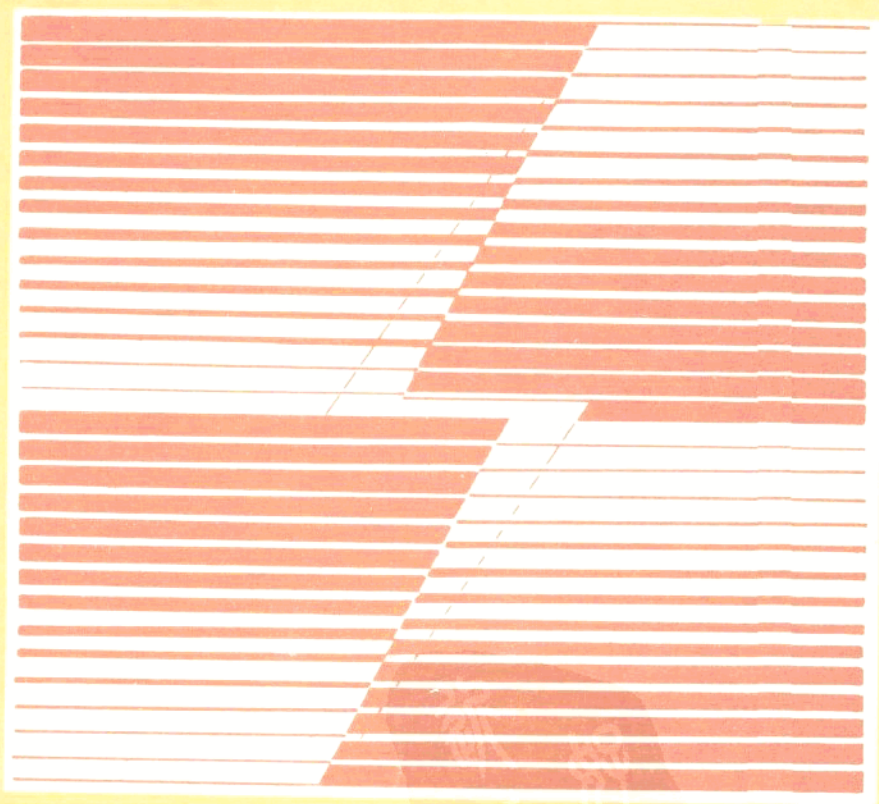


中等专业学校试用教材

电机与电力拖动基础

(二)

马春森 主编



武汉工业大学出版社

中等专业学校试用教材

电机与电力拖动基础

(二)

马春森 主编

武汉工业大学出版社

(鄂)新登字 13 号

新 文 章

中等专业学校试用教材
电机与电力拖动基础

◎主 编 马春森
责任编辑 张守志

*

武汉工业大学出版社出版发行
(武昌珞狮路 14 号 邮政编码 430070)
武汉工业大学出版社核工业 309 印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:32 字数:697千字

1991年7月第1版 1995年8月第3次印刷

印数:10001—15000

ISBN 7-5629-0535-5/TM·9



元(上、下册)

第三篇 异步电动机及电力拖动基础

内 容 提 要

本篇以三相异步电动机为讨论的主要对象。首先介绍它的基本结构、旋转磁场的建立和工作原理,并以此为基础,讨论异步电机的主电路(定子绕组)、磁场及电势等问题。其次分析异步电动机空载和负载运行时的电磁过程,得出它的基本方程式;再通过折算,导出等值电路和相量图。然后着重分析三相异步电动机的电磁转矩、机械特性、启动、反转、制动和调速等基本理论及方法。最后简单介绍几种特殊交流电动机的结构和工作原理以及三相异步电动机的实验方法。

第一章 异步电动机的基本结构和工作原理

异步电机主要作为电动机使用。三相异步电动机又称为三相感应电动机,它是生产中应用最广泛的一种动力机械。例如,在工业方面,利用它来拖动轧钢机械、各种类型的机床、起重运输设备、鼓风机和各种建材机械等;在农业方面如排灌水泵和各种农副产品加工机械的动力几乎都是异步电动机;在人们的日常生活中,异步电动机也愈来愈占重要地位,如电扇、电冰箱、洗衣机和各种医疗器械都采用异步电动机作为动力。根据统计,在电力网的总动力负载中,异步电动机约占 85%左右。

异步电动机之所以能广泛应用,因为它具有结构简单、制造容易、运行可靠、维护方便、效率较高和价格低廉等优点。它的缺点是功率因数较低,调速性能较差。因此,在许多要求调速范围大的生产机械方面,它的应用就受到一定的限制,而不得不让位于直流电动机。

异步电动机的定子接上交流电源后,由电源供给励磁电流,建立磁场,依靠电磁作用,使转子绕组感应电势和电流,产生电磁转矩,以实现将交流电能转换为机械能。从电磁关系上来看,异步电动机和变压器相似。异步电动机的定子绕组相当于变压器的原绕组,转子绕组相当于变压器的副绕组。所以,在掌握变压器原理的基础上再来学习异步电动机就比较容易了。

本章主要讨论异步电动机的基本原理和结构,着重分析异步电动机旋转磁场的产生和特点。

§ 3-1-1 中小型三相异步电动机的分类和结构

一、分类

异步电动机的种类规格很多,按照它的不同特征分类如下:

1. 按转子结构型式分:

- (1)鼠笼式异步电动机;
- (2)绕线式异步电动机。

2. 按机座号分:

- (1)小型电机——1号机座到9号机座,容量约0.6kW到125kW;
- (2)中型电机——10号机座到15号机座,容量约100kW到1250kW;
- (3)大型电机——15号机座以上,容量约为1250kW以上。

3. 按机座防护型式分:

(1)防护式——能防止水滴、尘土、铁屑或其它物体从上方或斜上方落入电动机内部,适用于较清洁的场所;

(2)开启式——电机除必要的支撑结构外,转动部分及绕组没有专门的防护,与外界空气直接接触,散热性能较好,适用于干燥、清洁、没有灰尘和没有腐蚀性气体的场所;

(3)封闭式(但不密封)——能防止水滴、尘土、铁屑或其它物体从任意方向侵入电机内部,适用于灰砂较多的场所,如拖动球磨机和纺织机等;

(4) 防爆式 一种全封闭的电机, 它能把电机内部和外界易燃、易爆的气体隔开。多用在汽油、酒精、天然气、煤气等易爆性气体的场所。

除以上分类外还有按相数分为三相和单相电机, 按安装方式分为立式和卧式电机, 按冷却方式分为空气冷却和液体冷却电机等等。但通常只将它分为鼠笼式和绕线式两大类, 如图 3-1-1 和图 3-1-2 所示。

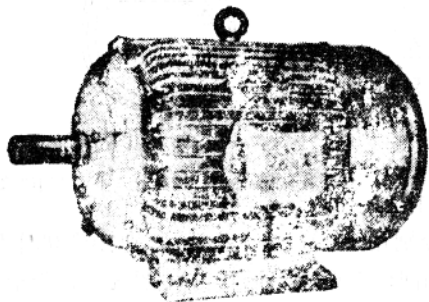


图 3-1-1 国产 JO₂ 系列 10kW (JO₂-52-4) 三相鼠笼式异步电动机的外形图

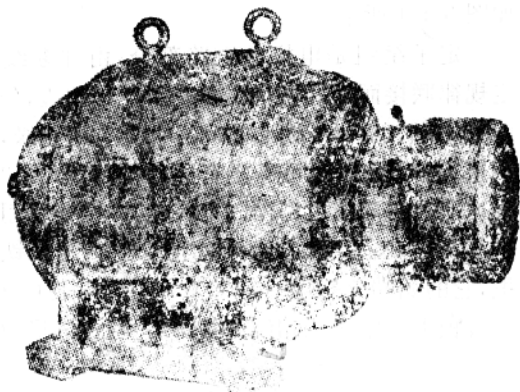


图 3-1-2 绕线型异步电动机

二、异步电动机的基本结构

异步电动机主要由两部分组成。固定部分称为定子, 旋转部分称为转子。在定子和转子之间有一很小的气隙。此外, 在定子两端还有端盖, 结构的主要部件如图 3-1-3 所示。下面对异步电动机的定子、转子和气隙作一简要说明。

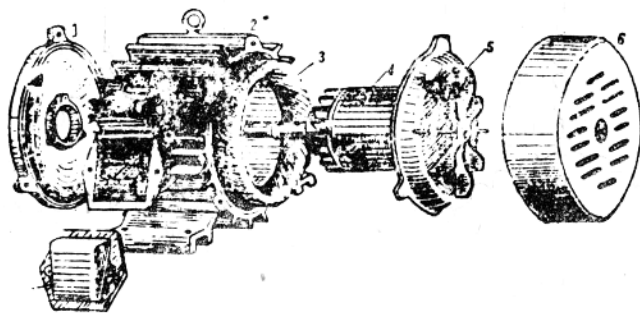


图 3-1-3 鼠笼式电动机的各个部件

1 端盖 2 定子 3 定子绕组 4 转子 5 风扇 6 风扇罩 7 接线盒盖

1. 定子

定子是由定子铁心、机座、定子绕组等部分组成。定子铁心是异步电动机磁路的一部分, 一般由 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成, 片与片之间涂以绝缘漆, 以减少涡流损失。每张硅钢片的内圆都冲有定子槽, 用以放置绕组。低压小型异步电动机定子槽形和转子槽形均采用半闭口槽, 如图 3-1-4 所示。硅钢片叠压之后成为一个整体铁心, 用压圈及扣片固定于机座内。对于大中

型异步电动机,为了使铁心中的热量能更有效地散发出去,常常在铁心中设有径向通风沟。

机座主要用来支承定子铁心和固定端盖。一般用铸铁铸成,大型电机多采用钢板焊成。为了增加散热面积,封闭式电动机的机座外表面带有散热筋片,如图 3-1-1 所示。

定子绕组是电机的电路部分,由许多线圈按一定规律联接而成。每个线圈有两个有效边,分别放在两个槽内。导体与铁心之间必须要有槽绝缘,如果是双层绕组,两层之间还要有层间绝缘,如图 3-1-4 所示。槽内的导线用槽楔固定在槽内,槽楔是用竹签或层压板做成。三相绕组对称地嵌放在定子铁心的槽里,它的始端分别用 U_1 、 V_1 、 W_1 表示,相应的末端分别用 U_2 、 V_2 、 W_2 表示,分别接到机座外面的接线板上。

定子三相绕组接线有星形(Y形)和三角形(Δ 形)两种,接线如图 3-1-5 所示。

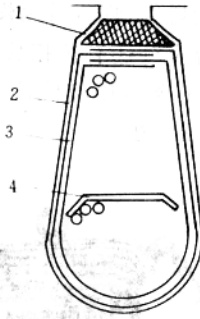


图 3-1-4 定子槽

1—槽楔 2、3—槽绝缘 4—层间绝缘

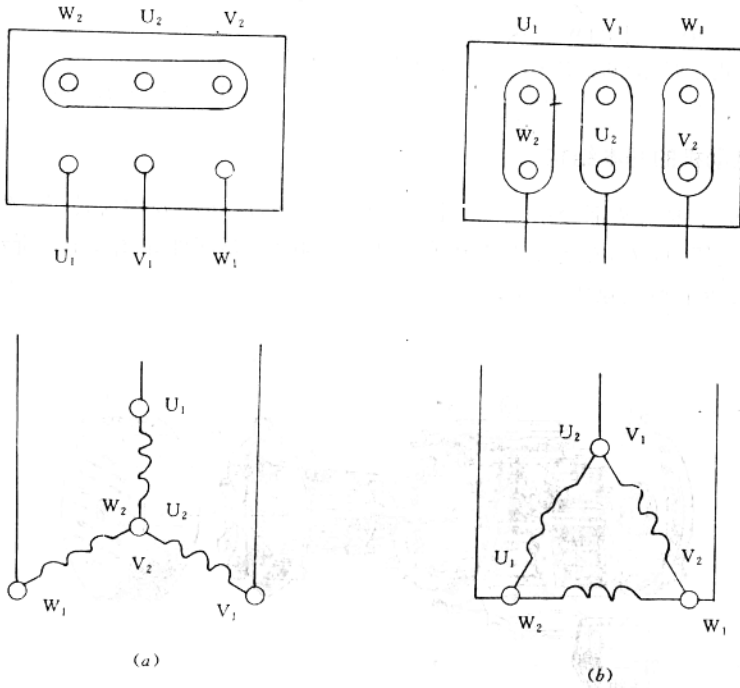


图 3-1-5 定子绕组的连接

(a)Y接法 (b) Δ 接法

2. 转子

转子是由转子铁心、转子绕组、转子支架、转轴和风扇等部分组成。转子铁心和定子铁心一样,也是由 0.5mm 厚冲槽的硅钢片叠压而成。它和定子铁心、气隙构成电机的完整磁路。小型电机是将轴滚花、热套或者用键槽配合把转子铁心直接套在轴上,大中型电机的转子铁心是通过支架紧固在转轴上。

异步电动机转子绕组一般采用鼠笼形绕组,它是由安放在转子铁心槽内的裸导体和两端的环形端环连接而成。如果去掉转子铁心,绕组的形状象一个笼子,如图 3-1-6 所示。绕组材料有铜和铝两种,铜条绕组是把裸铜条插入转子铁心的槽内,两端由两个端环焊接成通路,如图 3-1-6(a)。铸铝绕组是用熔化了的铝液直接浇铸在转子铁心的槽内,并将两个端环和冷却用的风叶浇铸在一起,如图 3-1-6(b)。而且铸铝转子槽不与转轴平行,而是扭斜一个角度,其作用可以削弱由定、转子齿槽产生的齿谐波电势。这种方法用在中小型异步电机及小型同步电机中,一般斜一个定子齿距。斜槽后,同一根导体内各点所感应的齿谐波电势相位不同,可以大部分互相抵消而使导体总电势中齿谐波大为削弱,如图 3-1-6(c)所示。

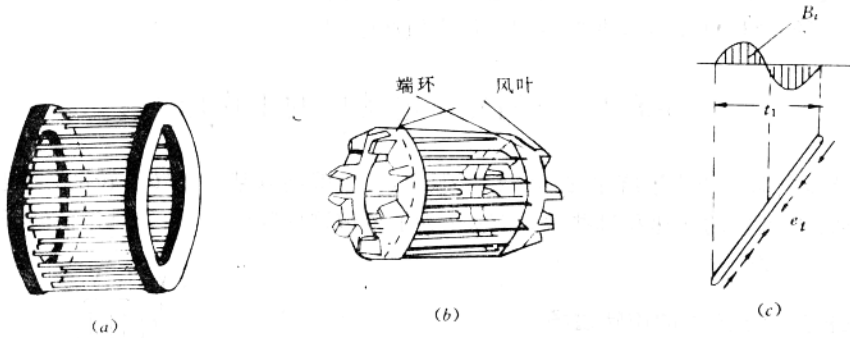


图 3-1-6 鼠笼型转子的绕组

(a)铜条绕组 (b)铸铝绕组 (c)斜槽削弱齿谐波磁场的作用

绕线式转子绕组与定子绕组相似,做成三相绕组,在内部接成 Y 形(也有接成 Δ 形),三根引出线分别接到装在转轴上的三个集电环上。这样,转子绕组就可通过集电环和电刷外接变阻器,以改善电动机的启动性能或调节电动机的转速。为了减少线圈之间的连接线,绕线式转子绕组一般采用波绕组。图 3-1-7 为绕线式转子结构示意图和绕线式异步电动机接线示意图。另外,在有的绕线式异步电动机中,还装有提升装置,当外接电阻全部被切除时,可将集电环短路,并把电刷提升起来,以减少摩擦和电刷磨损。

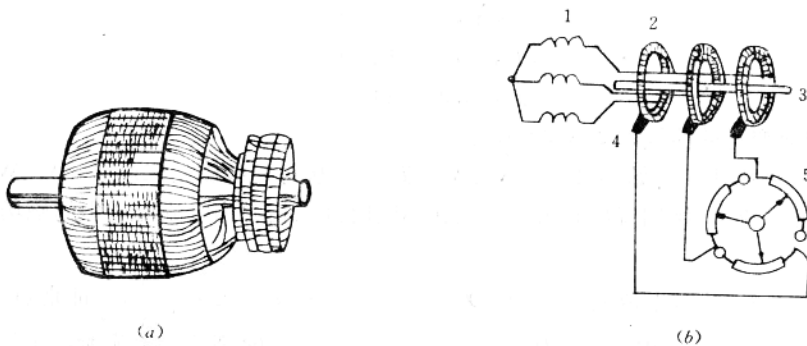


图 3-1-7 绕线式转子

(a)绕线式转子外形图 (b)绕线式转子与外加变阻器的连接

1—绕组 2—滑环 3—轴 4—电刷 5—变阻器

转轴是用来支承转子旋转并通过它带动生产机械的。由于转轴的强度要求较高,一般选用优质钢材制成。

风扇的作用是加强电机的通风散热,在鼠笼式异步电动机中,除了铸铝转子两端铸有风叶外,根据不同的风路系统,还装有其它型式的风扇。

3. 气隙

和其它电机一样,异步电动机的定子和转子之间必须有一气隙。异步电动机的特点在于它的气隙很小,中小型异步电动机的气隙一般为 $0.2 \sim 1.5\text{mm}$ 。气隙虽小,磁阻甚大,故为磁路系统中的重要部分,对电机的运行性能有很大影响。为了降低电动机的空载电流和提高电动机的功率因数,气隙应尽可能地小。但是气隙过小,将使装配困难和运行不可靠,因此采用的最小气隙是按加工可能及机械安全考虑能达到的最小值所限制。

§ 3-1-2 三相异步电动机的工作原理

三相异步电动机的定子绕组接通三相电源后,转子就会以某一种转速转动。通电后电机为什么会转动?电动机的转速和哪些因素有关?为了了解这些问题,下面先讨论使转子转动的重要因素——旋转磁场。

一、三相交流电产生的旋转磁场

1. 三相旋转磁场产生的条件

设有三组(每相一组,即 U_1-U_2 、 V_1-V_2 、 W_1-W_2)相同的绕组,彼此在空间上互差 120° 电角度放置在定子槽内,接成星形或三角形,通以三相交流,即可在定子铁心中产生一个三相旋转磁场。现绘图说明如下:

图 3-1-8 是简化了的定子绕组接线图。若把电动机的出线端 U_1 、 V_1 、 W_1 接到三相对称电源上,即通入三相对称电流。

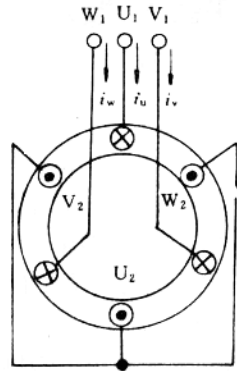


图 3-1-8 简化的三相定子绕组

$$i_u = I_m \sin \omega t$$

$$i_v = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_w = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

各相电流随时间而变化的曲线如图 3-1-9 所示。

假定,电流从每相线圈的始端(即 U_1 、 V_1 、 W_1)流入,而从每相线圈的末端(U_2 、 V_2 、 W_2)流出时为正;电流从末端流进,始端流出时为负。则在不同时刻三相对称电流所产生的磁场就如图 3-1-9 所示。

当 $\omega t = 90^\circ$ 、 $i_u = I_m$,此时电流从 U_1 流入(\otimes), U_2 流出(\odot); $i_v = i_w = -\frac{1}{2}I_m$,都是负的,所以电流分别从 V_2 、 W_2 流入, V_1 、 W_1 流出,如图 3-1-9(a)所示。此一时刻三相电流所产生的磁场可用右手螺旋定则确定,磁场的方向是从定子内壁右边出来,左边进去,即定子的右边是 N 极,左极是 S 极。

当 $\omega t = 210^\circ$ 时,电流随时间变化了 120° 电角度,即三分之一周期。这时 i_u 为正,电流由 V_1

端流入, V_2 端流出; i_u 和 i_w 都为负, 电流分别由 U_2 、 W_2 端流入, U_1 、 W_1 端流出。因而从图 3-1-9 (b) 可以看出, 这时的磁场方向较 $\omega t=90^\circ$ 时顺时针在空间旋转了 120° 。

同理, 可以确定 $\omega t=330^\circ$ 和 $\omega t=450^\circ$ 时的磁场方向 (已标在图 3-1-9 (c)、(d) 中)。由图可知, 当正弦电流变化了 360° 电角度 (即一个周期) 时, 磁场在空间上也正好旋转了 360° (即一空间周)。

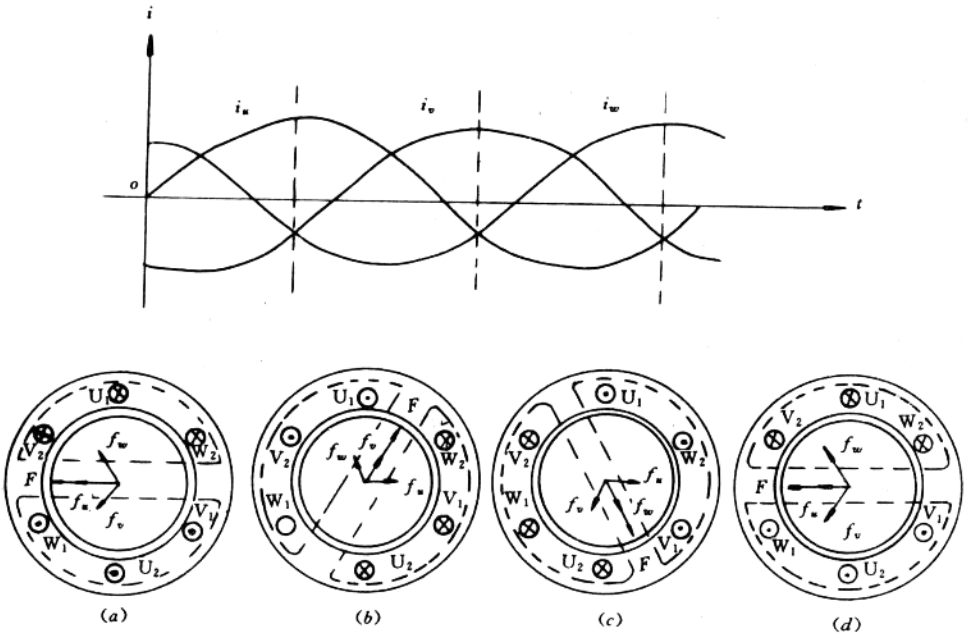


图 3-1-9 三相合成旋转磁场及合成磁势相量图

(a) $\omega t=90^\circ$ (b) $\omega t=90^\circ+120^\circ$ (c) $\omega t=210^\circ+120^\circ$ (d) $\omega t=330^\circ+120^\circ$

由此可知, 当通入定子三相绕组的三相电流随时间变化时, 在定子铁心中所产生的磁场会沿着某一方向发生旋转, 故称这种磁场为旋转磁场。

2. 旋转磁场的合成磁势

由图 3-1-9 (a) 看出, 每相绕组电流产生的磁势方向, 可根据右手螺旋定则确定, 磁势轴线总是与绕组轴线相重合。而三相绕组中电流产生的合成磁势方向也可根据三相绕组所有导体的电流方向, 用右手螺旋定则确定。由于该瞬间 U 相电流达到最大值, 那么三相绕组的合成磁势轴线就与 U_1 - U_2 绕组的轴线相重合。又因为每相绕组磁势的大小与绕组电流成正比, 所以此瞬间每相绕组磁势的大小分别为

$$f_u = F_m$$

$$f_v = f_w = -\frac{1}{2}F_m$$

三相绕组合成磁势, 按图 3-1-9 (a), 用相量图解法求得为

$$\begin{aligned} F &= f_u + f_v + f_w \\ &= F_m + \frac{1}{2}F_m \cos 60^\circ + \frac{1}{2}F_m \cos 60^\circ \end{aligned}$$

$$= \frac{3}{2} F_m$$

式中 F_m 为每相绕组磁势的最大值。

当 $\omega t = 210^\circ$ 时, $i_u = I_m$; $i_v = i_w = -\frac{1}{2} I_m$, 如图 3-1-9(b) 所示。此时每相绕组电流产生的磁势为

$$\begin{aligned} f_v &= F_m \\ f_u &= f_w = -\frac{1}{2} F_m \end{aligned}$$

合成磁势为

$$\begin{aligned} F &= f_u + f_v + f_w \\ &= \frac{1}{2} F_m \cos 60^\circ + F_m + \frac{1}{2} F_m \cos 60^\circ \\ &= \frac{3}{2} F_m \end{aligned}$$

当 $\omega t = 330^\circ$ 时, $i_w = I_m$, $i_u = i_v = -\frac{1}{2} I_m$, 每相绕组电流产生的磁势为

$$\begin{aligned} f_w &= F_m \\ f_u &= f_v = -\frac{1}{2} F_m \end{aligned}$$

合成磁势为

$$\begin{aligned} F &= f_u + f_v + f_w \\ &= \frac{1}{2} F_m \cos 60^\circ + \frac{1}{2} F_m \cos 60^\circ + F_m \\ &= \frac{3}{2} F_m \end{aligned}$$

如图 3-1-9(c) 所示。

当 $\omega t = 450^\circ$ 时, $i_v = I_m$, $i_u = i_w = -\frac{1}{2} I_m$, 如图 3-1-9(d) 所示。其三相合成磁势的大小和方向与 $\omega t = 90^\circ$ 时相同。

因此, 从图 3-1-9(a)、(b)、(c)、(d) 四个瞬间情况可以清楚地看出, 三相对称绕组通入三相对称电流, 就能产生一个旋转磁场。其合成磁势的幅值是恒定不变的, 为 $\frac{3}{2} F_m$ 。在旋转过程中, 合成磁势相量顶点的轨迹为一个圆, 故有圆形旋转磁场之称。而且旋转磁场的轴线总是与电流达到正的最大值那相绕组轴线相重合。三相对称电流按相序 U、V、W 变化时, 合成磁场的轴线也是依次由 U 相绕组轴线相继到 V、W 相绕组轴线。

3. 旋转磁场的旋转方向

旋转磁场的旋转方向是有规律的, 它与三相电源接入定子绕组的电流相序有关。不难看

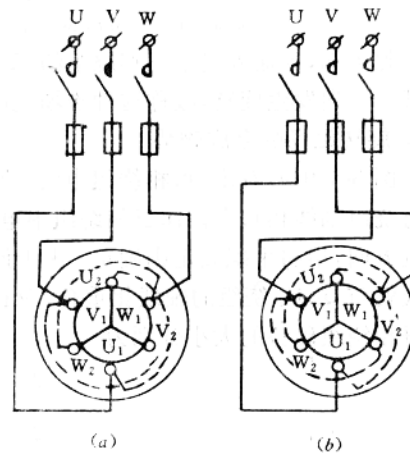


图 3-1-10 把 V、W 两根电源线对调, 可使旋转磁场反转

出,图 3-1-9 所示的磁场是顺着时针方向旋转的,此方向恰与三相电源接入定子绕组的相序即 $U \rightarrow V \rightarrow W$ 的顺序相一致。如果我们把接到电源定子绕组的三根引出线任意调换两根,例如将 $V、W$ 两根对调,如图 3-1-10 所示,则可证明此时的磁场将随电流变化沿逆时针方向旋转。

4. 旋转磁场的极对数

按上述条件所产生的旋转磁场,只有两个磁极,即一对磁极。如果每相绕组由两个线圈组成,各相线圈的首端或末端在空间上互差 60° (电气角仍为 120°) 放置,并把两个属于同一相的线圈互相串联(或并联)起来,接成星形(如图 3-1-11 所示)或三角形,通以三相交流电流,就可以产生两对磁极的旋转磁场,如图 3-1-12 所示。

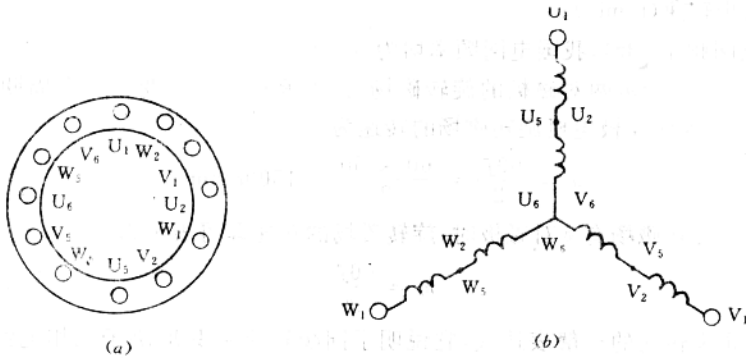


图 3-1-11 最简单的三相四极电机的定子绕组

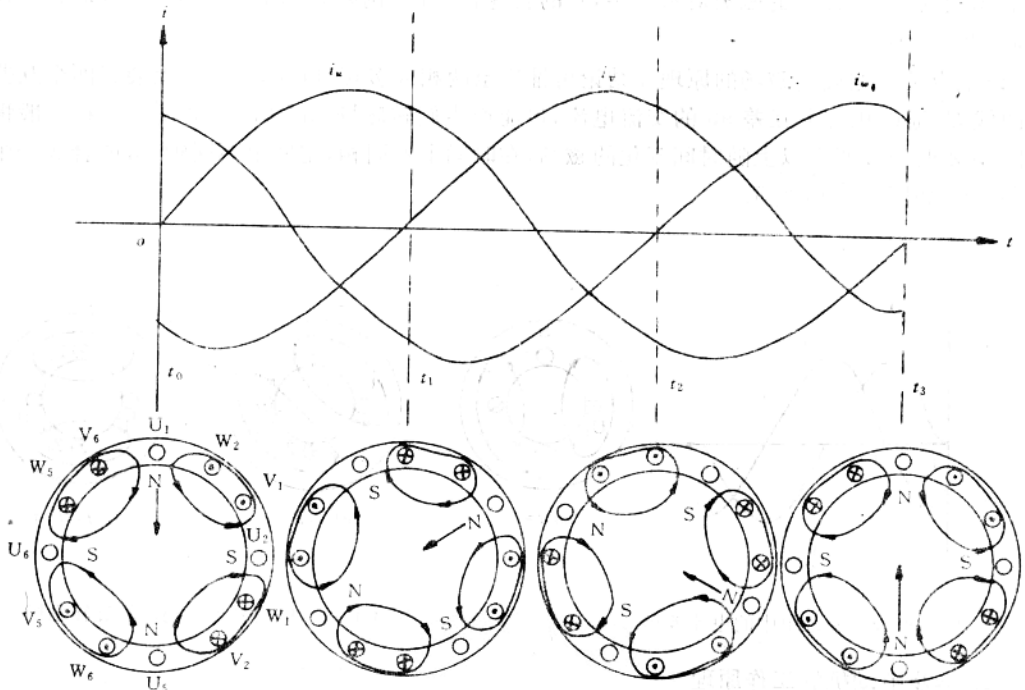


图 3-1-12 三相四极旋转磁场

图 3-1-12 中绘出了 $t=t_0、t_1、t_2、t_3$ 时刻各线圈的电流和磁场方向。可以看出,在这样的条件

下所得到的旋转磁场具有两对磁极；并且在电流变化一个周期内，磁场在空间仅旋转了半周，即旋转磁场的转速也减慢了一半。

同理，只要适当地装置定子绕组，就可以得到任意磁极对数的电机。

5. 旋转磁场的转速

对于图 3-1-9 所示一对磁极的旋转磁场，当电流在时间上变化一个周期（即 360° 电角度）时，磁场在空间上正好转了一周。所以每分钟的转速是 $60f_1$ (r/min) (f_1 是三相交流电源的频率)，即

$$n_s = 60f_1 = 60 \times 50 = 3000 \text{ r/min}$$

式中 n_s ——同步转速 (r/min)；

f_1 ——电网频率 (Hz)，我国电网频率均为 50Hz。

而对于图 3-1-12 所示两对磁极的旋转磁场，当电流在时间上变化一个周期时，磁场在空间上只转了半周。因此 4 极电机旋转磁场的转速为

$$n_s = \frac{60f_1}{2} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ r/min}$$

以此类推，当旋转磁场有 p 对磁极时，旋转磁场的转速即可表示为

$$n_s = \frac{60f_1}{p} \quad (3-1-1)$$

公式 (3-1-1) 是同步转速的一般表达式，它说明了同步转速 n_s 只取决于三相电源的频率 f_1 和电机旋转磁场的磁极对数 p 。而且当电源频率固定不变时，旋转磁场的转速与磁极对数成反比。也就是说，旋转磁场的磁极对数愈多，它的转速就愈低。例如 $p=1$ 时， $n_s=3000$ r/min； $p=15$ 时， $n_s=200$ r/min。

以上有关三相旋转磁场的原理和结论可推广至两相或多相。例如，在定子上装置两个互差 90° 的线圈，通以相位上互差 90° 的交流电流，也能产生旋转磁场，如图 3-1-13 所示。在一般情况下，只要两个或两个以上随时间变化的磁场，在时间上不同相，空间上不同轴，就能合成一个旋转磁场，如图 3-1-14 所示。

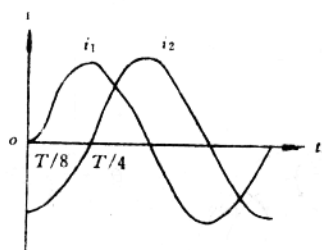


图 3-1-13 两绕组中的电流波形

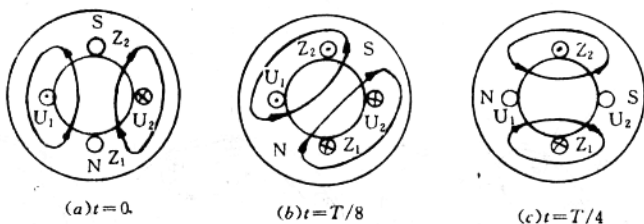


图 3-1-14 单相异步电动机的旋转磁场

二、异步电动机的工作原理

1. 转子如何旋转？

从上面分析我们知道，当异步电动机的定子绕组通入三相交流电流产生旋转磁场时，定子

的旋转磁场与静止的转子导体(绕组)之间就发生了相对运动。根据电磁感应定律,这时在转子的各个导体中会感应出电势来。又因为各导体是被端环短路的,所以在感应电势作用下,转子导体内就有感应电流通过。于是,定子的旋转磁场与转子的感应电流相互作用,使转子各导体受到电磁力的作用,从而产生电磁转矩,推动转子旋转。

电动机的转动方向,可根据已知磁场和电流的方向由左手定则确定。在图3-1-15中,假定定子旋转磁场以同步转速 n_s 在空间顺时针方向旋转,根据右手定则(注意:拇指代表导体切割磁力线的相对运动方向,在图中应与旋转磁场的旋转方向相反),就可确定转子各导体中的感应电势的方向,在转子的上半部是出来的,下半部是进去的。再按左手定则确定转子导体所受电磁力 F 的方向,在转子的上半部分是指向右方,下半部则指向左方。这个力对转子轴便形成一个电磁转矩,推动转子顺着旋转磁场方向转动起来。

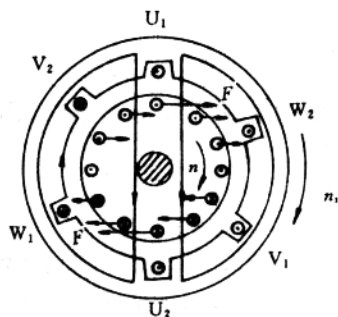


图 3-1-15 异步电动机的转动原理

由此得出如下结论:异步电动机的转子是顺着定子绕组接入三相电源的相序旋转的。如果把接到电源的定子绕组的三根引出线任意对调两根,则电动机将反向旋转。

2. 异步的概念

既然异步电动机的转子是顺着旋转磁场转动的,那么它的转速 n 能不能达到旋转磁场的转速 n_s 呢?不能。假如转子能达到同步转速,则转子与旋转磁场之间便没有相对运动了(即二者就相对静止),也就是说,转子导体就不再切割旋转磁场了,因而转子导体便没有感应电势产生,转子电流也随之消失。在这种情况下,电磁转矩等于零,在一定的阻转矩作用下,转子速度减慢。一旦转子速度低于磁场的同步转速,转子导体又开始与旋转磁场切割,而重新得到电磁转矩的作用。因此,电动机的转子转速 n 总是低于旋转磁场的转速 n_s ,即转子不能与旋转磁场同步,故这种电机称为异步电动机。

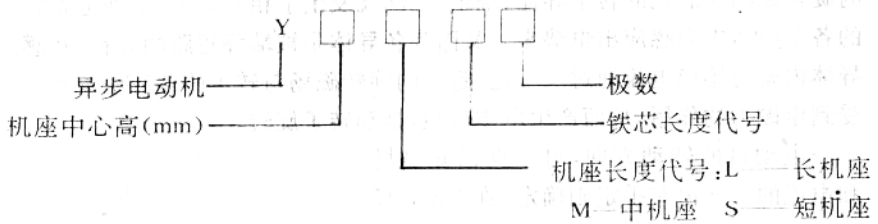
§ 3-1-3 国产中小型异步电动机简介

我国现在生产的异步电动机的类型很多,电机的型号一律采用汉语拼音字母及阿拉伯字母组成,可以表示电机的种类、规格和用途等。每一型号代表一种系列产品,同一系列的电机结构、形状基本相似,零部件通用性很高,而且容量按一定的比例递增。由于电机产品系列化,这样便于对产品进行管理、设计、制造和使用。

一、异步电动机的型号

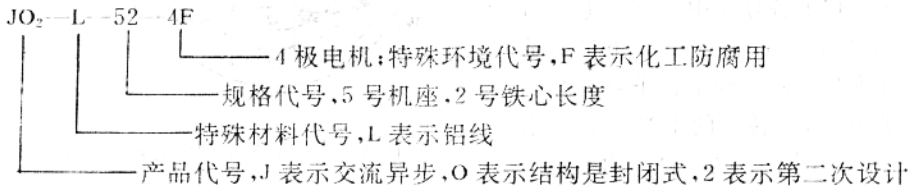
目前国产异步电动机的型号用汉语拼音字母表示,汉语拼音字母的选用,是从电机全名称中选出有代表意义的汉字,用该字母的第一个拼音字母组成产品的型号。例如S代表鼠笼型,R代表绕线型等。老型号用J表示异步电动机,O表示封闭式;但新型号却用Y表示异步电动机,现举例说明如下:

1. 新型号



例如, Y132S2-2, 表示 Y 系列小型鼠笼式异步电动机, 132mm 机座中心高, 短机座, 2 号铁心长度, 2 极电机。

2. 老型号



3. 主要系列

Y 系列 是全国统一设计的新系列小型鼠笼式异步电动机, 适用于驱动无特殊性能要求的各种机械设备。该系列电机采用 B 级绝缘; 外壳防护等级为 IP_{11} , 即能防护大于 1mm 的固体异物侵入壳内, 同时能防溅; 冷却方式为 IC_{0111} , 即全封闭自扇冷式。容量为 0.6~132kW, 额定电压为 380V, 同步转速为 600~3000r/min。Y 系列三相异步电动机有许多优点, 主要有: (1) 效率高, 可达到 88.27%; (2) 启动性能好, 其堵转矩比 JO_2 系列平均提高 30%; (3) 功率和机座等级分别采用 IEC 有关标准, 通用性大; (4) 噪声低, 其指标符合 IEC 标准; (5) 它与同功率等级的 JO_2 系列电动机相比, 体积平均缩小 15%, 重量平均减轻 12%。所以其性能优于 JO_2 系列电动机, 并将逐步取代老产品。另外, Y 系列还有许多派生系列的电动机, 如外壳防护等级 IP_{23} 的 Y 系列电动机, YR 系列绕线转子电动机, YZ 和 YZR 系列起重冶金用电动机, YB 系列防爆型电动机, YLB 系列立式深井泵电动机等。

JO_2 系列 这是一般用途的中小型三相鼠笼式异步电动机系列, 为封闭式电机, 容量为 0.6~100kW, 对应的机座号为 1~9 号, 额定电压大多数是 380V, 少数小容量电机为 220/380V, 同步转速为 600~3000r/min。根据国家有关规定, 从 1985 年 1 月 1 日起 JO_2 系列电动机除少量维修用外, 一律停止生产。所以该系列电动机将逐步淘汰, 被 Y 系列电动机所取代。

JO_2-L 系列 是把 JO_2 系列的铜线定子绕组全部改为铝线而设计的派生系列, 规格和 JO_2 系列相同。

JQO_2 系列 是从 JO_2 系列派生出来的高启动转矩异步电动机系列。除转子采用双鼠笼或深槽外, 其安装尺寸和外型尺寸与 JO_2 相同。该系列电机的特点是启动转矩大, 适用于启动静止负荷或惯性负荷较大的机械, 如压缩机、粉碎机及小型起重机等。容量为 4~100kW, 对应的机座号为 5~9 号, 额定电压为 380V, 同步转速为 750~1500r/min。

JDO_2 系列 是从 JO_2 系列派生出来的多速异步电动机系列。可利用一套定子绕组改变接线方法来达到双速和三速, 而利用两套定子绕组来达到四速; 除引出线较多外, 结构和外型尺寸与 JO_2 系列相同。该系列电动机用于车床、铣床、磨床、印染机、印刷机等设备中时可简化齿

轮和降低噪音;容量为 0.6~25kW,对应的机座号为 1~7 号。双速时,同步转速有五种;三速时,同步转速有两种;四速时,同步转速只有一种。

JS₂、JSL₂、JR₂、JRL₂ 系列 这四个系列都是一般用途的中型低压三相异步电动机系列。其中 JS₂ 为卧式鼠笼型;JSL₂ 为立式鼠笼型;JR₂ 为卧式绕线型;JRL₂ 为立式绕线型。这四个系列的容量都是 60~320kW,额定电压为 380V;JS₂、JSL₂ 系列的同步转速为 600~3000r/min, JR₂、JRL₂ 系列则为 600~1500r/min。

此外还有 JZ₂(起重冶金用异步电动机)、JZR₂(起重冶金用绕线式转子异步电动机)、JB₂(防爆型异步电动机)、JQS(井用潜水异步电动机)等系列,这里不再一一介绍了。

二、异步电动机的铭牌数据

电动机按制造厂规定的安全工作状态,称为电动机的额定工作状态。通常用额定值来表示电动机的这种工作状态,各种额定值都标注在电动机机壳的铭牌上。了解这些技术数据对于电动机的使用、维护和检修都有很大的帮助。现将铭牌上的主要数据说明如下:

1. 额定功率 P_N 是指电动机额定运行时,由轴端输出的机械功率,单位为千瓦(kW)。

2. 额定电压 U_N 是指电动机额定运行时,外加于定子绕组上的线电压,单位为伏(V)。小型电动机铭牌上通常标有两种线电压,例如 380/220V,这是对应用于定子绕组采用 Y/ Δ 两种不同接法时应加的线电压。

3. 额定电流 I_N 是指电动机在额定电压和额定频率的电源下,输出额定功率时,定子绕组允许长期通过的线电流,单位为安(A)。

4. 额定频率 f_N 是指电动机所接的交流电源的频率,我国电力网的频率为 50 赫(Hz)。

5. 额定转速 n_N 是指电动机在额定电压、额定频率和额定输出功率的情况下,电动机的旋转速度,单位为转/分(r/min)。

6. 额定温升 τ_N 是指电动机长时间运行所能容许的最高温度与周围环境温度之差。在额定温升下电动机可以长时间运行,不致损坏绝缘。由于周围环境温度随季节不同而异,因此我国规定环境温度以 40℃ 为标准。同时,电动机的容许温升还与电机的绝缘等级有关,它们的关系在第一篇已述,不再重复。

此外,铭牌上还标明定子相数和绕组接法;对绕线式异步电动机还常标明转子绕组接法、转子电压(指定子加额定电压、转子开路时,滑环间的电压)和额定运行时的转子电流等技术数据。

本章小结

异步电动机的结构,主要由定子、转子以及它们之间的气隙组成。三相异步电动机定子铁心的槽内对称地分布着三相绕组,三相定子绕组一般引出 6 个接线端,以供绕组改接和联接电源之用。转子绕组分为鼠笼式和绕线式两种,绕线式绕组的 3 根出线端通过轴上的滑环、电刷引至机壳外,以备联接启动变阻器调速变阻器之用。

旋转磁场是异步电动机工作的基础。异步电动机的定子产生旋转磁场的条件是:三相绕组在空间上对称放置在定子槽内,接成三相对称电路,通入三相对称电流。旋转磁场的极对数与三相绕组的空间分布有关;它

的旋转方向决定于通入定子绕组的三相电流的相序;而它的转速 n_s 却与电源的频率 f_1 和磁极对数 p 有关,计算公式是 $n_s = 60f_1/p$ 。

异步电动机是靠转子导体中的感应电流在旋转磁场中受到电磁力的作用,产生电磁转矩,驱使转子跟着定子旋转磁场而转动的。其转子的速度 n 总是略低于同步转速 n_s ,这样才能确保转子导体切割旋转磁场而产生感应电势和电流,从而产生电磁转矩,使转子不断旋转。

思考题与习题

3-1-1 如果电动机的铭牌已经丢失,如何从外形特征上辨别这台电动机的类型(鼠笼式异步电动机还是绕线式异步电动机)?

3-1-2 三相旋转磁场产生条件及特点有哪些?

3-1-3 高速和低速交流电动机在外形上有何特征?

3-1-4 试述三相异步电动机的工作原理,并说明要使异步电动机反转而采用的方法。

3-1-5 一台三相 4 极异步电动机,在铭牌上标有 380/220V 字样,若电源电压为 220V,试决定定子绕组的接法,并求出同步转速 n_s 。

3-1-6 将绕线异步电动机的定子绕组接入三相电源,而转子绕组开路,电动机能否转动?为什么?

3-1-7 异步电动机中的空气隙为什么必须做得很小?

3-1-8 一台三相异步电动机铭牌上标明 $f_1 = 50\text{Hz}$,额定转速 $n_n = 960\text{r/min}$,该电机的极数是多少?