



自动控制实践I

单相异步电机

哈尔滨工业大学空间控制与惯性技术研究中心 解伟男

目 录

- 1 两相异步电动机
 - 1.1 两相绕组的磁场
 - 1.2 两相异步电动机的分类
 - 1.3 圆形旋转磁场的机械特性
 - 1.4 脉振磁场的机械特性
 - 1.5 椭圆旋转磁场的机械特性
 - 1.6 两相伺服电动机的控制方法
- 2 单相异步电动机
 - 2.1 单相异步电动机的工作原理
 - 2.2 单相异步电动机的启动方法
- 3 异步电动机的铭牌数据

1.1 两相绕组的磁场

○ 两相绕组产生的圆形旋转磁场

n 两相对称绕组通以两相对称电流，则产生圆形旋转磁场

n 两相绕组的匝数分别为 W_c 和 W_f ，其中c绕组的轴线位置是 0° ，f绕组的轴线位置是 90°

n 两相绕组的激磁电流为

$$\begin{cases} i_c = \sqrt{2}I_c \sin \omega t \\ i_f = \sqrt{2}I_f \sin(\omega t - 90^\circ) \end{cases}$$

n 两相绕组的基波磁势为

$$\begin{cases} F_c = 0.9k_{w1} \frac{W_c}{p} I_c \sin \omega t \cos x = F_{c1} \sin \omega t \cos x \\ F_f = 0.9k_{w1} \frac{W_f}{p} I_f \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) = F_{f1} \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) \end{cases}$$

1.1 两相绕组的磁场

n 利用三角公式，将脉振磁势 F_c 和 F_f 分解为两个旋转磁场

$$\begin{aligned} F_c &= 0.9k_{b1} \frac{W_c}{p} I_c \sin wt \cos x = F_{c1} \sin wt \cos x \\ &= \frac{1}{2} F_{c1} \sin(wt - x) + \frac{1}{2} F_{c1} \sin(wt + x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_f &= 0.9k_{b1} \frac{W_f}{p} I_f \sin(wt - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) = F_{f1} \sin(wt - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) \\ &= \frac{1}{2} F_{f1} \sin(wt - x) + \frac{1}{2} F_{f1} \sin(wt + x - 180^\circ) \end{aligned}$$

n 因此可将两个脉振磁势 F_c 和 F_f 分解为四个旋转磁场

n 若 $W_c I_c = W_f I_f$ ，则有 $F_{c1} = F_{f1}$

1.1 两相绕组的磁场

n 利用三角公式，将脉振磁势 F_c 和 F_f 分解为两个旋转磁场

$$F_c = \frac{1}{2} F_{c1} \sin(\omega t - x) + \frac{1}{2} F_{c1} \sin(\omega t + x)$$

$$F_f = \frac{1}{2} F_{f1} \sin(\omega t - x) + \frac{1}{2} F_{f1} \sin(\omega t + x - 180^\circ)$$

n 两个脉振磁势的合成磁势为

$$F = F_c + F_f = F_1 \sin(\omega t - x)$$

旋转磁势

其中：

$$F_1 = F_c = F_f = 0.9 k_{w1} \frac{W_c}{p} I_c = 0.9 k_{w1} \frac{W_f}{p} I_f$$

其转速为：

$$\frac{dx}{dt} = \omega (\text{rad/s}) \quad (\text{电角})$$

$$n_s = \frac{60f}{p} (\text{r/min}) \quad (\text{机械角})$$

1.1 两相绕组的磁场

○ 两相绕组产生的脉振磁场

n 若两相绕组电流相位相同，即相位差为零，则产生脉振磁场

n 两相绕组的激磁电流为

$$\begin{cases} i_c = \sqrt{2} I_c \sin \omega t \\ i_f = \sqrt{2} I_f \sin \omega t \end{cases}$$

n 两相绕组的基波磁势为

$$\begin{cases} F_c = 0.9 k_{w1} \frac{W_c}{p} I_c \sin \omega t \cos x = F_{c1} \sin \omega t \cos x \\ F_f = 0.9 k_{w1} \frac{W_f}{p} I_f \sin \omega t \cos(x - 90^\circ) = F_{f1} \sin \omega t \cos(x - 90^\circ) \end{cases}$$

1.1 两相绕组的磁场

n 若 $W_c I_c = W_f I_f$, 即 $F_{c1} = F_{f1}$, 可得到合成磁场

$$\begin{aligned} F &= F_c + F_f = F_{c1} \sin \omega t \cos x + F_{f1} \sin \omega t \cos(x - 90^\circ) \\ &= F_{c1} \sin \omega t [\cos x + \cos(x - 90^\circ)] = \sqrt{2} F_{c1} \sin \omega t \cos(x - 45^\circ) \end{aligned}$$

因此上述磁场为脉振磁场, 基波磁势的幅值位于两相绕组中间位置

n 若 $W_c I_c \neq W_f I_f$, 即 $F_{c1} \neq F_{f1}$, 可得到合成磁场

$$\begin{aligned} F &= F_c + F_f = F_{c1} \sin \omega t \cos x + F_{f1} \sin \omega t \cos(x - 90^\circ) \\ &= \sqrt{F_{c1}^2 + F_{f1}^2} \sin \omega t \cos(x + j - 90^\circ) \end{aligned}$$

$$j = \arctg \frac{F_{c1}}{F_{f1}}$$

因此上述磁场为脉振磁场, 基波磁势的幅值位于两相绕组之间

1.1 两相绕组的磁场

○ 两相绕组产生的椭圆旋转磁场

n 若两相绕组电流相位差是 90° ，但 $\alpha = I_c W_c / (I_f W_f) \neq 1$ ，此时生成椭圆形旋转磁场

n 两相绕组的激磁电流为

$$\begin{cases} i_c = \sqrt{2} I_c \sin \omega t \\ i_f = \sqrt{2} I_f \sin(\omega t - 90^\circ) \end{cases}$$

n 两相绕组的基波磁势为

$$\begin{cases} F_c = 0.9 k_{w1} \frac{W_c}{p} I_c \sin \omega t \cos x = F_{c1} \sin \omega t \cos x \\ F_f = 0.9 k_{w1} \frac{W_f}{p} I_f \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) = F_{f1} \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) \end{cases}$$

1.1 两相绕组的磁场

n 两相绕组的基波磁势为

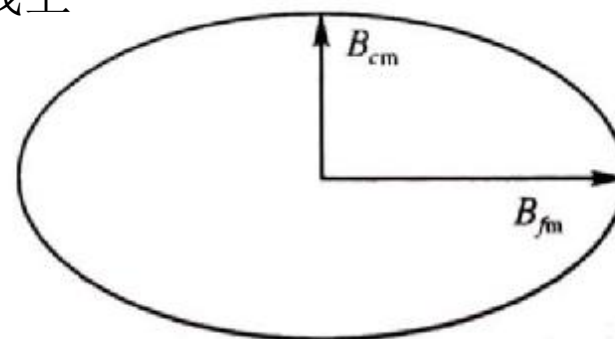
$$\begin{cases} F_c = 0.9k_{w1} \frac{W_c}{p} I_c \sin \omega t \cos x = F_{c1} \sin \omega t \cos x \\ F_f = 0.9k_{w1} \frac{W_f}{p} I_f \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) = F_{f1} \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) \end{cases}$$

n 若 $I_f W_f > I_c W_c$ 则椭圆的长轴位于绕组 f 的轴线上

n 若 $I_f W_f < I_c W_c$ 则椭圆的长轴位于绕组 c 的轴线上

n 两轴绕组磁密最大值的比值为：

$$a = \frac{B_{cm}}{B_{fm}} = \frac{F_{c1}}{F_{f1}} = \frac{I_c W_c}{I_f W_f}$$



以 α 的大小衡量椭圆度， α 越小，椭圆度越大。

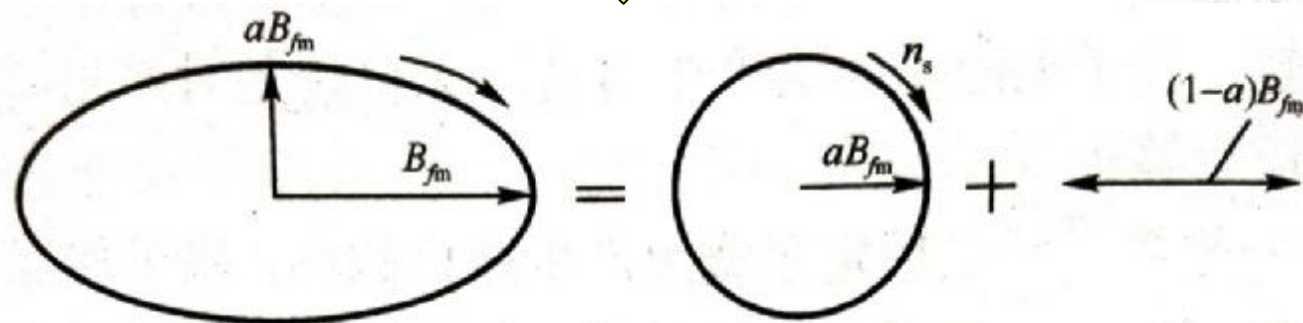
1.1 两相绕组的磁场

n 合成磁势

$$\begin{cases} F_c = F_{c1} \sin \omega t \cos x = a F_{f1} \sin \omega t \cos x \\ F_f = F_{f1} \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) \end{cases}$$



$$\begin{aligned} F &= F_c + F_f \\ &= a F_{f1} \sin \omega t \cos x + a F_{f1} \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) + (1 - a) F_{f1} \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) \\ &= a F_{f1} \sin(\omega t - x) + (1 - a) F_{f1} \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ) \end{aligned}$$



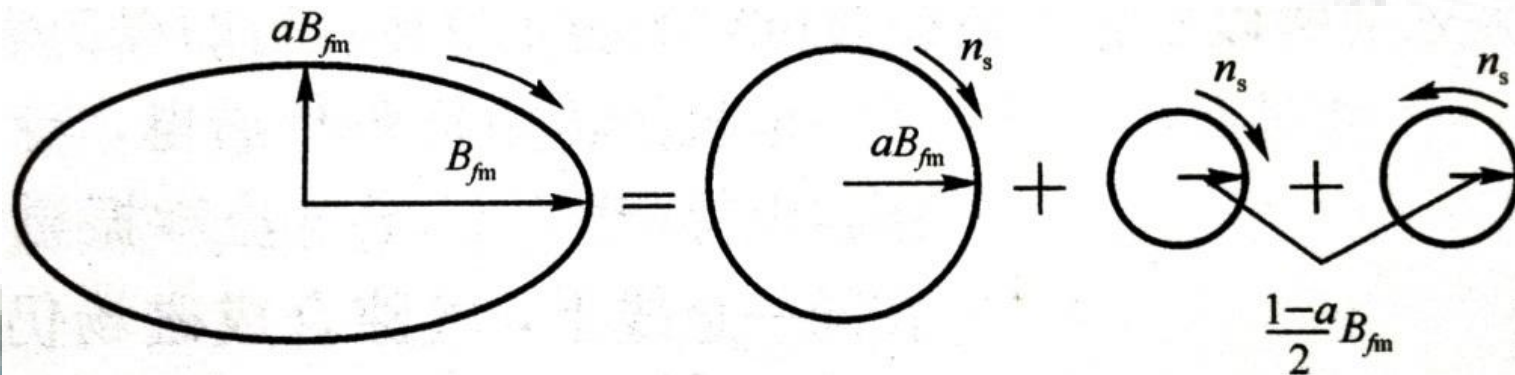
1.1 两相绕组的磁场

n 合成磁势

$$F = F_c + F_f = aF_{f1} \sin(\omega t - x) + (1-a)F_{f1} \sin(\omega t - 90^\circ) \cos(x - 90^\circ)$$



$$F = aF_{f1} \sin(\omega t - x) + \frac{1}{2}(1-a)F_{f1} \sin(\omega t - x) + \frac{1}{2}(1-a)F_{f1} \sin(\omega t + x - 180^\circ)$$



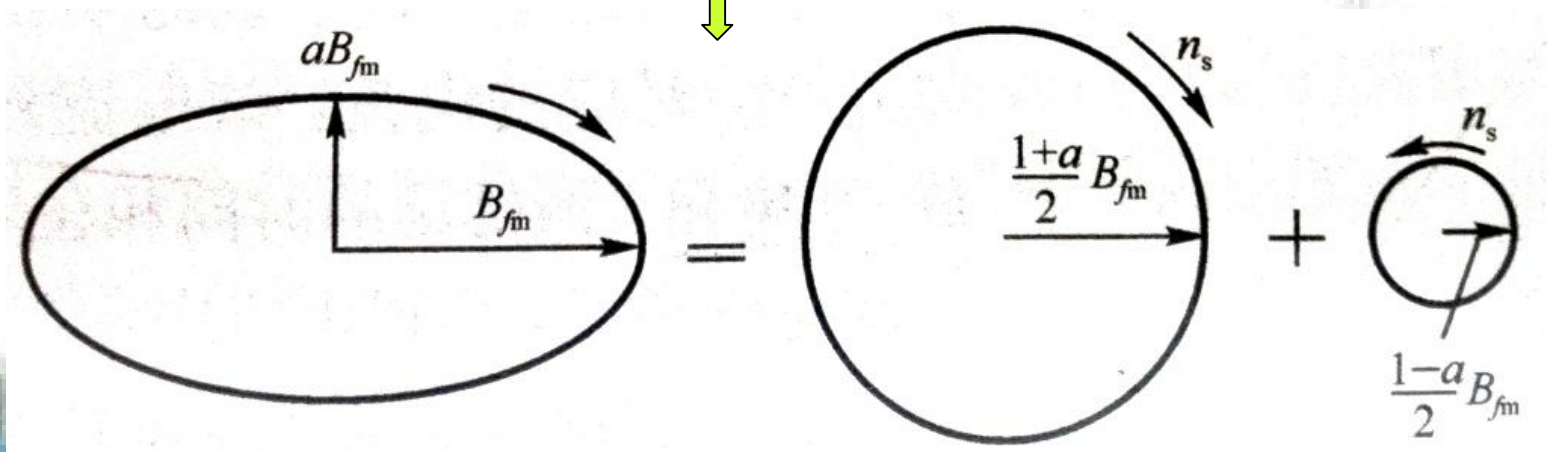
1.1 两相绕组的磁场

n 合成磁势

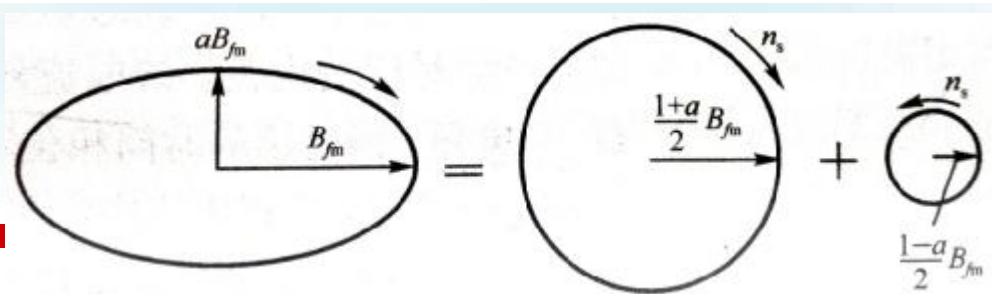
$$F = aF_{f1} \sin(\omega t - x) + \frac{1}{2}(1-a)F_{f1} \sin(\omega t - x) + \frac{1}{2}(1-a)F_{f1} \sin(\omega t + x - 180^\circ)$$



$$F = \frac{1+a}{2} F_{f1} \sin(\omega t - x) + \frac{1-a}{2} F_{f1} \sin(\omega t + x - 180^\circ)$$



1.1 两相绕组的磁场



- n 椭圆磁场可以分解为磁密为 B_+ 的正向圆形旋转磁场和磁密为 B_- 的反向圆形旋转磁场。

$$B_+ = \frac{1+a}{2} B_{fm}, \quad B_- = \frac{1-a}{2} B_{fm}$$

- n 正向圆形旋转磁场的转速与反向圆形旋转磁场的转速都为同步

$$\frac{dx}{dt} = w(\text{rad/s})$$

(电角)

$$n_s = \frac{60f}{p} (\text{r/min})$$

(机械角)

- o 若两相绕组电流相位差大于 0° 小于 90° , 产生旋转磁场

1.1 两相绕组的磁场

○ 椭圆旋转磁场特点:

n 转向: 与圆形旋转磁场相同

n 幅值: 磁密幅值不断变化。

n 若 $\alpha < 1$, 幅值变化范围从 αB_{fm} 到 B_{fm} ;

n 当 $\alpha = 0$ 时, 变成脉振磁场;

n 当 $\alpha = 1$ 时, 变成圆形旋转磁场。

n 转速: 电流变化一个周期, 磁场在空间旋转了 360° 电角, 平均转速是 $60f/p(\text{r/min})$ (机械角)。但旋转磁场的瞬时转速是变化的。

1.2 两相异步电动机的分类

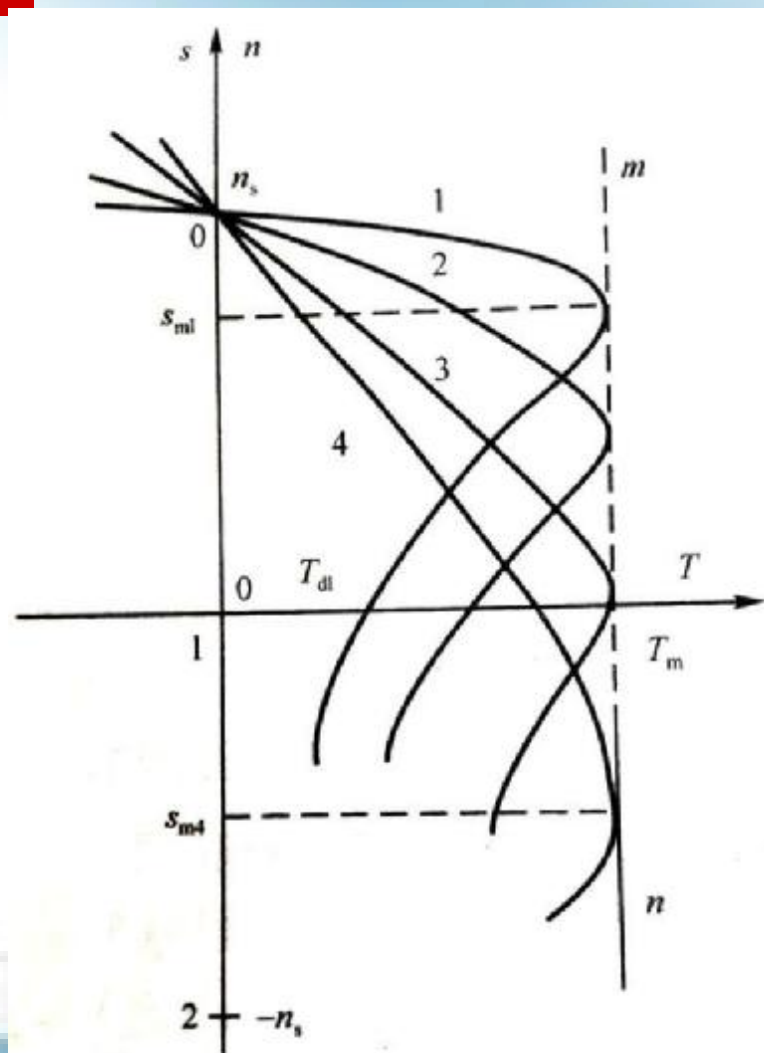
- 两相电机是指定子具有两相绕组的电机。
- 两相电机分为两相驱动电机和两相伺服电机
- 大部分家用电器和小型电器中使用的(单相)异步电机属于两相驱动电动机
 - n 气隙磁场接近圆形磁场
 - n 转子电阻小
- 控制用的两相伺服电动机，定子的两相绕组分别称为激磁绕组和控制绕组，在空间相差 90° 电角，与驱动电机相比
 - n 稳定运行的转速范围大，而驱动电动机稳定运行转速范围很小
 - n 当一相控制绕组电压为零时，伺服电机将产生制动转矩而迅速停止，即无“自转”现象，而驱动用电机在运转后，即使一相电压为零也可能继续运转。

1.3 圆形旋转磁场的机械特性

○ 圆形旋转是的电磁转矩

$$T = \frac{m_1 p U_1^2 \frac{r_2'}{s}}{2p f_1 \left[(r_1 + \frac{r_2'}{s})^2 + (x_{1s} + x_{2s}')^2 \right]}$$

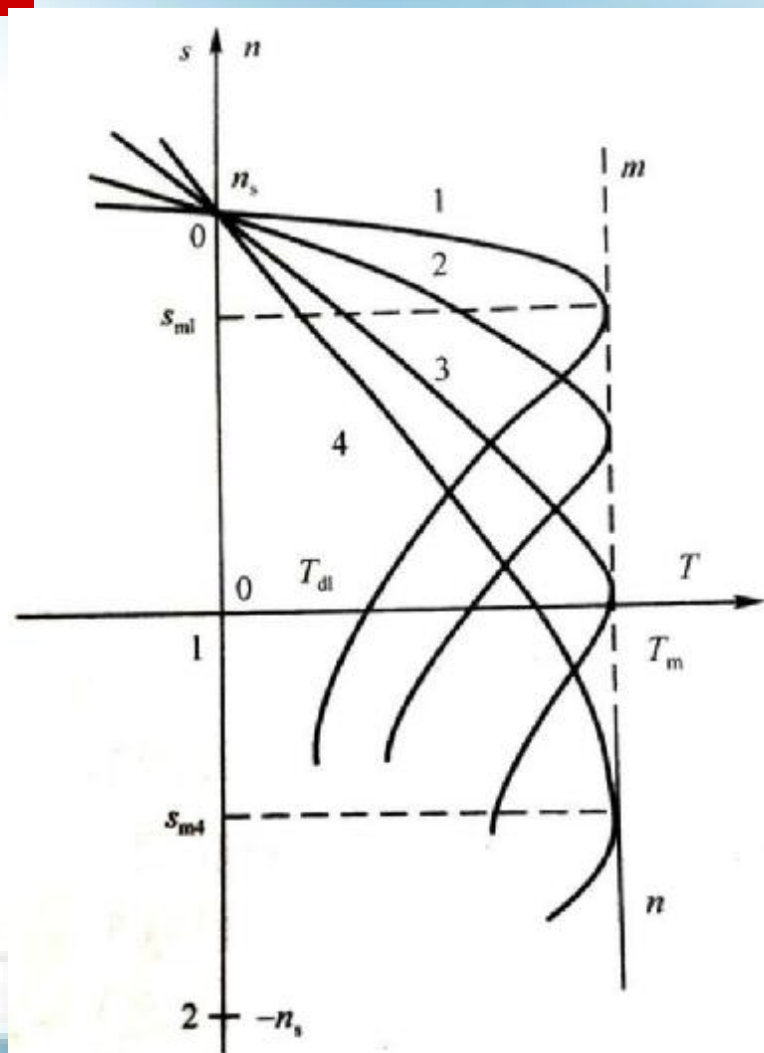
- n 转子电阻增大时最大转矩 T_m 不变
- n 转子电阻增大时临界转差率 s_m 增大
- n 当转子电阻足够大， s_m 可以大于1



1.3 圆形旋转磁场的机械特性

○ 圆形旋转的是的电磁转矩

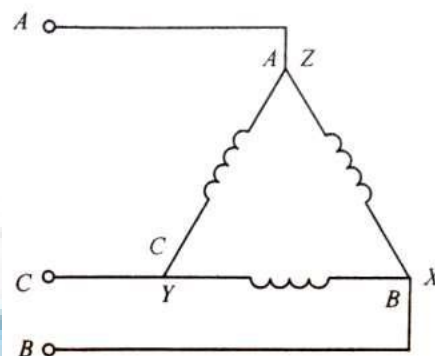
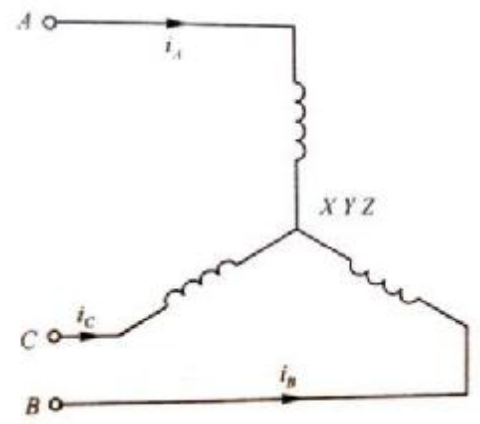
- n** 两相驱动电机要求效率高，所以转子电阻小
- n** 曲线1是驱动电机的典型机械特性曲线，稳定运行的转速范围小
- n** 两相伺服电机希望第一象限全是稳定工作区，要求转子电阻足够大，保证 $S_m \geq 1$ 。
- n** 曲线3、4是两相伺服电机的机械特性。
- n** 两相伺服电机转子电阻大，电机效率低，发热严重，所以两相伺服电动机的功率都小。



1.4 脉振磁场的机械特性

○ 脉振磁场的机械特性

- n 异步电动机只有一相绕组通交流电的工作状态称为单相运行，磁势定子绕组产生脉振磁场。
- n 驱动用两相绕组电机，当一相断电后，是典型的单相运行。
- n 两相伺服电机，当激磁绕组电流不为零，而控制绕组电流为零，是典型的单相运行。
- n 三相电动机有一相断电时，定子绕组也产生脉振磁场，也称为单相运行。



1.4 脉振磁场的机械特性

○ 脉振磁场的机械特性

n 脉振磁场可以分解为正、反转磁场，其磁密相同

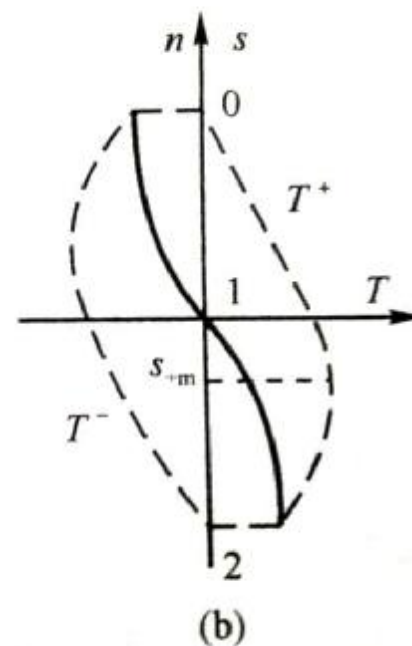
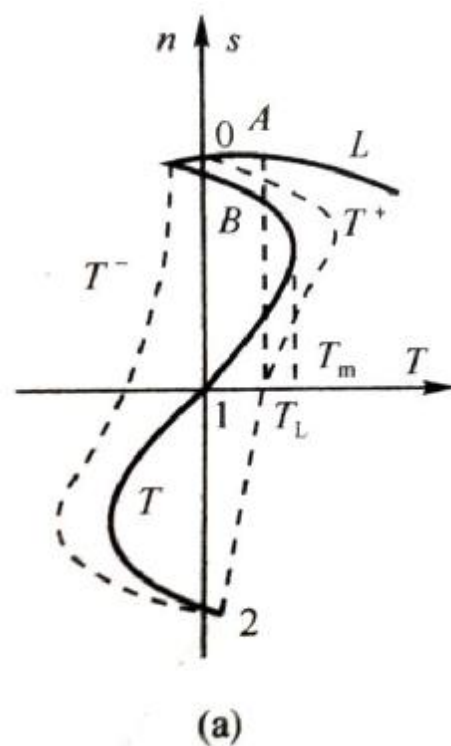
n 正转磁场转矩曲线如 T^+

n 反转磁场转矩曲线如 T^-

n T^+ 和 T^- 关于坐标原点对称

n $T = T^+ + T^-$ 为总电磁转矩

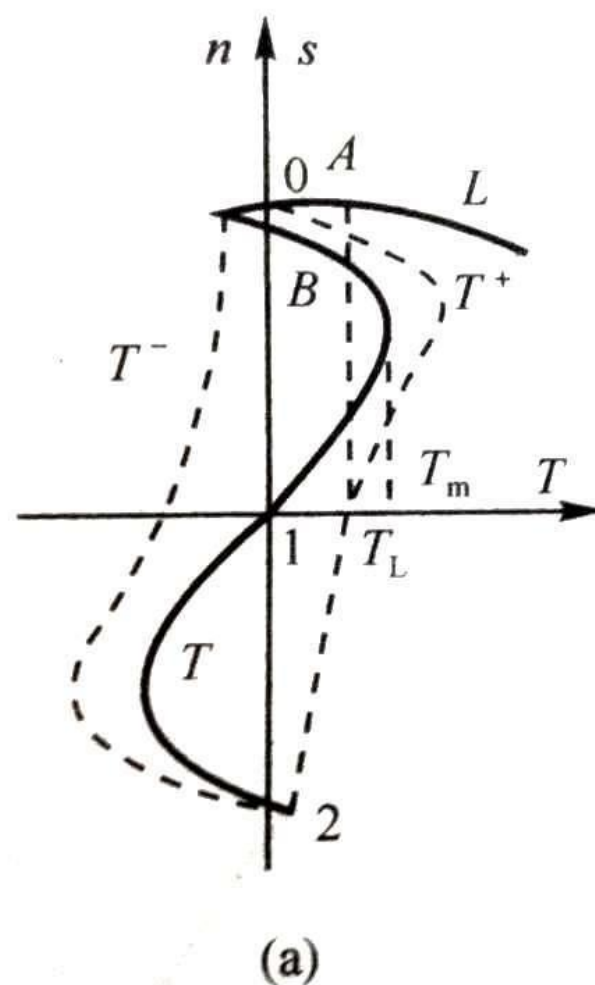
n $n=0, s=1$ 时 $T=0$ ，曲线过原点，电机没有启动转矩，不能自行启动



1.4 脉振磁场的机械特性

○ 脉振磁场的机械特性

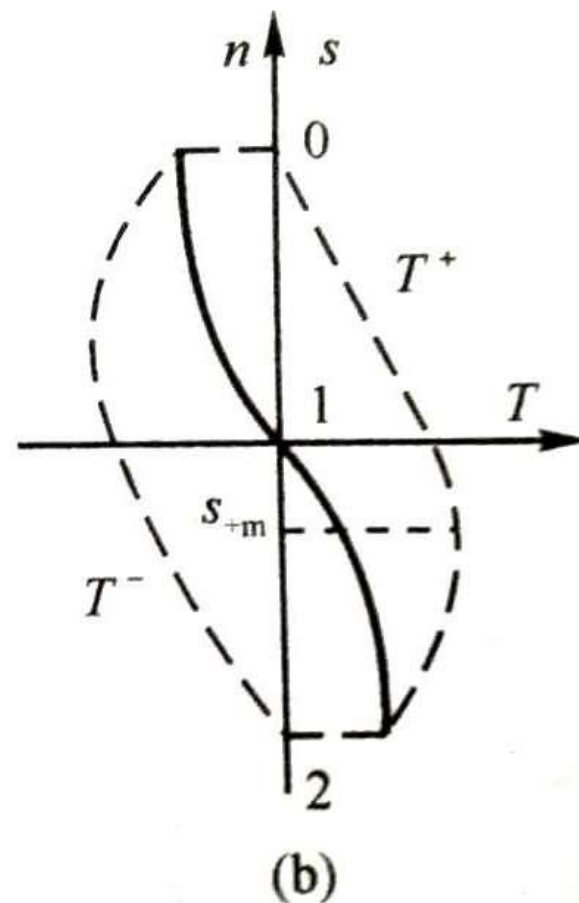
- n** 图(a)为转子电阻较小的情况，即驱动用两相绕组电动机
- n** 当 $0 < n < n_s$ ， $0 < s < 1$ 时，曲线大部分在第一象限
- n** 若负载转矩 T_L 小于单相运行时的最大转矩 T_m ，原来的两相电机在一相断电后仍可转动，但转速降低。



1.4 脉振磁场的机械特性

○ 脉振磁场的机械特性

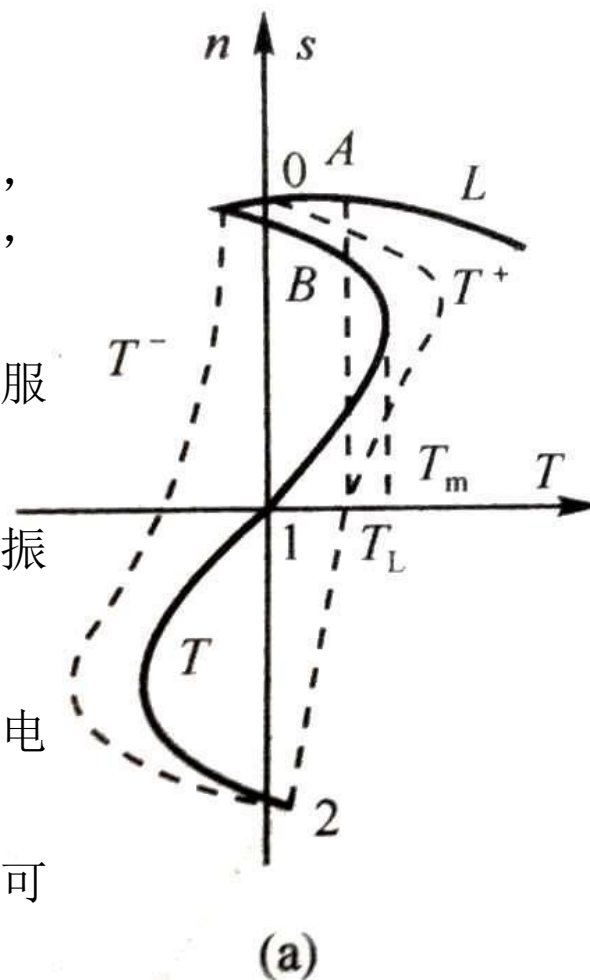
- n 图(b)为转子较大的情况，即伺服用两相绕组电动机
- n 机械特性分布在二、四象限，电磁转矩与转速相反，为制动转矩。
- n 两相伺服电机在运转时，若使控制绕组电流为零，或使控制绕组电压为零，电机将很快停转。



1.4 脉振磁场的机械特性

○ 脉振磁场的机械特性

- n** 两相绕组电机空载转动时，若一相电流为零，或一相绕组外加电压为零，电机仍旋转不停，这种现象称为自转。
- n** 转子电阻小时会产生自转。无自转是两相伺服电动机的基本要求之一。
- n** 三相异步电动机一相断电后定子绕组产生脉振磁场，属于单相运行。
- n** 三相异步电动机静止时，电源断一相，则通电后不能自行启动。
- n** 三相异步电动机运转时，电源断一相，仍有可能继续转动。

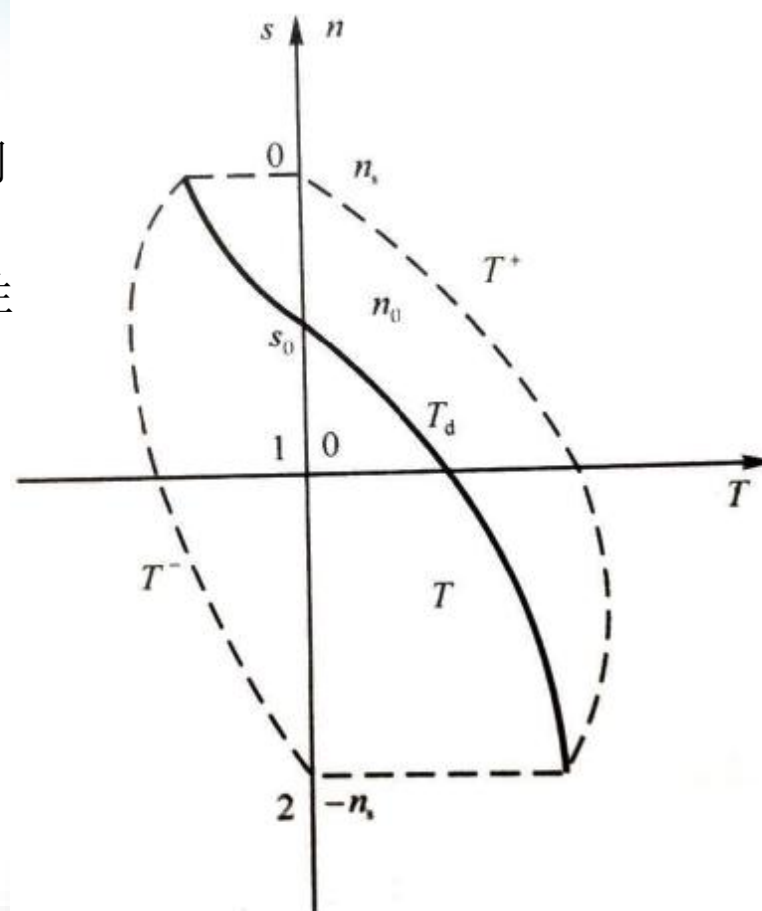


什么情况可以继续转动？

1.5 椭圆旋转磁场的机械特性

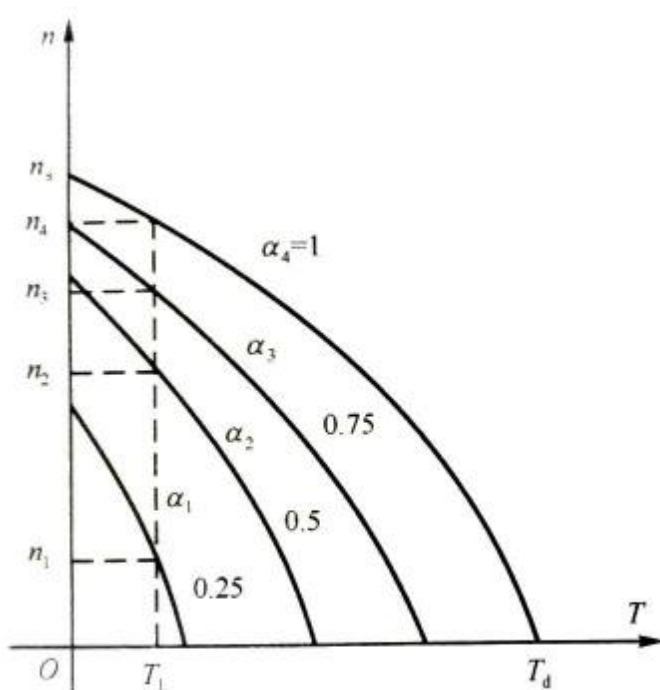
○ 椭圆旋转磁场的机械特性

- n** 椭圆旋转磁场可以分解为两个转速相同转向相反、幅值不等圆形旋转磁场。
- n** T^+ 和 T^- 分别为正、反转圆磁场机械特性
- n** $T = T^+ + T^-$ 为椭圆旋转磁场机械特性
- n** 由于正向磁场磁密大于反向磁场磁密，当 $n=0$ ， $s=1$ 时， $T>0$ ，存在启动转矩。

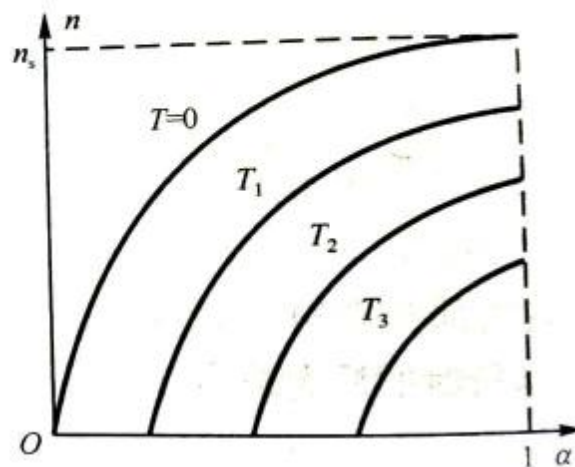


1.5 椭圆旋转磁场的机械特性

- n 以椭圆度 α 为参变量的机械特性和椭圆磁场的调节特性。
- n $\alpha=1$ 为圆形旋转磁场， $\alpha=0$ 为脉振磁场



(a)



(b)

1.6 两相伺服电机的控制方法

○ 两相伺服电机的基本控制方式

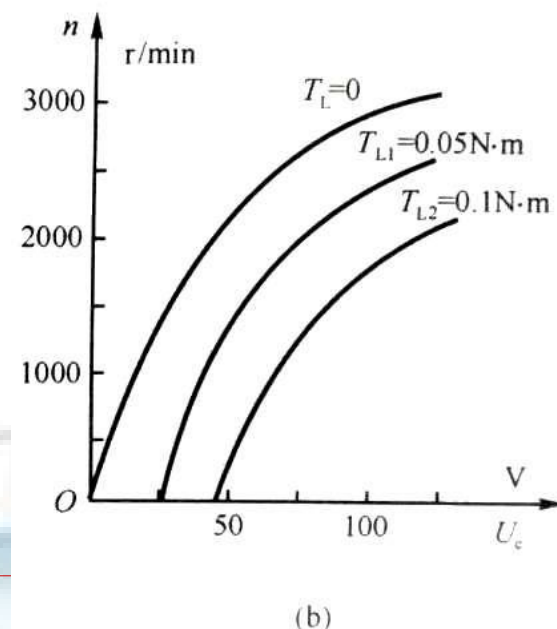
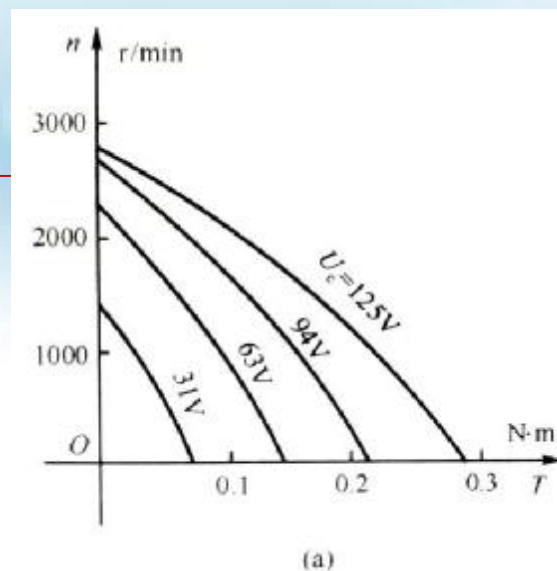
n 幅值控制 激磁绕组加额定电压，并保控制电压和激磁电压之间相位差始终是 90° ，改变控制电压的幅值来改变转速。使控制电压反相来改变转向。

n 控制信号的大小用有效信号系数 a_e 表示

$$a_e = \frac{U_c}{U_{cn}}$$

U_c 为实际控制电压， U_{cn} 为额定控制电压

n 信号系数在 $0 \sim 1$ 之间变化。信号系数越大，电机的转速和输出功率越大。当忽略定子绕组阻抗压降时，有效信号系数和旋转磁场椭圆度 α 是相等的。



1.6 两相伺服电机的控制方法

○ 两相伺服电机的基本控制方式

- n 相位控制：通过移相器向控制绕组供电，使控制电压幅值不变，但相位是可变的。这种仅改变控制电压的相位以控制两相伺服电动机的运行的控制方式称为**相位控制**。相位控制时机械特性线性度比其他控制方式好，但线路复杂，电机发热严重。
- n 双相控制：激磁电压和控制电压的幅值能随着控制信号的变化而变化，并始终保持两个电压的幅值相等，而相位相差 90° 。双相控制能保证不同控制信号时电机始终在圆形旋转磁场下工作，效率高，输出功率大，电机发热情况明显改善。
- n 幅相控制：同时改变控制电压的幅值及其和激磁电压的相位差，以控制两相伺服电动机运行的控制方法称为**幅相控制**，也叫**电容控制**。

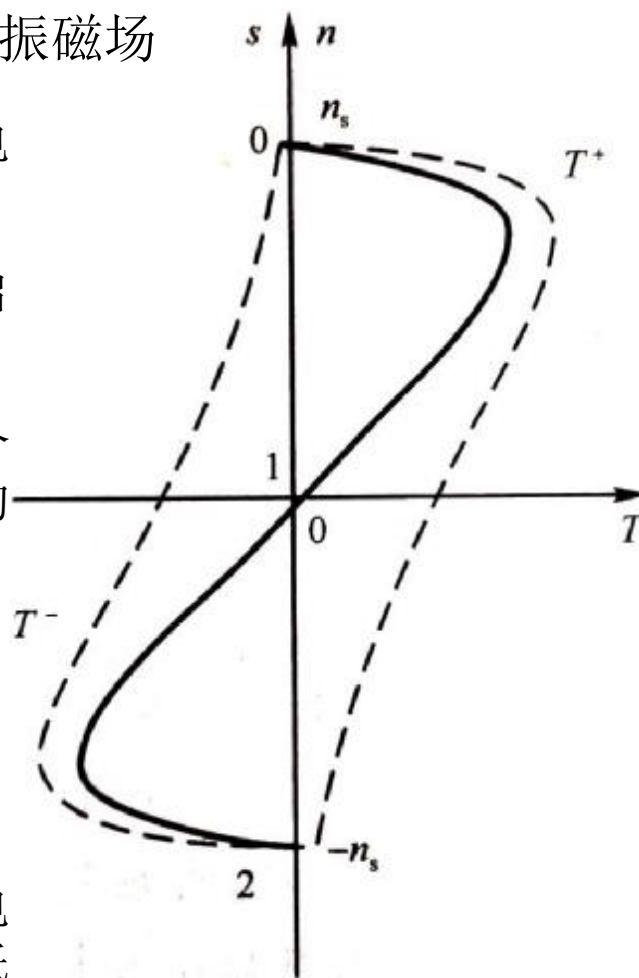
2 单相异步电动机

- 由单相电源供电的异步电动机即为单相异步电动机。
- 由于使用单相电源，单相异步电动机具有结构简单，成本低，噪声小，电磁干扰小等优点。
- 大量应用于只有单相交流电的场所，如家用电器、医疗器械、小型机床和仪器设备。
- 单相异步电动机结构与其他异步电动机相同，包括定子和转子。转子结构都是鼠笼式的，定子铁心也是由硅钢片叠压而成，定子铁心上嵌有定子绕组。
- 单相绕组通入单相交流电产生脉振磁场，没有启动转矩。
- 为了使单相异步电机能自行启动和改善运行性能，单相异步电动机定子铁心上除了工作(主)绕组外，还常常装有启动(副)绕组，这时它属于两相电机。

2.1 单相异步电动机的工作原理

○ 只有主绕组通交流电时，定子绕组产生脉振磁场

- n 单相异步电动机多用于驱动，所以其转子电阻较小。
- n 电动机启动时电磁转矩为零，故不能自行启动，**必须采用专门措施解决启动问题**。
- n 当转速不为零时，正负电磁转矩不相等，合成电磁转矩不为零，它将使电机沿启动后的转向旋转。
- n 单相异步电动机正反两个方向都可以旋转，运行时旋转方向依启动时转动方向而定。
- n 单相异步电动机气隙中存在反向旋转磁场，使得电机最大电磁转矩减小，过载能力降低，转子铜耗和铁耗增加，因而单相异步电动机的效率和功率因数比三相异步电动机低



2.1 单相异步电动机的工作原理

○ 单相异步电动机转速不为零时，气隙中合成磁场不是脉振磁场而是旋转磁场

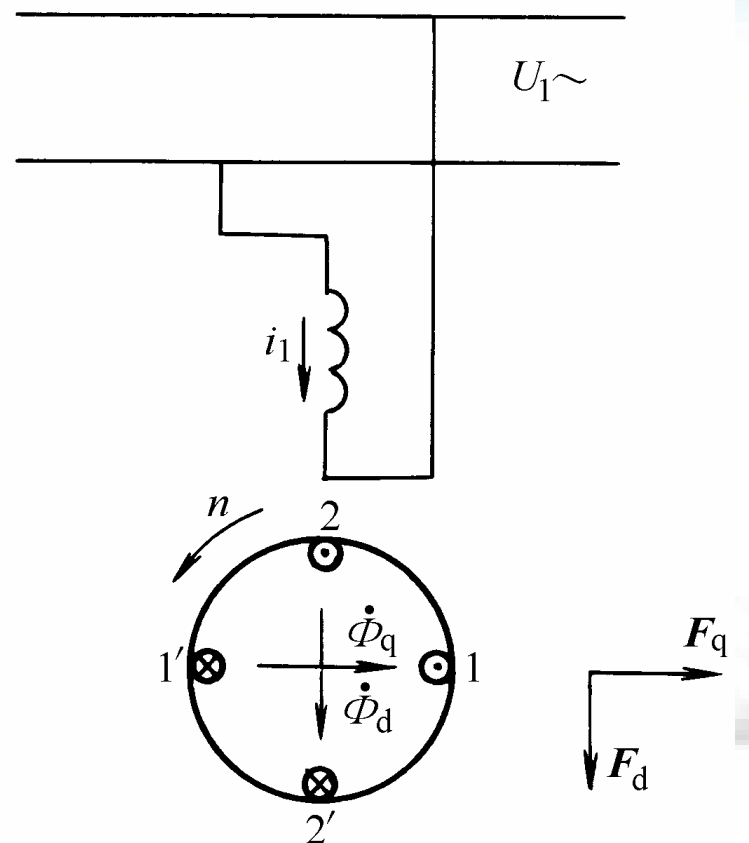
n 鼠笼转子结构对称，无论转子处于什么位置，从电磁效应考虑，都可以等效直轴方向和交轴方向两组线圈

n 假设脉振磁场按正弦分布，则单相定子绕组产生的磁密为

$$B = B_m \cos \omega t \sin \frac{p}{t} x$$

n 每极线圈产生的磁通为

$$\Phi = \frac{2}{p} B_m t l \cos \omega t$$



2.1 单相异步电动机的工作原理

○ 单相异步电动机转速不为零时，气隙中合成磁场不是脉振磁场而是旋转磁场

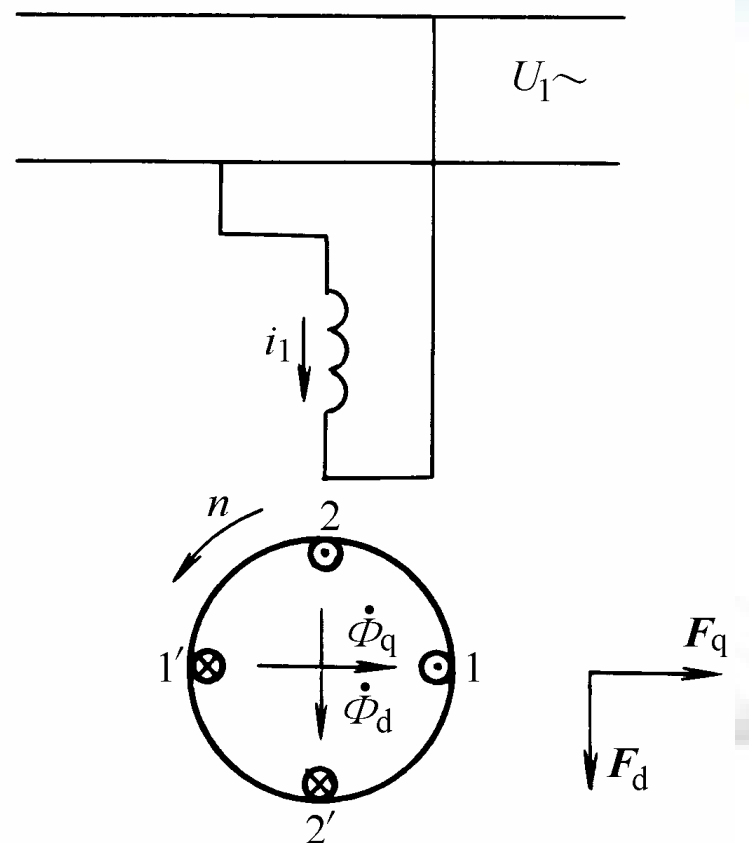
n 直轴线圈1-1'不切割磁力线，只有感应定子脉振磁场的变压器电势

$$e_d = -N_d \frac{d\Phi}{dt} = N_d \frac{2}{p} B_m t l w \sin wt$$

n 交轴线圈2-2'不与脉振磁场较链无变压器电势，但切割磁力线

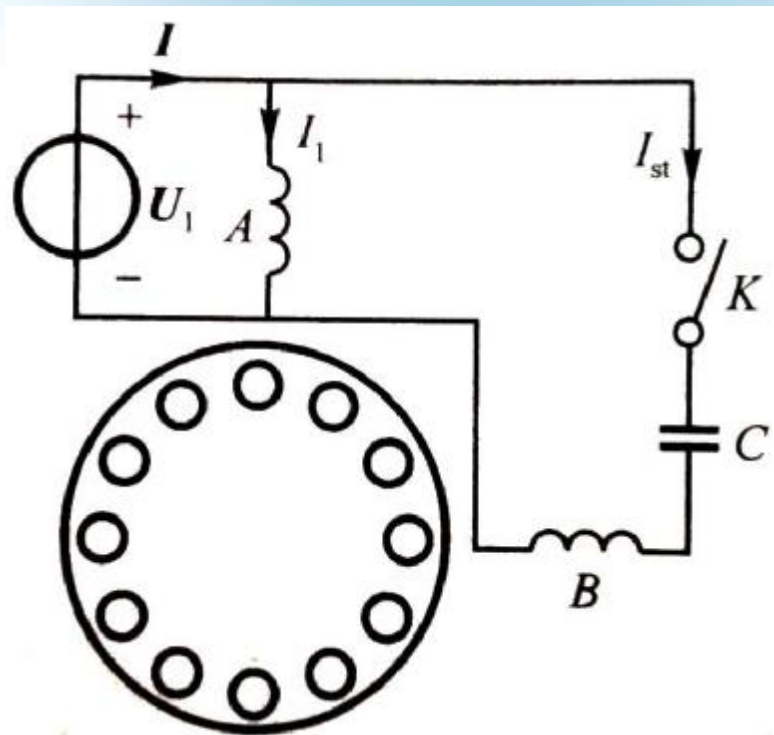
$$e_q = 2N_q B l v = 2N_q B_m l v \cos wt$$

n 感应电势(相位相差 90°)产生感应电流(相位不同 90°)，通入空间相差 90° 的绕组，产生旋转磁场



2.2 单相异步电动机的启动方法

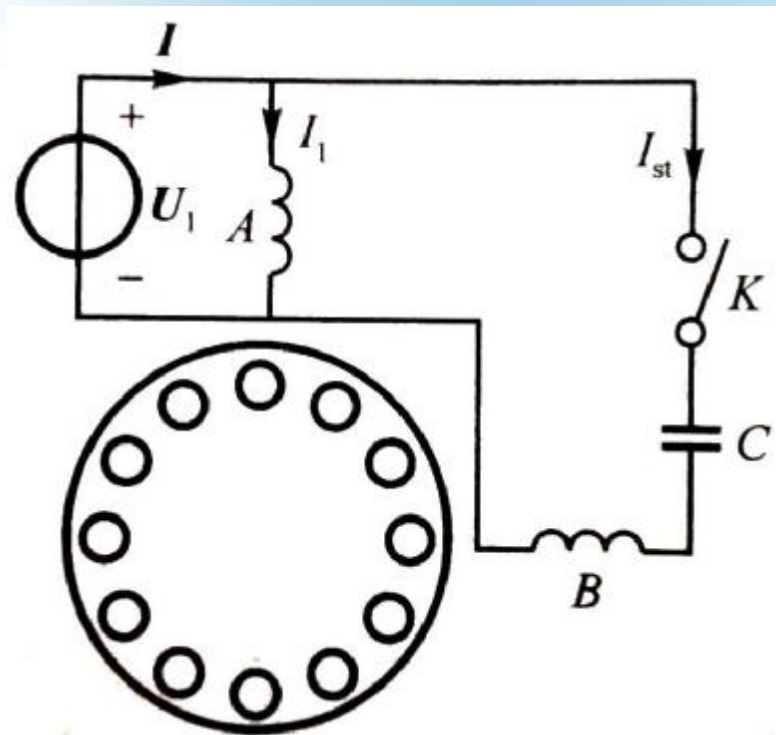
- 启动方法：分相启动和罩极启动
- 分相启动
 - n 定子绕组由空间上相差 90° 电角的工作绕组A和启动绕组B
 - n 启动绕组中串入适当的电容或电阻，使绕组B中电流的相位不同于绕组A
 - n 从而获得在空间上相差 90° ，在时间上相差一定角度的两种脉振磁场
 - n 进而获得旋转磁场，产生启动转矩
 - n 分相启动可分为电阻分相和电容分相



2.2 单相异步电动机的启动方法

○ 分相启动

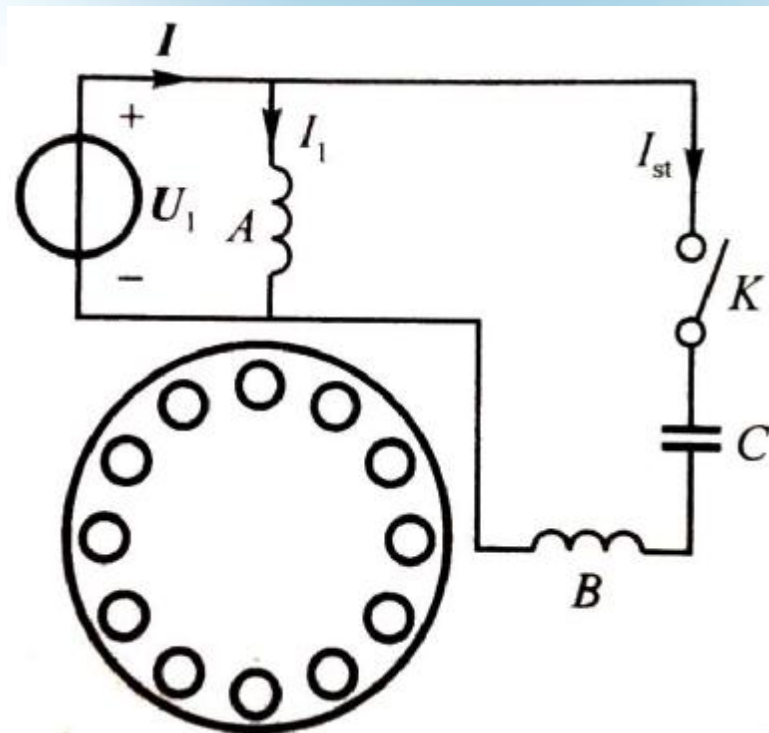
- n 电阻分相电动机
- n 辅助绕组可采用较细的导线，与主绕组可以有不同的匝数，使其电阻增大，电流超前于主绕组
- n 由于两个绕组中的阻抗都是感性的，两相电流相位差不能达到 90° ，也不可能太大，故形成磁场椭圆度较大
- n 启动转矩较小，启动电流较大



2.2 单相异步电动机的启动方法

○ 分相启动

- n 电容分相电动机
- n 辅助绕组中串电容
- n 如果电容选择得当，气隙中的磁场椭圆度较小，从而可以获得较大启动转矩，启动电流较小。
- n 如果没有启动开关，副绕组不仅在启动时起作用，在运行时也正常工作，就是单相电容运转异步电动机。实质上是两相电机。
- n 选择适当的电容和副绕组匝数，可改善电机的运行性能，使电机具有较高的效率和功率因数，体积小，重量轻，但启动转矩较小。典型应用有电风扇、洗衣机、通风机、水泵等。

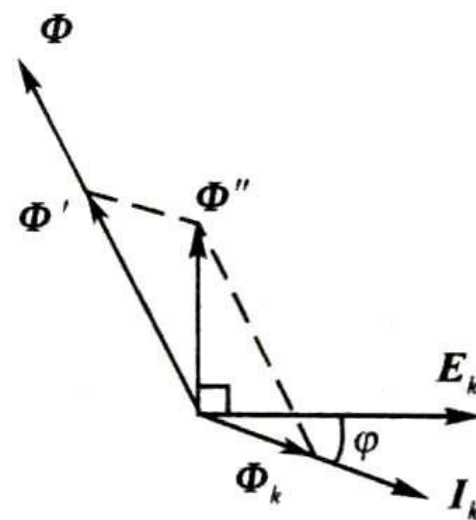
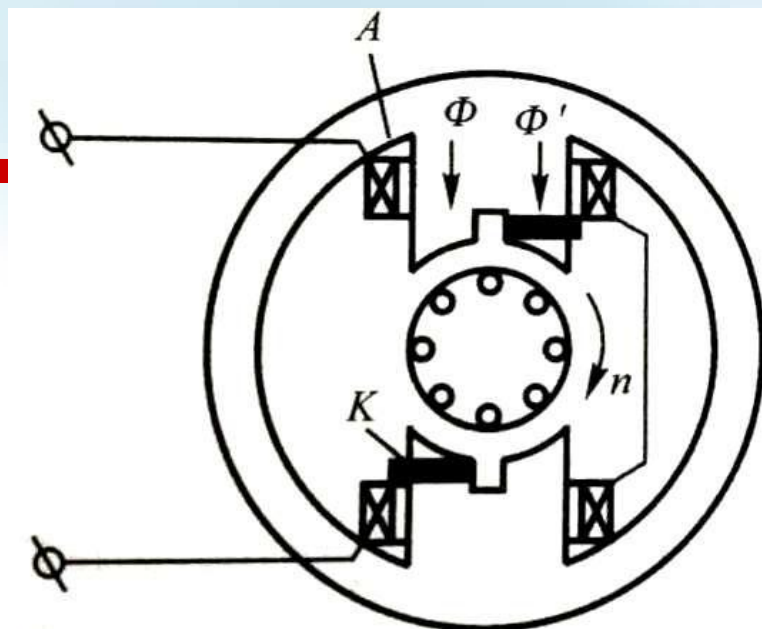


2.2 单相异步电动机的启动

○ 罩极启动

- n 罩极启动电动机简称罩极电机
- n 每极上装有集中绕组，即主绕组
- n 每个极靴的一侧套有一个匝数很少的闭合绕组或导电短路环，称罩极绕组
- n 主绕组通单相交流电时产生脉振磁通，其中的磁通 Φ 为穿过没被罩极绕组包围的极面，磁通 Φ' 为穿过被罩极绕组包围的极面
- n 罩极线圈中产生感应电势 E_k 、感应电流 I_k ，以及由感应电流产生的磁通 Φ_k
- n 罩极线圈中总磁通为

$$\Phi'' = \Phi' + \Phi_k$$



2.2 单相异步电动机的启动

○ 罩极启动

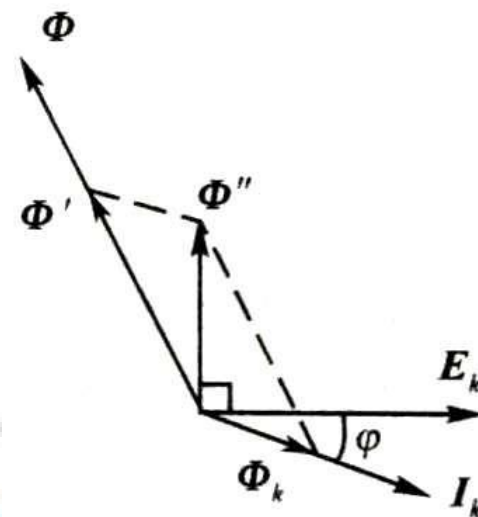
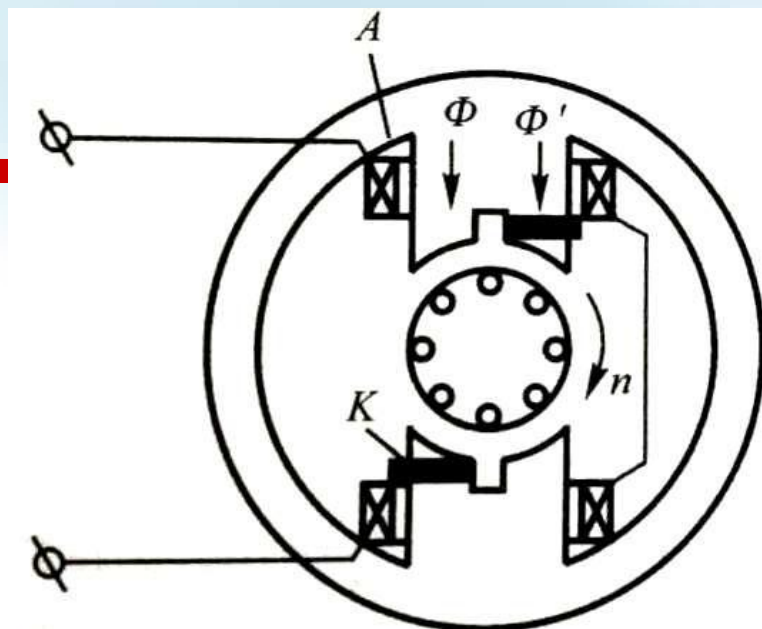
n 罩极线圈中总磁通为

$$\Phi'' = \Phi' + \Phi_k$$

n 非罩极线圈中磁通为 Φ

n 两个磁通 Φ 和 Φ'' 在空间上有一定相位差，在时间上也有一定相位差，因此可形成椭圆旋转磁场。

n 罩极电机的椭圆旋转磁场椭圆度较大，电机启动转矩较小，效率低，但结构简单、成本低。可以应用于启动转矩小、工作时间短的场所，如小风扇、排气机、小风机、电动模型等。



3 异步电动机的铭牌数据

○ 型号——型号用来表示电动机的种类和形式，由字母、国际通用符号和数字组成。

n 如Y80M2-4

n 产品代号由电机类型代号、电机特点代号、设计序号等小节组成

电机类型：

Y——异步电动机

T——同步电动机

TF——同步发电机

Z——直流电动机

ZF——直流发电机



3 异步电动机的铭牌数据

○ 型号——信号用来表示电动机的种类和形式，由字母、国际通用符号和数字组成。

n 规格代号主要用中心高、机座长度、铁心长度、极数来表示

中心高度：

80——机座中心高80mm

机座长度：

S——短机座

M——中机座

L——长机座

铁心长度：

用数字1、2、3、4、、、由长至短分别表示

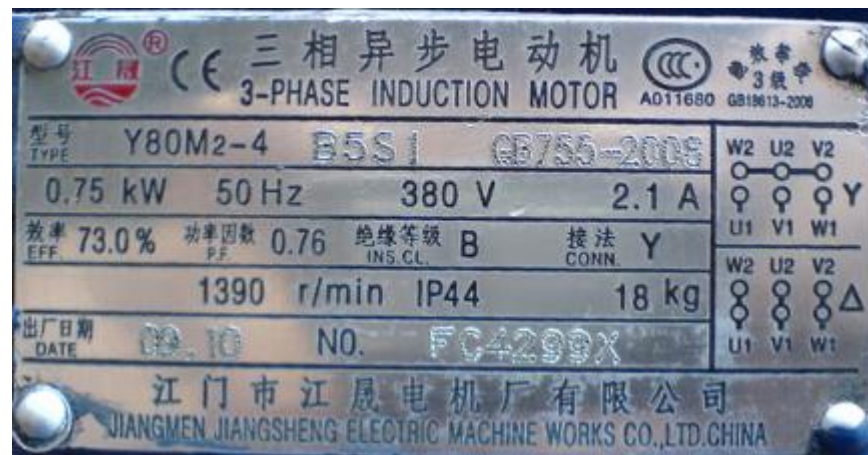
极数：

4——4极电机



3 异步电动机的铭牌数据

- 额定功率——电动机在额定运行时输出的机械功率，单位 kW
- 额定电压——在额定运行状态下，电网加在定子绕组的线电压，单位 V
- 额定电流——电动机在额定电压下使用，输出额定功率时，定子绕组中的线电流，单位 A



3 异步电动机的铭牌数据

○ 额定功率

额定功率**P2**不等于从电源吸收的功率**P1**。两者之间的关系为：

$$P_2 = \eta P_1$$

$$P_1 = \sqrt{3} U_N I_N \cos \phi$$

其中 η 为效率
 $\cos \phi$ 为功率因数



空载时功率因数很低，约为**0.2-0.3**。额定负载时，功率因数最大，一般为**0.7-0.9**。

3 异步电动机的铭牌数据

- 额定频率——我国的电网标准频率为 50Hz
- 额定转速——电动机在额定电压、额定频率及额定功率下的转速，单位 r/min

- 绝缘等级

A级(105℃),

E级(120℃),

B级(130℃),

F级(155℃),

H级(180℃),



3 异步电动机的铭牌数据

- 防护等级多以IP后跟随两个数字来表述
- 第一位数字表明设备抗微尘的范围，代表防止固体异物进入的等级，最高级别是6

数字	防护范围	说明
0	无防护	对外界的人或物无特殊的防护
1	防止直径大于 50mm 的固体外物侵入	防止人体（如手掌）因意外而接触到电器内部的零件，防止较大尺寸（直径大于 50mm）的外物侵入
2	防止直径大于 12.5mm 的固体外物侵入	防止人的手指接触到电器内部的零件，防止中等尺寸（直径大于 12.5mm）的外物侵入
3	防止直径大于 2.5mm 的固体外物侵入	防止直径或厚度大于 2.5mm 的工具、电线及类似的小型外物侵入而接触到电器内部的零件
4	防止直径大于 1.0mm 的固体外物侵入	防止直径或厚度大于 1.0mm 的工具、电线及类似的小型外物侵入而接触到电器内部的零件
5	防止外物及灰尘	完全防止外物侵入，虽不能完全防止灰尘侵入，但灰尘的侵入量不会影响电器的正常运作
6	防止外物及灰尘	完全防止外物及灰尘侵入

3 异步电动机的铭牌数据

- 防护等级多以IP后跟随两个数字来表述
- 第二位数字表明设备防水的程度，最高级别是8。

数字	防护范围	说明
0	无防护	对水或湿气无特殊的防护
1	防止水滴浸入	垂直落下的水滴（如凝结水）不会对电器造成损坏
2	倾斜 15 度时，仍可防止水滴浸入	当电器由垂直倾斜至 15 度时，滴水不会对电器造成损坏
3	防止喷洒的水浸入	防雨或防止与垂直的夹角小于 60 度的方向所喷洒的水侵入电器而造成损坏
4	防止飞溅的水浸入	防止各个方向飞溅而来的水侵入电器而造成损坏
5	防止喷射的水浸入	防持续至少 3 分钟的低压喷水
6	防止大浪浸入	防持续至少 3 分钟的大量喷水
7	防止浸水时水的浸入	在深达 1 米的水中防 30 分钟的浸泡影响
8	防止沉没时水的浸入	在深度超过 1 米的水中防持续浸泡影响。准确的条件由制造商针对各设备指定。

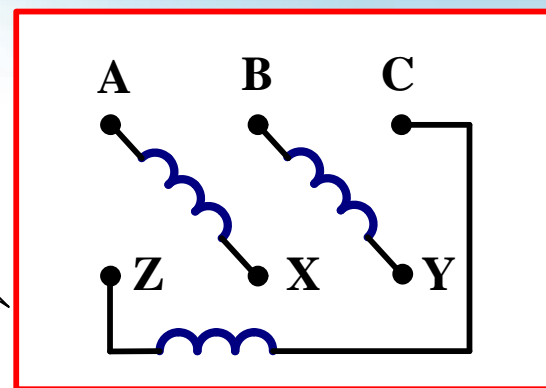
3 异步电动机的铭牌数据

○ 连接方式：Y接法和 Δ 接法

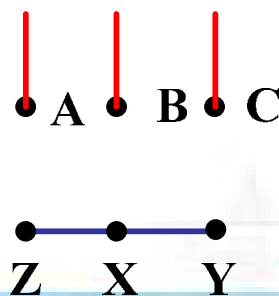
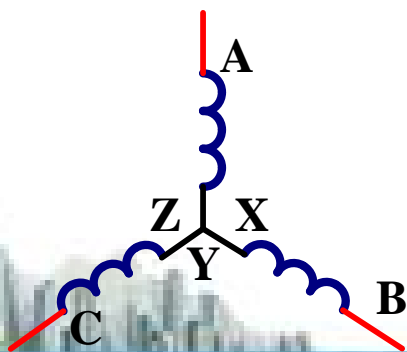
Y接法

Δ 接法

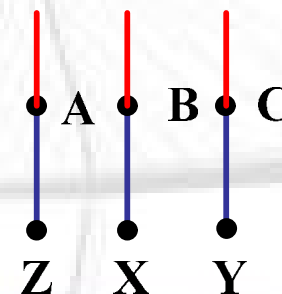
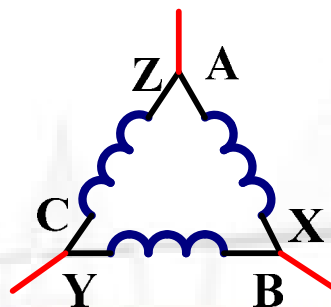
接线盒



Y接法



Δ 接法



3 异步电动机的铭牌数据

例：额定电压均为380V的三相异步电机，甲电机额定功率0.75kW，额定转速715转/分，在额定功率下运行时，功率因数0.85，效率0.82；乙电机额定功率3.7kW，额定转速725转/分，在750W下运行时，功率因数0.72，效率0.68。

问：1) 两台电机在额定转速时的转差率是多少？

2) 两台电机都在750W输出运行时，各自的线电流是多少？

解：(1) 因为电源为50Hz，所以同步转速为 $n_s = 60f_1/p = 3000/p$ (r/min)；
若 $p=1$ ， $n_s=3000$ (r/min)；若 $p=2$ ， $n_s=1500$ (r/min)；若 $p=3$ ， $n_s=1000$ (r/min)；
若 $p=4$ ， $n_s=750$ (r/min)；若 $p=5$ ， $n_s=600$ (r/min)；

因电机的额定转速略小于同步转速，则电机为4对极，同步转速为750r/min

甲电机额定转速时的转差率为 $s_N = (n_s - n_N)/n_s = (750 - 715)/750 = 4.67\%$

乙电机额定转速时的转差率为 $s_N = (n_s - n_N)/n_s = (750 - 725)/750 = 3.33\%$

3 异步电动机的铭牌数据

例：额定电压均为380V的三相异步电机，甲电机额定功率0.75kW，额定转速715转/分，在额定功率下运行时，功率因数0.85，效率0.82；乙电机额定功率3.7kW，额定转速725转/分，在750W下运行时，功率因数0.72，效率0.68。

问：1) 两台电机在额定转速时的转差率是多少？

2) 两台电机都在750W输出运行时，各自的线电流是多少？

(2) 电机的输出功率为： $P_2 = 3^{0.5} \times \eta U_N I_N \cos \phi$

甲电机在750W输出运行时的电流为：

$$I_N = \frac{750}{\sqrt{3} \times 0.82 \times 380 \times 0.85} = 1.63 \text{ A}$$

乙电机在750W输出运行时的电流为：

$$I_N = \frac{750}{\sqrt{3} \times 0.68 \times 380 \times 0.72} = 2.33 \text{ A}$$