

### 3、涡流及其应用

(1) 变压器在工作时, 除了在原、副线圈产生感应电动势外, 变化的磁通量也会在铁芯中产生感应电流。一般来说, 只要空间有变化的磁通量, 其中的导体就会产生感应电流, 我们把这种感应电流叫做涡流

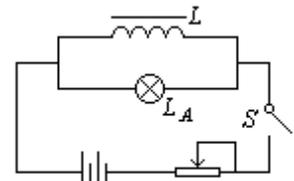
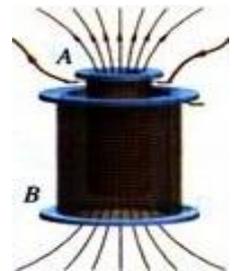


图 2

(2) 应用：①新型炉灶——电磁炉。

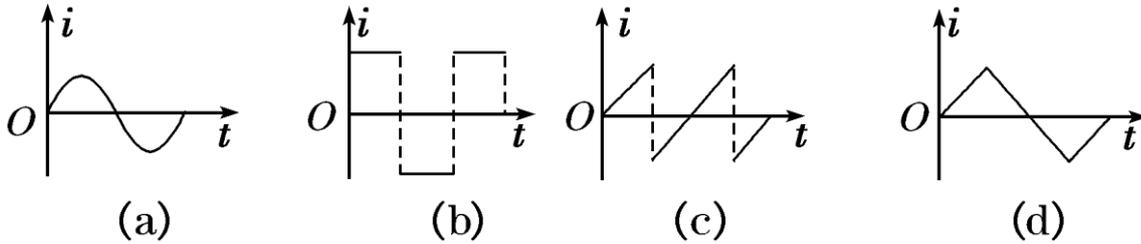
②金属探测器：飞机场、火车站安全检查、扫雷、探矿。

## 第五章：交变电流

### 一. 交变电流

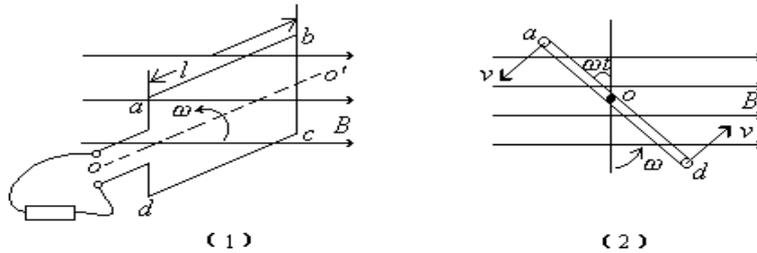
1. 定义：大小和方向都随时间做周期性变化的电流。

2. 图像：如图(a)、(b)、(c)、(d)所示都属于交变电流。其中按正弦规律变化的交变电流叫正弦交流电，如图(a)所示。



### 二. 正弦交流电的产生和图像

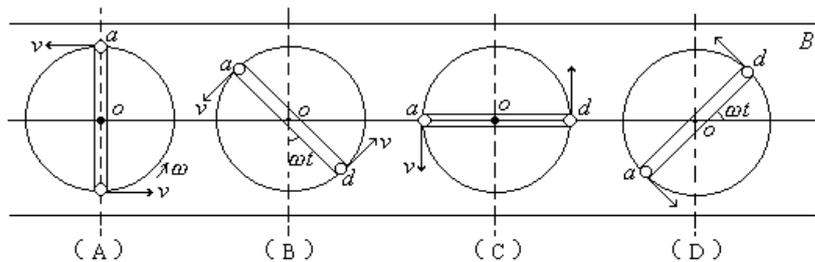
1. 产生：矩形线圈在匀强磁场中，绕垂直于匀强磁场的线圈的对称轴作匀速转动时，如图产生正弦（或余弦）交流电动势。当外电路闭合时形成正弦（或余弦）交流电流。



2. 变化规律：

(1) 中性面：与磁感线垂直的平面叫中性面。

线圈平面位于中性面位置时，如图(A)所示，穿过线圈的磁通量最大，但磁通量变化率为零。因此，感应电动势为零。



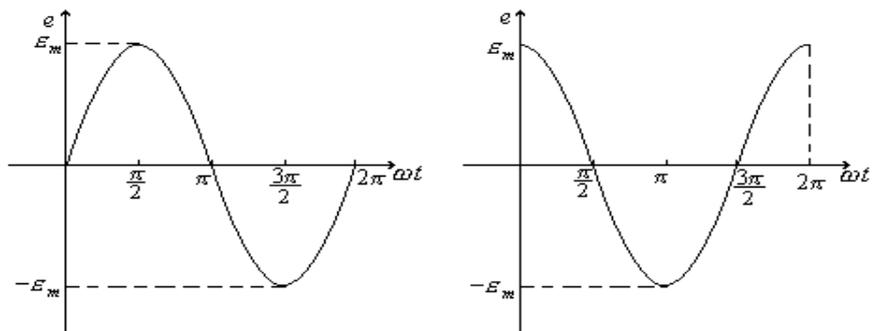
当线圈平面匀速转到垂直于中性面的位置时（即线圈平面与磁感线平行时）如图(C)所示，穿过线圈的磁通量虽然为零，但线圈平面内磁通量变化率最大。因此，感应电动势值最大。

$$E_m = 2 \cdot N \cdot B \cdot l \cdot v = N \cdot B \cdot \omega \cdot S \quad (\text{伏}) \quad (N \text{ 为匝数})$$

### 三. 正弦交流电的函数表达式

若 n 匝面积为 S 的线圈以角速度  $\omega$  绕垂直于磁场方向的轴匀速转动，从中性面开始计时，其函数形式为  $e = nBS\omega \sin \omega t$ ，用  $E_m = nBS\omega$  表示电动势最大值，则有  $e = E_m \sin \omega t$ 。其电流大小为

$$i = \frac{e}{R} = \frac{E_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t.$$



#### 四. 正弦式电流的变化规律(线圈在中性面位置开始计时)

物理量 \ 规律	函数	图像
磁通量	$\Phi = \Phi_m \cos \omega t = BS \cos \omega t$	
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	$i = I_m \cdot \sin \omega t = \frac{E_m}{R+r} \sin \omega t$	

#### 五. 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。

#### 六. 表征交流电的物理量:

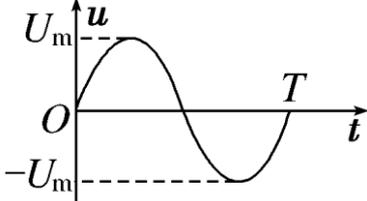
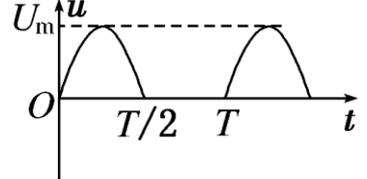
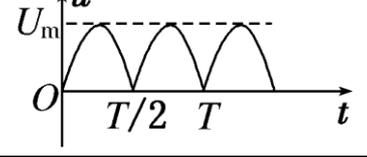
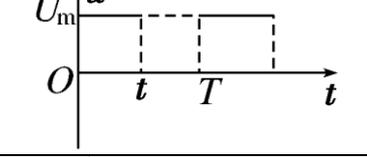
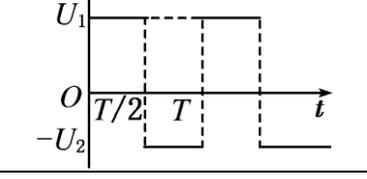
##### 1. 周期、频率和角速度

- (1) 周期 ( $T$ ): 交变电流完成一次周期性变化(线圈转一周)所需的时间, 单位是秒(s), 公式  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 。
- (2) 频率 ( $f$ ): 交变电流在 1 s 内完成周期性变化的次数, 单位是赫兹(Hz)。
- (3) 角速度  $\omega$ :  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$  单位: 弧度/秒
- (4) 周期和频率的关系:  $T = \frac{1}{f}$  或  $f = \frac{1}{T}$

## 2. 交变电流“四值”的理解与应用

物理量	物理含义	重要关系	应用情况及说明
瞬时值	交变电流某一时刻的值	$e = E_m \sin \omega t, u = U_m \sin \omega t, i = I_m \sin \omega t$	计算线圈某时刻的受力情况
最大值	最大的瞬时值	$E_m = nBS\omega, E_m = n\Phi_m\omega, I_m = \frac{E_m}{R+r}$	当考虑某些电学元件(电容器、晶体管等)的击穿电压时,指的是交变电压的最大值
有效值	根据电流的热效应(电流通过电阻产生的热)进行定义	对正弦、余弦交变电流 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}, U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$	(1) 通常所说的交变电流的电压、电流强度、交流电表的读数、保险丝的熔断电流值、电器设备铭牌上所标的电压、电流值都是指交变电流的有效值 (2) 求解交变电流的电热问题时,必须用有效值来进行计算
平均值	交变电流图像中图线与 t 轴所围成的面积与时间的比值	$\bar{E} = BL \bar{v}, \bar{E} = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$	计算有关电量时只能用平均值

## 3. 几种典型的交变电流的有效值

电流名称	电流图像	有效值
正弦式交变电流		$U = \frac{1}{\sqrt{2}} U_m$
正弦半波电流		$U = \frac{1}{2} U_m$
正弦单向脉动电流		$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$
矩形脉动电流		$U = \sqrt{\frac{t_1}{T}} U_m$
非对称性交变电流		$U = \sqrt{\frac{1}{2} (U_1^2 + U_2^2)}$

## 七、电感和电容对交变电流的影响

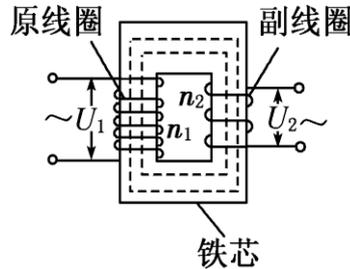
- 电感对交变电流有阻碍作用，阻碍作用大小用感抗表示。 $X_L = 2\pi fL$   
低频扼流圈，线圈的自感系数  $L$  很大，作用是“通直流，阻交流”；  
高频扼流圈，线圈的自感系数  $L$  很小，作用是“通低频，阻高频”。

- 电容对交变电流有阻碍作用，阻碍作用大小用容抗表示  
耦合电容，容量较大，隔直流、通交流  
高频旁路电容，容量很小，隔直流、阻低频、通高频

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

## 八、变压器、电能的输送

### 1. 变压器的构造



理想变压器由原线圈、副线圈和闭合铁芯组成。

### 2. 变压器的原理

电流磁效应、电磁感应(互感现象)。

### 3. 理想变压器的基本关系

(1) 电压关系:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 。

(2) 功率关系:  $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$ 。

(3) 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:  $U_1 I_1 = U_2 I_2 + U_3 I_3 + \dots + U_n I_n$ 。

(4) 对于单个副线圈的变压器，原、副线圈中的频率  $f$ 、磁通量变化率  $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  相同，并且满足  $\frac{U}{n} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 。

**注意:** 理想变压器各物理量的决定因素

1. 输入电压  $U_1$  决定输出电压  $U_2$ ，输出电流  $I_2$  决定输入电流  $I_1$ ，输入功率随输出功率的变化而变化直到达到变压器的最大功率（负载电阻减小，输入功率增大；负载电阻增大，输入功率减小）。

2. 因为  $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$ ，即  $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$ ，所以变压器中高压线圈电流小，绕制的导线较细，低电压的线圈电流大，绕制的导线较粗。（上述各公式中的  $I$ 、 $U$ 、 $P$  均指有效值，不能用瞬时值）。

### 九、解决变压器问题的常用方法

- 电压思路: 变压器原、副线圈的电压之比为  $U_1/U_2 = n_1/n_2$ ；当变压器有多个副绕组  $U_1/n_1 = U_2/n_2 = U_3/n_3 = \dots$
- 功率思路: 理想变压器的输入、输出功率为  $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$ ，即  $P_1 = P_2$ ；当变压器有多个副绕组时  $P_1 = P_2 + P_3 + \dots$
- 电流思路: 由  $I = P/U$  知，对只有一个副绕组的变压器有  $I_1/I_2 = n_2/n_1$ ；当变压器有多个副绕组  $n_1 I_1 = n_2 I_2 + n_3 I_3 + \dots$
- (变压器动态问题) 制约思路。

(1) 电压制约: 当变压器原、副线圈的匝数比 ( $n_1/n_2$ ) 一定时，输出电压  $U_2$  由输入电压  $U_1$  决定，即  $U_2 = n_2 U_1 / n_1$ ，可简述为“原制约副”。

(2) 电流制约: 当变压器原、副线圈的匝数比 ( $n_1/n_2$ ) 一定，且输入电压  $U_1$  确定时，原线圈中的电流  $I_1$  由副线圈中的输出电流  $I_2$  决定，即  $I_1 = n_2 I_2 / n_1$ ，可简述为“副制约原”。

(3) 负载制约: ①变压器副线圈中的功率  $P_2$  由用户负载决定， $P_2 = P_{\text{负}1} + P_{\text{负}2} + \dots$ ；

②变压器副线圈中的电流  $I_2$  由用户负载及电压  $U_2$  确定， $I_2 = P_2 / U_2$ ；③总功率  $P_{\text{总}} = P_{\text{线}} + P_2$ 。

动态分析问题的思路程序可表示为:

$$U_1 \xrightarrow{\text{决定}} \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow U_2 \xrightarrow{\text{决定}} I_2 = \frac{P_2}{U_2} \xrightarrow{\text{决定}} P_1 = P_2 (I_1 U_1 = I_2 U_2) \rightarrow I_1 \xrightarrow{\text{决定}} P_1 = I_1 U_1 \rightarrow P_1$$

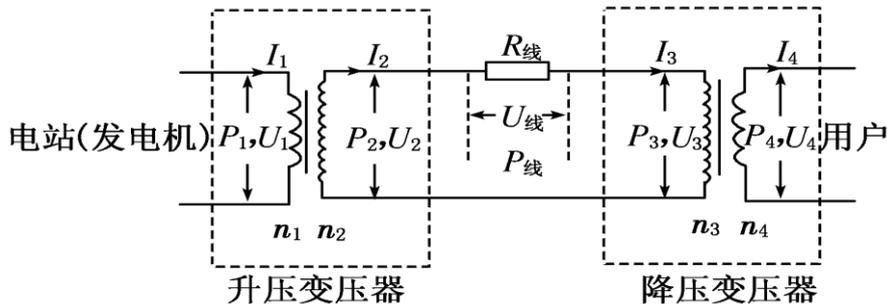
5: 原理思路: 变压器原线圈中磁通量发生变化，铁芯中磁通量的变化  $\Delta \Phi / \Delta t$  相等；

## 十、电能的输送

- 根据  $P_{\text{损}} = I^2 R_{\text{线}}$ ，降低输电电能损失有以下两种措施

- (1) 减小  $R_{\text{线}}$ : 由  $R = \rho \frac{l}{S}$  可知, 减小  $R_{\text{线}}$  可用  $\rho$  较小的导体材料(如铜)或增大导线的横截面积(有时不现实)。
- (2) 减小输电电流: 在输电功率一定的情况下, 根据  $P = UI$ , 要减小电流, 必须提高输电电压, 即高压输电。

## 2. 远距离高压输电示意图



## 3. 远距离高压输电的几个基本关系

- (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  $P_{\text{损}} = I_{\text{线}} \Delta U = I_{\text{线}}^2 R_{\text{线}} = \left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2 R_{\text{线}}$ 。

**注意:** 送电导线上损失的电功率, 不能用  $P_{\text{损}} = \frac{U_{\text{出}}^2}{R_{\text{线}}}$  求, 因为  $U_{\text{出}}$  不是全部降落在导线上。

# 第六章: 传感器

## 一、传感器的及其工作原理

有一些元件它能够感受诸如力、温度、光、声、化学成分等非电学量, 并能把它们按照一定的规律转换为电压、电流等电学量, 或转换为电路的通断。我们把这种元件叫做传感器。它的优点是: 把非电学量转换为电学量以后, 就可以很方便地进行测量、传输、处理和控制了。

**例如:** 光敏电阻在光照射下电阻变化的原因: 有些物质, 例如硫化镉, 是一种半导体材料, 无光照时, 载流子极少, 导电性能不好; 随着光照的增强, 载流子增多, 导电性变好。光照越强, 光敏电阻阻值越小。金属导体的电阻随温度的升高而增大。

热敏电阻的阻值随温度的升高而减小, 且阻值随温度变化非常明显。

金属热电阻与热敏电阻都能够把温度这个热学量转换为电阻这个电学量, 金属热电阻的化学稳定性好, 测温范围大, 但灵敏度较差。

## 二、传感器的应用

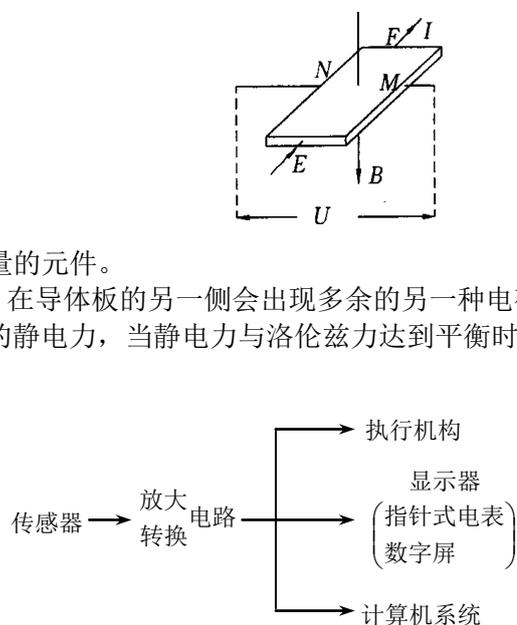
1. 光敏电阻
2. 热敏电阻和金属热电阻
3. 电容式位移传感器
4. 力传感器——将力信号转化为电流信号的元件。
5. 霍尔元件

霍尔元件是将电磁感应这个磁学量转化为电压这个电学量的元件。

外部磁场使运动的载流子受到洛伦兹力, 在导体板的一侧聚集, 在导体板的另一侧会出现多余的另一种电荷, 从而形成横向电场; 横向电场对电子施加与洛伦兹力方向相反的静电力, 当静电力与洛伦兹力达到平衡时, 导体板左右两侧会形成稳定的电压, 被称为霍尔电势差或霍尔

$$\text{电压 } U_H, U_H = k \frac{IB}{d}$$

### 1. 传感器应用的一般模式



## 2. 传感器应用:

力传感器的应用——电子秤

声传感器的应用——话筒

温度传感器的应用——电熨斗、电饭锅、测温仪

光传感器的应用——鼠标器、火灾报警器

传感器的应用实例: 1. 光控开关 2. 温度报警器