

异步电动机的转动原理

当异步电动机三相定子绕组通入三相对称的交流电流时,就会在定子和转子之间的气隙中产生一个旋转磁场,依靠这个旋转磁场,将定子的电能传递给转子。

1. 旋转磁场的产生

三相异步电动机的定子绕组嵌放在定子铁心槽内,按一定规律连接成三相对称结构。三相绕组 U_1U_2 , V_1V_2 , W_1W_2 在空间互成 120° , 它可以联结成星形,也可以联结成三角形。当三相绕组接至三相对称电源时,则三相绕组中便通入三相对称电流 i_A 、 i_B 、 i_C :

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

电流的参考方向和随时间变化的波形图如图 1 所示。

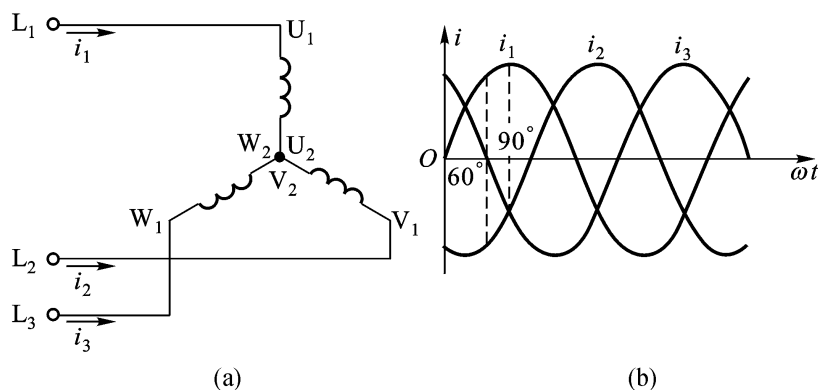


图 1 三相对称电流

旋转磁场的产生过程如图 2 所示。

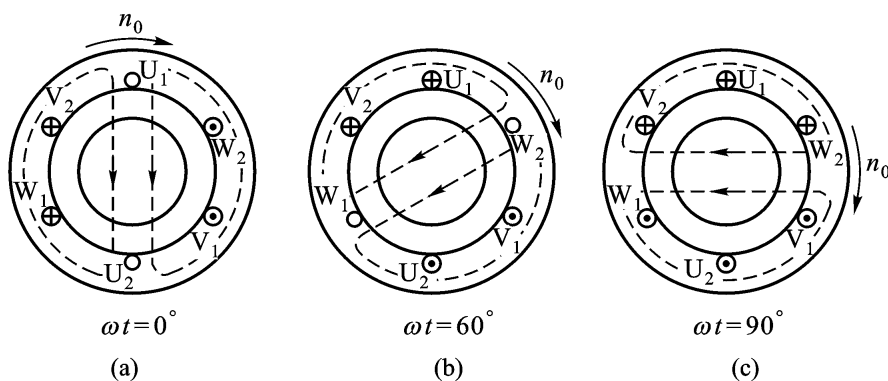


图 2 三相电流产生的旋转磁场 ($P=1$)

为了分析方便,选几个不同的时刻根据电流的实际方向进行讨论,并假定当电流从线圈的首端流入,从尾端流出时为正,首端用“ \otimes ”表示,尾端用“ \odot ”表示。

在 $\omega t = 0^\circ$ 的瞬时,定子绕组中的电流方向如图(a)所示。这时 $i_A = 0$, i_B 是负的,

其方向与参考方向相反，即自 V_2 到 V_1 ； i_c 是正的，其方向与参考方向相同，即自 W_1 到 W_2 。按右手螺旋定则可得到各个导体中电流所产生的合成磁场的方向，如 2 (a) 图所示，是一个具有两个磁极的磁场，上面是 N 极，下面是 S 极，即极对数 $p=1$ 。

同理可以画出 $\omega t = 60^\circ$ 、 $\omega t = 90^\circ$ 时的磁场分布情况，如图 2(b) 和图 2 (c) 所示。通过分析可以看出，当三相定子绕组中通入对称三相电流时，产生的合成磁场在空间的旋转的。

当三相电流变化一个周期时，三相电流所产生的合成磁场正好转了一圈。

2. 旋转磁场的转向

由图 2 可见，当通入定子三相绕组的电流相序为 L_1 、 L_2 、 L_3 时，旋转磁场的方向为 $U_1 \rightarrow V_1 \rightarrow W_1$ ，是顺时针。如果将与三相电源相联接的电动机三根导线中的任意两根的对调一下，则定子电流的相序随之改变，旋转磁场的旋转方向也发生改变。电动机就会反转，如图 3 所示。

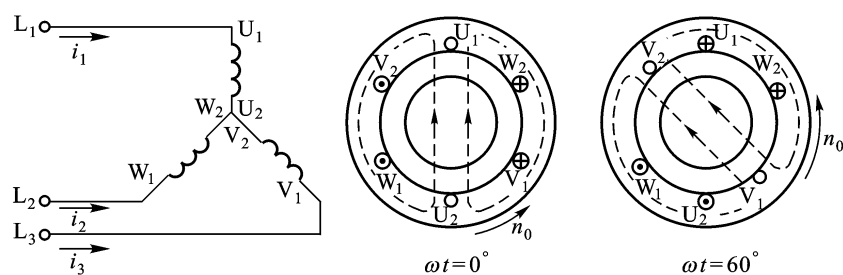


图 3 旋转磁场的反转

3. 旋转磁场的极数

三相异步电动机的极数就是旋转磁场的极数。旋转磁场的极数和三相定子绕组的安排有关。在上图的情况下，每相绕组只有一个线圈，三相绕组的始端之间相差 120° ，则产生的旋转磁场具有一对极，即 $p=1$ 。如将定子绕组按图 4 所示安排。

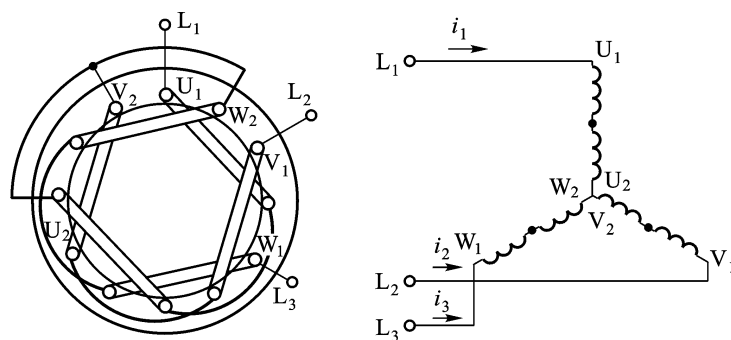


图 4 旋转磁场的反转

即每相绕组有两个均匀安排的线圈串联,三相绕组的始端之间只相差 60° 的空间角,则产生的旋转磁场具有两对极,即 $p=2$,如图 5 所示。

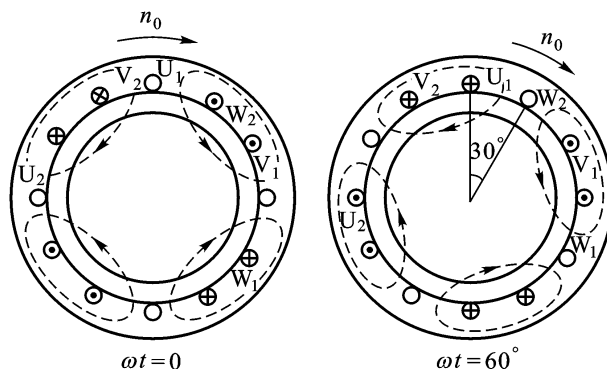


图 5 三相电流产生的旋转磁场($P=2$)

同理,如果要产生三对极,即 $p=3$ 的旋转磁场,则每相绕组必须有均匀安排的三个线圈串联,三相绕组的始端之间相差 40° 的空间角。

4. 旋转磁场的转速

三相异步电动机的转速与旋转磁场的转速有关,而旋转磁场的转速决定于旋转磁场的极数。可以证明在磁极对数 $p=1$ 的情况下,三相定子电流变化一个周期,所产生的合成旋转磁场在空间亦旋转一周。当电源频率为 f 时,对应的旋转磁场转速 $n_0=60f$ 。当电动机的旋转磁场具有 p 对磁极时,合成旋转磁场的转速为:

$n_0 = \frac{60f_1}{p}$ 。式中 n_0 称为同步转速即旋转磁场的转速,其单位为 r/min(转/分);我

国电力网电源频率 $f=50\text{Hz}$,故当电动机磁极对数 p 分别为 1、2、3、4 时,相应的同步转速 n_0 分别为 3000、1500、1000、750r/min。

5. 电动机的转动原理

三相异步电动机工作原理示意图如图 6 所示。

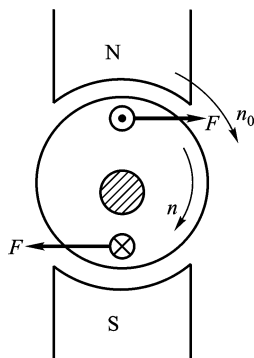


图 6 转子转动的原理图

根据安培定律,载流导体与磁场相互作用而产生电磁力 F ,其方向由左手定则决定。电磁力对于转子转轴所形成的转矩称为电磁转矩 T ,在它的作用下,电动机转子便转动起来。

当三相定子绕组接至三相电源后,三相绕组内将流过对称的三相电流,并在电动机内产生一个旋转磁场。当 $p=1$ 时,图中用一对以恒定同步转速 n_0 (旋转磁场的转速)按顺时针方向旋转的电磁铁来模拟该旋转磁场,在它的作用下,转子导体逆时针方向切割磁力线而产生感应电动势。感应电动势的方向由右手定则确定。由于转子绕组是短接的,所以在感应电动势的作用下,产生感应电流,即转子电流 i_2 。即异步电动机的转子电流是由电磁感应而产生的,因此这种电动机又称为感应电动机。

由图可见,电磁转矩与旋转磁场的转向是一致的,故转子旋转的方向与旋转磁场的方向相同。但电动机转子的转速 n 必须低于旋转磁场转速 n_0 。如果转子转速达到 n_0 ,那末转子与旋转磁场之间就没有相对运动,转子导体将不切割磁通,于是转子导体中不会产生感应电动势和转子电流,也不可能产生电磁转矩,所以电动机转子不可能维持在转速 n_0 状态下运行。可见,电动机只有在转子转速 n 低于同步转速 n_0 时,才能产生电磁转矩并驱动负载稳定运行。因此这种电动机称为异步电动机。

6. 转差率

异步电动机的转子转速 n 与旋转磁场的同步转速 n_0 之差是保证异步电动机工作的必要条件。这两个转速之差与同步转速之比称为转差率,用 s 表示,即

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

由于异步电动机的转速 $n < n_0$,且 $n > 0$,故转差率在 $0 \sim 1$ 的范围内,即 $0 < s < 1$ 。对于常用的异步电动机,在额定负载时的额定转速 s_N 很接近同步转速,所以它的额定转差率 s_N 很小,约为 $0.01 \sim 0.09$, s 有时也用百分数来表示。