

# 第三章 异步电动机

- 3.1 三相异步电动机的结构
- 3.2 工作原理
- 3.3 异步电动机的电磁转矩
- 3.4 异步电动机的机械特性
- 3.5 异步电动机的起动
- 3.6 异步电动机的调速
- 3.7 异步电动机的制动
- 3.8 三相异步电动机的铭牌数据

## 电动机:

驱动转子转动→ 拖动负载运行（电能转变为机械能）

## 发电机:

外力转动转子——→ 发电（机械能转变为电能）

异步电动机（也叫感应电机）是一种交流旋转电机，它的转速除与电网频率有关外，还随负载而变。

异步电动机的总容量约占全部电动机总量的85%如：机床、水泵、起重机、皮带运输机、农业机械、家用电器等。

## 异步电动机的优点：

结构简单，操作制造方便，运行可靠，价格低等。

## 异步电动机的缺点：

调速性能差，鼠笼型电动机起动性能差，功率因素低，增加系统无功负担。

## 分类：

按电源分为单相、三相

按转子的结构形式分为鼠笼型和绕线型

按外壳的不同防护型式分为开启式、防护式、封闭式、全封闭式

## 3.1 三相异步电动机的结构

**定子：**静止部分，包括铁心、定子绕组、机座（p47图）

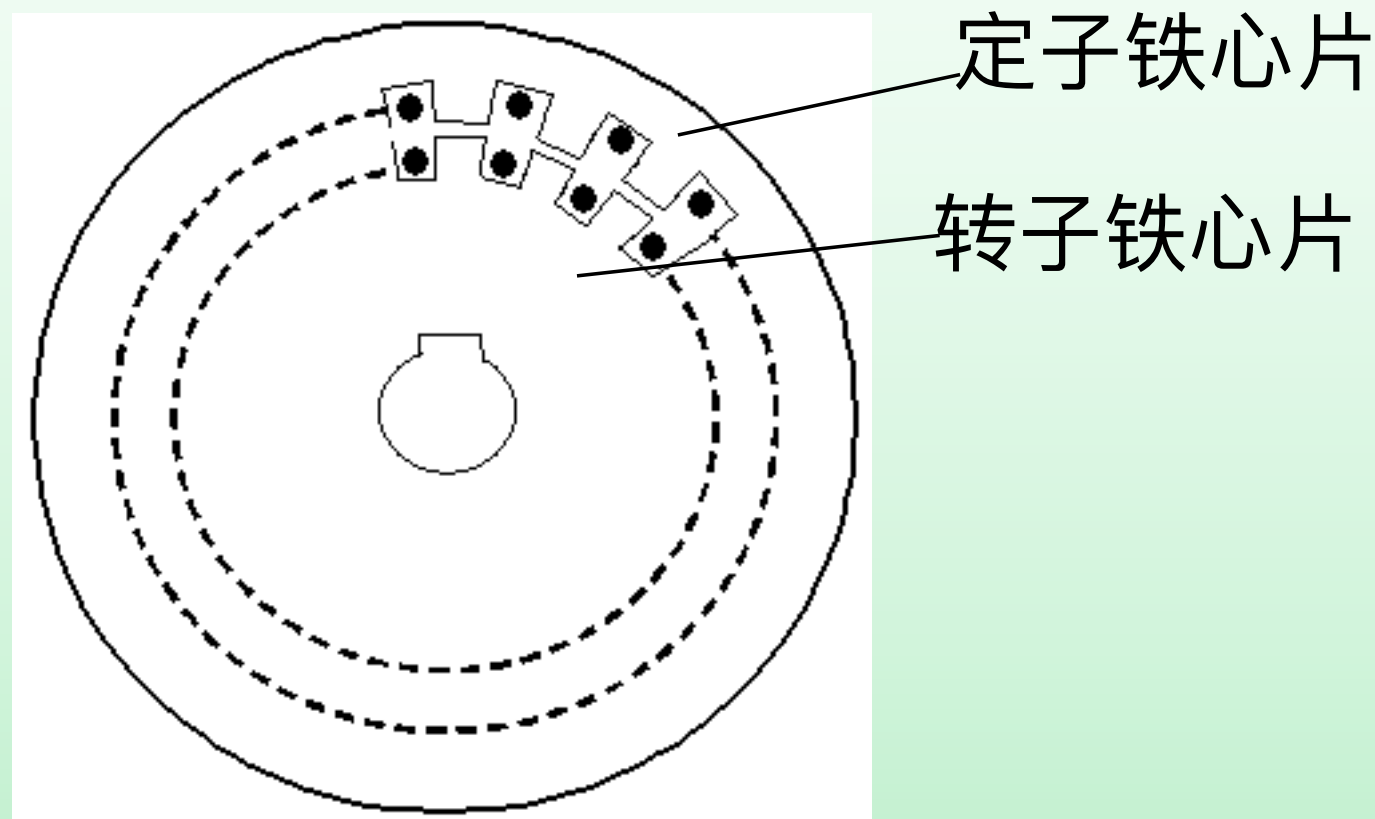
- 定子铁心：0.35~0.5mm厚硅钢片叠压而成,磁路的一部分
- 定子绕组：电磁线制成,电路的一部分
- 机座：铸铁或钢板焊接而成

**转子：**转动部分，包括铁心、转轴、转子绕组

- 转轴:支撑转子，转轴与负载相连。
- 转子铁心：0.5mm硅钢片叠压而成,磁路一部分
- 转子绕组：
  - 鼠笼型绕组：铸铜 铜条
  - 绕线式绕组：电磁线制成，三相 Y 接，尾端连在一起，首端滑环引出，外接电阻。

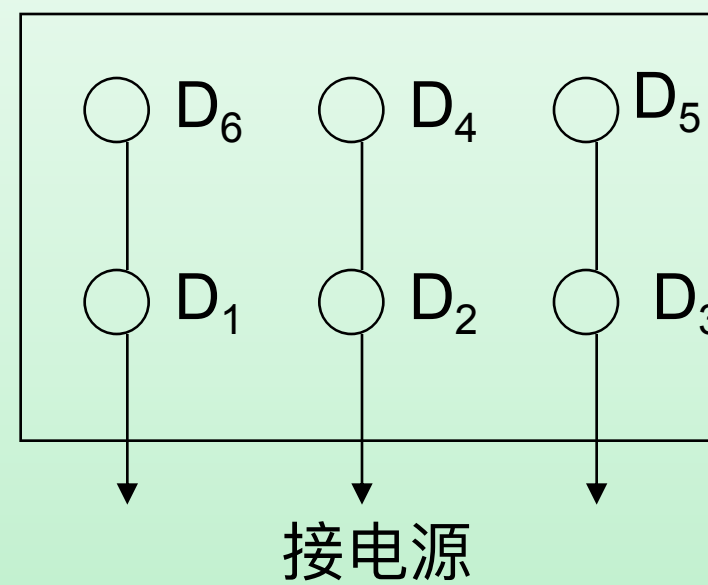
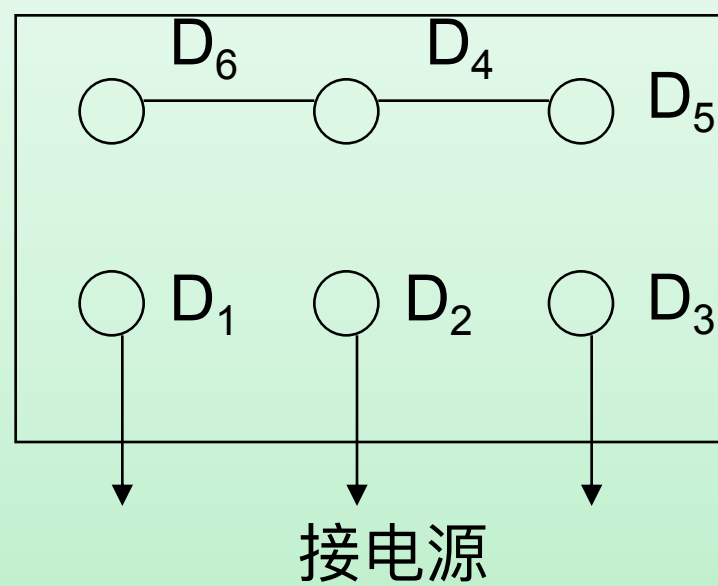
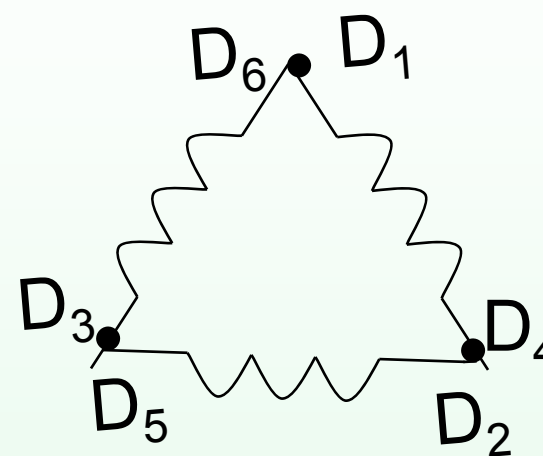
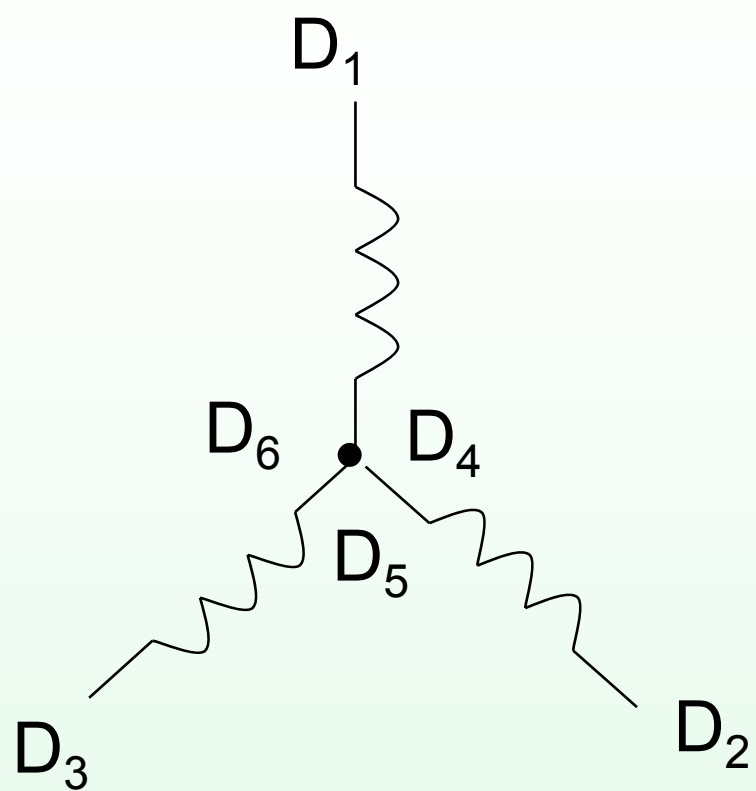
**气隙：**定子与转子之间存在0.2~2mm空气隙提供磁场。磁路的一部分。为减小激磁电流，气隙应尽可能地小。气隙应为机械条件所允许的最小值。

## 1、转子和定子铁心片



## 2、定子绕组和转子绕组

**定子绕组：**三相异步电动机有三个独立的绕组统称三相绕组，三个相同的线圈按 $120^\circ$ 电角度的间距安放在铁心槽中。三个首端和末端共六个端子都引出到基座上的出线盒内，以便根据需要连成Y或 $\Delta$ 。



## 转子绕组：

**鼠笼型转子绕组：**指在铁心槽中装入成为导条的裸铜条，两端焊接两个铜环，形状像鼠笼。

## 鼠笼转子的制造

### 焊接

用铜条焊接成鼠笼状

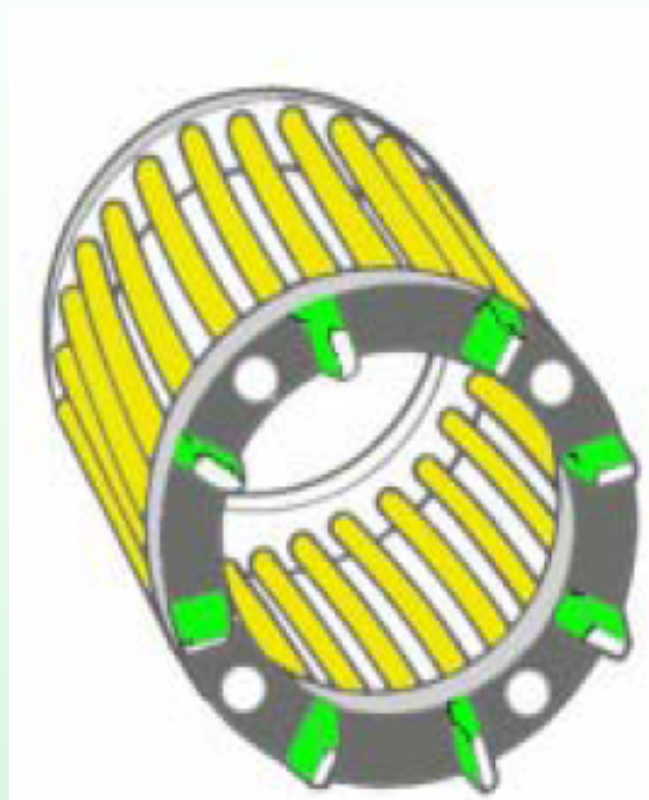
### 铸铝

用铝代替铜

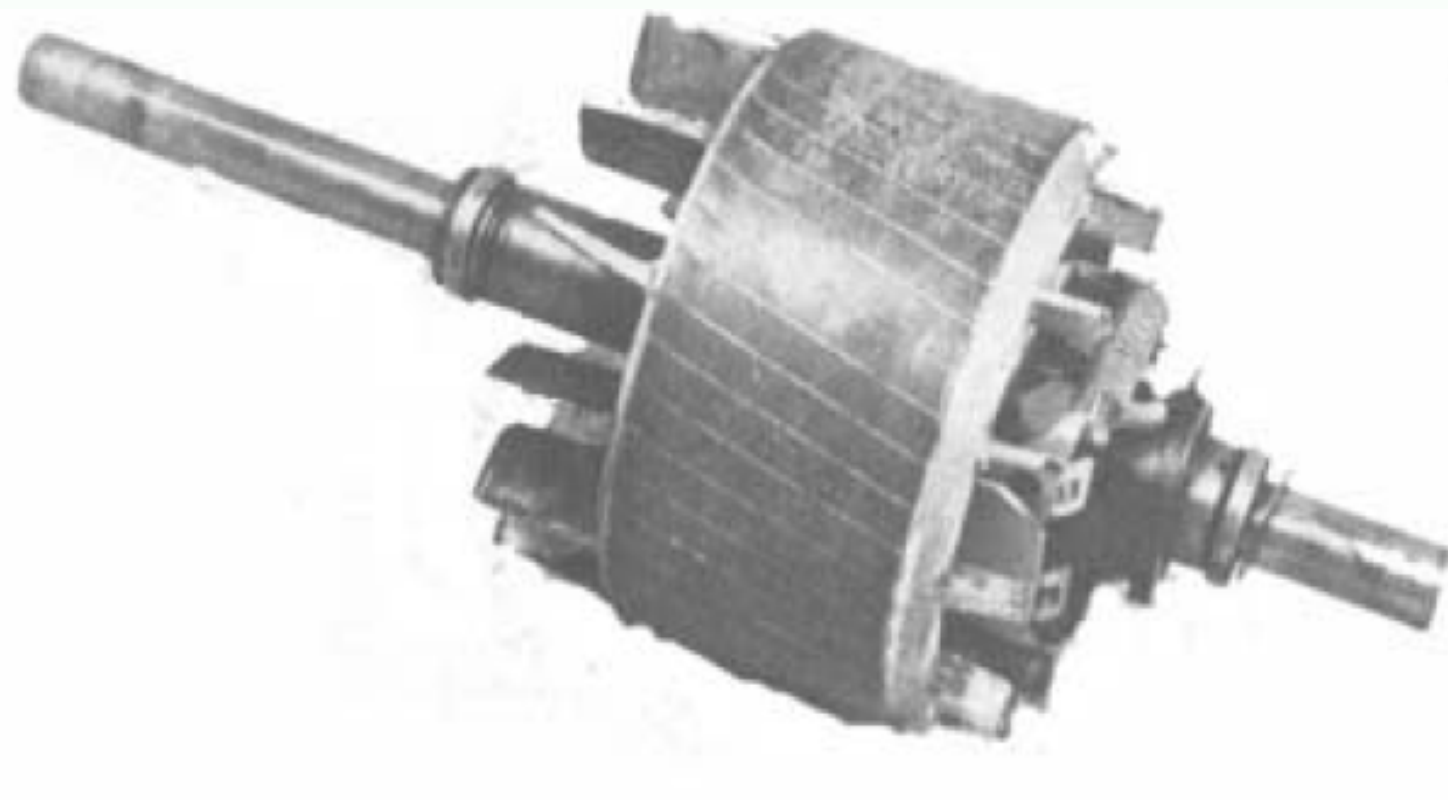
可采用浇铸法或压铸法，将熔化的铝注入转子槽中

风扇与转子做成一个整体





鼠笼式转子



铸铝鼠笼式转子

**绕线型转子绕组：**与定子绕组相似，也是用导线按一定规律嵌入铁心槽中再连接成三相绕组。

- 与定子有相同极数的对称绕组
- 相数可以与定子不同，通常采用三相星形连接
- 转子上有集电环，与转子绕组相连
- 集电环上有一电刷，与外界变阻器相连

改善起动性能，起动完毕切除外界变阻器

调节转速

## 3.2 工作原理

三相正弦交流电  $\longrightarrow$  定子绕组  $\longrightarrow$  旋转磁场  $\longrightarrow$

转子绕组中感应电流  $\longrightarrow$  产生电磁力  $\longrightarrow$  转子转起来

### 1、旋转磁场的形成

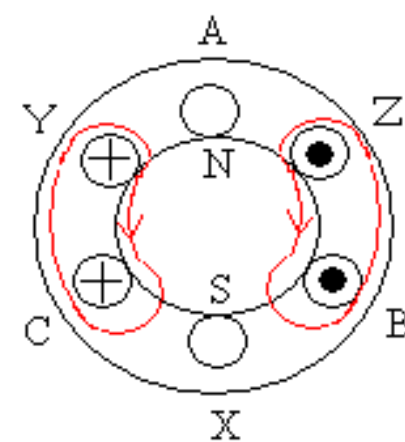
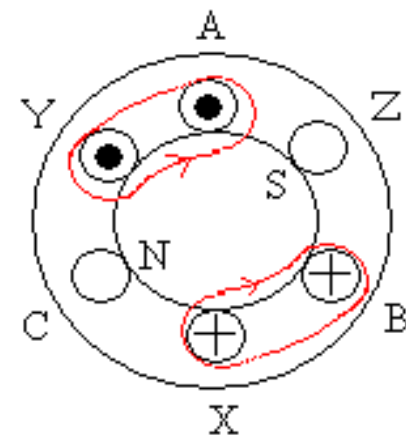
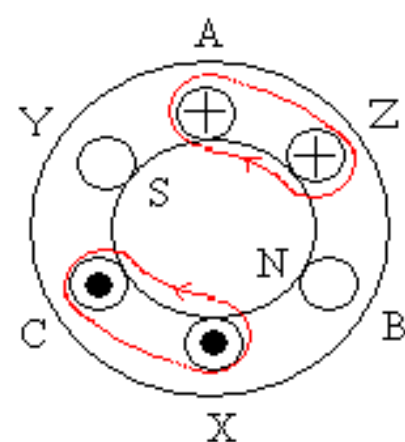
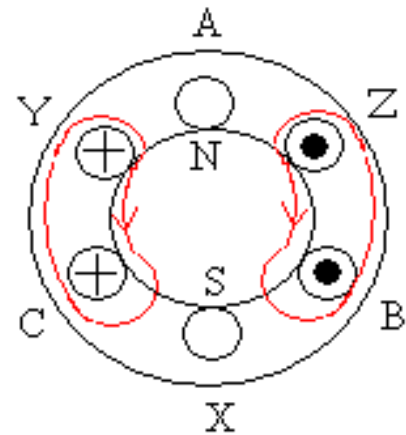
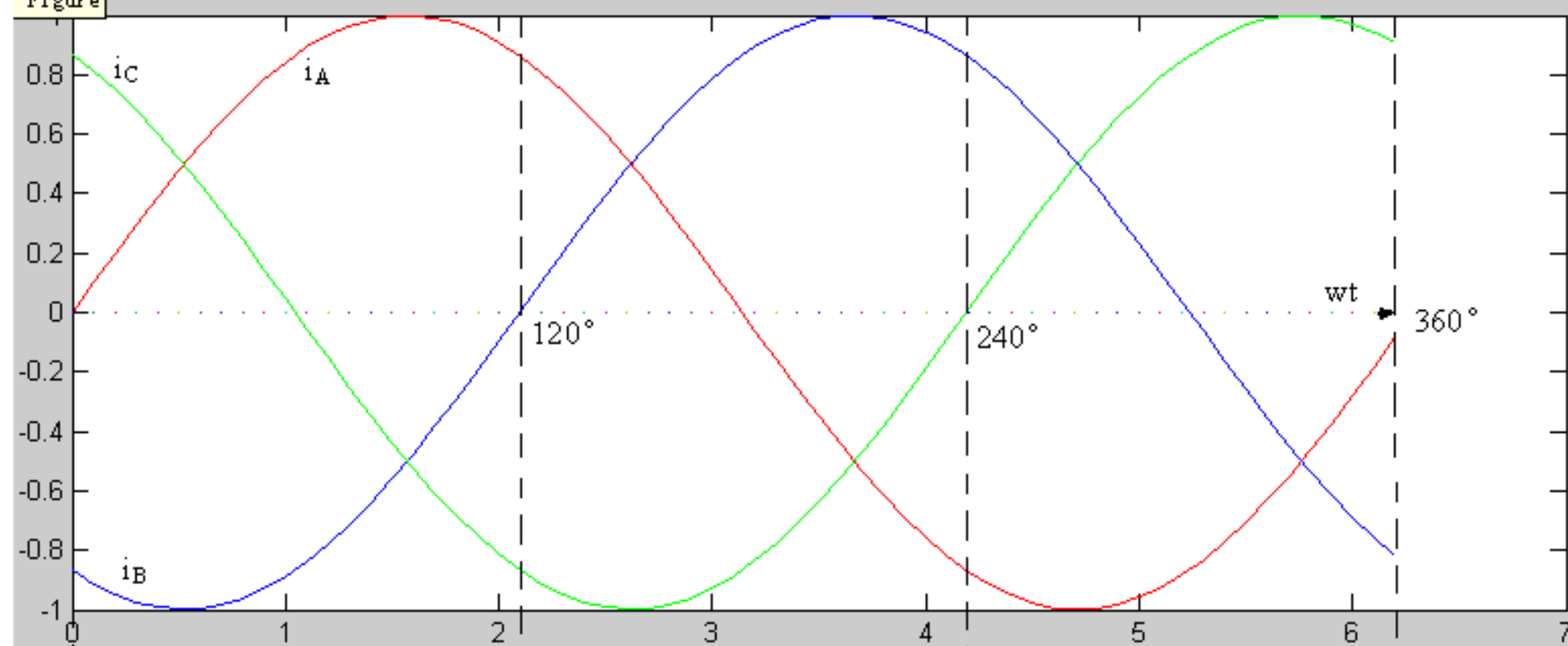
A、三个绕组在铁心中的排列空间位置相差 $120^\circ$ 电角度，

B、各相电流在时间相位上相差 $120^\circ$

C、设三相定子上的交流电分别相差 $120^\circ$ ，三相绕组的A、

B、C分别为首端，X、Y、Z分别为末端。电流从首端流入尾端流出为正，反之为负。

Figure

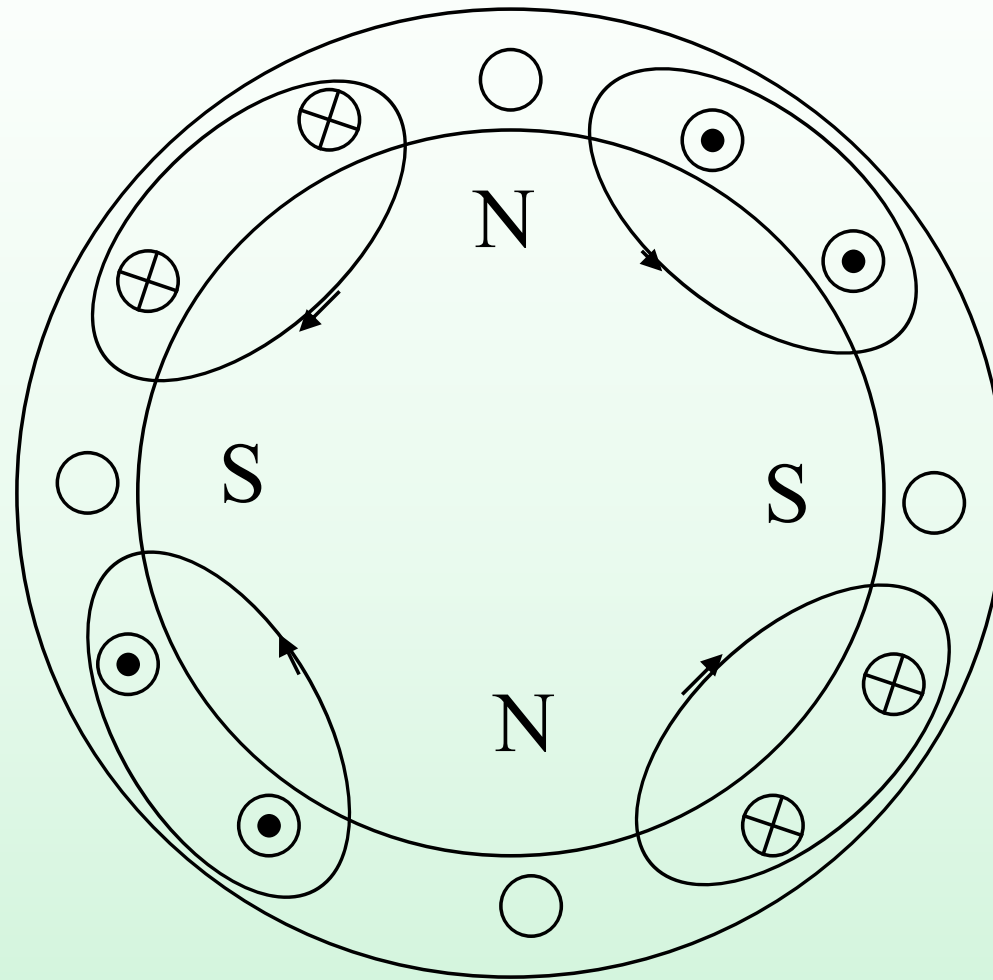


综上所述，当三相绕组中流过三相电流时，在磁路空间产生磁极对数 $P=1$ 的旋转磁场，电流交变一周时，旋转磁场在空间也旋转一周。

- 2、旋转方向，由三相电源电流的初始相位决定，任意两相电流对调即可改变旋转方向。
- 3、磁极对数 $P$ ：与空间相邻绕组始端或末端相距空间有关（图3.2.2p51）。

如：两相邻绕组始端相差 $120^\circ$        $P=1$

两相邻绕组始端相差 $60^\circ$        $P=2$



## 4、磁场转速

一对磁极时 $P=1$ ,  $\omega t=0 \rightarrow 120^\circ$ 磁场转动 $120^\circ$

两对磁极时 $P=2$ , ..... $60^\circ$

磁极越多, 磁场转速越慢。

$$n_0 = \frac{60f_1}{P}, n_0 \text{ 为同步转速, 单位 (转/分)}$$

当 $p = 1$ 时, 旋转磁场的同步转速

$$n_0 = \frac{60f_1}{P} = 60 \times 50 = 3000 \text{ (转/分)}$$

当 $p = 2$ 时, 旋转磁场的同步转速

$$n_0 = \frac{60f_1}{P} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ (转/分)}$$

p	1	2	3	4	5
$n_0$ (转/分)	3000	1500	1000	750	600

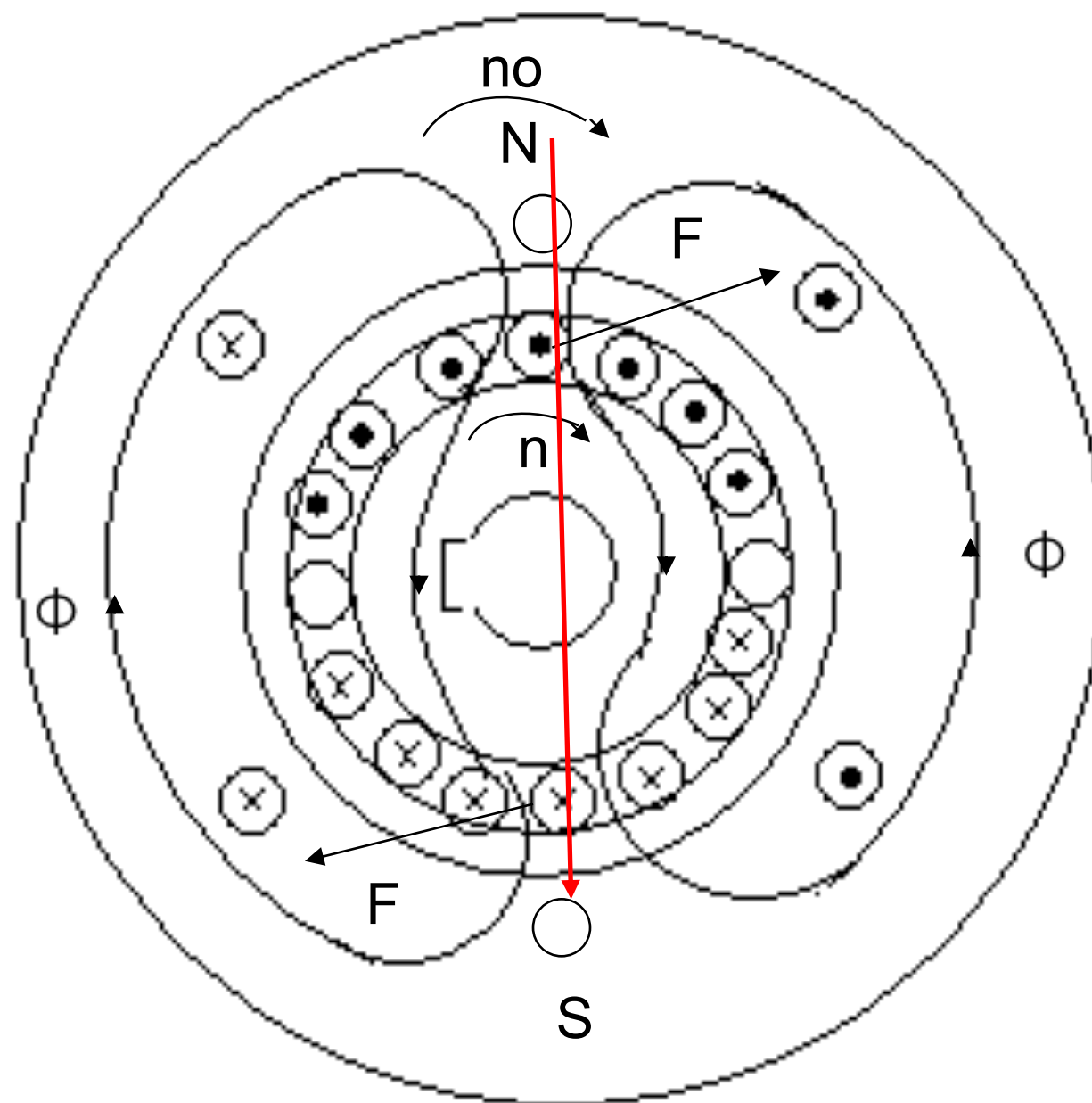
## 5、异步电动机的转动原理

磁场顺时针方向转，相当于磁场不动，转子绕组向逆时针方向运动切割磁力线。

运动导线在磁场中产生的感应电动势与感应电流用右手定则；

通电导线在磁场中的受力用左手定则。





## 6、转速与转差率的关系

$n_0$ 为同步转速（定值）

$n$ 为转子转速（不定值）

当  $n < n_0$  时称为异步电动机

## 转差率定义：

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

- $S=0$ ,  $n=n_0$ , 没有相对运动, 没有驱动力将停转
- $s < 0$ , 即当  $n > n_0$  时, 电机为发电运行状态(机械能 → 电能)
- $0 < s < 1$ , 即当  $0 < n < n_0$  时, 电机为电动机运行状态(电能 → 机械能),  $s$ : 2%~6% 为正常工作范围。
- 当  $n < 0$  时, 即当  $s > 0$  时, 电机为电磁制动运行状态(机械能和电能 → 热能)

例：设异步电动机极对数为 $P=2$ ，转差率 $S=4\%$ 。求转速。

$$\text{解： } P = 2 \Rightarrow n_0 = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ r / min}$$

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0} \Rightarrow n = (1 - S) \times n_0 = 1440 \text{ r / min}$$

例： $n=975$ 转/分，求磁极数和额定负载时的转差率。

$$\text{解： } 0.02 < S = \frac{n_0 - n}{n_0} < 0.06 \Rightarrow n_0 = 1000 \text{ r / min}, P = 3, \text{ 故有六个磁极}$$

$$S_N = \frac{1000 - 975}{1000} = 0.025$$

## 3.3 异步电动机的电磁转矩

电磁转矩 (M) : 通有电流的所有转子绕组导体受力产生的。

$$M = K_m \Phi I_2 \cos \varphi_2$$

$K_m$ : 转矩系数,  $\Phi$ : 每极磁通,  $I_2$ : 转子导体电流

$\varphi_2$ : 转子感应电动势与电流之间的相位差 (由于感抗存在)

$\cos \varphi_2$ : 转子电流的功率因数小于1

设定子绕组相电压 $U_1$ ，相电流为 $I_1$ ，每极磁通 $\Phi$ ，定子绕组中感应的电动势为 $E_1$ 。

$$E_1 = 4.44f_1 N_1 \Phi$$

$$\dot{U}_1 \approx -\dot{E}_1$$

$$U_1 \approx E_1 = 4.44f_1 N_1 \Phi$$

$$\Phi = \frac{U_1}{4.44f_1 N_1}$$

刚接通电源瞬间：  $n = 0$ ，转子感应电动势的频率  $f_{20} = f_1$

转子中产生的感应电动势：  $E_{20} = 4.44f_1N_2\Phi$

转子回路的电抗：  $X_{20} = 2\pi f_{20}L_2 = 2\pi f_1L_2$

转子回路的等效电感：  $L_2$

转子回路的电流：  $I_{20} = \frac{E_{20}}{\sqrt{R_2^2 + X_{20}^2}}$

转子回路的等效电阻：  $R_2$

转子回路的功率因素：  $\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + X_{20}^2}}$

当转子以 $n$ 转速转动时，转子以相对转速 $\Delta n = n_0 - n$ 切割磁力线，假定转子中感应电动势的频率为 $f_2$

$$\Delta n = n_0 - n = \frac{60f_2}{P} \Rightarrow f_2 = \frac{p(n_0 - n)}{60} = \frac{n_0 - n}{n_0} \times \frac{pn_0}{60} = Sf_1$$

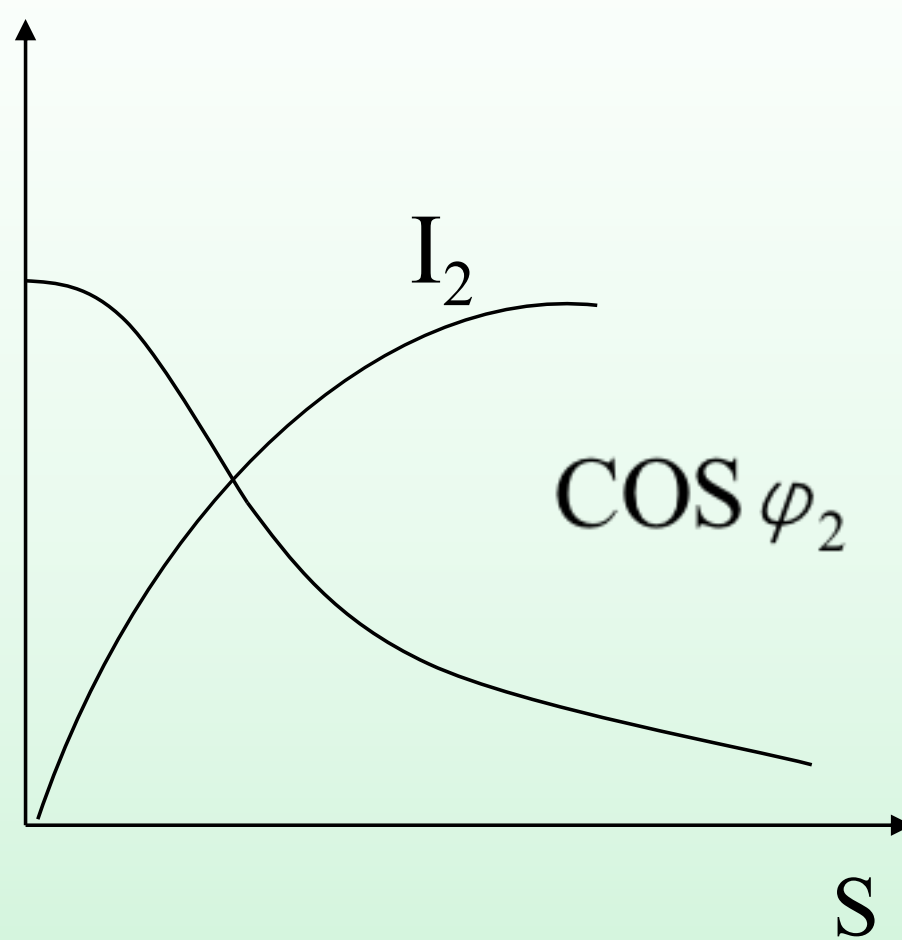
$$E_2 = 4.44f_2 N_2 \Phi = 4.44Sf_1 N_2 \Phi = SE_{20}$$

$$X_2 = 2\pi f_2 L_2 = 2\pi Sf_1 L_2 = SX_{20}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{SE_{20}}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}}$$





$$\begin{aligned} M &= K_m \Phi I_2 \cos \varphi_2 \\ &= K_m \frac{U_1}{4.44 f_1 N_1} \times \frac{S(4.44 f_1 N_2 \Phi)}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}} \times \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}} \\ &= K'_m \frac{SR_2 U_1^2}{R_2^2 + (SX_{20})^2} \end{aligned}$$

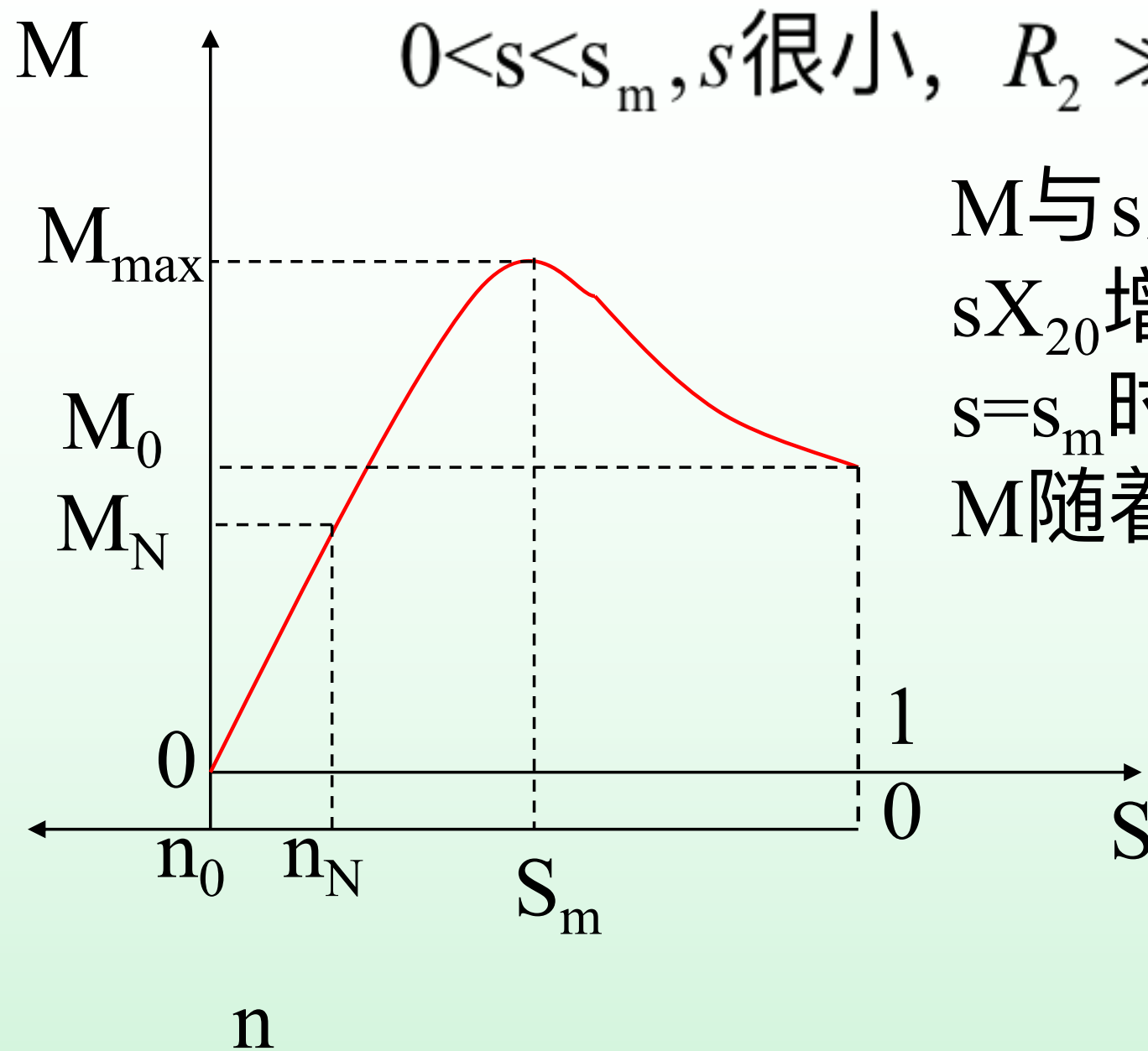
电磁转矩与电源电压的平方成正比，电源电压波动时对电动机影响较大。当电源低于额定电压的85%时，异步电动机应停止运行。

## 3.4 异步电机的机械特性

$$M = K'_m \frac{SR_2 U_1^2}{R_2^2 + (SX_{20})^2}$$

当 $U_1$ ,  $R_2$ 一定时,

$\left. \begin{array}{l} M \sim f(S) \\ S \sim f(n) \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n = f(M) \\ M = f(S) \end{array} \right.$  称为异步电动机的机械特性



$0 < s < s_m$ ,  $s$  很小,  $R_2 \gg sX_{20}$ ,  $sX_{20}$  忽略不计,

$M$  与  $s$  成正比; 随着  $s$  增大,  $sX_{20}$  增大,  $M$  上升变慢; 当  $s = s_m$  时  $M = M_{\max}$ ; 当  $s > s_m$  后,  $M$  随着  $s$  增加而减小。

$$M = K'_m \frac{SR_2 U_1^2}{R_2^2 + (SX_{20})^2}$$

# 机械特性上三个转矩

## 1、额定转矩

指在额定电压、频率、负载、转速下运行时的电磁转矩。

$$M_N = \frac{P_N}{\omega} = \frac{P_N \times 10^3}{\frac{2\pi n_N}{60}} = 9550 \frac{P_N}{n_N} (\text{N} \cdot \text{m})$$

$P_N$ : 电动机轴上输出的功率 (kw)

$n_N$ : 额定转速 (r / m)

## 2、最大电磁转矩

$$\begin{aligned} \frac{dM}{dS} = 0 &\Rightarrow \frac{dM}{dS} = \frac{d}{ds} \left[ \frac{K'_M S R_2 U_1^2}{R_2^2 + (S X_{20})^2} \right] \\ &= K'_M \frac{[R_2^2 + (S X_{20})^2] R_2 U_1^2 - S R_2 U_1^2 (2 S X_{20}^2)}{[R_2^2 + (S X_{20})^2]^2} = 0 \end{aligned}$$

$$S = S_m = \pm \frac{R_2}{X_{20}} (\text{取正值}) \Rightarrow M_{\max} = K'_M \frac{U_1^2}{2 X_{20}}$$

$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_N}$  最大电磁转矩与电源电压平方成正比；  
 过载系数 临界转差率与电源电压无关。

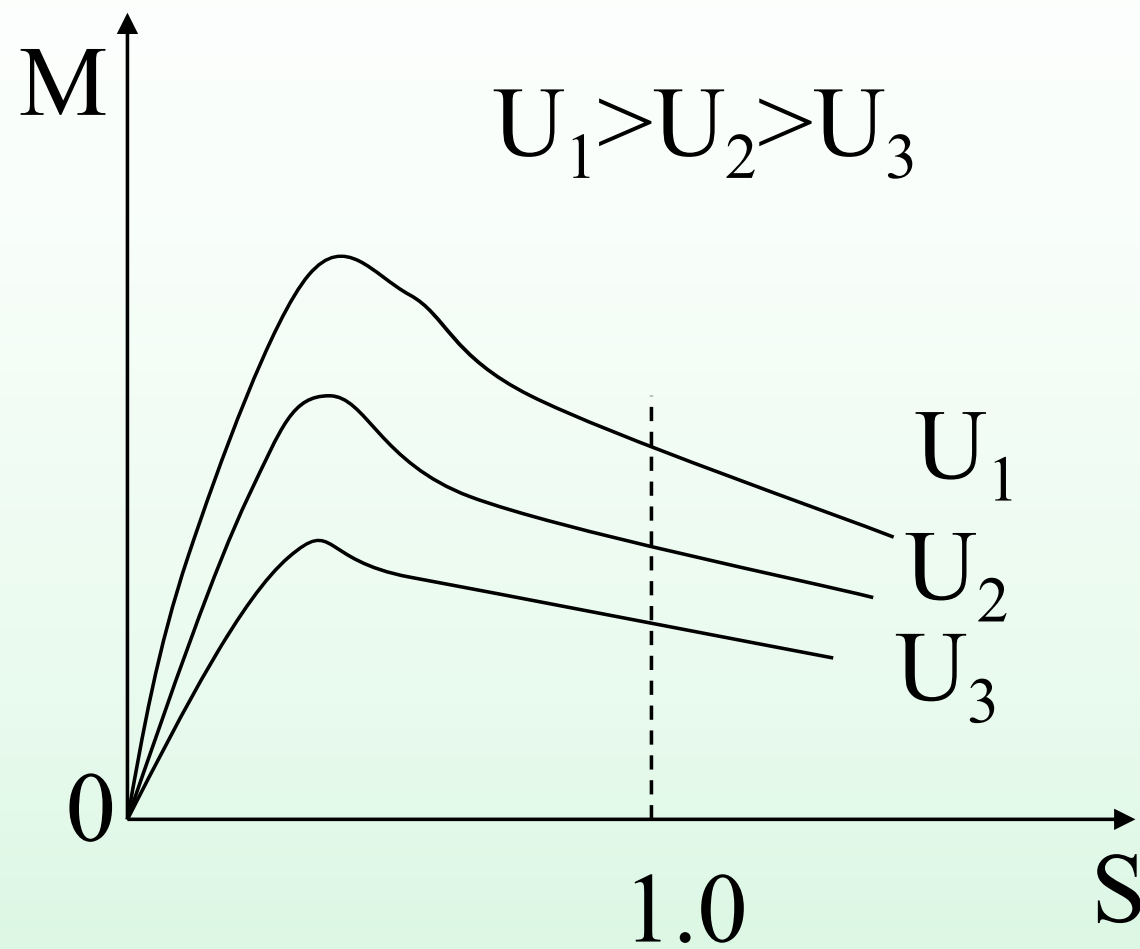
### 3、起动转矩

$$M = K'_m \frac{SR_2 U_1^2}{R_2^2 + (SX_{20})^2}$$

启动瞬时的转矩，即 $n=0$ ，或 $s=1$

$$M_{st} = K'_m \frac{R_2 U_1^2}{R_2^2 + (X_{20})^2}$$

$M_{st}/M_N$ ：表明异步电动机的起动能力



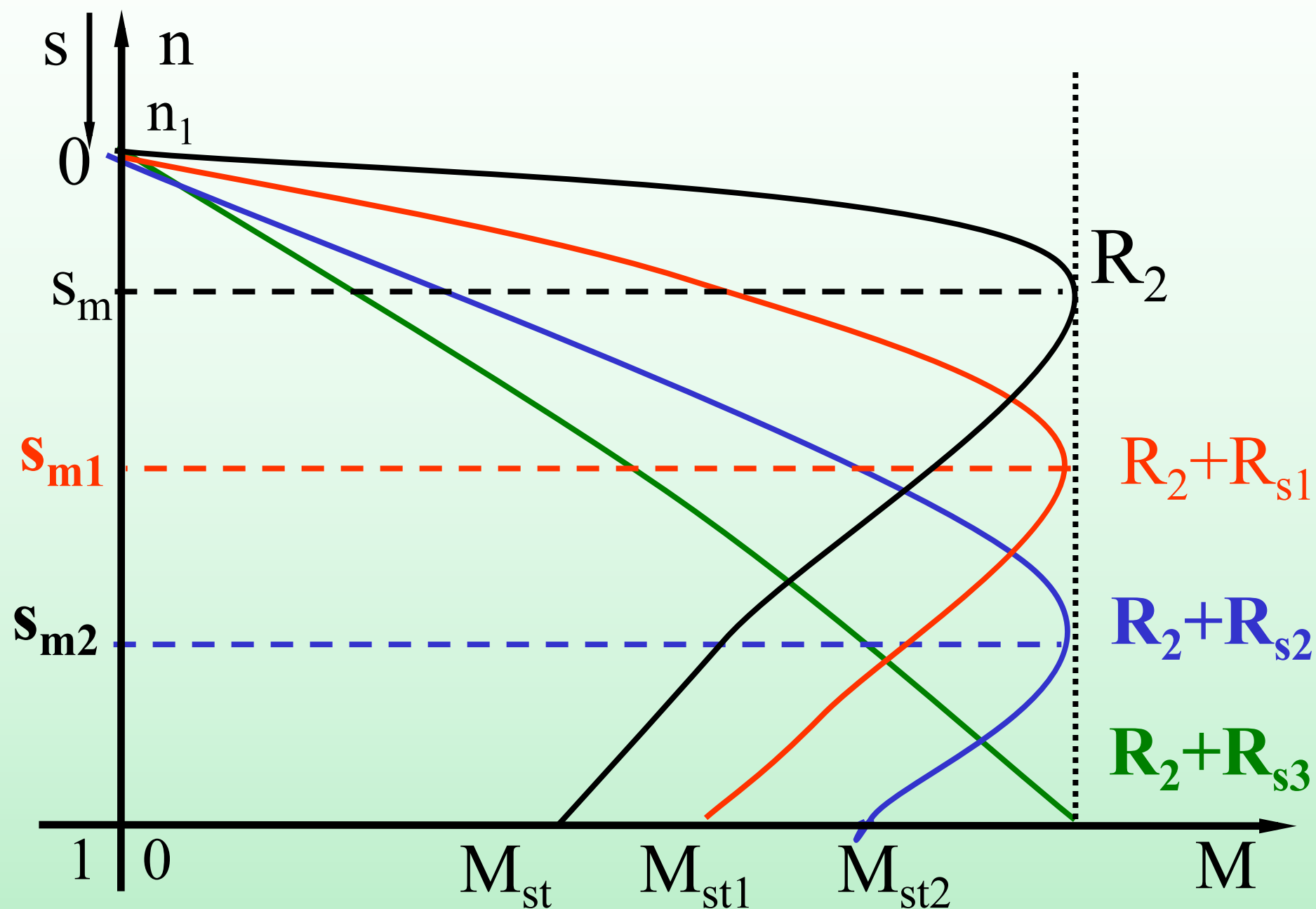
$$M_{st} = K'_m \frac{R_2 U_1^2}{R_2^2 + (X_{20})^2}$$

当 $R_2$ 定值时  $U_1 \uparrow$   $M_{st} \uparrow$



# 对不同 $R_2$ , $n \sim f(M)$ 曲线的特性

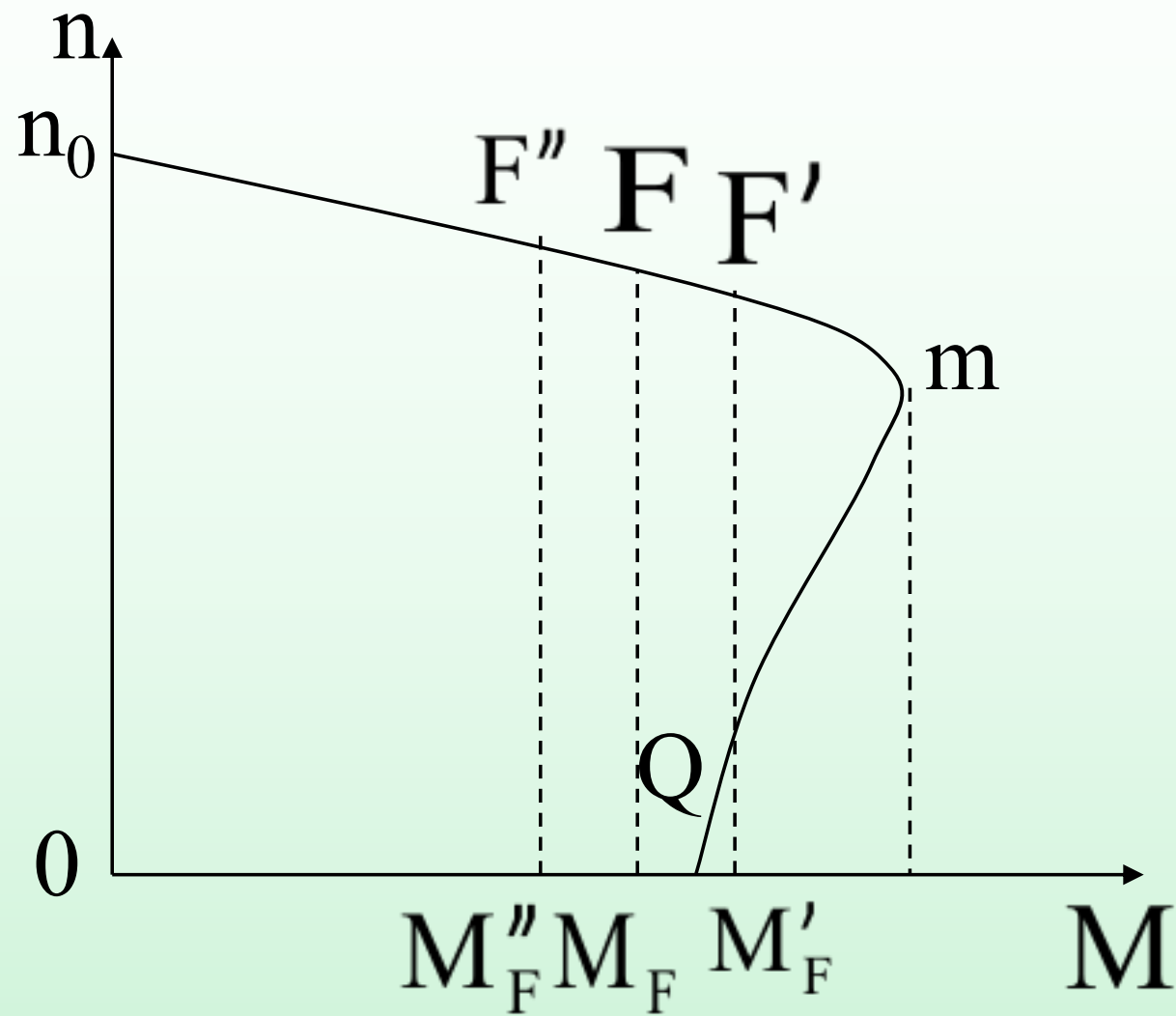
当 $U_1$ 定值时  $R_2 \uparrow \quad M_{st} \uparrow \quad S_m \uparrow \quad M_{max}$  不变



从机械特性可知：

- 起动转矩必须大于生产机械的阻力转矩才能起动，否则只能空载或轻载起动。
- 最大转矩必须大于生产机械的最大阻力转矩才能运行中不停机。
- 在额定情况下运行最经济。

# 电动机的稳定运行过程



例：已知 $P_N = 4\text{kw}$ ,  $n_N = 1440\text{r/min}$ ,  $\lambda = M_{\max} / M_N = 2$ ,  
 $M_{\text{st}} / M_N = 1.6$ ,  $\eta_N = 84\%$ ,

求 $M_N$ ,  $M_{\text{st}}$ ,  $M_{\max}$ ,  $P_{1N}$  (输入额定功率)

$$\text{解： } M_N = 9550 \frac{P_N}{n_N} = 9550 \frac{4}{1440} = 26.5 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{st}} = 1.6 M_N = 1.6 \times 26.5 = 42.4 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{\max} = 2.0 \times M_N = 2 \times M_N = 2 \times 26.5 = 53 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\eta_N = \frac{P_N}{P_{1N}}; P_{1N} = \frac{P_N}{\eta_N} = \frac{4}{0.84} = 4.76 \text{kw}$$

例：两台异步电动机额定功率均为55KW，前者转速980转/分，后者转速2960转/分，试求额定运行时电磁转矩有多大。

$$\text{解： } M_{N1} = 9550 \frac{P_N}{n_N} = 9550 \frac{55}{980} = 536 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{N2} = 9550 \frac{P_N}{n_N} = 9550 \frac{55}{2960} = 177 \text{N} \cdot \text{m}$$

转速越大，电磁转矩越小；转速越小，电磁转矩越大

## 3.5 异步电动机的起动

1. 起动定义：电动机接到电源上，从静止状态到稳定运行状态的过程。
2. 起动电流： $n=0, S=1$ 时的电流。

起动性能: 起动电流、起动转矩、起动时间、绕组发热等。

起动要求:

- (1) 起动电流尽量小，以减小对电网的冲击；减小起动电流，但起动转矩须满足负载要求。
- (2) 起动转矩尽量大，以缩短起动时间；
- (3) 起动方法可靠、正确，启动设备简单、经济，功率损耗小

# 1、直接起动（全压起动）

- 直接加额定频率的额定电压
- 优点：设备简单，操作方便，时间短。
- 缺点：起动电流大，要求电网压降变化较小。
- 适用条件：小容量电动机带轻载的情况起动。

在10kw以上的电动机符合下列算式允许直接起动。

$$\frac{I_{st}}{I_N} \leq \frac{1}{4} \left[ 3 + \frac{\text{电源总容量 (KVA)}}{\text{起动电动机的容量 (KW)}} \right]$$

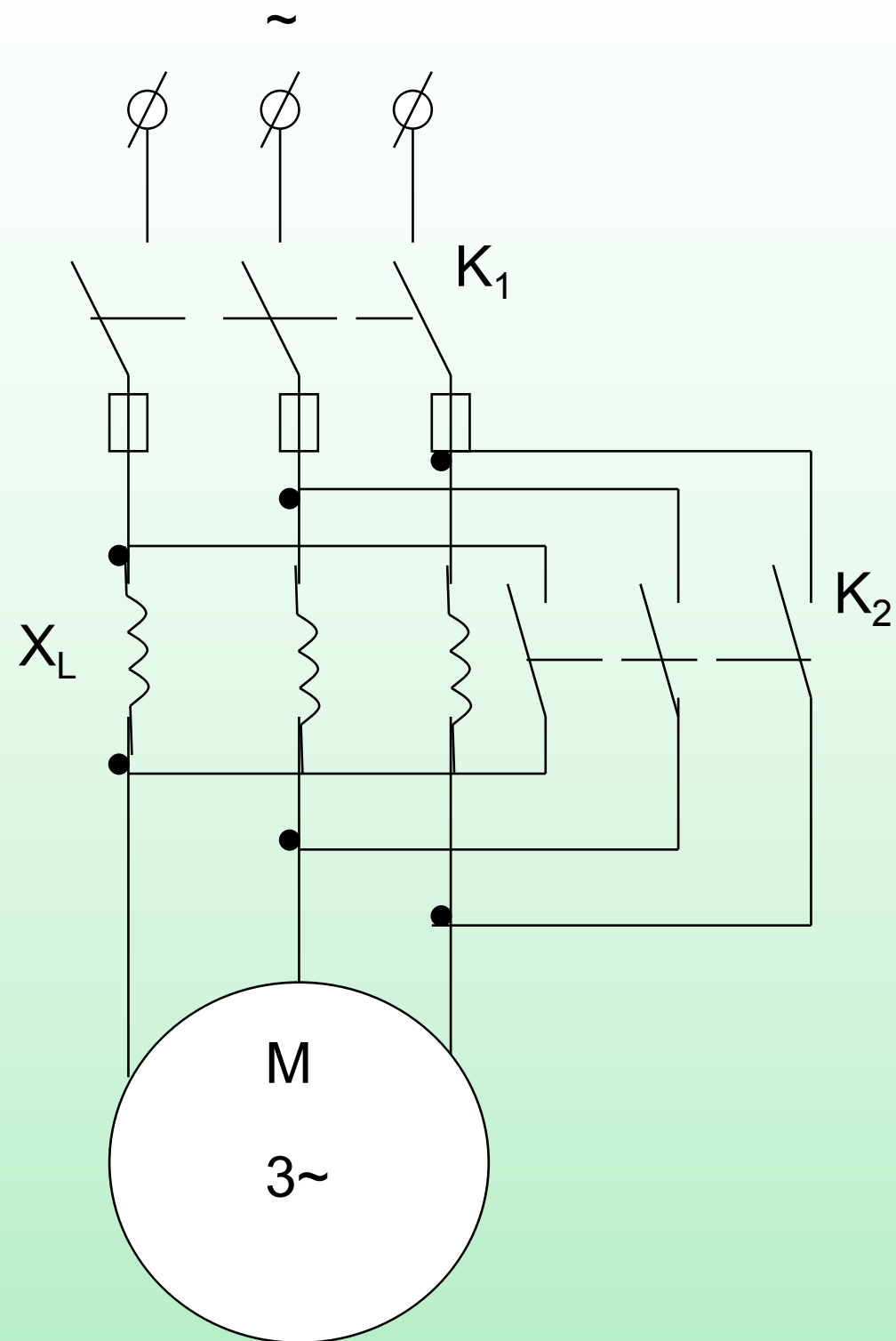
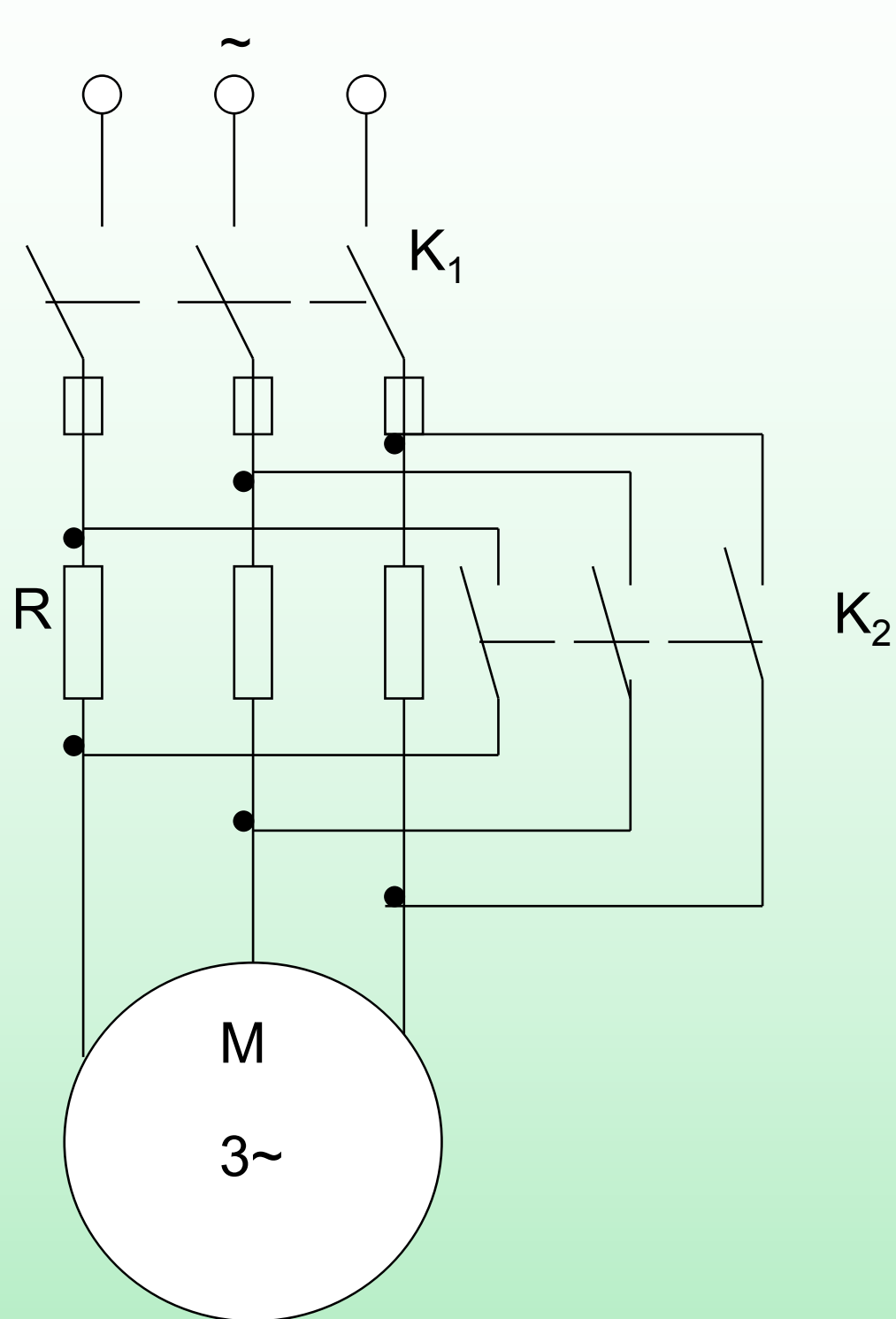
## 2. 降压启动

当电动机负载比较轻时，可采用降压启动以减小启动电流。即启动时，降低加在电动机定子绕组电压，启动时电压小于额定电压，待电动机转速上升到一定数值后，再使电动机承受额定电压，可限制启动电流。

- (1) 串接电阻或电抗器降压启动
- (2) Y- $\Delta$ 启动
- (3) 自耦变压器启动



# (1) 串接电阻或电抗器降压启动



## (2) Y- $\Delta$ 启动

大中型异步电动机启动时将定子绕组接成Y，转速升高到额定值时再接成 $\Delta$ 。

若电源电压为380V(线与线之间)

Y型连接时

$$\text{相电压 } U_1 = 220\text{V} = \frac{380}{\sqrt{3}}$$

相电流:  $I_1$   
线电流:  $I_1$

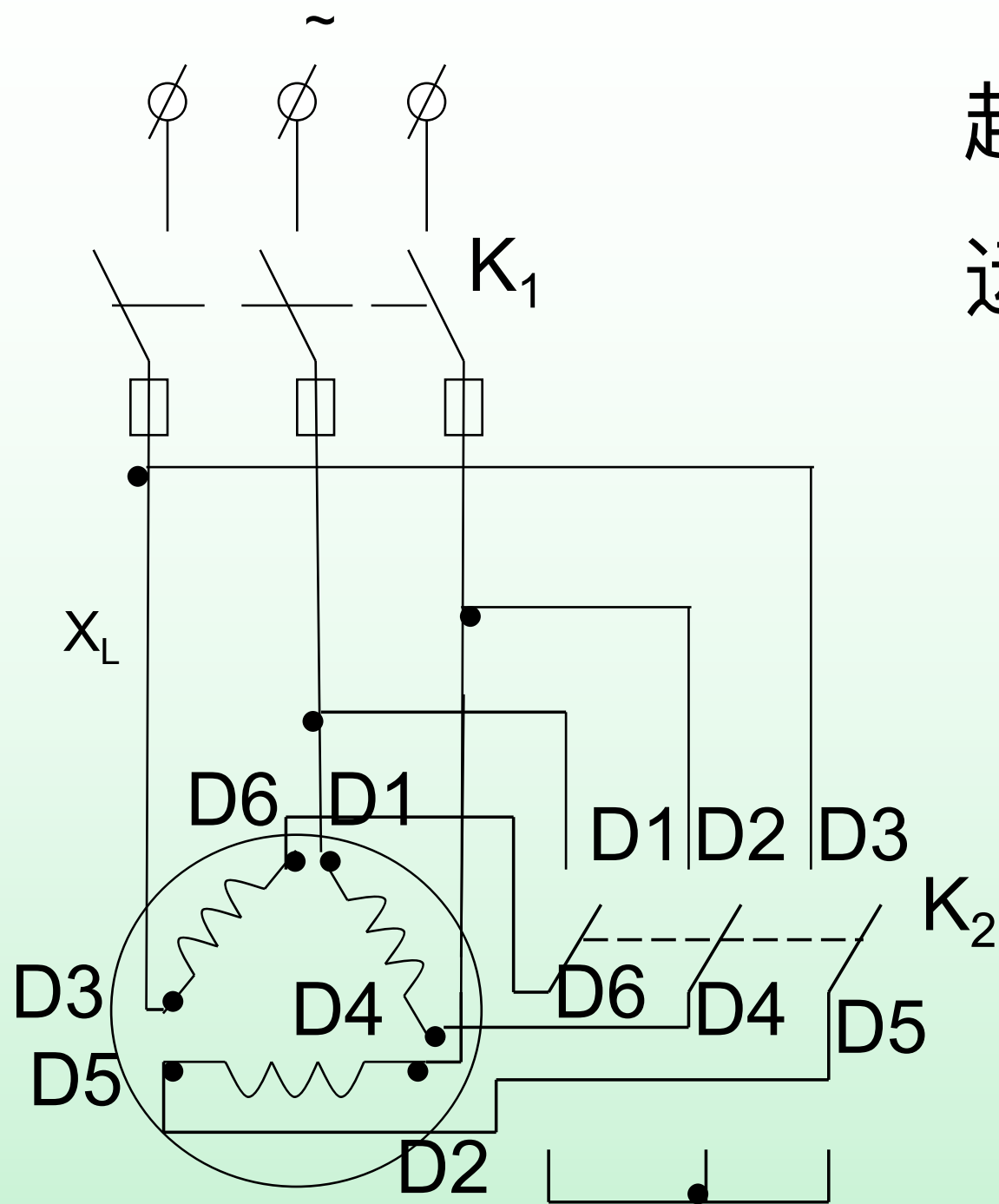
$\Delta$ 型连接时

$$\text{相电压} = \text{线电压} = 380\text{V} = \sqrt{3}U_1$$

相电流:  $\sqrt{3}I_1$

线电流:  $3I_1$

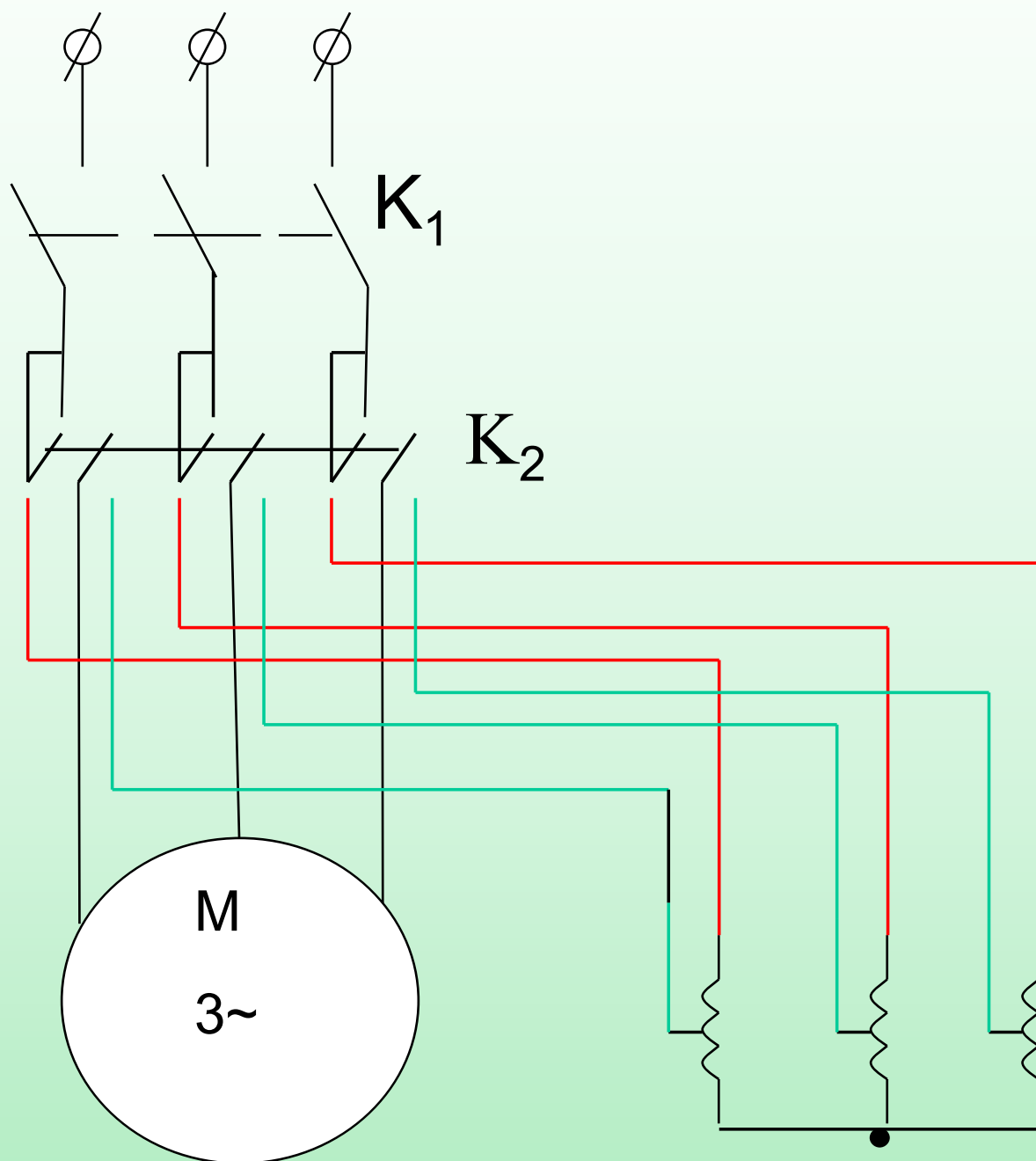
优点：每相定子绕组所承受的电压降低为线电压的 $1/\sqrt{3}$ ，而电流却减少为原来的 $1/3$ 。



起动时,  $k_1$  闭合,  $k_2$  向下 Y  
运行时,  $k_1$  闭合,  $k_2$  向上  $\Delta$

### (3) 自耦变压器起动

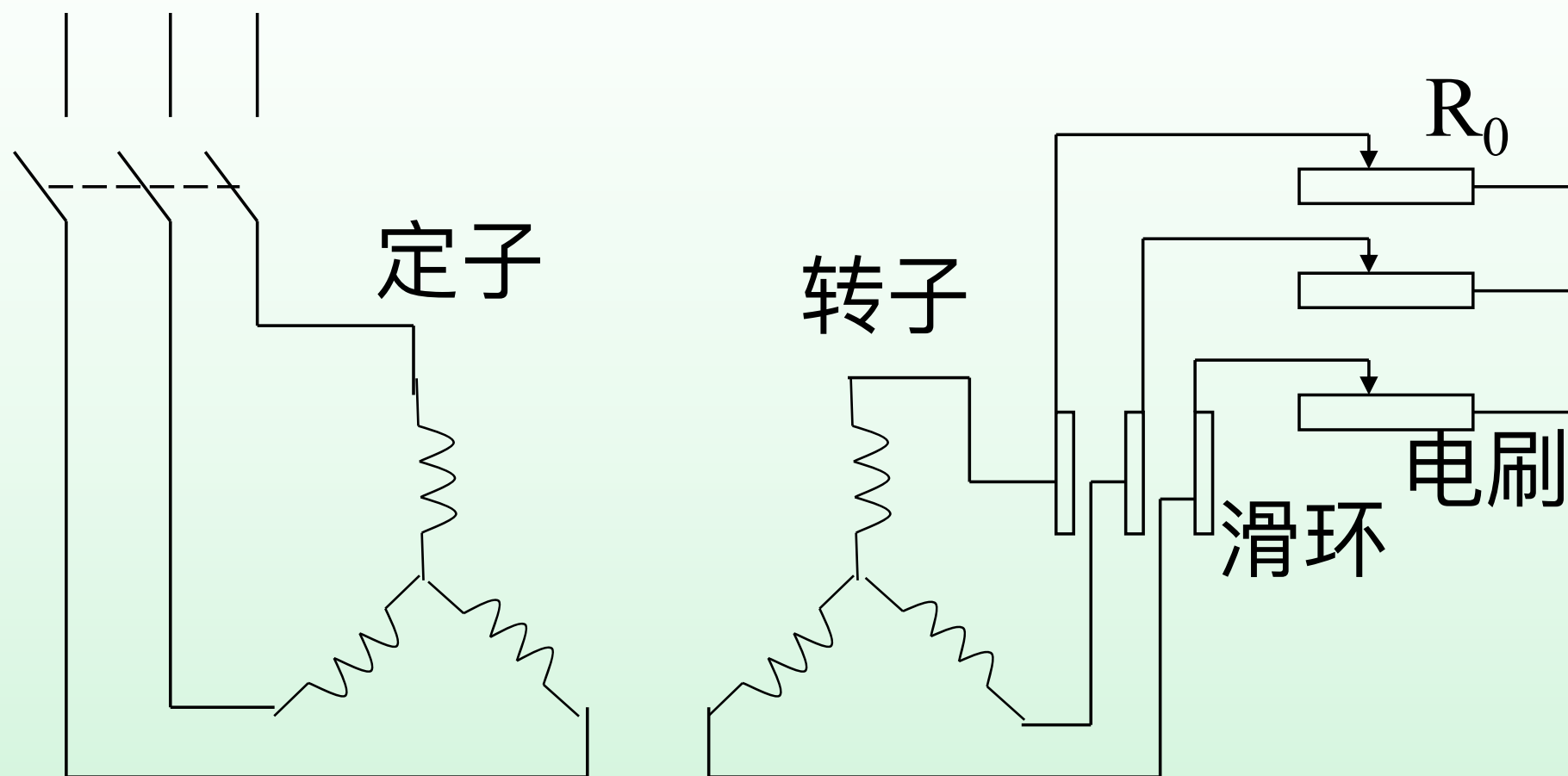
用自耦变压器把电压降低，原边接电网，副边接电机，副边有几个不同的电压输出。



起动时 $K_1$ 闭合， $K_2$ 向下自耦变压器原边接电网，副边接电动机。

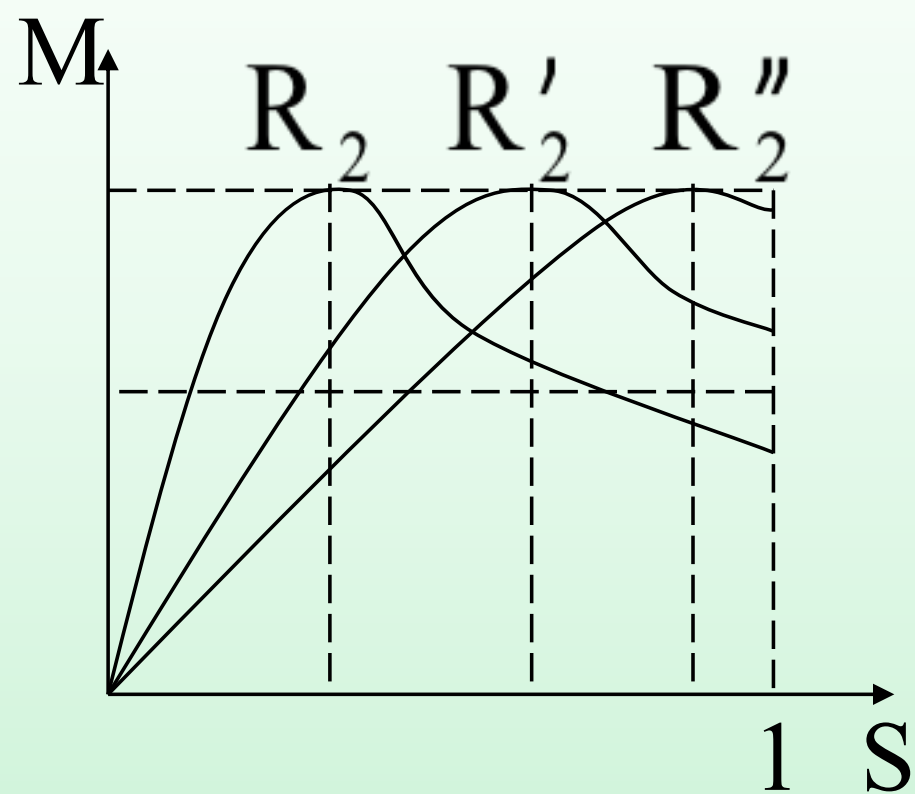
正常时 $K_1$ 闭合， $K_2$ 向上，不经过自耦变压器。

## 3.5.3 绕线式异步电动机的起动



由于临界转差率

$$R_2 < R'_2 < R''_2$$



$$S_m = \frac{R_2}{X_{20}}, \text{与 } R_2 \text{ 成正比}$$

$$M_{\max} = K'_m \frac{U_1^2}{2X_{20}} \text{ 与 } R_2 \text{ 无关}$$

因此当  $R_2$  增大时,

$M = f(s)$  曲线随之变化。

$$M_{\text{st}} = K'_m \frac{R_2 U_1^2}{R_2^2 + X_{20}^2} \text{ 将增大}$$

$R_2$  的增大减小了起动电流,  
同时起动转矩增大

## 3.6 异步电动机的调速

{ 电气方法  
机械方法

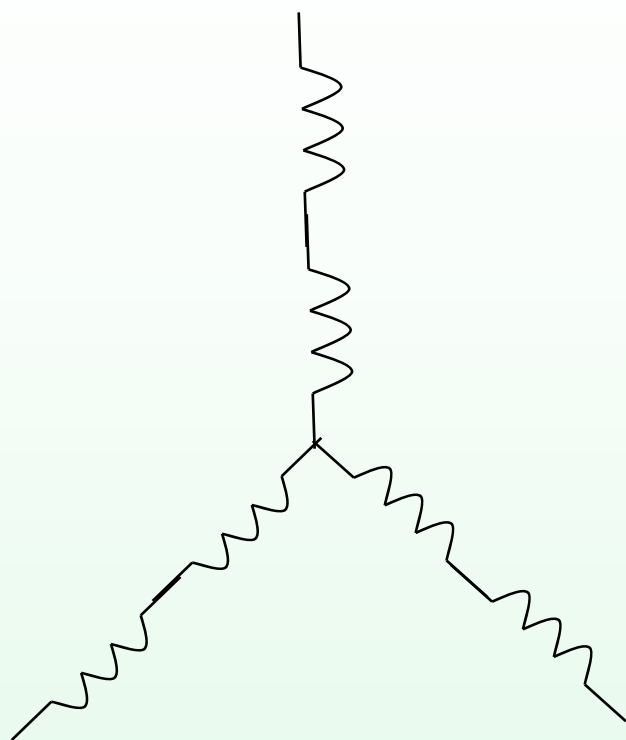
转速:  $n = (1 - S) n_0 = (1 - S) \frac{60f}{P}$

电气方法 { 改变f  
改变P (鼠笼型较多采用)  
改变S (绕线型较多采用)

# 1、改变P调速

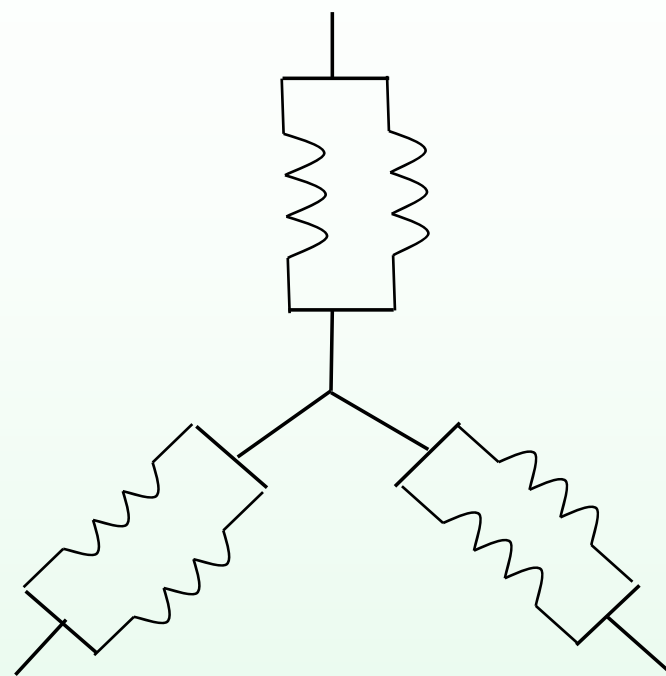
改变磁极对数就是改变定子绕组的接线方式，通过将每相绕组做成相同的两部分，这两部分可以串联也可以并联，使其中的电流方向和磁力线方向改变来获得磁极数目的改变。由于P只能成倍变化，所以这种调速是有级的而非平滑的。





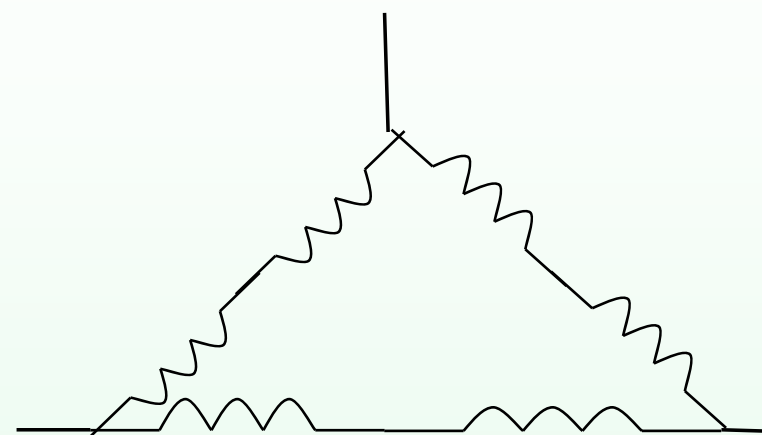
Y连接

串联4极



YY连接

并联2极



Δ连接

串联4极

适用于鼠笼式异步电动机

## 2.改变转差率调速

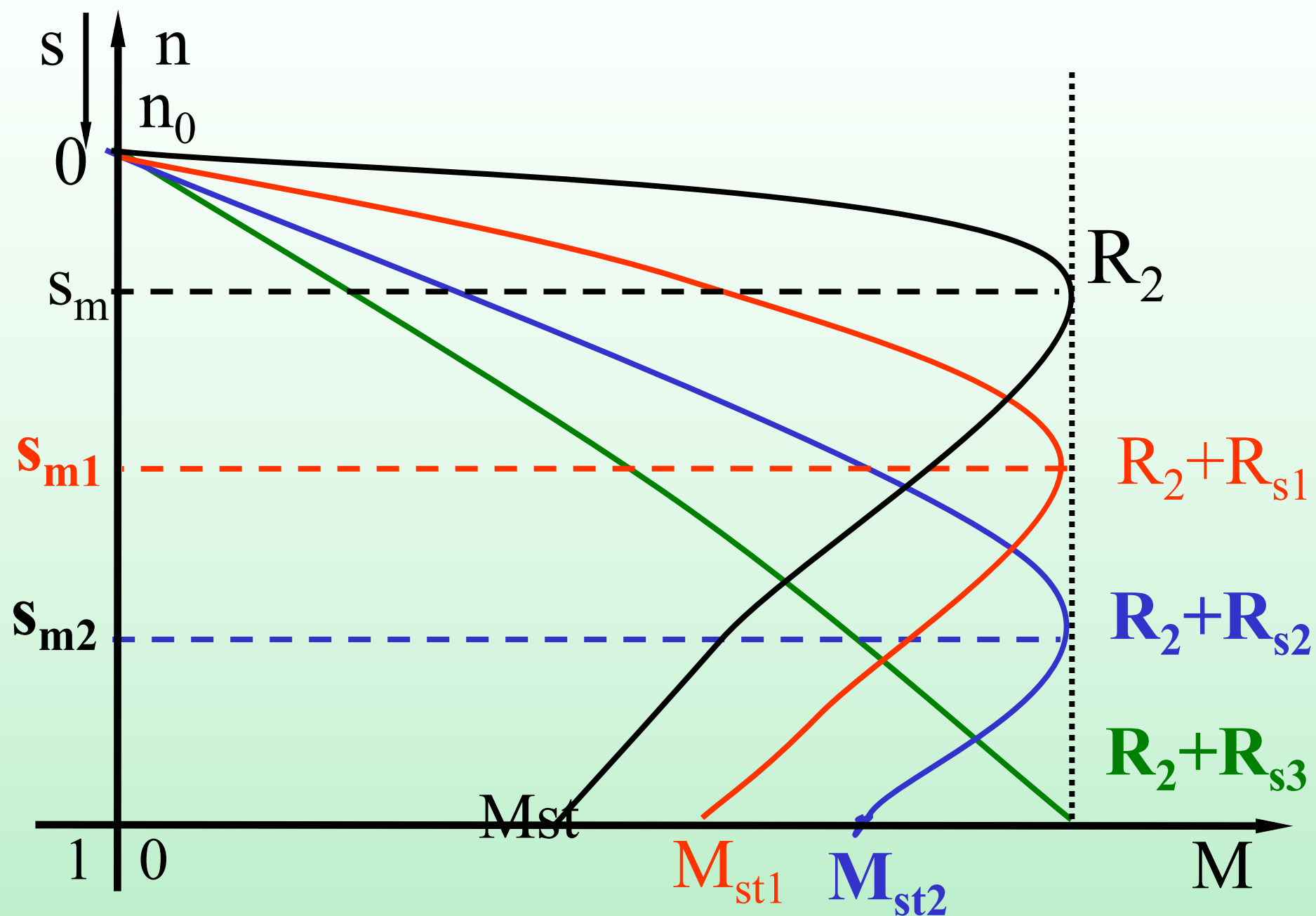
(1) 通过改变串联在转子电路中的电阻来改变转差率。

调速前，电磁转矩与负载转矩平衡，电机稳定运行，当外串电阻后临界转差率增大，最大转矩不变。

$$M = K_m \Phi I_2 \cos \varphi_2 = K'_m \frac{SR_2 U_1^2}{R_2^2 + (SX_{20})^2}$$

$$S = S_m = \pm \frac{R_2}{X_{20}} (\text{取正值}) \Rightarrow M_{\max} = K'_M \frac{U_1^2}{2X_{20}}$$

# 转子回路串电阻时的机械特性



转子电路的电阻愈大，则临界转差率也愈大，机械特性变软，曲线向下移动，输出转矩一定的条件下，改变转子电路中的附加电阻就能得到不同的转速。

- 转子串电阻时，同步转速不变。
- 电阻增大，机械特性变软，低速运行时的相对稳定性越差，故调速范围受到限制。
- 附加电阻的存在电能损耗增加，效率降低，但可实现无级调速。
- 方法简单，操作方便，应用广泛。

## (2) 转子串电势

为了克服转子串电阻损耗过多，采用串接电势来代替串电阻，通过改变电势大小和相位来调速，从而减小铜耗。

$$I_2 = \frac{SE_2 \pm E_w}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}}$$

当 $E_w$ 与 $E_2$ 相位相反：

$I_2 \downarrow \Rightarrow M \downarrow \Rightarrow M < M_F \Rightarrow n \downarrow \Rightarrow M \neq M_F \Rightarrow$  减速

当 $E_w$ 与 $E_2$ 相位相同：

$I_2 \uparrow \Rightarrow M \uparrow \Rightarrow M > M_F \Rightarrow n \uparrow \Rightarrow M \neq M_F \Rightarrow$  加速

### 3、变频调速

- 改变供电电源的频率

方法：交流—直流—交流

三相交流电压  $\Rightarrow$  整流器  $\Rightarrow$  直流电压  
 $\Rightarrow$  晶闸管逆变器  $\Rightarrow$  所需频率的交流电源

目前变频技术成熟，应用广泛，可实现无级调速。

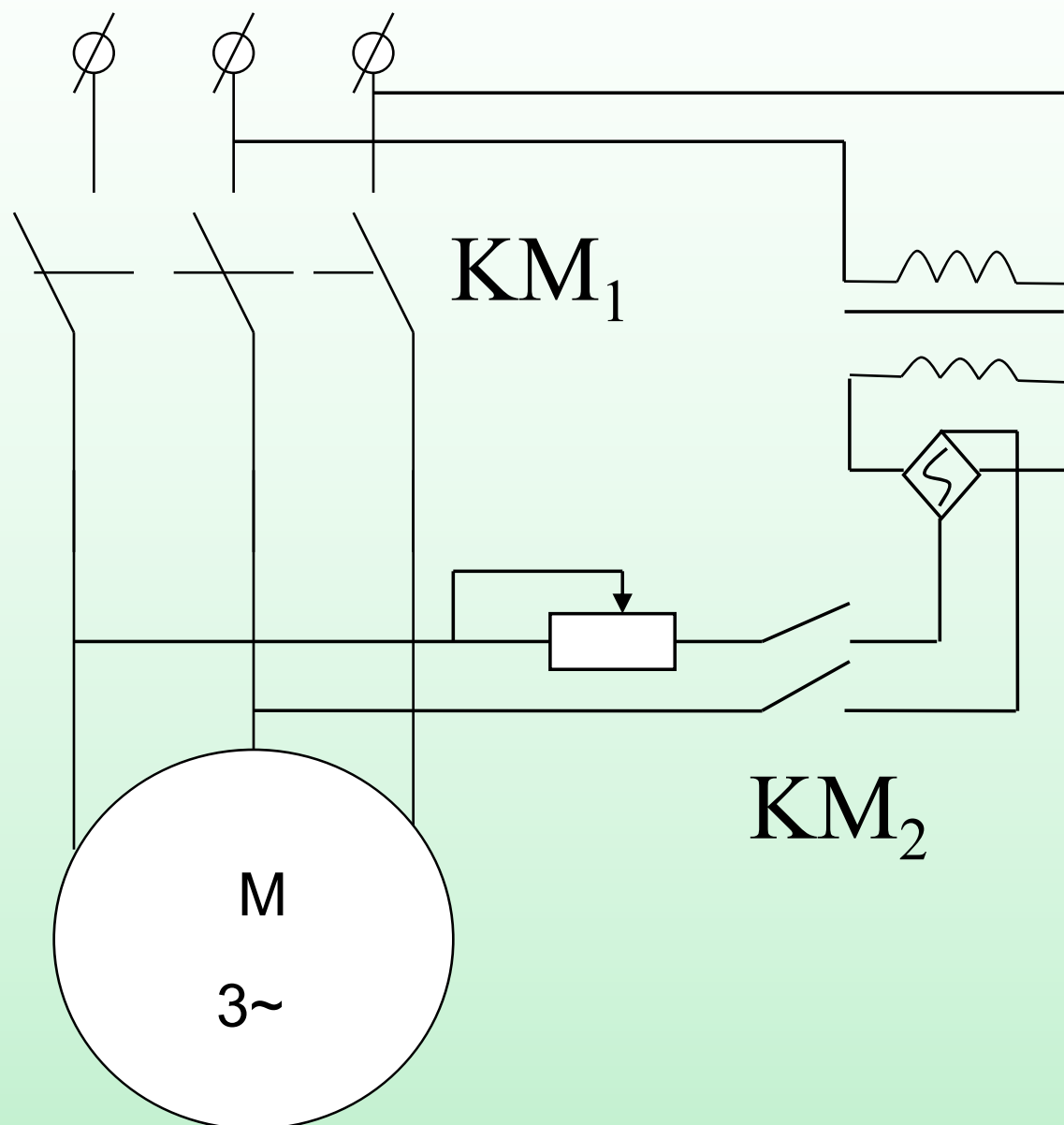
## 3.7 异步电动机的制动

目的：满足生产工艺要求，缩短辅助时间，提高生产效率。

主要利用电动机本身反向电磁转矩来制动。 $M$ 与 $n$ 方向相同，则 $M$ 起拖动作用。 $M$ 与 $n$ 方向相反，则 $M$ 起制动作用。

方法：能耗制动  
反接制动  
反馈制动

# 1、能耗制动



运行状态：

$KM_1$ 闭， $KM_2$ 开

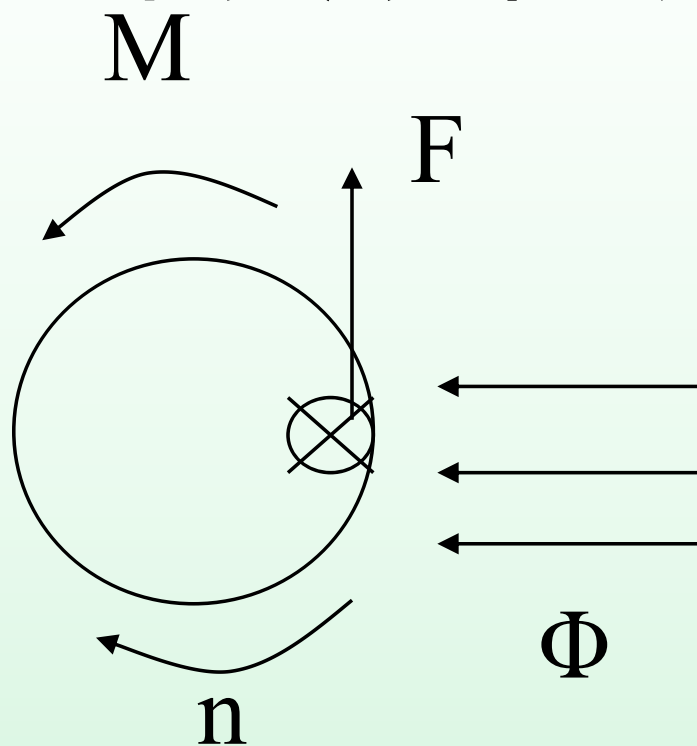
制动状态：

$KM_1$ 开， $KM_2$ 闭

电阻R控制制动电流的大小。



# 制动原理：通过直流电建立稳定磁场来实现制动。



通直流电建立稳定磁场，转子继续按原方向转动产生 $I_2$ ，此时产生的 $M$ 与 $n$ 方向相反为制动转矩，

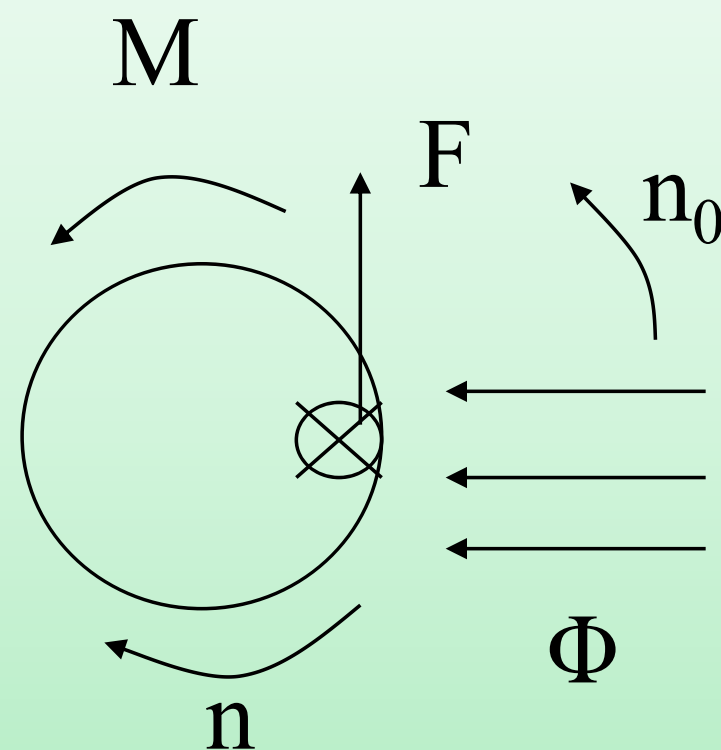
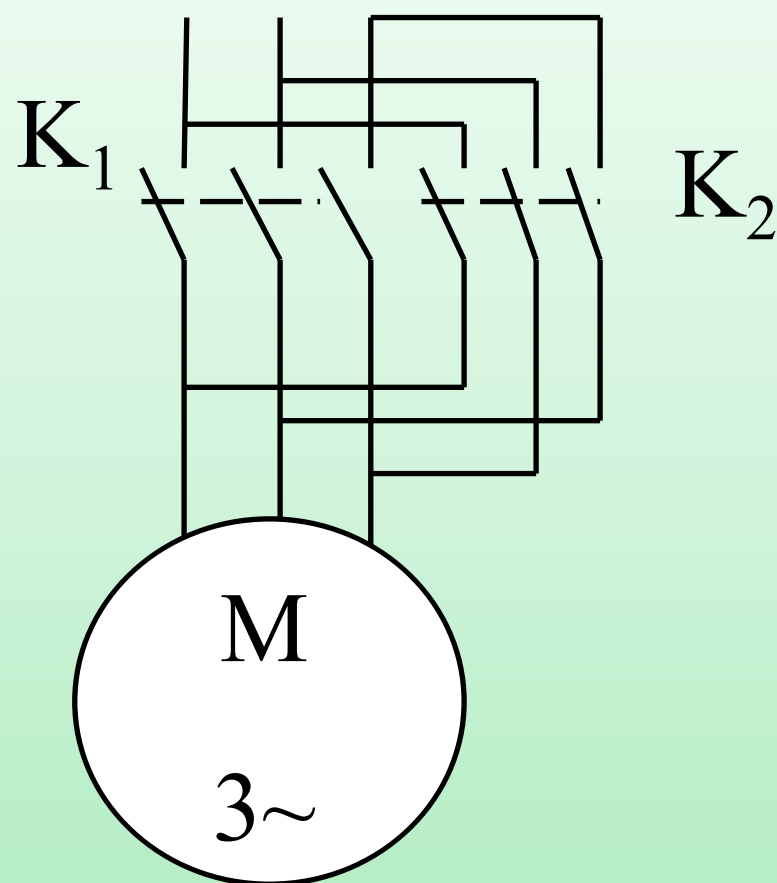
$$n \downarrow \rightarrow E_2 \downarrow I_2 \downarrow \rightarrow M \downarrow \rightarrow n \downarrow \rightarrow n=0, \\ M=0$$

优点是制动平稳、停机准确；缺点是需要外加直流电源。

将储存在电动机中的动能转化为电能消耗在转子电路中，称为能耗制动。

## 2.反接制动

反接制动利用定子两相电源对调，使电动机的旋转磁场与原来方向相反达到制动。一般电动机转速下降到40r/min时要切断电源，否则容易反转。反接制动时，转子中感应电流很大，要串入限流电阻。



### 3.再生制动

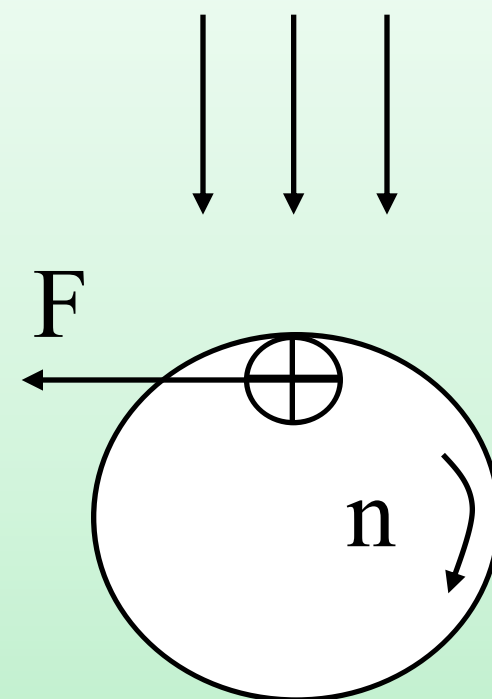
利用转速超过同步转速所产生的制动转矩来实现制动。

正常运行时  $n < n_0$

制动状态:  $n > n_0$ , 此时产生的电磁转矩与  $n$  方向相反

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0} < 0$$

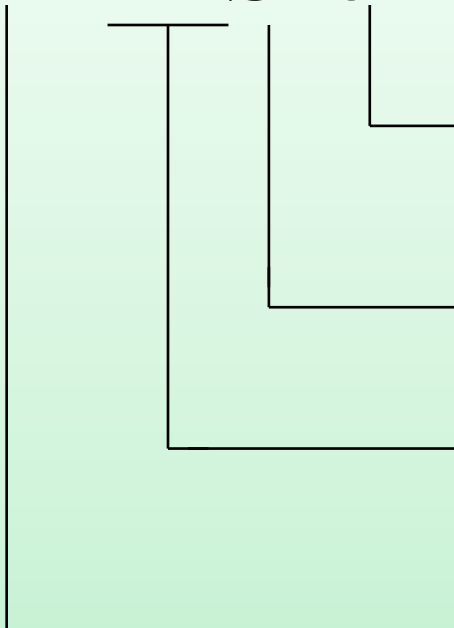
增加  $n$  的方法: 起重机吊重物下降;  
多速电动机换速。



## 3.8 三相异步电动机的铭牌数据

一、型号：大写印刷体汉语拼音字母和数字表示（p69）。

例如： Y 112S-6



- 极数6极
- 短机座
- 规格代号：中心高112mm
- 产品代号：异步电动机

## 二、额定值

- ① **额定功率 $P_N$** : 电动机在额定情况下运行, 轴上输出的机械功率, 单位为W, kW。
- ② **额定电压 $U_N$** : 电动机在额定情况下运行, 施加在定子绕组上的线电压, 单位为V。如220/380V。  
$$(1 - 5\%) U_N < \text{使用电压} < (1 + 10\%) U_N$$
- ③ **额定频率 $f_N$** : 50Hz。
- ④ **额定电流 $I_N$** : 电动机在额定电压、额定频率下轴端输出额定功率时, 定子绕组的线电流单位为A。如16.4/9.5A
- ⑤ **额定转速 $n_N$** : 电动机在额定电压、额定频率、轴端输出额定功率时, 转子的转速, 单位为r/min。
- ⑥ **定额**: 连续、短时、断续工作方式。
- ⑦ **绝缘等级和温升**。

# 三、电动机的铭牌

铭牌上记录着电动机的额定数据和技术要求。

## 三相异步电动机铭牌

型号JO <sub>2</sub> -51-4	额定功率	4.5千瓦	接法	Δ/Y
额定电压 220V/380V	额定电流16.4/9.5A			
额定频率50HZ	额定转速1440转/分			
绝缘等级A	温升 60度	定额连续		
技术条件GB742-66		重量65公斤	XX电机制造厂 年 月	

## 四、异步电动机的技术数据

(1)额定功率因素：在额定运行时加额定负载，定子每相绕组的功率因素。

(2)额定输入功率：额定运行时定子输入功率

$$P_{1N} = \sqrt{3}U_N I_N \cos \varphi_N$$

(3)额定效率： $\eta_N = \frac{P_N}{P_{1N}} \times 100\%$

$$P_N = P_{1N} \times \eta_N = \sqrt{3}U_N I_N \cos \varphi_N \eta_N$$

(4) $I_{st}/I_N$ :  $I_N$ 根据连接情况有两个选项

(5)额定转矩 $M_N = 9550 * P_N / n_N$

(6) $M_{st}/M_N$ ,  $M_{max}/M_N$

型号		JO2-41-4
额定功率 (KW)		4
额定电压 (V)		220/380
满载时	速度 (r/min)	1440
	电流A	14.7/8.5
	功率因素	0.85
	效率 (%)	84
起动电流/额定电流		7.0
起动转矩/额定转矩		1.6
最大转矩/额定转矩		2.0
重量		60



例：一台三相异步电动机（鼠笼型） $P_N=5.5\text{KW}$ ， $n_N=980\text{r/min}$ ，功率因素=0.8，三角形接法。求： $n_0$ ， $S_N$ ， $M_N$ 。

$$\text{解： } n_N = 980\text{r / min}, S_N = \frac{n_0 - n_N}{n_0} \times 100\% \quad S_N \in 2\% \sim 6\%$$

$$\text{当 } P = 3 \text{ 时, } n_0 = 1000\text{r / min}; S_N = \frac{n_0 - n_N}{n_0} \times 100\% = 0.02$$

$$M_N = 9550 \frac{P_N}{n_N} = \frac{9550 \times 5.5}{980} = 53.6\text{N} \cdot \text{m}$$

例：有三相绕线式异步电动机， $f=50\text{Hz}$ ， $P_N=10\text{KW}$ ， $n_N=1475\text{r/min}$ ，若负载转矩不变，转子绕组中接入电阻使转速下降到 $1100\text{r/min}$ ，试求消耗在这个电阻中的功率。

$$\text{解： } M_N = \frac{P_N}{\frac{2\pi n_N}{60}} = \frac{10000}{154.46} = 64.741\text{N} \cdot \text{m}$$

现负载转矩不变，即额定转矩不变，

$$M_N = \frac{P_2}{\frac{2\pi n}{60}} \Rightarrow P_2 = M_N \times \frac{2\pi \times 1100}{60} = 7.4576\text{KW}$$

故消耗在外串电阻中的损耗 $P_R = P_N - P_2 = 10 - 7.4576 = 2.5424\text{KW}$

## 例：异步电动机

$P_N$ kw	$n_N$ r/min	$U_N$	$\eta_N$ %	$\cos\varphi_N$	$M_{st}/M_N$	$I_{st}/I_N$	接线
10	1460	380	86.8	0.88	1.5	6.5	Y

求： $I_N$ ；用自耦变压器降压起动，使电动机起动转矩为 $M_N$ 的80%，试确定抽头为（80% $U_N$ ，60% $U_N$ ，40% $U_N$ ）中的哪一种？

解： (1) 
$$I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3}U_N \cos \varphi_N \eta_N} = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.88 \times 0.868} = 19.891 \text{ A}$$

由于 
$$\begin{cases} M'_{st} = 80\% M_N \\ M_{st} = 1.5 M_N \\ M_{st} = \frac{K_m R_2 U_1^2}{R_2^2 + X_{20}^2} \Rightarrow M_{st} \propto U_1^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{M_{st}}{M'_{st}} = \frac{U_1^2}{U_1'^2} = K^2$$

$$K = \sqrt{\frac{M_{st}}{M'_{st}}} = \sqrt{\frac{1.5 M_N}{0.8 M_N}} = \sqrt{\frac{1.5}{0.8}} = 1.3693$$

$$\frac{U_N}{U_{st}} = K \Rightarrow U_{st} = \frac{1}{1.3693} U_N = 73.07\% U_N$$

及选用80% $U_N$ 的抽头。

例一台JO<sub>2</sub>-82-4型三相异步电动机，其额定数据如表

$P_N$ kw	$n_N$ r/min	$\eta_N$ %	$\cos\varphi_N$	$M_{\max}/M_N$	$M_{st}/M_N$	$I_{st}/I_N$	接线
40	1470	90	0.9	2.0	1.2	6.5	$\Delta$

求： $I_N$ ， $S_N$ ， $M_N$ ， $M_{\max}$ ， $M_{st}$

$$(1) I_N = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3} U_N \cos \varphi_N \eta_N} = \frac{40 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.9 \times 0.9} = 75 \text{A}$$

(2) 因为  $n_N = 1470 \text{r/min}$ ,  $P = 2 \Rightarrow n_0 = 1500 \text{r/min}$

$$S_N = \frac{n_0 - n_N}{n_0} = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0.02$$

$$(3) M_N = 9550 \frac{P_N}{n_N} = 9550 \frac{40}{1470} = 259.9 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{\max} = 2 \times M_N = 2 \times 259.9 = 519.8 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{st} = 1.2 \times M_N = 1.2 \times 259.9 = 311.8 \text{N} \cdot \text{m}$$

例上题中①若 $M_F=274.4\text{N}\cdot\text{m}$ ，问在 $U=U_N$ 和 $U=0.9U_N$ 下电动机能否起动？②采用Y- $\Delta$ 起动时的起动电流和起动转矩；③当负载转矩为 $M_N$ 的50%，30%时，电动机能否起动？

解：(1) $U=U_N$ 时， $M_{st}=311.8\text{N}\cdot\text{m}$ ， $M_{st}>M_F$ ，能起动。

$U=0.9U_N$ 时， $M_{st}=(0.9)^2\times 311.8=252.6\text{N}\cdot\text{m}$ ， $M_{st}<M_F$ ，不能起动。

(2) 起动电流： $I_{st\Delta}=6.5I_N=6.5\times 75=487.5\text{A}$

$$I_{stY}=\frac{1}{3}I_{st\Delta}=\frac{1}{3}\times 487.5=162.5\text{A}$$

$$\text{起动转矩： } M_{stY}=\frac{1}{3}M_{st\Delta}=\frac{1}{3}\times 311.8=103.9\text{N}\cdot\text{m}$$

(3) $M_F=0.5M_N=0.5\times 259.5=129.9\text{N}\cdot\text{m}\Rightarrow M_{stY}<M_F$ ，不能起动。

$M_F=0.3M_N=0.3\times 259.5=77.9\text{N}\cdot\text{m}\Rightarrow M_{stY}>M_F$ ，能起动。

## 例JO-51-4型三相异步电动机数据如表

$P_N$ kw	$U_N$ V	$n_N$ r/min	$\eta_N$ %	$\cos\varphi_N$	$M_{\max}/M_N$	$M_{st}/M_N$	$I_{st}/I_N$	接线
4.5	220/ 380	1440	85	0.85	2.0	1.4	6.5	$\Delta/Y$

求：  $P$ ，  $S_N$ ，  $M_N$ ，  $M_{st}$ ，  $M_{\max}$ ，  $Y$ 和 $\Delta$ 连接时的额定电流和  
起动电流。



(1)  $n_N = 1440\text{r/min}$ , 4极电机,  $n_0 = 1500\text{r/min}$ ,  $P = 2$

$$(2) S_N = \frac{n_0 - n_N}{n_0} \times 100\% = 4\%$$

(3) 星型连接  $U_N = 380\text{V}$ ,

$$I_N = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3} U_N \cos \varphi_N \eta_N} = \frac{4.5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85 \times 0.85} = 9.5\text{A}$$

三角型连接  $U_N = 220\text{V}$ ,

$$I_N = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3} U_N \cos \varphi_N \eta_N} = \frac{4.5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85 \times 0.85} = 16.4\text{A}$$



起动电流:  $I_{stY} = 6.5I_{NY} = 6.5 \times 9.5 = 61.75$

$$I_{st\Delta} = 6.5I_{N\Delta} = 6.5 \times 16.4 = 106.6A$$

$$(4)M_N = 9550 \times \frac{P_N}{n_N} = 9550 \times \frac{4.5}{1440} = 29.8N \cdot m$$

$$(5)M_{st} = 1.4M_N = 41.7N \cdot m$$

$$(6)M_{max} = 2M_N = 59.6N \cdot m$$

作业： 3.2、 3.5、 3.8、 3.13、  
3.14、 3.15、 3.18