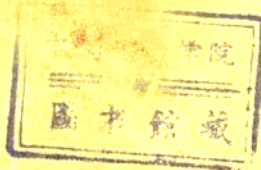


383944

异步电机原理

电机专业



上海机械学院

1978. 9.

PDF

异步电机原理

电机专业

1978.9

主要符号表

a	支路数		的最大幅值
B	磁通密度	f_v	三相合成 v 次谐波磁动势的瞬时值
B_m	磁通密度的最大值	f_v	谐波磁场在定子绕组中感应电动势的频率
B_δ	合成的气隙磁通密度	F_0	定转子合成磁动势的幅值
C	电容	f_1	定子电源的频率
\dot{C}_1	复常量	f_1	三相合成基波磁动势的瞬时值
D	定子内径	F_1	定子合成基波磁动势的幅值
E_c	元件感应电动势的有效值	f_2	转子电流或电动势的频率
E_d	导体感应电动势的有效值	F_2	转子合成基波磁动势的幅值
E_{d1}	谐波磁场感应电动势的有效值	i	电流瞬时值
E_{e1}	端部漏磁感应电动势的有效值	I_B	转子导条电流的有效值
E_Σ	三相绕组的线电动势的有效值	I_d	槽内导体电流的有效值
E_q	q 个元件分布时感应电动势的有效值	I_K	短路环电流的有效值
E_{s1}	槽漏磁感应电动势的有效值	I_m	电流最大值
E_t	一匝感应电动势的有效值	I_N	额定电流有效值
E_ϕ	一相感应电动势的有效值	I_R	转子端环电流的有效值
E_1	定子每相感应电动势的有效值	I_S	起动绕组电流的有效值
E_2	在定子频率下的转子每相感应电动势的有效值	I_{sc}	短路电流的有效值
E_2'	折合到定子边的转子每相感应电动势的有效值	I_{st}	起动电流的有效值
E_{2s}	转子每相的感应电动势的有效值	I_w	工作绕组电流的有效值
F	每极每相磁动势的幅值	I_o	定子每相激磁电流的有效值
f_ϕ	每极每相磁动势的瞬时值	I_1	定子相电流的有效值
$F_{\phi v}$	每极每相 v 次谐波磁动势的最大幅值	I_2	转子相电流的有效值
$F_{\phi v d}$	每极每相分布短距绕组的 v 次谐波磁动势的最大幅值	I_2'	折合到定子边的转子相电流的有效值
$f_{\phi 1}$	每极每相基波磁动势的瞬时值	$k_{d p 1}$	定子基波的绕组系数
$F_{\phi 1}$	每极每相基波磁动势的最大幅值	$k_{d p 2}$	转子基波的绕组系数
$F_{\phi 1 d}$	每极每相分布绕组的基波磁动势的最大幅值	$k_{d v}$	定子 v 次谐波分布系数
$F_{\phi 1 d p}$	每极每相分布短距绕组的基波磁动势	$k_{d 1}$	定子基波的分布系数
		k_e	电动势变比
		k_i	电流变比
		K_m	过载能力

k_{pv}	定子 v 次谐波的短距系数	Γ_0	空载转距
k_{p1}	定子基波的短距系数	T_2	输出转距
k_{skv}	v 次谐波的斜槽系数	U_N	额定电压的有效值
k_{k1}	基波的斜槽系数	U_{sc}	短路电压的有效值
L_{2c}	转子绕组漏电感	$U_{\phi 1}$	定子一相端电压的有效值
m	定子相数	U_0	空载电压的有效值
m_2	转子相数	U_1	输入电压的有效值
n	转子转速	U_2	输出电压的有效值
n_s	同步速	v	旋转磁场的线速度
p	极数	W	一个元件的串联匝数
P_{cu0}	定子空载铜(铝)耗	W_1	定子绕组每相串联匝数
P_{cu1}	定子铜(铝)耗	W_2	转子绕组每相串联匝数
P_{cu2}	转子铜(铝)耗	X_{β}	转子导条电抗
P_e	电磁功率	X'_{β}	折合到定子边的转子导条电抗
P_{Fe}	定子铁耗	X_{d1}	定子谐波电抗
P_{fw}	风阻摩擦损耗	X_{d2}	转子谐波电抗
P_m	机械功率	X_{E1}	定子端部漏电抗
P_{sc}	短路损耗	X_{E2}	转子端部漏电抗
P_z	杂散损耗	X_m	激磁电抗
P_0	空载损耗	X_R	转子端环电抗
P_1	输入功率	X'_R	折合到定子边的转子端环电抗
P_2	输出功率	X_{sc}	短路电抗
q	定子每极每相槽数	X_{s1}	定子槽漏抗
Q_p	定子每极槽数	X_{s2}	转子槽漏抗
Q_1	定子槽数	X_1	定子漏电抗
Q_2	转子槽数	X_2	在定子频率下的转子漏电抗
R_B	转子导条电阻	X'_2	折合到定子边的转子漏电抗
R'_B	折合到定子边的转子导条电阻	X_{2s}	在转子频率下的转子漏电抗
R_m	激磁损耗所对应的电阻	y	节距
R_R	转子端环电阻	Z_m	激磁阻抗
R'_R	折合到定子边的转子端环电阻	Z_{sc}	短路阻抗
R_{sc}	短路电阻	Z_1	定子阻抗
R_1	定子电阻	Z'_2	折合到定子边的转子阻抗
R_2	转子电阻	α	定子槽距所对应的空间电角度
R'_2	折合到定子边的转子电阻	α_2	转子槽距所对应的空间电角度
s	转差率	η	效率
s_m	对应于最大转距的转差率	v	谐波次数
s_N	额定负载的转差率	τ	定子极距
t	时间	Φ_m	一个极下的磁通量
T_e	电磁转距	φ_1	定子相电压与相电流间的相角
T_m	最大转距	φ_2	转子相电势与相电流间的相角
T_{min}	最小转距	Ψ	磁链
T_N	额定转距	ω	角频率
T_{sc}	短路转距	Ω	转子的机械角速度
T_{st}	起动转距	Ω_s	同步机械角速度

目 录

第一章 概述

§ 1—1 异步电动机的旋转原理	1
§ 1—2 异步电机的用途和分类	7
§ 1—3 异步电机的结构	8
§ 1—4 异步电动机的型号、铭牌及额定值	12
小结	13
习题	14

第二章 交流绕组及其磁动势

§ 2—1 从一个定子绕组的实例来考察其联接情况	15
§ 2—2 定子绕组的磁通和磁动势分布	21
§ 2—3 单相整距集中单层绕组的磁动势	25
§ 2—4 单相整距分布绕组的磁动势	29
§ 2—5 单相短距分布绕组的磁动势	34
§ 2—6 三相绕组的磁动势	39
§ 2—7 三相绕组	52
小结	68
习题	69

第三章 交流绕组的感应电动势

§ 3—1 概述	72
§ 3—2 导体和元件的感应电动势	72
§ 3—3 相电动势和线电动势	75
§ 3—4 漏磁通和漏电抗	81
小结	85
习题	86

第四章 三相异步电动机的运行

§ 4—1 运行时的基本方程式	87
§ 4—2 等值电路和相量图	93
§ 4—3 鼠笼式转子的计算方法	98

§ 4—4	运行时的功率平衡和转矩平衡	103
§ 4—5	电磁转矩和机械特性	106
§ 4—6	异步电动机的附加转矩	111
§ 4—7	损耗和参数的测定	116
§ 4—8	运行特性	119
	小结	120
	例题	122
	习题	126

第五章 三相异步电动机的起动

§ 5—1	异步电动机起动的一般介绍	128
§ 5—2	鼠笼式电动机的起动	130
§ 5—3	线绕式电动机的起动	134
§ 5—4	有较高起动转矩的鼠笼式电动机	136
	小结	138
	习题	139

第六章 三相异步电动机的调速

§ 6—1	异步电动机调速的主要方法	141
§ 6—2	单绕组变极调速的联接法	144
	小结	149
	习题	149

第七章 三相异步电机的其它运行方式

§ 7—1	异步发电机	150
§ 7—2	异步电机的制动	153
§ 7—3	感应调压器	157
	小结	159
	习题	160

第八章 其它类型的异步电机

§ 8—1	单相异步电动机	161
§ 8—2	直线异步电动机	167
§ 8—3	三相异步力距电动机	170
	小结	171
	习题	172

附录	三相异步电动机的圆图	173
----	------------	-----

第一章 概 述

异步电机也称为感应电机，是交流电机的一种，它主要作为电动机使用。在本章中首先运用电磁感应的基本原理来定性地说明异步电动机为什么会旋转，以便对异步电机的工作情况有初步了解，然后再说明异步电机的用途、分类和结构。

§ 1—1 异步电动机的旋转原理

如果把一台异步电动机接上交流电源，它就很快地转动起来，带动轴上的机械负载进行工作。现在要问，异步电动机为什么会旋转？

要回答这个问题，先来看看下面的实验。

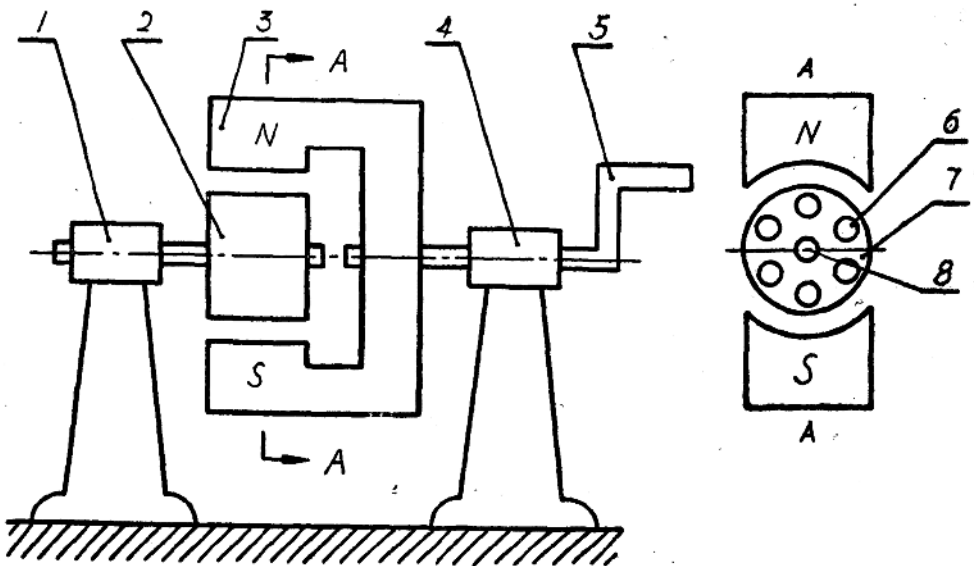


图1—1 试验装置

1.4. 支架 2. 转子 3. 磁铁 5. 手柄 6. 转子短路线圈 7. 转子铁心 8. 轴

图1—1是一个试验装置。磁铁和手柄相连，摇动手柄可使磁铁旋转。磁铁的两极之间是一个可以自由转动的转子，它由铁心和许多导条所构成，这些导条沿转子圆周均匀分布，并在两端用铜环把它们联接起来，使导条短路。

我们发现，当摇动手柄使磁铁旋转时，中间的转子也跟着旋转。现在就来解释这个现象。

当磁铁旋转时，磁铁所产生的磁场也在旋转，于是转子上的导体就和磁场之间产生了相对运动，从而在导体中感应出电动势来。如果磁铁逆时针旋转，那末转子导体相对于磁场的运动是顺时针的。根据右手定则可以判断出导体中电动势的方向，在图1—2中上半部都是进去的，以 \ominus 表示；下半部都是出来的，以 \odot 表示。因为转子导条是短路的，所以在其中将产生电流。当不考虑电动势和电流的相位差时，电流的方向和电动势相同。

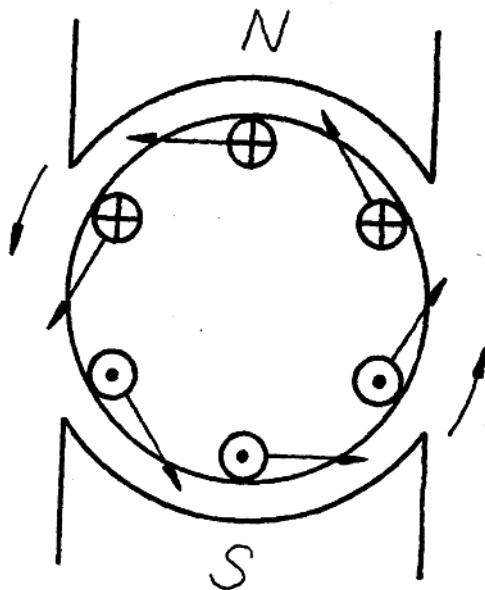


图1—2 转子的旋转原理

载流导体在磁场中会受到电磁力的作用，用左手定则可以判断出作用在导体上的电磁力的方向，在图1—2中用导体旁的箭头表示。这些电磁力形成了一个

转矩，即电磁转矩。如果电磁转矩大于由摩擦力或其它阻力形成的制动转矩，转子就将顺着磁场的转向加速地旋转起来，直到电磁转矩等于制动转矩时转速才达到稳定。

上面的试验装置是两个磁极的，它也可以做成四个磁极或更多磁极数的，但N极和S极必须交替安排，如图1—3所示。

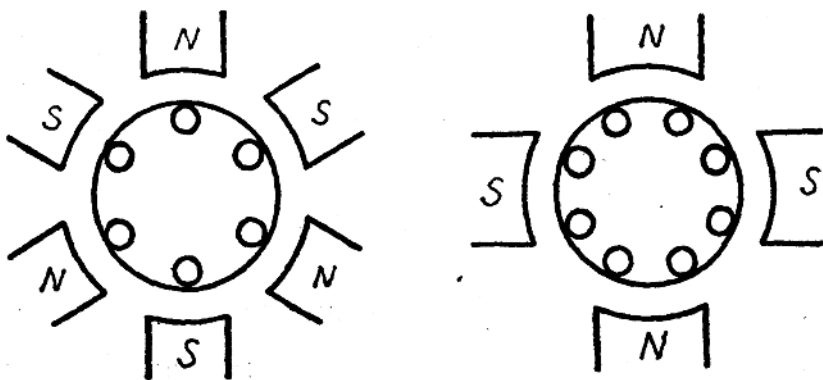


图1—3 四极和六极的试验装置

从上面试验的分析中我们知道，当有一个磁场在空间旋转时（我们叫它旋转磁场），处在它中间的转子就会跟着旋转。

异步电动机之所以能旋转，也是这个道理。不过，在异步电机中，旋转磁场不是靠转动磁铁得到的，而是靠在定子的交流绕组中通入交流电流产生的。 交流电能产生磁场

下面就来讨论为什么在定子的三相对称绕组中通入三相对称的电流就能产生旋转磁场。

如图1-5所示的二极异步电动机，定子的三相绕组由A-X、B-Y、C-Z三个完全相同的线圈组成，它们在空间的位置依次相隔 120° 。当定子绕组接到三相正弦交流电源后，定子绕组中就有一个对称的三相正弦电流：

$$i_A = I_m \cos \omega t$$

$$i_B = I_m \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_C = I_m \cos(\omega t - 240^\circ)$$

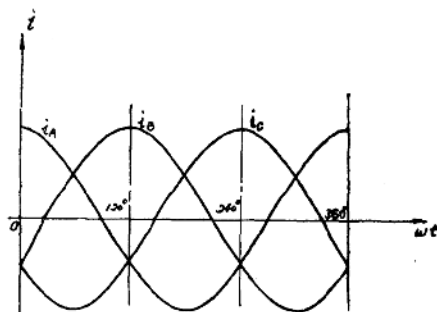


图1-4 三相电流随时变化的关系

各相电流随时间变化的曲线如图1-4所示。假如我们规定①电流为正时，它是从每相线圈的始端（即A、B、C）流入，而从每相线圈的尾端（X、Y、Z）流出②电流为负时则方向相反，即从线圈的尾端流入而从始端流出。以 $\omega t = 0$ 这一瞬间为例，此时 $i_A = I_m$ ，电流从A流入，而从X流出； $i_B = i_C = -\frac{1}{2} I_m$ ，电流分别从B及C流出，而从Y及Z流入。如图1-5(a)所示，上半部导体中的电流都是进去的，下半部导体中的电流是出来的。根据右螺旋定则可知，三相绕组中由电流所产生的磁动势的方向是从右到左，这个磁动势在以定子、气隙和转子组成的磁路中产生磁通，这个磁通用磁力线来表示，它的方向是和磁动势的方向一致的，如图中虚线所示。用同样的方法可以画出 ωt 等于 120° 、 240° 、 360° 时的电流和磁通的方向，分别如图1-5(b)、(c)及(d)所示。

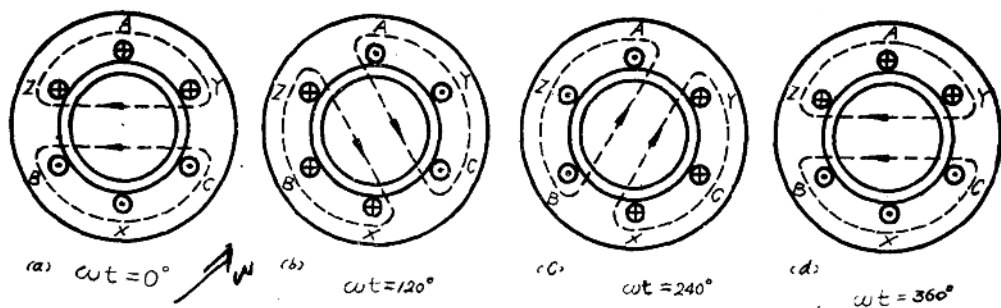


图1-5 二极电机的旋转磁场

(a) $\omega t = 0$	(b) $\omega t = 120^\circ$	(c) $\omega t = 240^\circ$	(d) $\omega t = 360^\circ$
$i_A = I_m$	$i_B = I_m$	$i_C = I_m$	$i_A = I_m$
$i_B = i_C = -\frac{1}{2} I_m$	$i_A = i_C = -\frac{1}{2} I_m$	$i_A = i_B = -\frac{1}{2} I_m$	$i_B = i_C = -\frac{1}{2} I_m$

当 ωt 变化了 120° ，从图1—5(b)可见，磁力线的方向（即磁场的方向）相对于图1—5(a)在空间依逆时针方向转过了 120° 。当 ωt 再经过 120° ，从图1—5(c)可见，磁场的方向又依逆时针方向转过 120° 。当 ωt 再经过 120° ，从图1—5(d)可见，磁场的方向再依逆时针方向转过 120° ，即又重新回到 $\omega t = 0$ 时的方向，和图1—5(a)相同。上面的讨论说明，三相电流在三相绕组中产生的磁场是旋转的，这个磁场一般称为旋转磁场。在二极电机中，当电流变化了一个周期，电流所产生的磁场在空间也正好旋转一周，即 360° 。所以，如电流每秒变化 f_1 周，则旋转磁场在空间每秒旋转 f_1 转。根据我国工业用交流电的频率 $f_1 = 50$ 赫芝，因此二极异步电动机产生的旋转磁场的转速 n_s 为50转/秒，即3000转/分。

现在我们把三相绕组安排成图1—6所示的情况。在图1—6(a)中画出了 $\omega t = 0$ ($i_A = I_m$, $i_B = i_C = -\frac{1}{2}I_m$)时电流和磁力线的方向，可以看出这是四极电机。当 ωt 每经过 120° ，从图1—6中可以看到磁场相应地在空间依逆时针方向旋转了 60° 的位置。电流变化了一个周期（即 ωt 经过了 360° ），磁场便在空间旋转了半周。对于频率 $f_1 = 50$ 赫芝的电源，四极电机旋转磁场的转速 $n_s = \frac{120f_1}{4} = 1500$ 转/分。

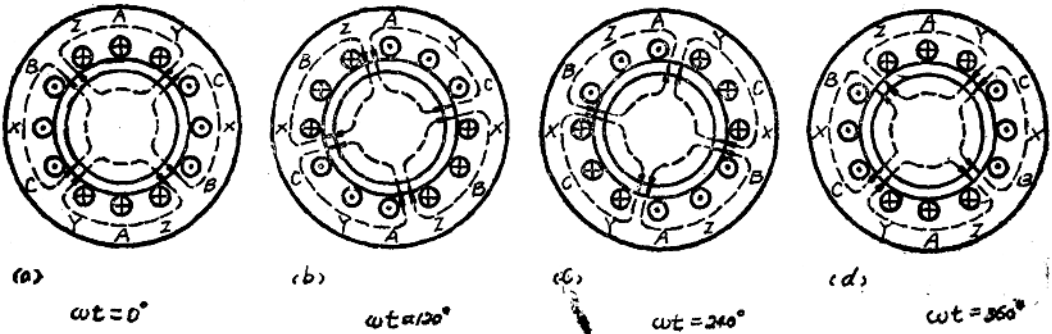


图1—6 四极电机的旋转磁场

只要适当安排绕组，可以得到六极、八极或 p 极的旋转磁场，按前面作图方法，可以求得它们转速。当电机为 p 极时，旋转磁场的转速为

$$n_s = \frac{120f_1}{p} \text{ 转/分} \quad (1-1)$$

两对极时 转速就是500转
60x50
500转

这个转速称为同步速。

旋转磁场在空气气隙中的分布是怎样的呢？从图1—7可见，在1部分由于磁力线较稀，所以磁场较弱，在2部分由于磁力线较密，所以磁场较强。根据第二章中的详细分析可知，如果忽略一些次要的因素，可以认为磁场沿气隙圆周上的分布是呈正弦形的。为了画图和分析的方便起见，我们把气隙圆周在A处断开，展成直线，那末磁场的分布情况，即在气隙圆周上不同点的磁通密度，可用图1—8和图1—9表示。

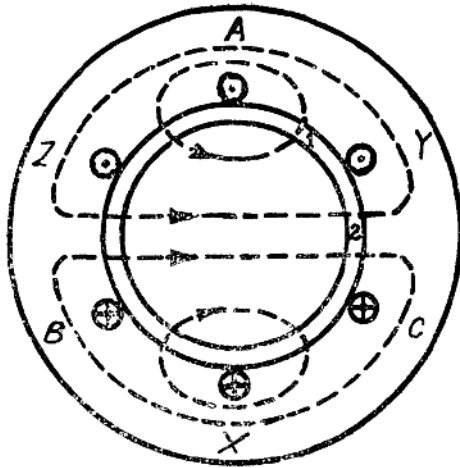


图1—7 磁力线在空气隙中分布

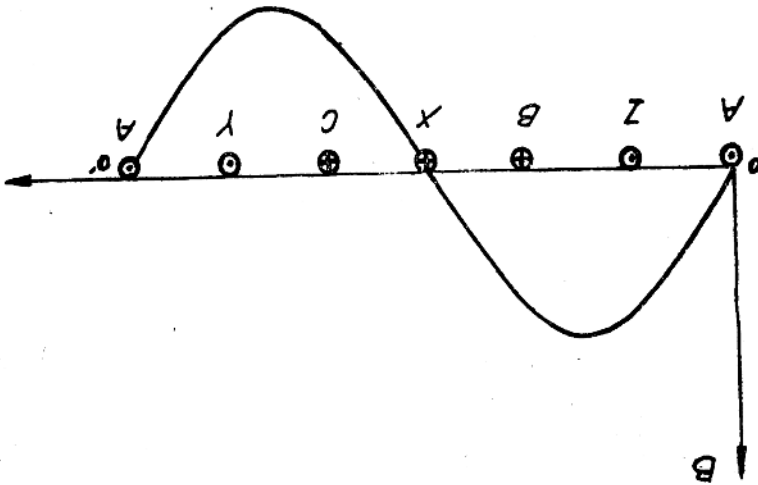


图1—8 二极电机磁密的分布曲线

由于磁场是旋转的，图1—8所示的只是二极电机磁场分布的一瞬间情况。当 ωt 经过了 360° 时，在0点（即A点）处的磁密（其值为零）向右移动到 $0'$ ，即移动了对应于磁密正弦波形的 360° 。对应于磁密正弦波形的角度一般称为空间电角度，在二极电机中，它也就是对应于气隙圆周的机械角度。在图1—9中，当 ωt 经过了 360° 时，在0点（即A点）处的磁密向右移动到 $0'$ ，也移动了 360° 空间电角度。但在四极电机中，这 360° 空间电角度对应于 180° 机械角度。所以一般情况下，空间电角度与机械角度的关系是：

$$\text{空间电角度} = \frac{p}{2} \text{机械角度} \quad (1-2)$$

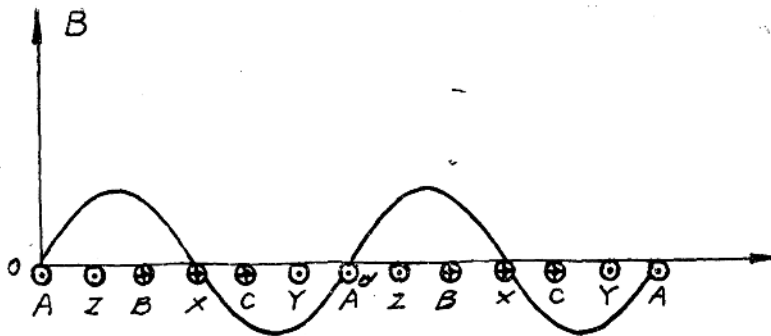


图1-9 四极电机磁密的分布曲线

式中 p 是极数。为了分析方便起见，在以后的讨论中，如果没有特别指出，都是指空间电角度。

关于三相绕组的具体安排和联接以及在三相绕组中通入三相电流后产生旋转磁场的详细分析，将在第二章中讨论。

异步电动机正常运行时，转子转速略低于同步速，而不会升到同步速。理由如下：电动机的电磁转矩大于机械负载的制动转矩，于是转子就加速旋转起来，当转子转速上升到同步速的80%左右时，电磁转矩将随着转子转速的上升而急剧下降（理由后详），假如转子转速上升到同步速，那末电磁转矩就下降到零，因为这时转子导体和旋转磁场没有相对运动，转子导体中就没有感应电动势，没有电流，于是也就没有电磁转矩。这样，当转子转速上升到略低于同步速的数值时，电磁转矩下降到其大小等于制动转矩，于是转子就不再继续加速，而稳定运行于该转速。正由于这种电动机的转子转速不能自己达到同步速，因此给予它“异步”的名称。也由于这种电动机所以能旋转，是靠转子感应的电流和气隙磁场相作用产生电磁转矩，因此有时给予它“感应”的名称。

异步电机的转子转速用 n 表示，单位也是转/分。二极电机 $n_s = 3000$ 转/分，而 n 在2900转/分左右；四极电机 $n_s = 1500$ 转/分， n 在1450转/分左右。

异步电机的转速通常还用另一个量来代表，这个量称为转差率，或简称为转差，用 s 表示，它等于同步 n_s 和转速 n 之差与 n_s 的比值，即

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad \text{转差率} \quad (1-3)$$

由上式可见，转速在 0 到 n_s 这个范围内，转速越高，转差率越小。当 $n = 0$ 时， $s = 1$ ；当 $n = n_s$ 时， $s = 0$ 。异步电动机正常运行时， s 约为 $0.015 \sim 0.05$ ，反映为转速，就是 n 约为 $0.985n_s \sim 0.95n_s$ 。

最后，对以上的分析还必须作两点补充说明。

(1). 由于转子和旋转磁场并非同步旋转，故转子上某一导体交替处于 N 极和 S 极下，从而感应的电动势是交流的，它所产生的电流也是交流的。转子导条所组成的短路绕组是一个电阻电感性电路，故电流将落后于电动势一个小于 90° 的电角度。在上面的分析中没有考虑电动势和电流的相位差，而假定它们的方向相同，只是为了说明问题可以简单一些。这样的

假定只影响电磁转矩的大小，而不影响电磁转矩的方向，因此在定性分析时还是可以采用的。

(2) 上面说过，当定子绕组中通入交流电流时，会产生一个旋转磁场。事实上，转子导条也组成一套交流绕组，其中也通过交流电流，因此转子也会产生一个旋转磁场。在第四章中将说明，转子的旋转磁场和定子的旋转磁场按同方向同转速旋转，它们相互之间是静止的。这两个旋转磁场在空间能合并成一个旋转磁场。必须注意，真正为转子导条所切割而感应电动势的磁场正是这个合成的旋转磁场，而不是定子的旋转磁场。

合成旋转磁场

§ 1—2 异步电机的用途和分类

异步电机主要作为电动机使用。异步电动机是工农业生产中应用最广泛的一种电动机，根据统计，在电网的总动力负载中，异步电动机约占85%。它应用在各种行业中。例如，在各种机床和各种轻工业中常用它作为动力装备，在矿山上它常被用来拖动卷扬机和鼓风机。在农业方面，它被用来拖动水泵和农副产品的加工机械。此外，在人民生活中，如风扇、冷冻机和一些医疗机械中也采用异步电动机。总之，异步电动机应用范围广，需要量大，而且随着电气化自动化的发展，它在工农业生产和人民生活中的重要性也将愈益增大。

异步电动机之所以应用得这样广泛，主要原因是在各种电动机中异步电机结构最简单，价格最便宜，它与同容量同转速的直流电机相比，重量约为直流电机的一半，价格约为三分之一。另外，异步电机坚固耐用，运行可靠，维护方便，还有较高的效率和较好的工作特性。

但是，“事物都是一分为二的”。异步电动机除了上述这些突出的优点外，也存在着缺点，缺点是存在落后的功率因数和较差的调速性能，这使它的应用受到一定的限制。后面将说明，异步电机在工作时必须从电网吸取落后的电流，它的功率因数 $\cos \varphi$ 总是小于1。由于在电网的负载中异步电动机所占的比重很大，从而由电网提供的无功功率也很大，这对电网是一个相当重的负担，它增加了电网的损耗，因为电网在输送同样的有功功率的条件下，功率因数越低，无功电流就越大，总电流和损耗也就越大。在功率因数问题较严重的情况下，就要考虑采用电容器或其它专门装置加以改善。异步电动机在调节速度时，通常很难同时满足调速范围广、调速平滑、设备简单、电力消耗省这些要求。我国工人阶级遵循伟大领袖毛主席关于“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的教导，近年来在改善异步电动机的调速性能方面取得了较大成绩。在有级调速方面，对单绕组多速电机有所提高；在无级调速方面，用可控硅变频调速和串级调速也得到一定的进展。关于如何进一步改善异步电动机的功率因数和调速性能，这仍然是有意义的研究课题。

异步电机也可作发电机用，但它的工作性能较差，因此用得很少，只有在某些农村和山区缺少同步发电机时才使用。

异步电机根据不同的分类方法可分成不同的类型，现介绍如下：

(1) 按相数来分可分成三相和单相两类。绝大多数异步电机都是三相的。由于单相电机和同样尺寸的三相电机相比，它的容量只有三相的50%左右，不经济，而且单相电机使用时容易造成电网三相不平衡，因此，在工农业生产中不用单相异步电动机作动力设备。但是，单相

三相
单相

异步电动机只需要单相电源，使用方便，而且结构简单，所以小容量的单相异步电动机在各种生活用具和工业装置上却有较广泛的应用。

(2) 按转子结构来分，可分成鼠笼式和线绕式两类。鼠笼式又分为普通鼠笼式、深槽式和双鼠笼式等。普通鼠笼式通常就称为鼠笼式，由于这种电机转子的结构和制造工艺都较简单，因此使用最广泛。但是普通鼠笼式电机的起动性能较差，所以较大容量的鼠笼式电机大多做成深槽式和双鼠笼式，以改善起动性能。线绕式电机起动性能较好，且便于调速，用于起动和调速要求较高的场合，但其制造成本较高，因此不及鼠笼式用得广泛。

(3) 按机壳的不同保护方式来分，可分成封闭式、防护式、防爆式等。容量较小的电机由于应用范围广，要求对环境的适应性强，故通常采用封闭式。容量较大的电机为了加强通风散热的效果，大多采用防护式。防爆式多用于含有易燃、易爆气体的场所，如矿井和某些化工厂。

§ 1—3 异步电机的结构

异步电机由定子和转子两大部件组成，两者之间存在着空气隙。现对定子、转子和空气隙三部分的结构扼要介绍如下：

一、定子

异步电机的定子主要由定子铁心、定子绕组以及机座、端盖、轴承等所组成。

定子铁心是磁路的一部分。由于异步电机中的磁场是旋转的，铁心内每一点上的磁场是交变的，为了减少磁场在铁心中引起的涡流损耗和磁滞损耗，铁心不能用整块钢材，而要采用两面涂有绝缘漆的硅钢片叠成。工频（50赫）电机通常采用0.5毫米厚的D₁硅钢片，而中频（几百赫~几千赫）电机则采用0.35毫米厚的D₁硅钢片。

定子铁心的内圆上均匀分布着许多形状相同的槽，槽的形状是由绕组的形式来决定的。

图1—10表示异步电机最常用的几种槽形，梯形槽和梨形槽属于半闭口槽。

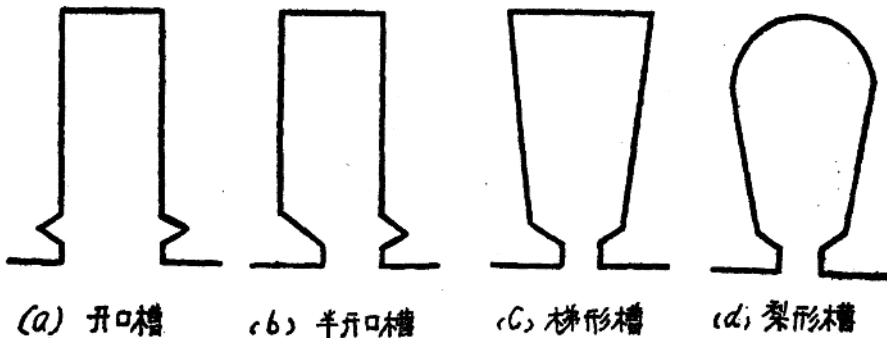


图1—10 异步电机的定子槽形

在槽内安放定子线圈，所有定子线圈按一定的方式联接起来就组成了定子绕组。定子绕

组的联接方法将在第二章中介绍。定子线圈大致可分成散下线圈、低压成型线圈和高压成型线圈等几种形式。

定子槽形和线圈形式的选择是根据电机的容量大小和电压高低而定。为了减少电机的齿谐波磁场及其相应的损耗，为了改善功率因数，最好采用半闭口槽，但是这却使嵌线和安放槽绝缘的工艺复杂化了，特别是在高电压（3~6千伏）大容量的电机里难以实现①所以一般只在低电压（500伏以下）小容量电机中采用半闭口槽和散下线圈。这时定子线圈由较细的圆形漆包线绕成后嵌入槽内。图1-11表示散下线圈的形状和半闭口槽的槽内情况②对于低电压中等容量的电机，通常采用半开口槽和低压成型线圈。这时定子线圈由扁形漆包（或玻璃丝包）线绕制并拉型而成，每层线圈沿槽的宽度方向布置成两排。图1-12表示低压成型线圈的形状和半开口槽的槽内情况③对于高电压大容量电机，采用开口槽和浸胶线圈，见图1-13。

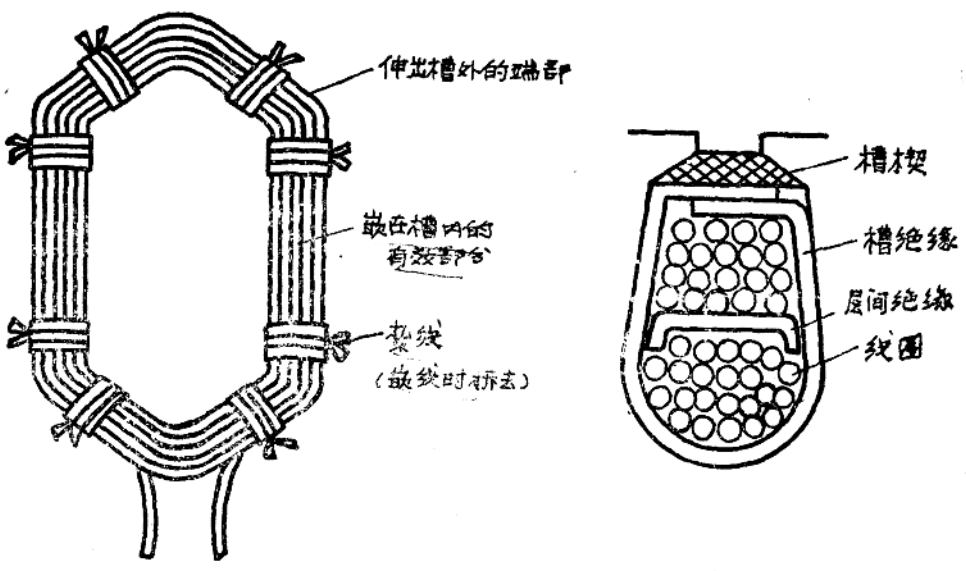


图1-11 散下线圈和半闭口槽

定子铁心固定在机座内部。异步电机的机座不作为磁路的组成部分，故一般用铸铁制成。当采用不同的冷却方式时应采用不同的机座结构。例如，对于外通风冷却的电机（封闭式），定子铁心应与机座紧密接触，使电机内部产生的热量能很好地传导到机座上，然后在机座外表面加以通风冷却；为了加强冷却效果，机座外表面铸成许多散热筋；对于内部通风冷却的电机（防护式），定子铁心和机座间要留有足够的通风道，使空气能很好流通，带走热量。

端盖也用铸铁制成，它除了保护电机的绕组端部以外，通常还连同轴承起支撑转子的作用。

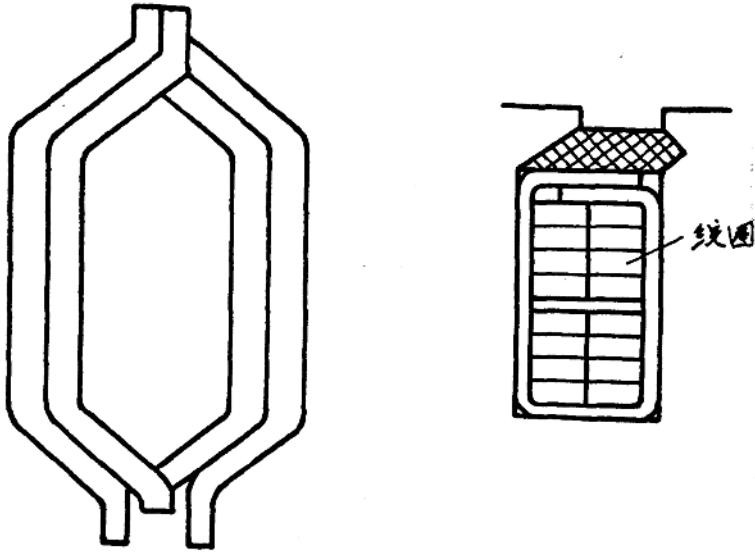


图1-12 低压成型线圈和半开口槽

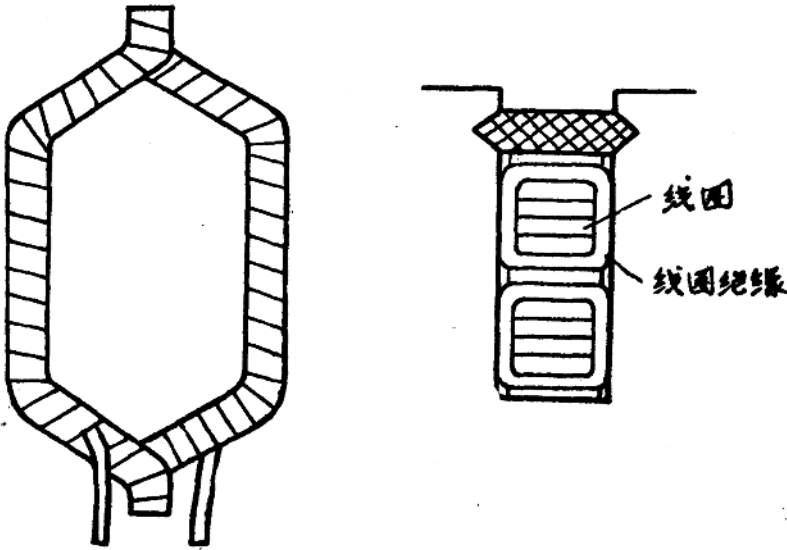


图1-13 高压线圈和开口槽

二、转子

异步电机的转子主要由转子铁心、转子绕组和转轴所组成。

转子铁心也是磁路的一部分。由于转子转速接近于同步速，故旋转磁场相对于转子的转速很低，转子铁心的损耗很小，所以原则上转子铁心只须用普通钢片叠装即可，但为了利用定子冲片的内圆落料，通常仍采用硅钢片叠成。

对于小容量电机，转子铁心直接套在轴上。当电机容量较大时，则在轴上焊接筋条或加装一个转子支架，而将转子铁心套于其上。

转子铁心的外圆上也均匀分布着许多形状相同的槽，由各槽内的导体或线圈联接成转子绕组。转子绕组可分成鼠笼式和线绕式两类，它们在结构上很不相同，但它们的工作原理基本上相同。下面对这两类转子绕组分别加以介绍。

1. 鼠笼式绕组

在转子铁心的每个槽中安放一根导条，在铁心两端槽口外，用两个导电的端环把所有导条的端部联接起来，就构成了一个鼠笼式绕组。如果去掉铁心，绕组的形状象一个笼子，见图1—14。

导条与端环可用铜或铝制成。现在小容量电机一般多采用铸铝的绕组，因为铝比铜便宜，而且浇铸的劳动生产率也高。铸铝的时候，把铁片叠好后放在模子内，将导条及端环铸成一体，两端的风扇也通常一起铸成。为了改善电机的起动性能，有时鼠笼的导条不是与轴线平行，而是扭斜一个角度。

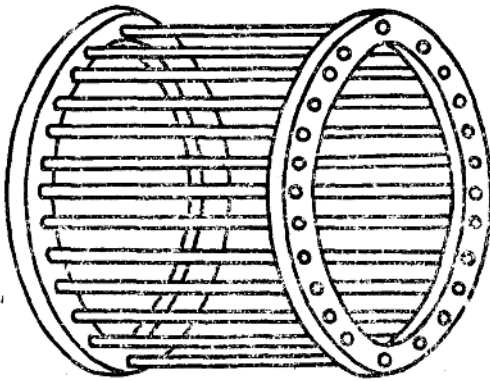


图1—14 鼠笼绕组

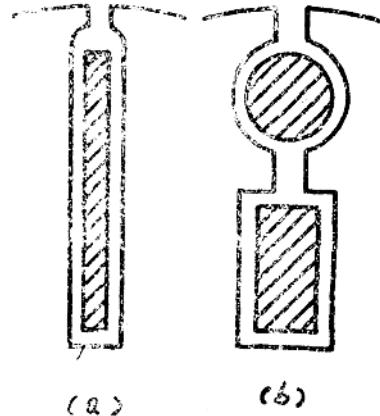


图1—15 鼠笼式转子的槽形

(a) 深槽式转子 (b) 双鼠笼式转子

在较大容量的异步电动机中，为了得到较大的起动转矩，转子绕组可做成深槽式或双鼠笼式，见图1—15，深槽式转子槽的形状是深而窄，槽高为槽宽的10~12倍左右。双鼠笼式转子有两层鼠笼，外层鼠笼的导条具有较大的电阻和较小的电抗，可用黄铜制成；里层鼠笼的导条具有较小的电阻和较大的电抗，一般用紫铜制成。

2. 线绕式绕组

线绕式转子绕组和定子绕组相似，也是由绝缘导线做成线圈，嵌入槽内联接成对称的三相绕组，绕组的三根出线接到转子轴上的三个集电环（或称滑环）上，通过电刷把电流引出来。

线绕式转子的特点是，通过集电环和电刷可以把电机外的附加电阻接入转子回路，用以改善电机的起动性能或调节电机的转速，这些将在第五章和第六章中讨论。在一般工作情况