

第3章 同步电动机

主讲：陈延莉

第3章 其他用途的电动机

在拖动系统中，除了使用前面介绍的直流电动机和三相异步电动机外，还有使用其他各种用途的电动机。本章主要介绍一些常用的或新颖的其他用途的电动机，如单相异步电动机、同步电动机、直线电动机等，以适应生产和日常生活中的各种需要。下面逐一简介它们的结构、工作原理及特点。

第一节 单相异步电动机

特点：

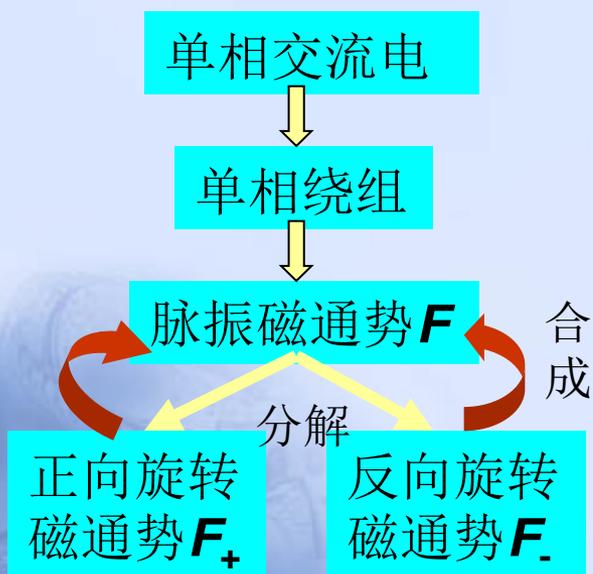
- 接单相交流电源运行
- 结构简单（定子单相或两相，转子笼型）
- 成本低廉，运行可靠
- 性能逊于三相异步电动机，只制成小容量

应用：

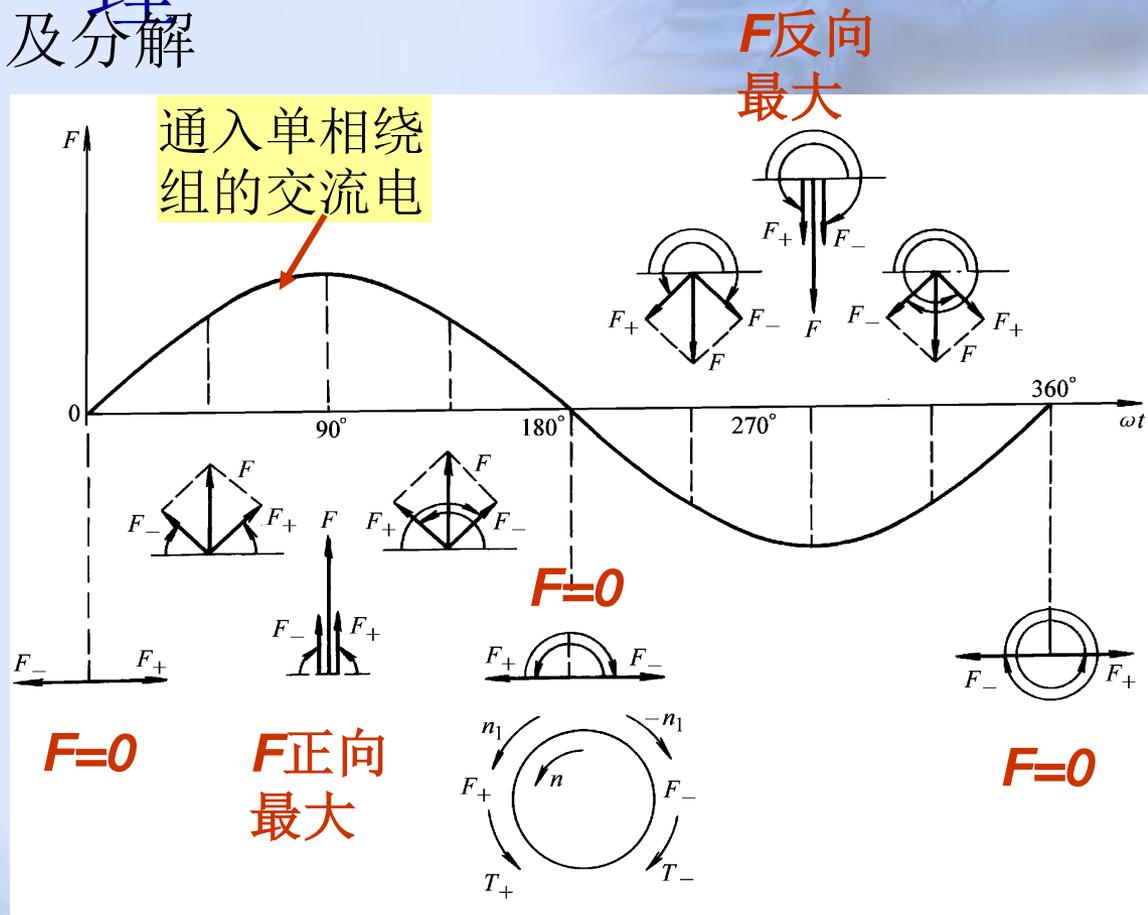
- 广泛应用于家用电器、医疗器械、小型电气设备等方面。

一、单相单绕组异步电动机的工作原理

1. 单相绕组的脉振磁场及分解



F_+ 与 F_- 大小相同、同步转速，转向相反，也可进行合成为 F



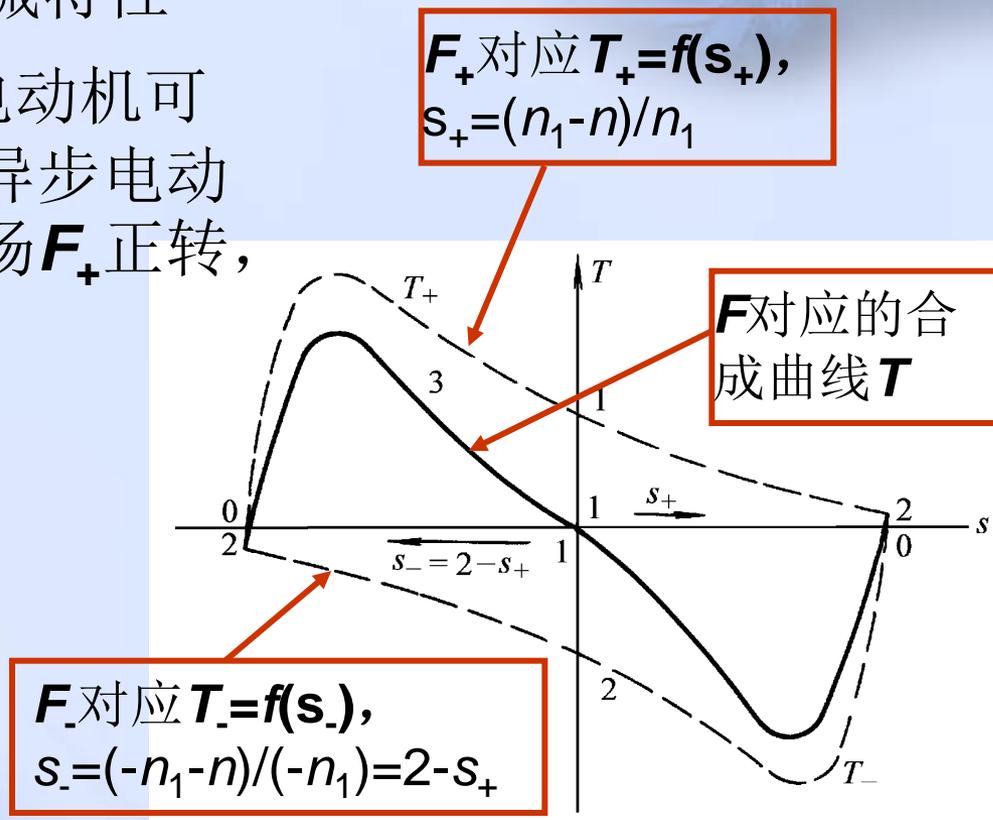
脉振磁通势的分解或合成

一、单相单绕组异步电动机的工作 原理

2.单相异步电动的机械特性

单相单绕组异步电动机可想象为是由两台三相异步电动机合成，其中一台磁场 F_+ 正转，另一台磁场 F_- 反转。

当 T_+ 为驱动转矩时， T_- 就为制动转矩；反之前者是制动的，后者就是驱动的。 T 是两者的合成转矩。



单相异步电动机的机械特性 ($T-s$)

一、单相单绕组异步电动机的工作原理

2.单相异步电动的机械特性

结论：（1）当转子不动时， $n=0$ ， $s_+=s_-=1$ ，这时 $T_+=T_-$ ，故 $T_{st}=0$ ，表明单相单绕组异步电动机无起动转矩，不能自行起动。

（2）如果外力作用使电动机转动起来，这时 $s \neq 1$ ， $T \neq 0$ 。若合成转矩大于负载转矩，则将加速并达到某一稳定转速下运行，而旋转的方向由电动机起动时的方向来定。电动机旋转后，气隙中的磁场变为椭圆形旋转磁场。

（3）因存在反向电磁转矩 T_- ，起制动作用，使得电动机的总输出转矩减小，所以，单相异步电动机的过载能力、效率、功率因数等均低于同容量的三相异步电动机。

二、单相异步电动机的类型及起动方法

单相单绕组异步电动机因脉振磁场而不能自行起动，必须在起动时**建立一个旋转磁场**。常用的方法是采取**分相式**或**罩极式**。

1.单相分相式异步电动机

在电动机定子铁心上安放在空间相位上相差 90° 电角度的两套绕组。

两相对称电流 $\begin{cases} i_U = I_m \cos \omega t \\ i_V = I_m \cos(\omega t - 90^\circ) \end{cases}$ $\xrightarrow{\text{通入}}$ 两相对称绕组 $\begin{cases} \text{绕组参数相同、} \\ \text{空间隔} 90^\circ \text{ 电角} \end{cases}$

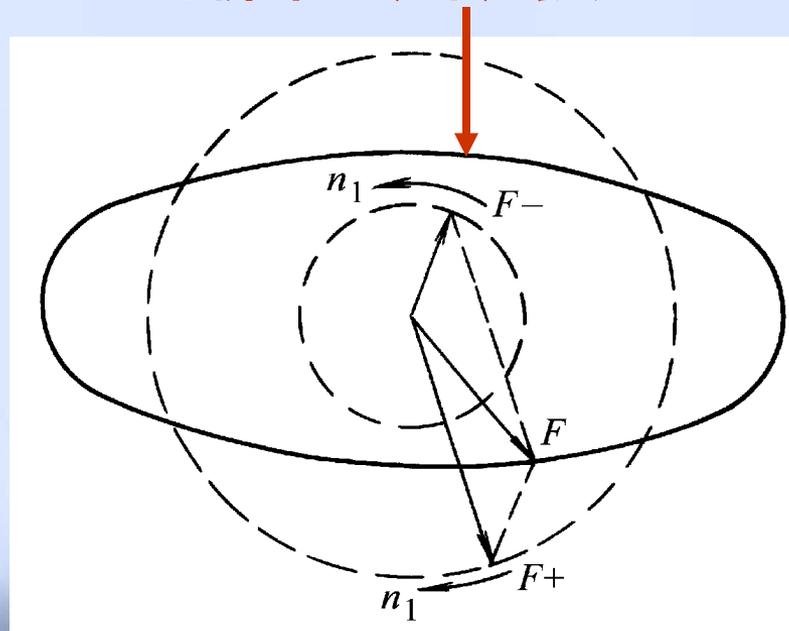
两相合成磁场

\longrightarrow 圆形旋转磁场（幅值不变、转速 $n_1=60f/p$ ）

1.单相分相式异步电动机

当两相绕组不对称或两相电流不对称时，例如绕组的匝数不等，电流的大小不等或相位差不是 90° 时，则气隙中将产生一个幅值变动的旋转磁通势，其合成磁通势矢量端点的轨迹为一个椭圆(长轴为 $F_+ + F_-$ ，短轴为 $F_+ - F_-$)，即为**椭圆形旋转磁场**。

反之：一个椭圆形旋转磁场可以分解为两个大小不等的正向和反向圆形旋转磁场。同样，**反向旋转磁场起制动作用**。



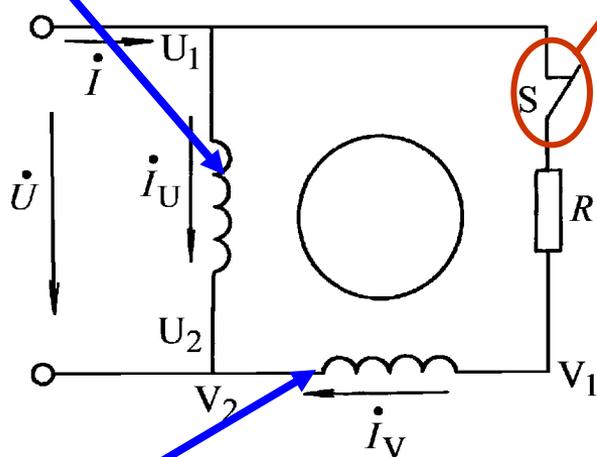
椭圆形旋转磁场的分解或合成

1.单相分相式异步电动机

(1) 单相电阻起动电动机

主绕组
(工作绕组)

离心开关，转速
达到一定数值，
断开起动绕组

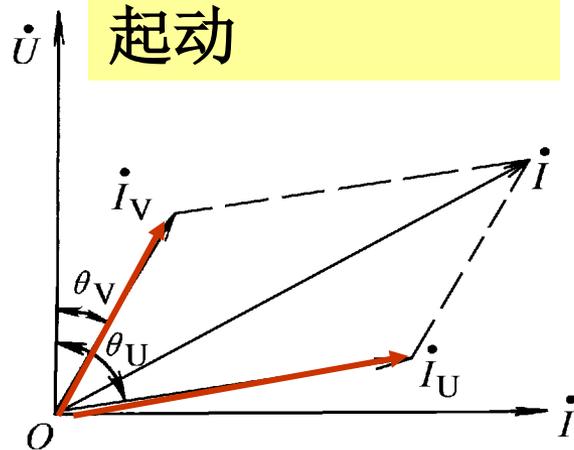


a) 接线图

辅助绕组
(起动绕组)

匝数较少，导线截面较小，
与主绕组相比，电抗小而电阻大（有时还串一电阻R）

两电流不同相
产生椭圆旋转
磁通势，使电
动机能够自行
起动



b) 相量图

相位差 $<90^\circ$ ，
因而起动转矩
不大，适用于
轻载起动。

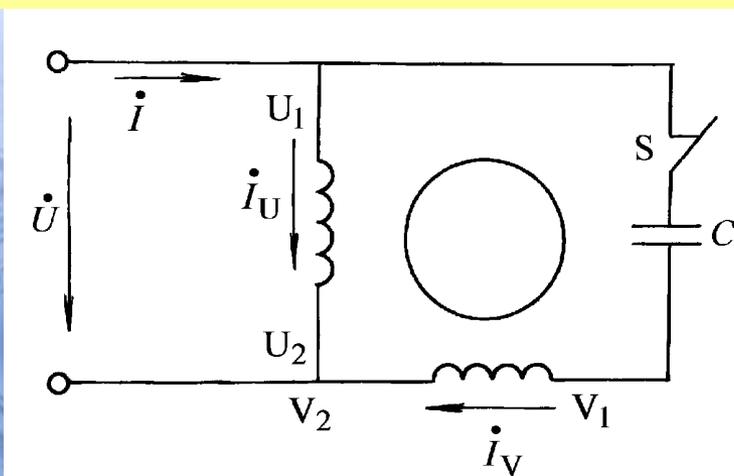
1.单相分相式异步电动机

(2) 单相电容起动电动机

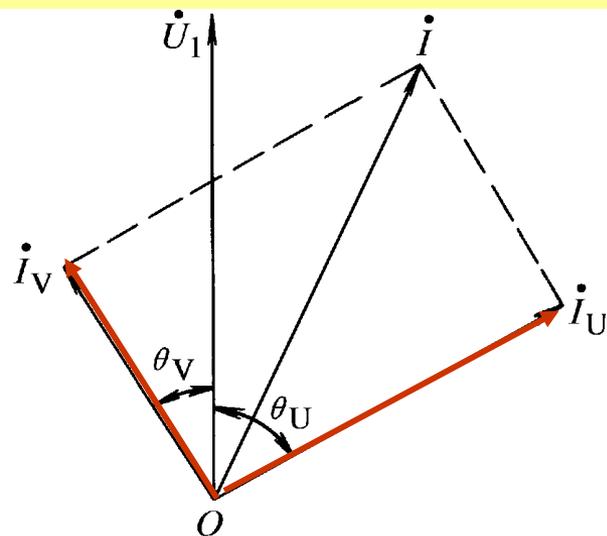
与电阻起动不同的是起动绕组支路串了一个电容。

电容器选择适当，使 I_V 超前 I_U 的相位达到 90°

起动时就有可能得到一个圆形旋转磁场，具有较大的起动转矩



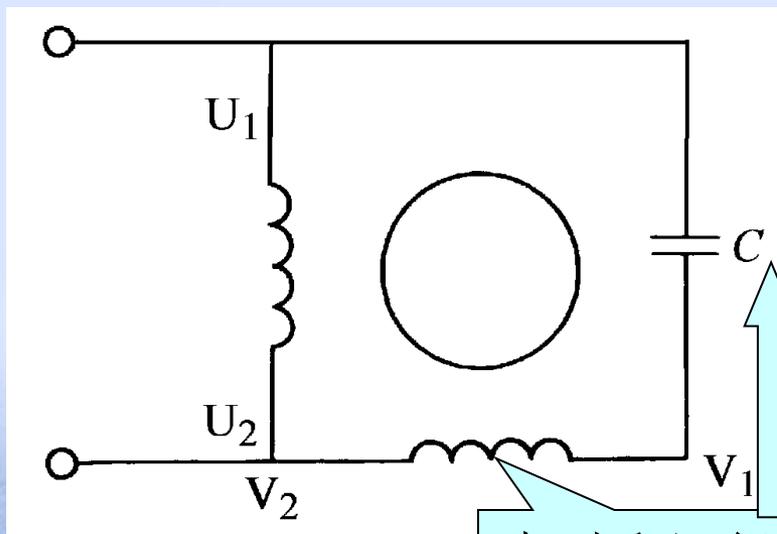
a) 接线图



b) 相量图

1.单相分相式异步电动机

(3) 单相电容运转电动机



起动和运行时都接入

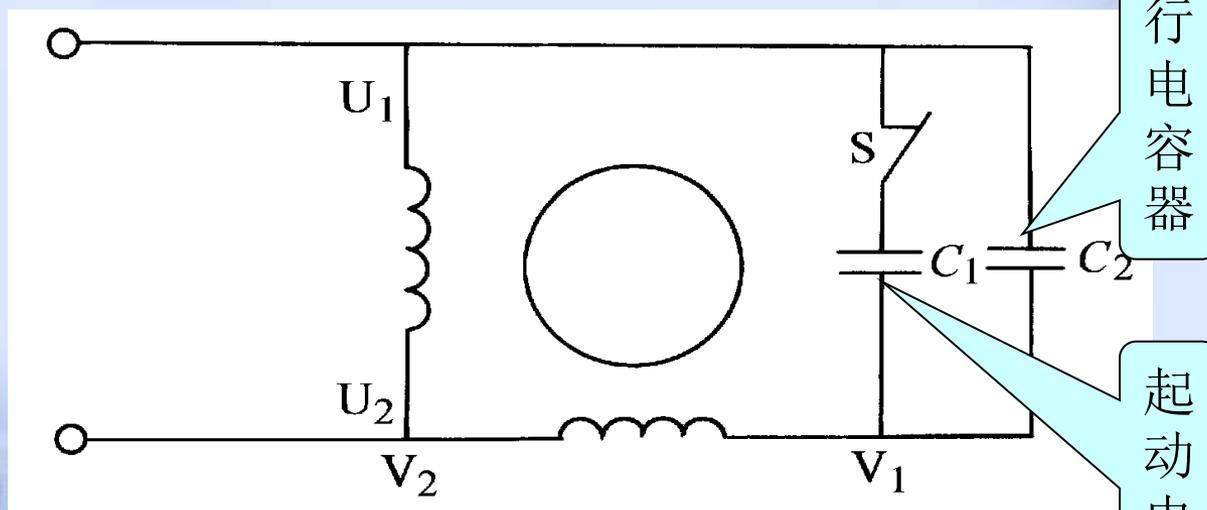
要设计成能长期工作的。

用于300mm以上电风扇、空调压缩机等的电动机。

电动机实质上是一台两相电动机，可以提高电动机运行时的功率因数和效率，运行性能优于电容起动电动机，起动性能逊色于电容起动电动机。

1.单相分相式异步电动机

(4) 单相双值电容电动机



运行电容器

起动电容器

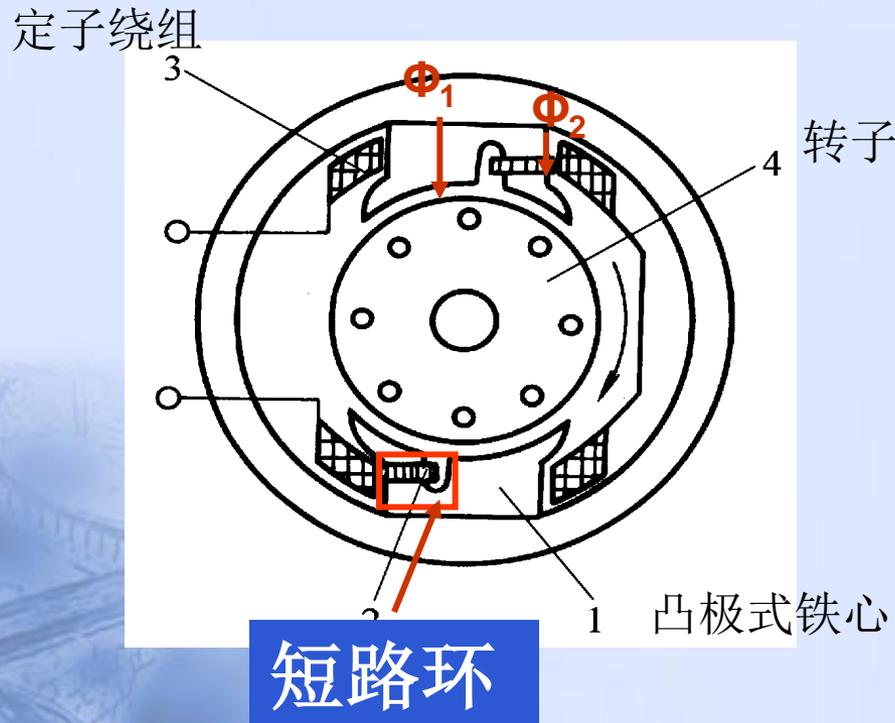
即有较大的起动转矩，又有较好的运行性能

电动机常用在家用泵、小型机械等中。

单相分相式电动机的反转方法：

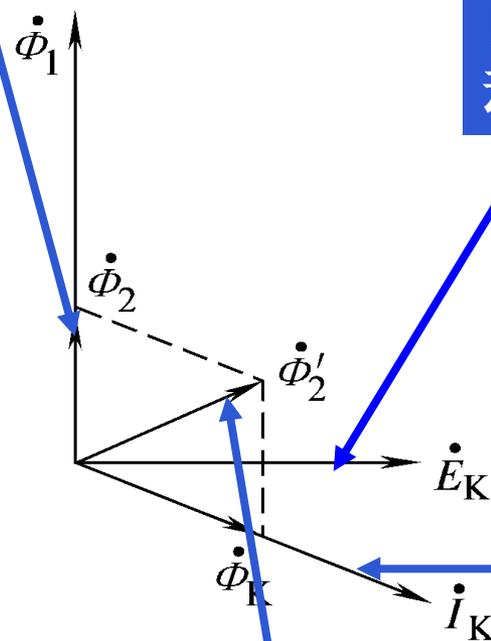
对调主绕组或辅助绕组的两个接线端子。

2. 单相罩极式异步电动机



某时刻通过短路环的总磁通 Φ_2

Φ_2 通过短路环时在其内感应的电动势 E_K



短路环内由于感应产生的电动势对应的电流 I_K 及磁通 Φ_K 。

Φ_2 总是滞后于 Φ_1 , 气隙中产生移动磁场。移动的方向总是从未罩住部分转向罩住部分。这也就电动机的转向

Φ_2 与 Φ_K 的合成是通过短路环的新总磁通 Φ'_2

第二节 三相同步电动机

三相旋转磁极式同步电动机结构示意图

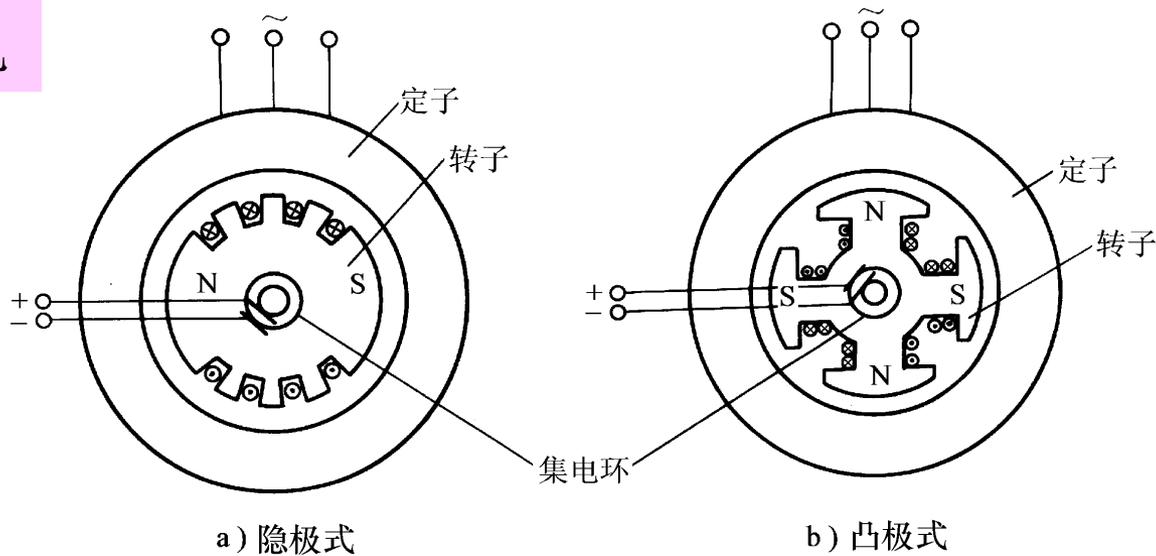
同步电机

同步电动机

同步调相机

$$n=n_1$$

同步发电机



一般用于2、4极

一般用于4极及以上

同步机的结构中，定子与三相异步电动机类似，接入三相电源，但转子是不同的，是直流励磁。

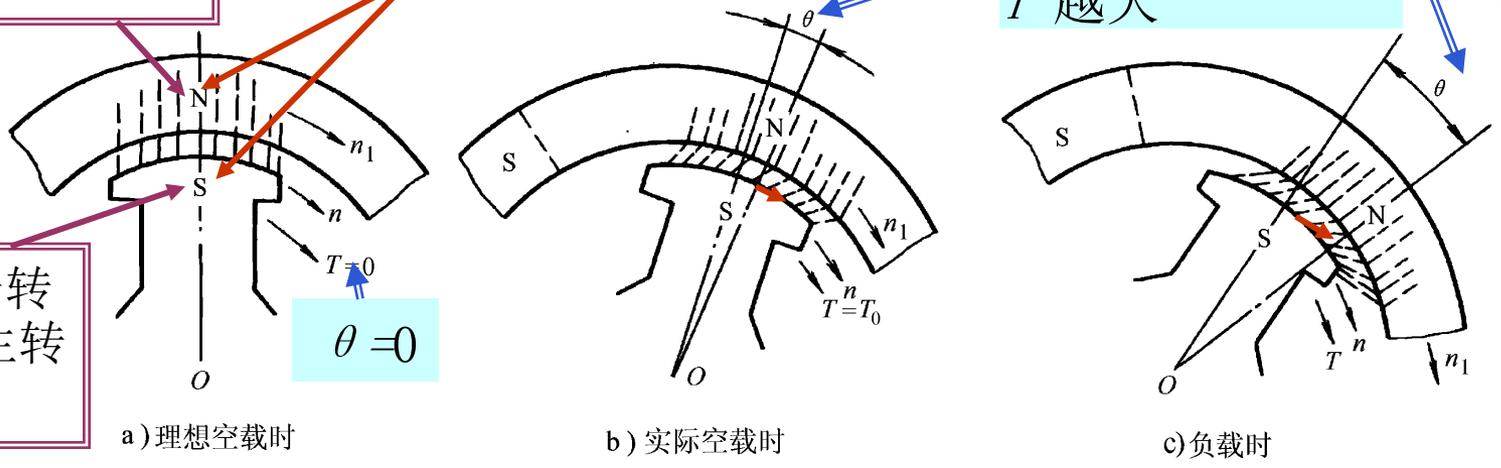
一、三相同步电动机的基本工作原理

三相交流电施于三相定子绕组,产生旋转磁场

直流电施于转子绕组,产生转子磁场(极)

以某种方法起动后,定转子磁场间异性相吸,转子磁场跟随定子磁场同步旋转。

定转子磁场间的夹角 θ 越大,获得的切向力越大, T 越大

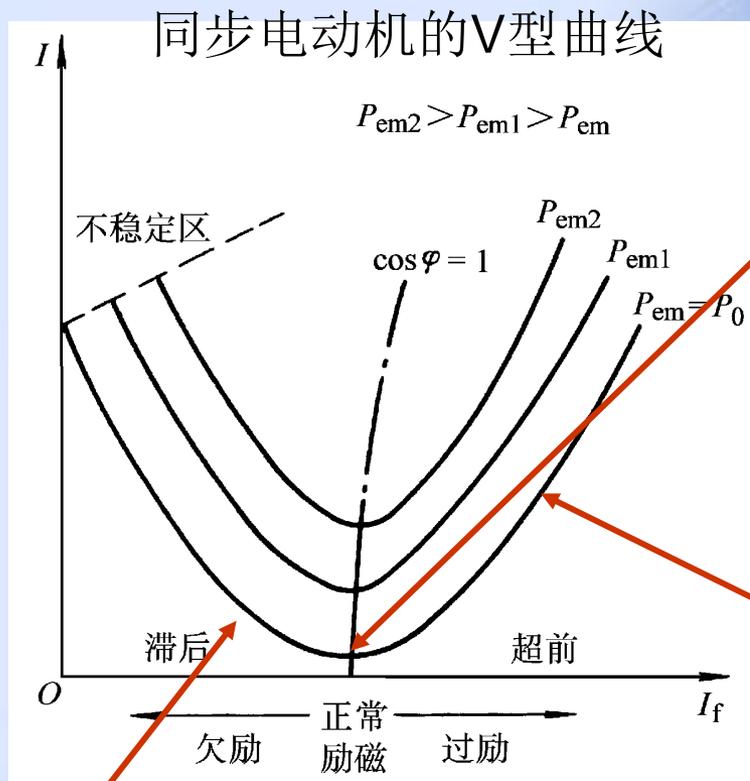


改变同步电动机的转向：三相电源进线中的任意两相对调，定子旋转磁场方向改变，与三相异步电动机反转的方法相同。

当负载转矩太大时，旋转磁场就无法拖动转子一起旋转，称为“失步”，电动机不能正常工作。

二、三相同步电动机的功率因素调节

三相同步电动机 P_2 一定，调节 I_f 的大小时，会使转子磁场大小变化。为**保持定、转子合成磁场不变**，定子磁场必定要发生变化，因而会引起定子交流电流的大小和相位发生变化，而相位变化就起**调节同步电动机的功率因数**的作用。



正常励磁 I_f ，定子电流的 $\cos \varphi = 1$ ，电流最小。

过励 $I_f \uparrow$ ，转子磁场 \uparrow ；定子电流 $I \uparrow$ ，其从电网吸收的无功电流是容性的（超前），产生的增量磁通是去磁的，以抵消转子磁场的 \uparrow 。

欠励 $I_f \downarrow$ ，转子磁场 \downarrow ；定子电流 $I \uparrow$ ，其从电网吸收的无功电流是感性的（滞后），产生的磁通增量弥补转子磁场的 \downarrow 。

二、三相同步电动机的功率因素调节

改变励磁电流可以调节同步电动机的功率因数，这是同步电动机很可贵的特性。由于电网上的负载多为异步电动机等感性负载，因此如果将运行在电网上的同步电动机工作在**过励**状态下，则除拖动生产机械外，还可用它吸收超前的无功电流去弥补异步电动机吸收的滞后无功电流，从而可以提高工厂或系统的总功率因数。所以为了改善电网的功率因数，**现代同步电动机的额定功率因数一般均设计为1~0.8（超前）。**

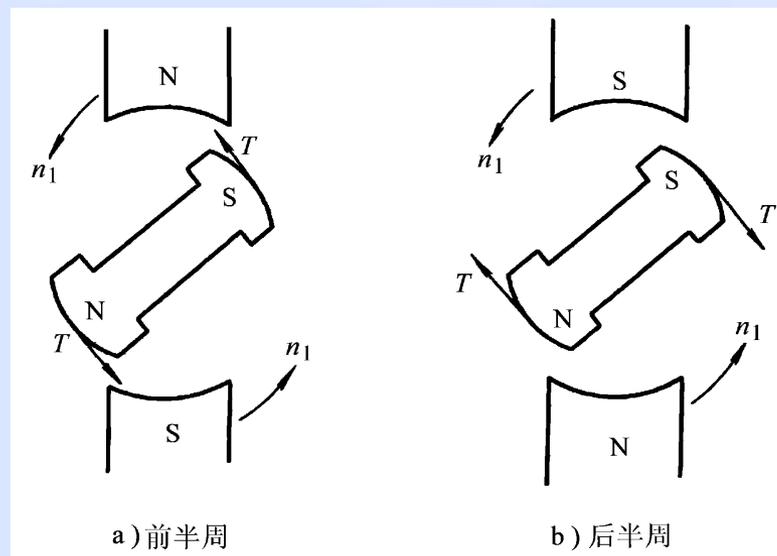
如果将同步电动机接在电网上空载运行，专门用来调节电网的功率因数，则称之为**同步调相机**，或称同步补偿机。

三、三相同步电动机的起动

同步电动机的定子绕组接到电网时，定子旋转磁场与转子磁场的电磁吸引力所产生的转矩在一个周期内要改变两次方向，故不能产生平均的同步电磁转矩，转子不能自行起动。

异步起动法

转子磁极极靴装有笼型绕组，用其产生的异步转矩来起动。异步起动时，励磁回路中应串联起动电阻，以限制感应电流，当转速达到 $95\%n_1$ ，切除电阻通入适当的励磁电流，从而产生同步转矩将转子牵入同步运行。



同步电动机的起动