



第7章 交流电动机

电气工程学院 刘宇



• 判断对错

1. 交流铁心线圈的功率损耗主要有铜损和铁损两种，其中，铜损可表达为 $\Delta P_{\text{cu}} = RI^2$ ✓

2. 对于变压器，下列表达是否正确

$$U_1/U_2 = K \quad \checkmark \quad I_1/I_2 = K \quad \times \quad Z'/Z = K^2 \quad \times$$

3. 变压器的效率可以表达为

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{\text{Cu}} + \Delta P_{\text{Fe}}} \quad \checkmark$$

$$\frac{|Z'|}{|Z|} = K^2$$



• 提纲

- 7.1 三相异步电动机的构造
- 7.2 三相异步电动机的转动原理
- 7.3 三相异步电动机的电路分析
- 7.4 三相异步电动机转矩与机械特性
- 7.5 三相异步电动机的起动
- 7.6 三相异步电动机的调速
- 7.7 三相异步电动机的制动
- 7.8 三相异步电动机铭牌数据
- 7.9 三相异步电动机的选择
- 7.10 同步电动机(略)
- 7.11 单相异步电动机

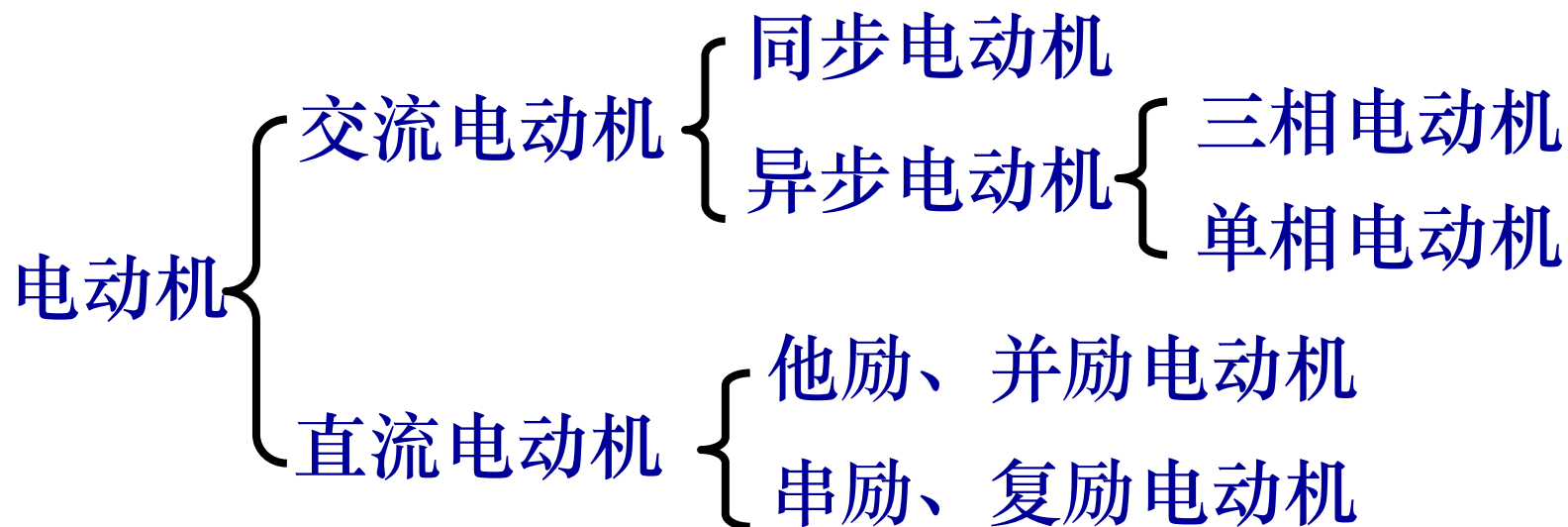


本章要求：

1. 了解三相交流异步电动机的基本构造和转动原理。
2. 理解三相交流异步电动机的机械特性，掌握起动和反转的基本方法，了解调速和制动的方方法。
3. 理解三相交流异步电动机铭牌数据的意义。



电动机的分类：

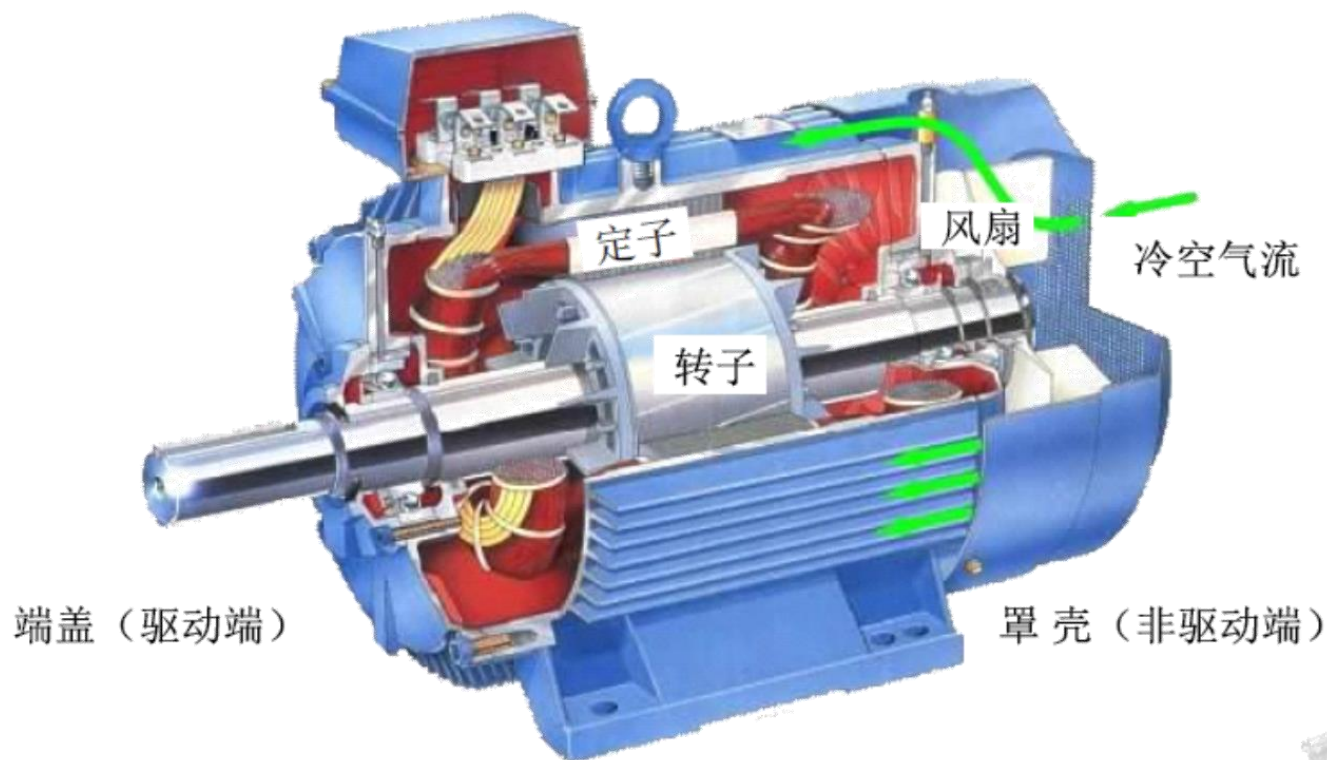


异步交流电动机授课内容：

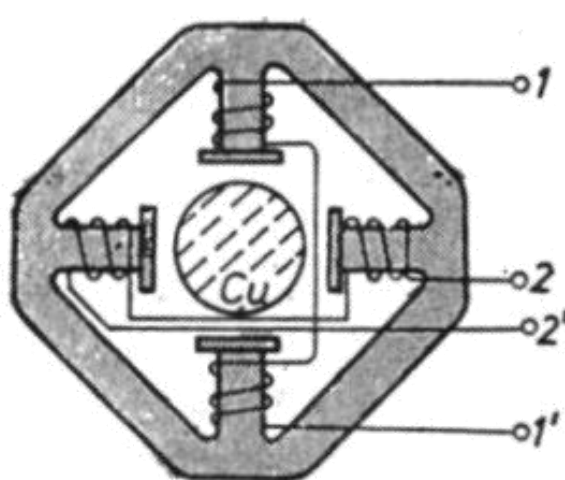
基本结构、工作原理、机械特性、控制方法



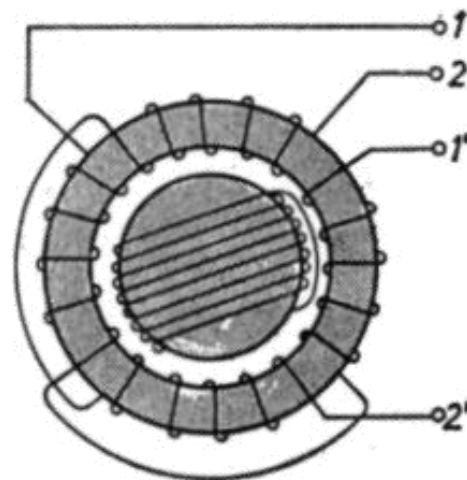
7.1 三相异步电动机的构造



异步电动机的发展历史



(a) Galileo Ferraris patent



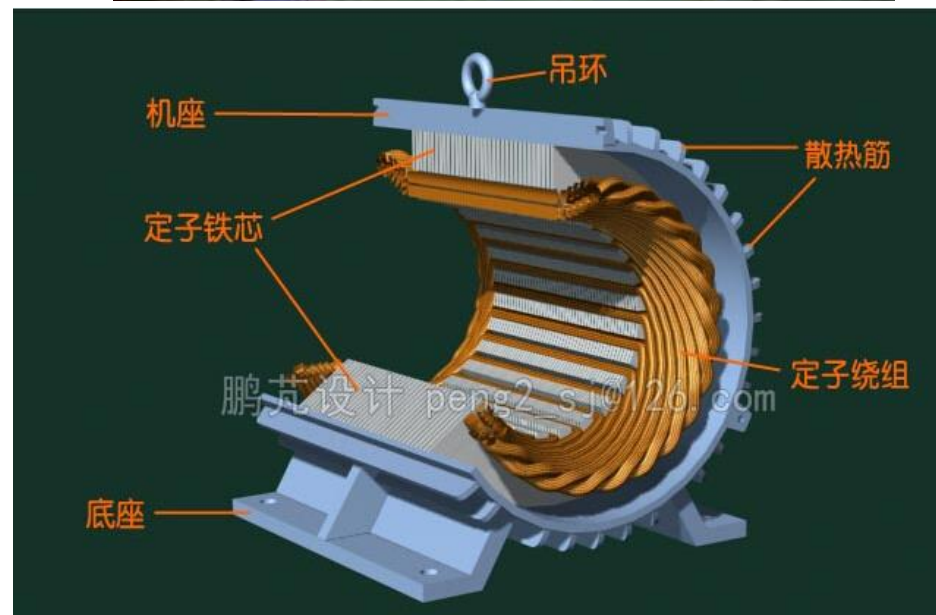
(b) Nicola Tesla patent (1886)

1. 定子

铁心：由内周有槽的硅钢片叠成。

三相绕组 $\begin{cases} U_1 \text{ --- } U_2 \\ V_1 \text{ --- } V_2 \\ W_1 \text{ --- } W_2 \end{cases}$

机座：铸钢或铸铁



2. 转子 { 笼型 绕线型

铁心： 由外周有槽的硅钢片叠成。

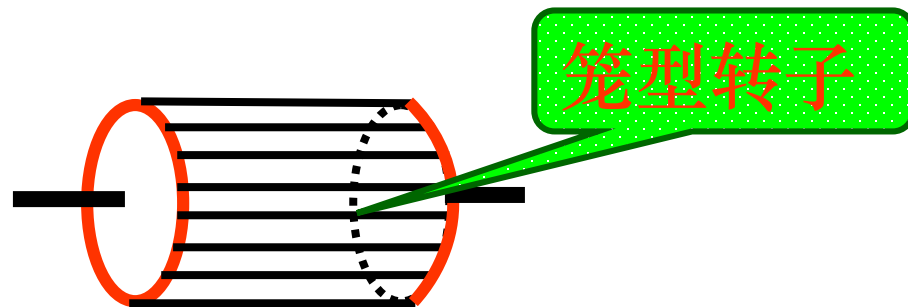
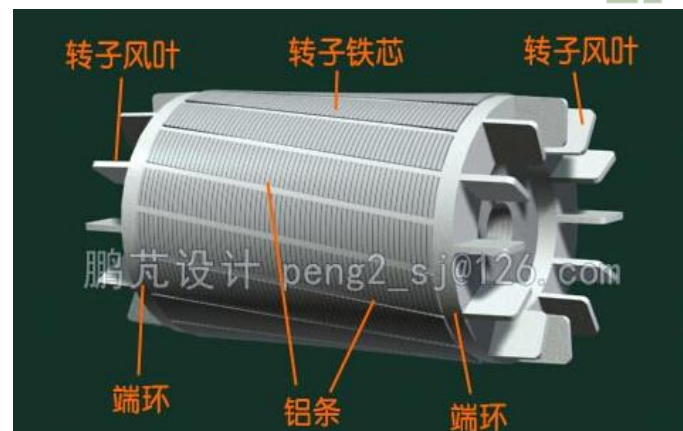
(1) 笼型转子

铁芯槽内放铜条，端部用短路环形成一体，或铸铝形成转子绕组。

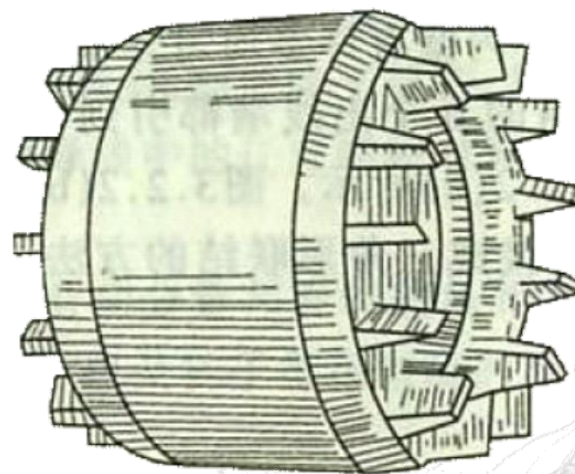
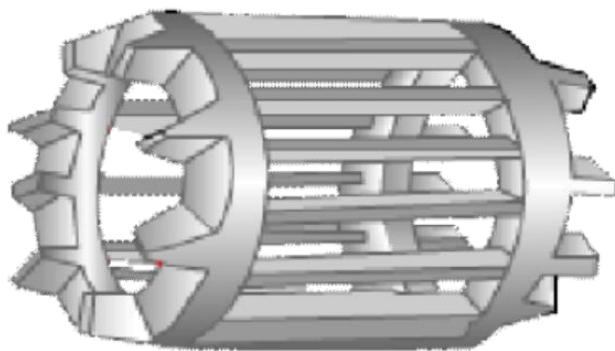
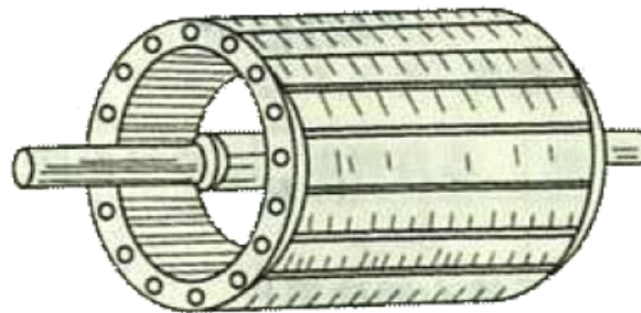
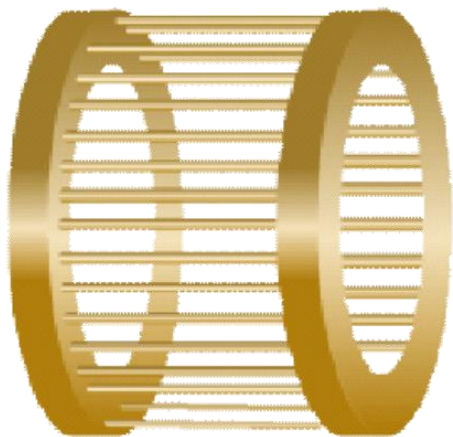
(2) 绕线型转子

同定子绕组一样，也分为三相，并且接成星形。

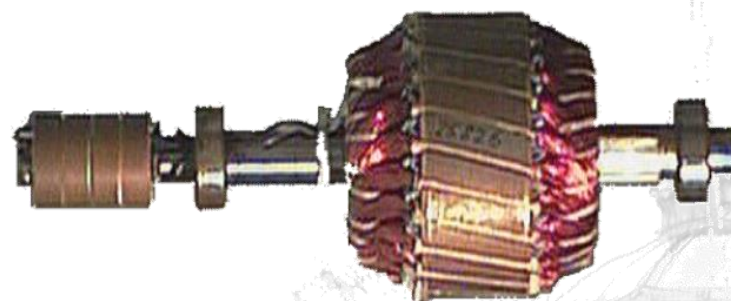
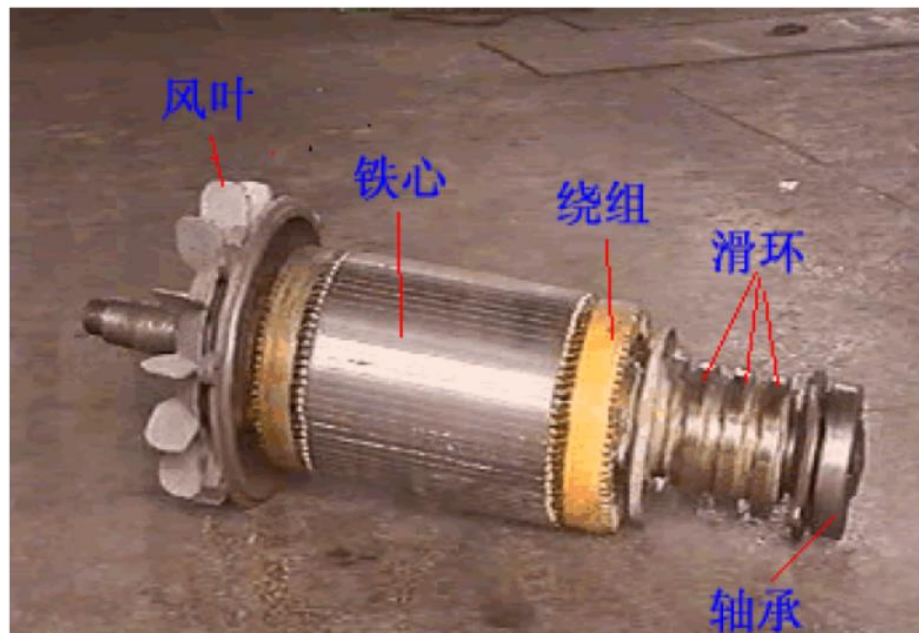
转子： 在旋转磁场作用下，产生感应电动势或电流。



笼型转子



绕线式转子



笼型电动机与绕线型电动机的比较：

笼型：

结构简单、价格低廉、工作可靠；不能人为改变电动机的机械特性。

绕线型：

结构复杂、价格较贵、维护工作量大；转子外加电阻可人为改变电动机的机械特性。



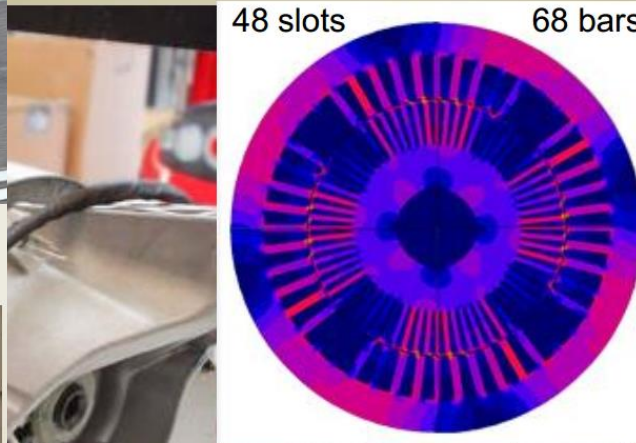
应用实例：Tesla汽车驱动电机



Tesla Sport



Tesla Sedan

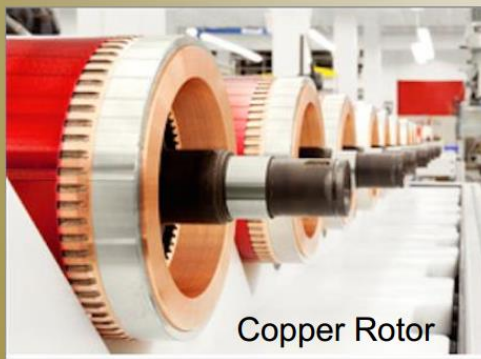


48 slots

68 bars



Tesla Model S
Traction Motor



Copper Rotor

Rated output power = 288 HP
Peak Torque = 300 lbf-ft
(0 to 5000 rpm)
Max speed = 14,000 rpm

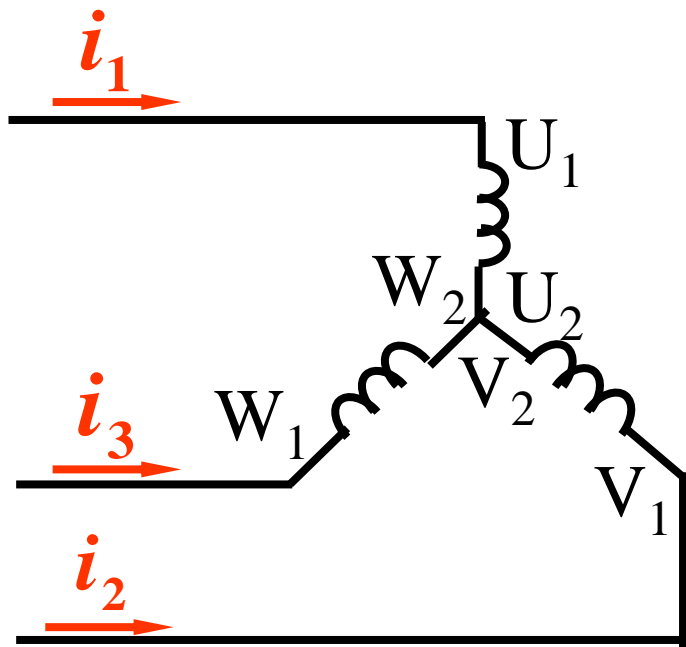
7.2 三相异步电动机的转动原理



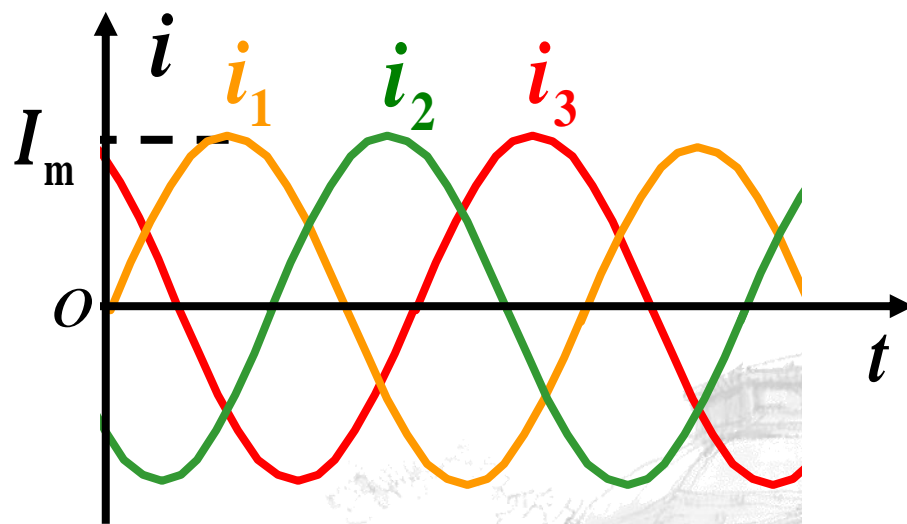
7.2.1 旋转磁场

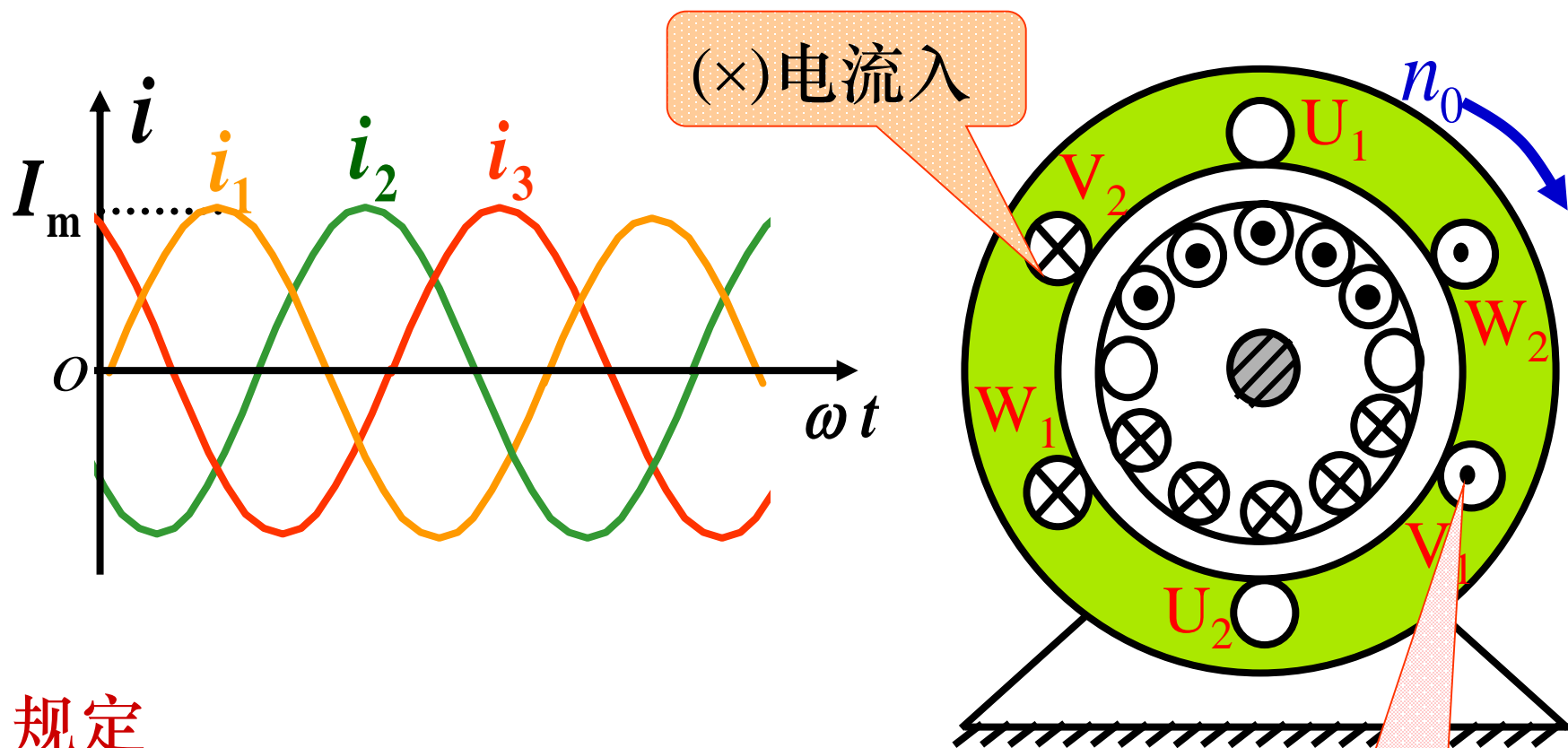
1. 旋转磁场的产生

定子三相绕组通入三相交流电(星形联接)



$$\begin{cases} i_1 = I_m \sin \omega t \\ i_2 = I_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ i_3 = I_m \sin(\omega t + 120^\circ) \end{cases}$$



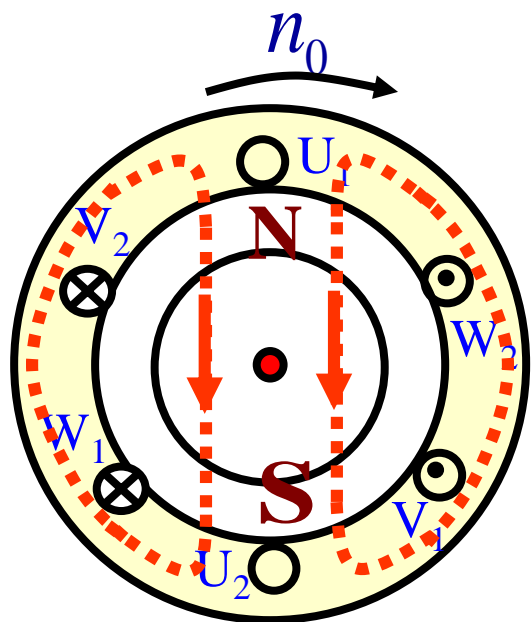
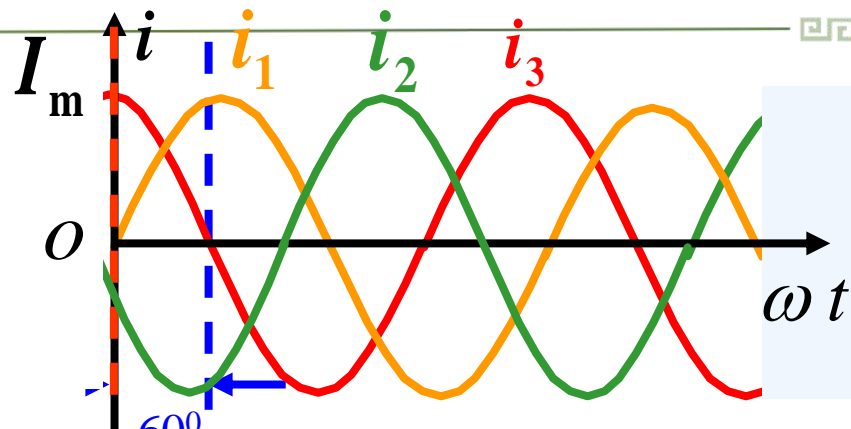


规定

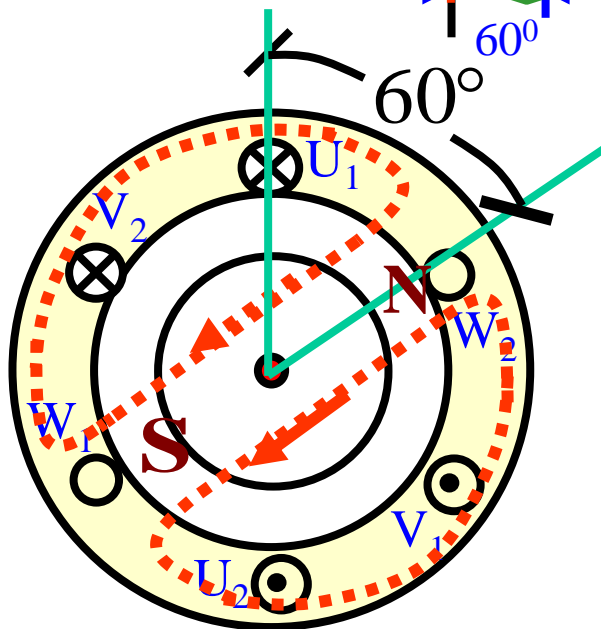
i : “+” → 首端流入，尾端流出。

i : “-” → 尾端流入，首端流出。

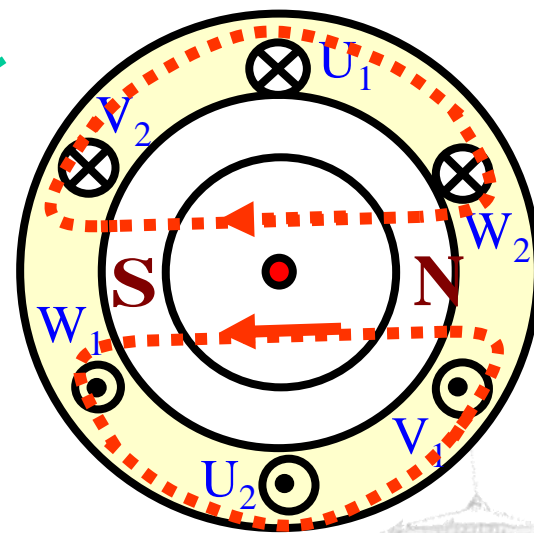
三相电流合成磁场的分布情况



$\omega t = 0$



$\omega t = 60^\circ$



$\omega t = 90^\circ$

合成磁场方向向下
东南大学电气工程学院

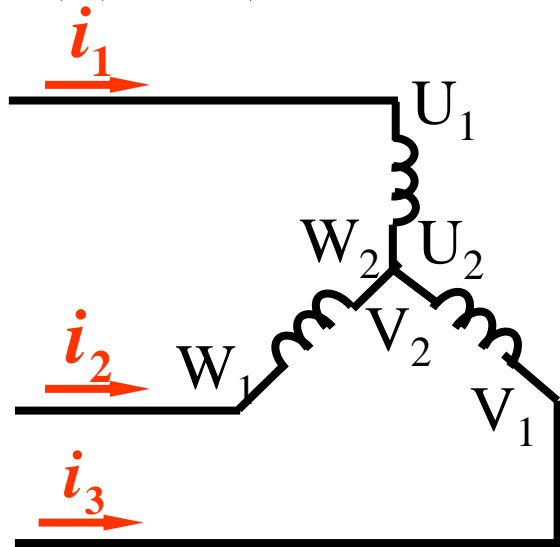
合成磁场旋转 60°

合成磁场旋转 90°

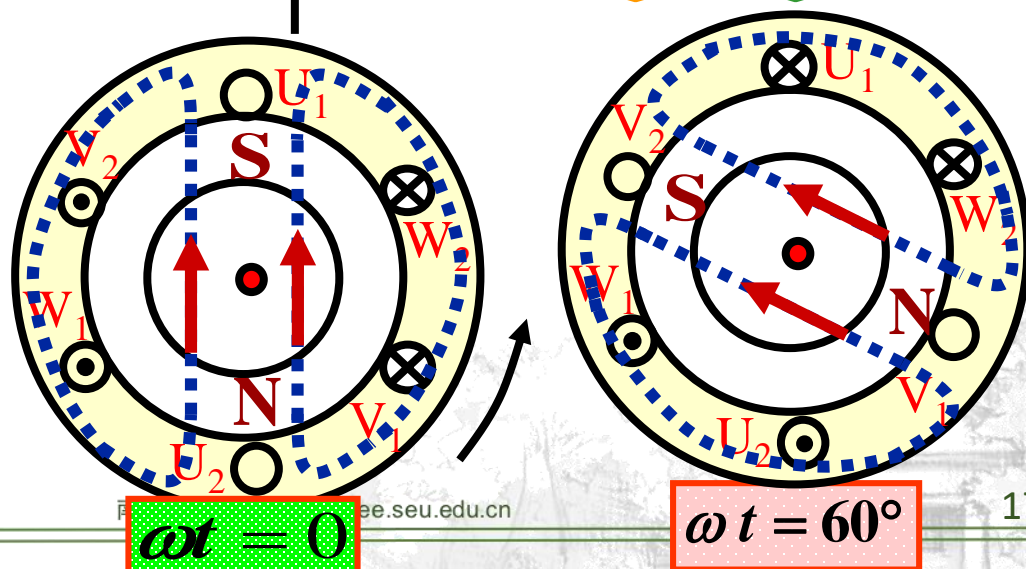
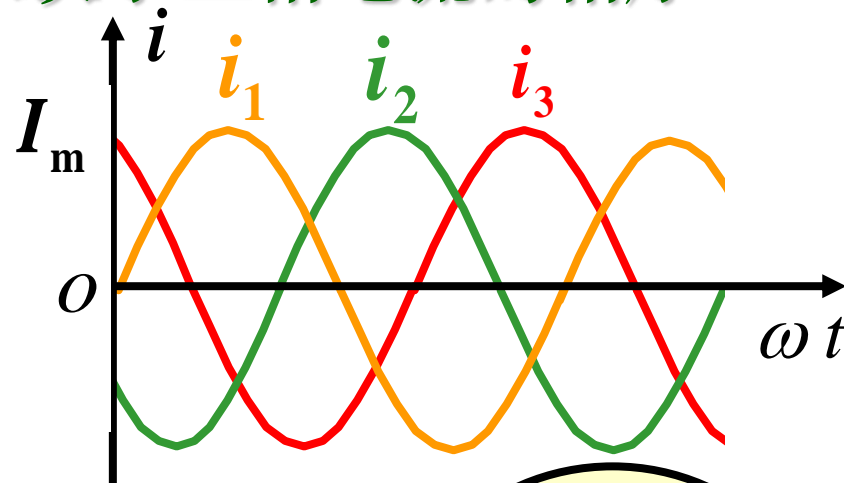
分析可知：三相电流产生的合成磁场是一旋转的磁场
即：一个电流周期，旋转磁场在空间转过 360°

2. 旋转磁场的旋转方向

任意调换两根电源进线
(电路如图)

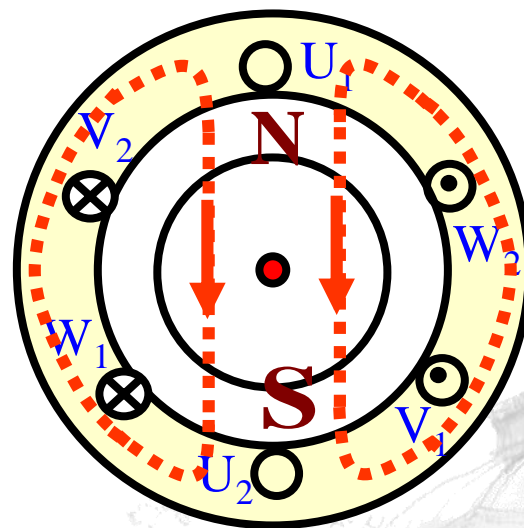
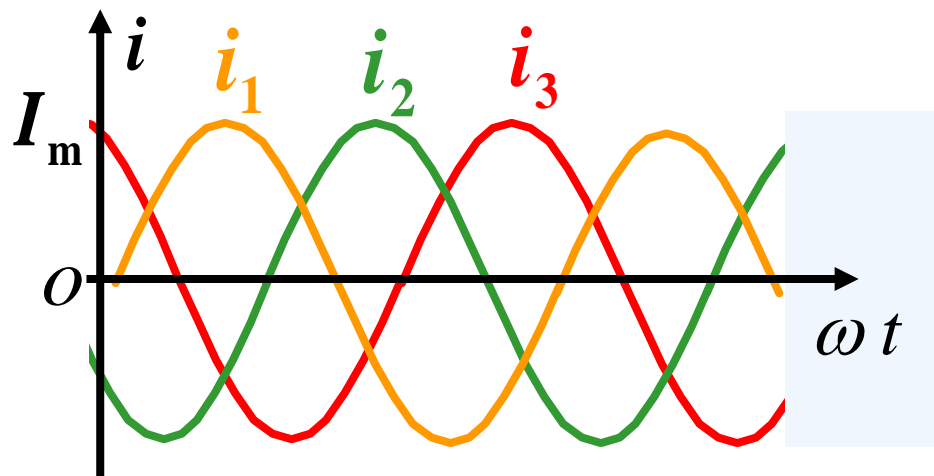
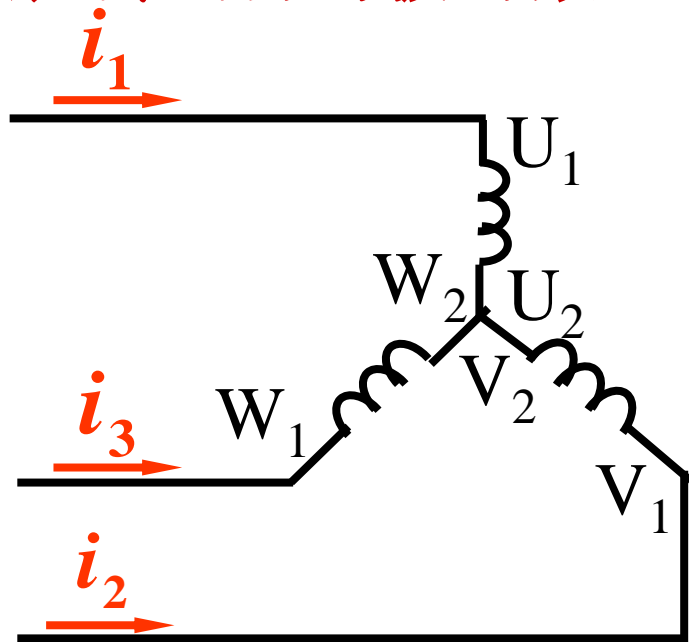


取决于三相电流的相序



结论：任意调换两根电源进线，则旋转磁场反转。

3. 旋转磁场的极对数P



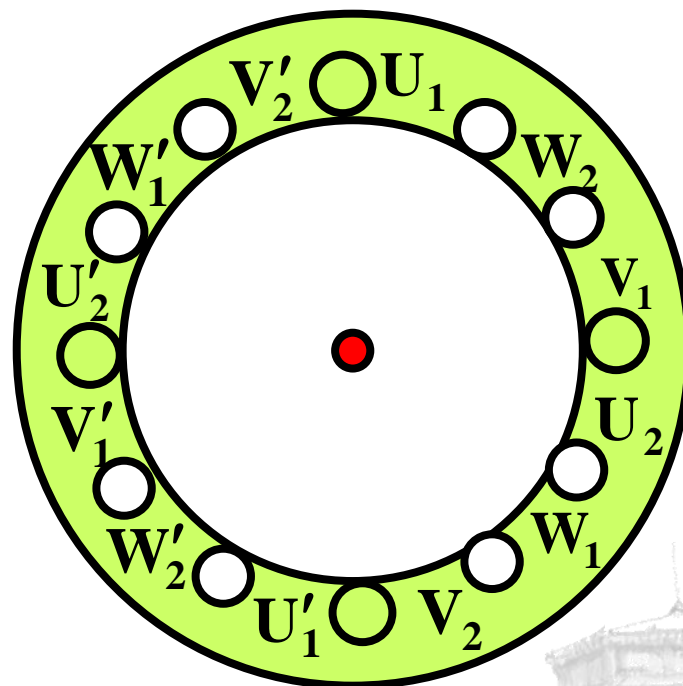
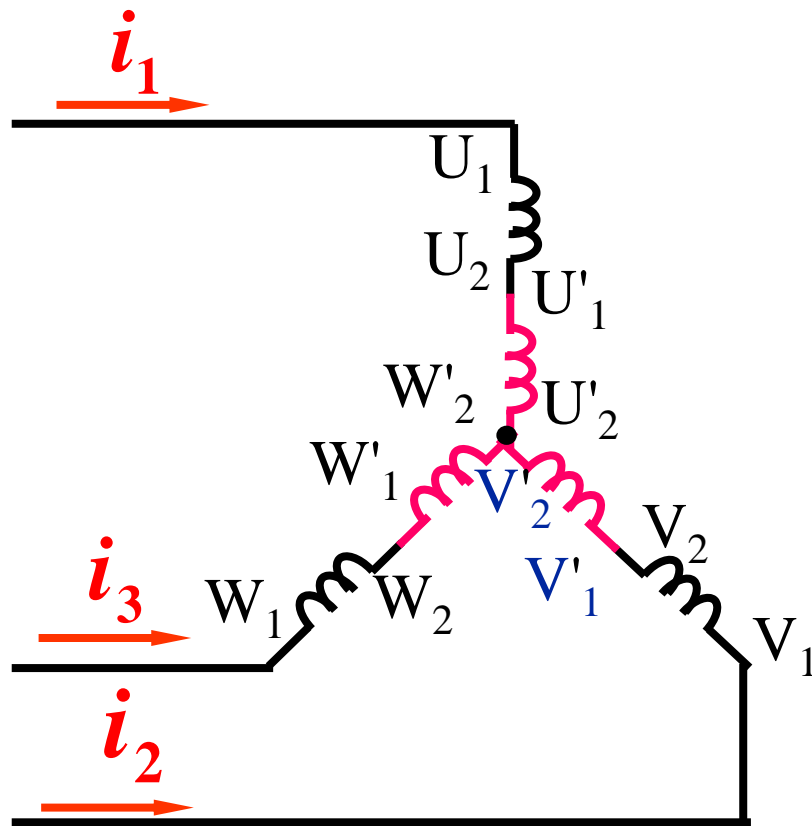
当三相定子绕组按图示排列时，产生一对磁极的旋转磁场，即：

$$p = 1$$

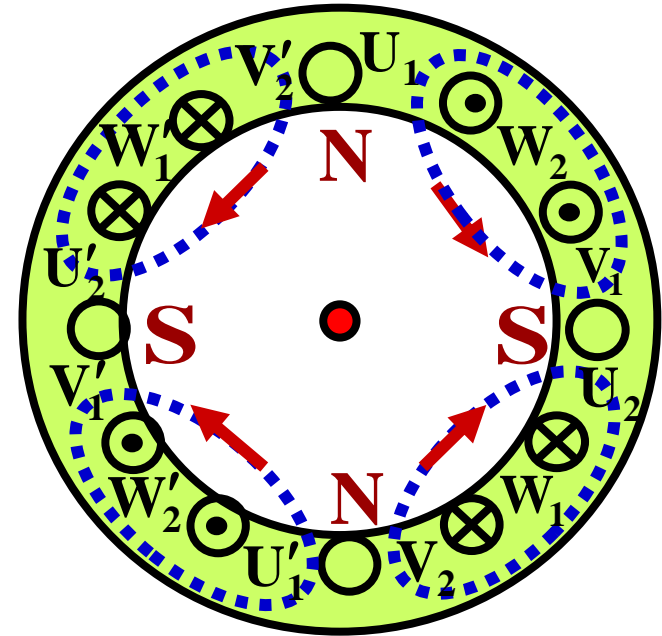
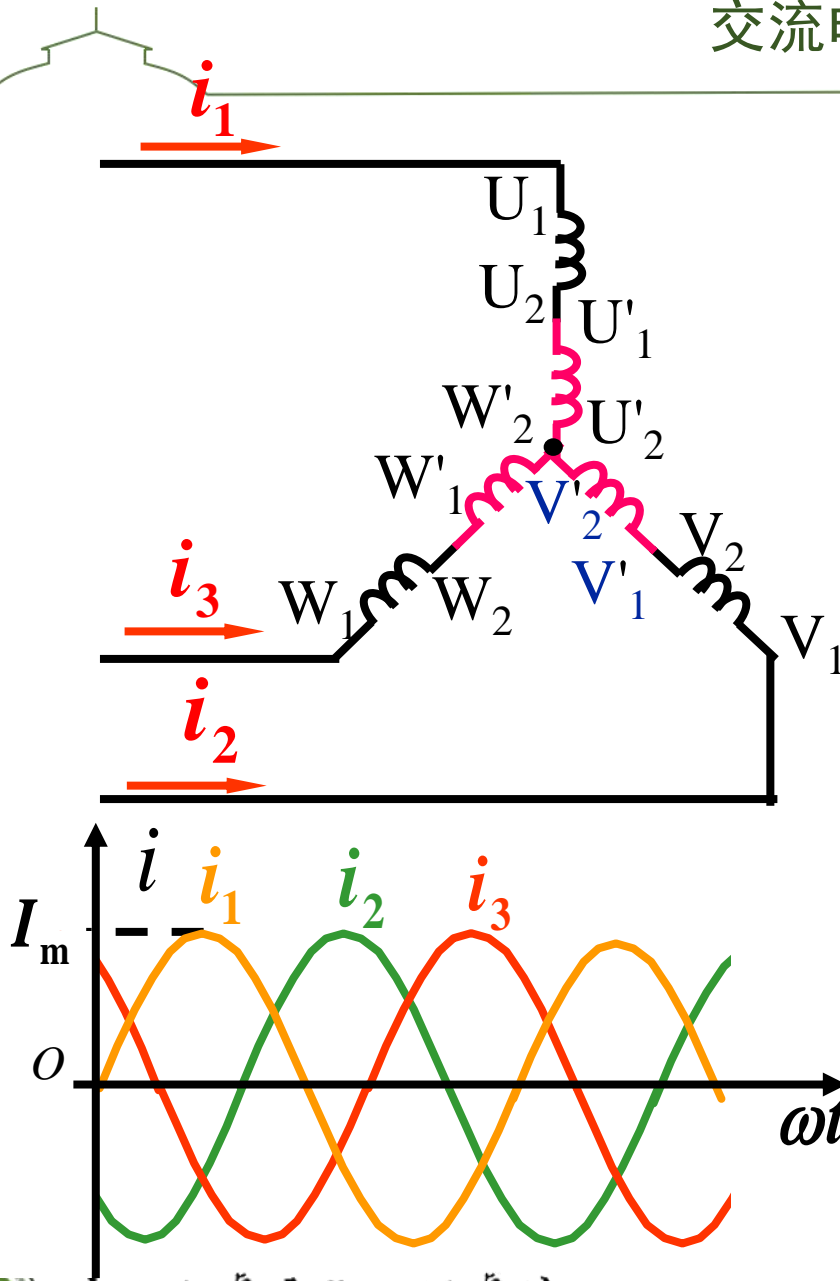
$$\omega t = 0$$



若定子每相绕组由两个线圈串联，绕组的始端之间互差 60° ，将形成两对磁极的旋转磁场。



交流电动机



极对数 $p = 2$

旋转磁场的磁极对数
与三相绕组的排列有关



4. 旋转磁场的转速(同步转速)

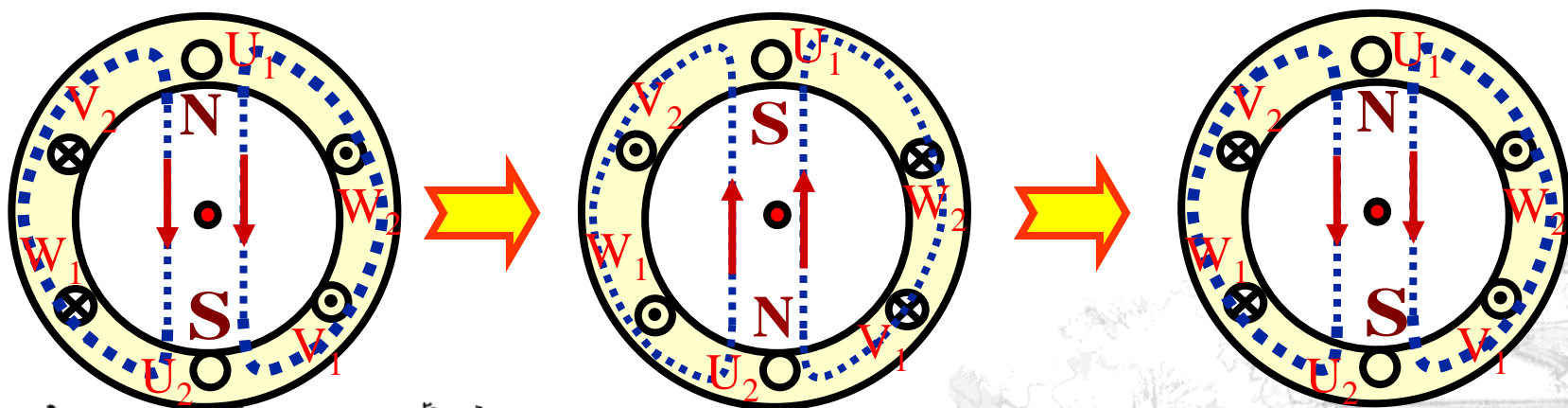
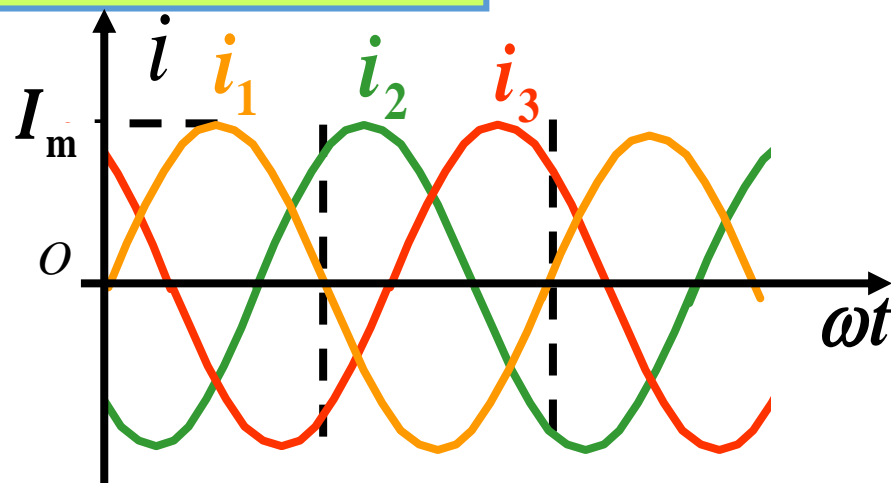
旋转磁场的转速取决于磁场的极对数

$p=1$ 时

$$n_0 = 60 f_1 \quad (\text{转/分})$$

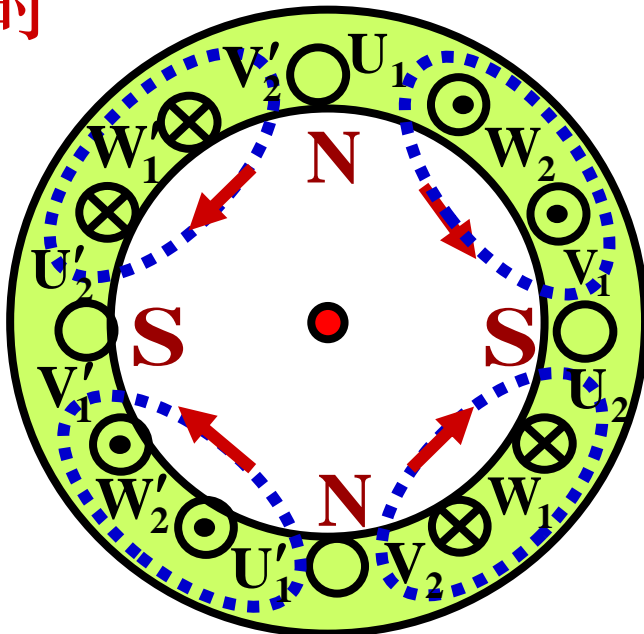
工频: $f_1 = 50 \quad \text{Hz}$

$$n_0 = 3000 \quad (\text{转/分})$$

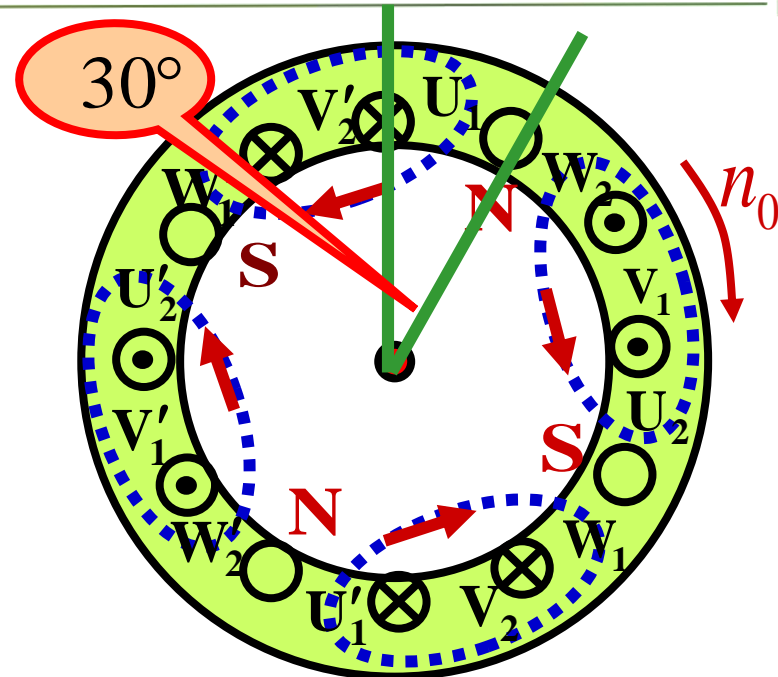


交流电动机

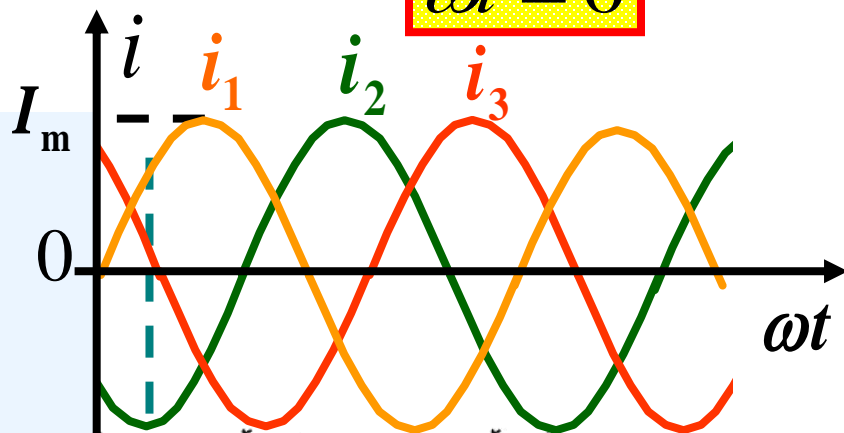
$p=2$ 时



$\omega t = 0$



$\omega t = 60^\circ$



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



旋转磁场转速 n_0 与极对数 p 的关系

$$n_0 = \frac{60f_1}{p} \text{ (转/分)}$$

极对数	每个电流周期 磁场转过的空间角度	同步转速 ($f_1 = 50\text{Hz}$)
$p = 1$	360°	3000 (转/分)
$p = 2$	180°	1500 (转/分)
$p = 3$	120°	1000 (转/分)
$p = 4$	90°	750 (转/分)

可见：旋转磁场转速 n_0 与频率 f_1 和极对数 p 有关。



7.2.2 电动机的转动原理

1. 转动原理

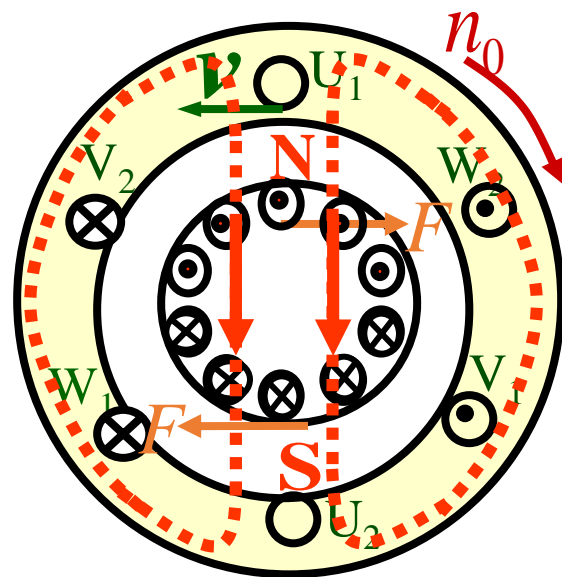
定子三相绕组通入三相交流电

→ 旋转磁场 $\left\{ \begin{array}{l} n_0 = \frac{60f_1}{p} \text{ (转/分)} \\ \text{方向: 顺时针} \end{array} \right.$

→ 切割转子导体 $\xrightarrow[\text{右手定则}]{Blv}$ 感应电动势 E_{20}

→ 感应电流 I_2 } $\xrightarrow[\text{左手定则}]{Bli}$ 电磁力 F

→ 电磁转矩 T → n



7.2.3 转差率

由前面分析可知，电动机转子转动方向与磁场旋转的方向一致，但转子转速 n 不可能达到与旋转磁场的转速相等，即 $n < n_0 \Rightarrow$ 异步电动机

如果: $n = n_0$

→ 转子与旋转磁场间没有相对运动，磁通不切割转子导条

→ 无转子电动势和转子电流

→ 无转矩

因此，转子转速与旋转磁场转速间必须要有差别。

旋转磁场的同步转速和电动机转子转速之差与旋转磁场的同步转速之比称为转差率。



转差率 s

$$s = \left(\frac{n_0 - n}{n_0} \right) \times 100\%$$

转子转速亦可由转差率求得

$$n = (1 - s)n_0$$

异步电动机运行中: $s = (1 \sim 9)\%$



例1：一台三相异步电动机，其额定转速 $n=975$ r/min，电源频率 $f_1=50$ Hz。试求电动机的极对数和额定负载下的转差率。

解：根据异步电动机转子转速与旋转磁场同步转速的关系可知： $n_0=1000$ r/min，即 $p=3$

额定转差率为

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\% = \frac{1000 - 975}{1000} \times 100\% = 2.5\%$$



总结

YOUKU



第七章-Part 1-结束

Thank You!

