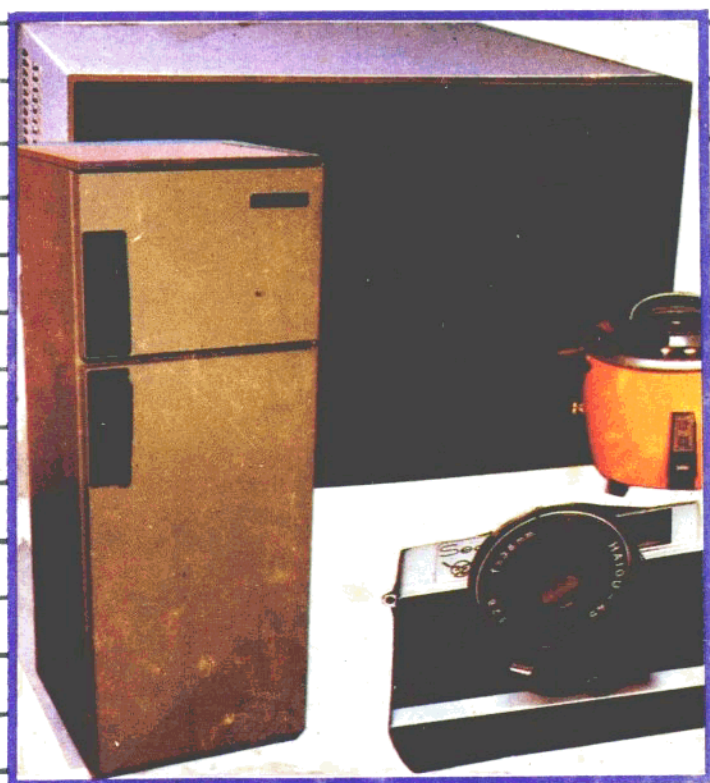


R C J Y D Q Y L Y W X

日常家用电器 原理与维修

许光顺 主编 徐士毅 副主编



湖北科学技术出版社

**湖北省家用电器维修人员培训教材
编审委员会**

主 任：高志伟
副主任：李玉祥 杨春儒 陈昌彦
委 员：（以姓氏笔划为序）
许光顺 朱永芳 杨德荣
胡秀文 徐士毅 夏春华
谭维纲

主要编写人员名单

主编：许光顺
副主编：徐士毅
参编人员：（按章节顺序排列）
彭秀芬（1—3章）
徐士毅（4—5章）
杨德荣（6章、第8章部分）
辛 芳（第7章）
卢祖刚（第8章部分，第11章）
徐传勤（第9章）
范熙熙（第10章）

前 言

根据中央五部委发出《关于组织家用电器维修人员培训的通知》精神，湖北省家用电器维修人员培训领导小组和办公室于1988年4月成立。从此，湖北省家电维修人员的培训工作便开始走上统一大纲、统一教材、统一管理、统一考试、统一发证的“五统一”轨道。

家电维修人员培训是一项十分重要而政策性又很强的工作。它的意义在于着力培养一大批热爱维修工作、技术熟练又具有良好职业道德的家电维修人员，培养电子技术后备大军，培养军地两用人才。从根本上说既有利于解决社会就业问题，又维护了消费者的利益。全省三十多个家电维修人员培训点经过一年多的深入细致的工作，在一定程度上为缓解我省城乡广大家电消费者维修难的问题，为提高全省各类家电维修人员的技术水平起到了积极的作用。

为了统一抓好全省家电维修人员培训的教学质量，根据各办学点反映的意见和要求，结合我省的实际情况，我们组织了有丰富教学经验和实践经验的专家、学者和工程技术人员，编写了这套全省统一的家电培训教材，以适应我省家电维修培训工作的需要。

本教材的主要阅读对象是具有初中以上文化程度，从事或准备从事家用电器维修工作，参加家电维修培训班的学员；也可供从事家用电器生产的工人、初级技术人员、家电经销人员和广大电子技术爱好者参考；还可以作为军地两用人才的培训教材。教材共分七种：《家用电器维修技术基础》、《收音机、录音机、组合音响原理与维修》、《黑白电视机原理与维修》、《彩色电视机原理与维修》、《家用录像机原理与维修》、《日常家用电器原理与维修》、《家用录像机图集》。

在教材编写过程中，我们注意贯彻理论与实践相结合的原则，体现以实践为主的教学特点。在基础课教材中，运用通俗化的语言，阐述了大量的概念、原理、特性和检测方法。在专业教材中，突出了实用性，内容上尽量包括各种新产品和新技术，以适应家用电器产品的蓬勃发展和不断更新的需要，以期有较强的生命力和较高的质量。本教材的另一大特点是资料汇集比较齐全，内容新颖，能为不同层次的读者提供实用的参考资料。

家用电器的发展日新月异，为了适应新的需要，我们将陆续编写、出版有关线路图集等参考资料，以作为对教材的补充。同时，还准备为家用电脑等新产品进入家庭，编写有关微型计算机、单片机、游戏机等方面的教材，以满足这类高级培训的教学需要。

由于时间仓促，水平所限，这套教材尚有许多不足之处。我们恳切希望广大教学人员和读者提出宝贵的意见，以便使这套教材更加完善。

湖北省家用电器维修人员培训教材编审委员会

1989年7月

目 录

前 言

第一篇 电动机基础知识

第一章 三相异步电动机	2
第一节 异步电动机的工作原理与结构	2
第二节 异步电动机的电磁转矩和机械特性	11
第三节 异步电动机的铭牌和系列	14
第二章 单相异步电动机	17
第一节 单相异步电动机的工作原理	17
第二节 单相异步电动机的基本类型	19
第三节 单相异步电动机的绕组	35
第四节 单相异步电动机的调速方法	44
第五节 单相异步电动机的故障分析与排除方法	48
第三章 家用电器用其他类型电动机	55
第一节 同步电动机	55
第二节 直流电动机	59
第三节 交流换向器式电动机	62

第二篇 制冷器具

第四章 电冰箱的基本知识及其制冷系统	68
第一节 电冰箱的基本知识	68
第二节 电冰箱的主要性能	78
第三节 电冰箱的制冷原理	82
第四节 制冷压缩机	89
第五节 冷凝器和蒸发器	93
第六节 干燥过滤器和毛细管	97
第五章 电冰箱的电气系统	102
第一节 电气系统的主要组成部分	102
第二节 电动机	103

第三节	压缩机电机起动保护装置	106
第四节	温度控制装置	112
第五节	除霜控制	126
第六节	电冰箱的典型电路	132
第六章	电冰箱的故障分析与检修方法	137
第一节	电冰箱的检修步骤	137
第二节	典型故障分析与检修程序	138
第三节	电子温控电冰箱的检修	147
第四节	制冷系统的检漏、试压、抽空、灌氟和检修设备的应用	156
第七章	电冰箱修理的钎焊基础	167
第一节	焊接的原理与分类	167
第二节	钎焊	168
第三节	钎料和钎剂	169
第四节	钎焊方法及安全规则	174
第五节	割管、扩管、各种焊接实验	183
第八章	窗式空气调节器	188
第一节	窗式空气调节器的基本知识	188
第二节	窗式空气调节器的结构、部件	189
第三节	窗式空气调节器工作原理	193
第四节	窗式空气调节器电气控制、保护系统	195
第五节	窗式空调器常见故障的分析与检修	198

第三篇 家用电动器具

第九章	电风扇	215
第一节	概述	215
第二节	台风扇的结构和原理	219
第三节	转页扇、吊扇的结构原理	236
第四节	电风扇的常见故障和维修	239
第五节	电风扇的电子控制电路	250
第十章	洗衣机	258
第一节	概述	258
第二节	波轮式普通型洗衣机	261
第三节	波轮式半自动型洗衣机	272
第四节	波轮套桶全自动洗衣机	282
第五节	滚筒式洗衣机	299
第六节	其他类型的洗衣机	310
第七节	新水流洗衣机	314

第八节	波轮式洗衣机的常见故障及维修	323
第九节	洗衣机的使用与保养	342
第十节	洗衣机的主要技术指标及其测试方法	348
第十一节	电脑洗衣机	354
第十一章	其他家用电器	394
第一节	家用吸尘器	395
第二节	电磁灶	400
第三节	微波炉	412

第一篇 电动机基础知识

品种繁多的家用电器产品，按其能量转换方式的不同，可分为以下四大类：电动器具、制冷器具、电热器具、电光源。电动器具是用电动机产生动力、将电能转换为机械能，通过负载做功为人们服务的一类家用电器。如洗衣机、电风扇、真空吸尘器等。这类器具约占家用电器产品的60%。制冷器具如电冰箱、空调器等，大部分也是以电动机为动力进行工作，以达到致冷目的。总之，家用电器大多由电动机来驱动。因此，电动机性能的好坏，对家用电器的性能和使用寿命有着直接的影响。对于家电维修人员来讲，掌握有关家用电器中的电动机的基础知识，是很有必要的。

家用电器，一般功率不大，故家用电器中的电动机90%以上均为微型驱动电动机，输出功率大都在750W以下，更多的在20~600W之间，相当于 $1/35 \sim 4/5$ 马力（1马力 $\approx 735.3\text{W}$ ），故又称为“分马力”电机。

电动机的种类很多。按使用电源的不同，家用电器中的电动机可分为直流电动机、交流电动机和通用（交直流两用）电动机三大类。上述三大类电动机，按其结构、原理的不同，又可分为多种，主要有：

一、交流电动机

1. 异步电动机

- 三相异步电动机 { 三相鼠笼式异步电动机
三相绕线式异步电动机
- 单相异步电动机 { 罩极式异步电动机
电阻起动式（分相式）异步电动机
电容式异步电动机 { 电容起动式异步电动机
电容运转式异步电动机
电容起动与运转式异步电动机

- ### 2. 同步电动机
- 磁滞式同步电动机
 - 反应式同步电动机
 - 永磁式同步电动机

二、直流电动机

- 永磁式直流电动机
- 电磁式直流电动机 { 串激式直流电动机
并激式直流电动机
复激式直流电动机

三、通用电动机（交直流两用电动机）

异步电动机又叫感应电动机，它是现代化生产和国防建设中应用最广泛的一种动力机械。异步电动机由于其显著的优点，在品种繁多的家电产品中得到广泛的应用。例如，鼠笼式异步电动机，结构简单，制造容易，运行可靠，维修方便，效率高，价格低。又因家用电源多为单相交流电源，家电产品中，80%以上用的是小型单相异步电动机，故本篇主要介绍它的一般结构，工作原理，起动方法，运行性能，故障与维修。

第一章 三相异步电动机

第一节 异步电动机的工作原理与结构

为了便于理解单相异步电动机的工作原理，我们首先从三相异步电动机为什么会旋转讲起。

一、异步电动机的工作原理

电动机是将电能转换成机械能、输出机械转矩、带动生产机械工作的原动机。这是所有各类电动机的共性。

但是，电动机是怎样把电能转换为机械能，或者说，电动机的转子是怎样转动起来的呢？在这方面，各类不同的电动机各有其特殊性。为了说明异步电动机的工作原理，我们先做一个简单的实验。

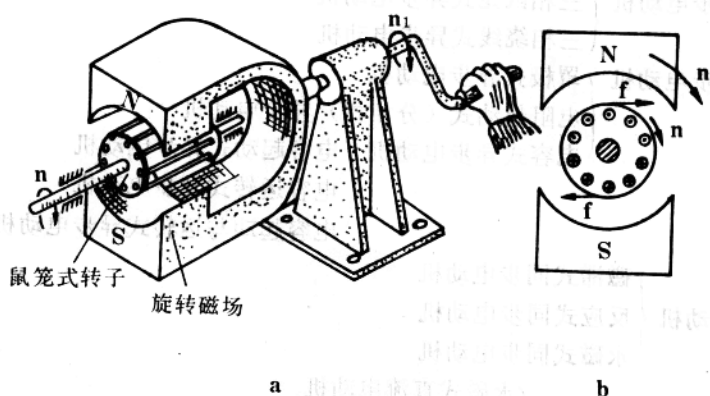


图 1-1

图 1-1(a) 是一个简单的实验装置，其中有一个可用手柄转动的两极永久磁铁。在它的两极间，放着一个可以自由转动的、由许多铜导条组成的线圈，导条的两端分别用金

属环短接，好象一个老鼠笼子，所以叫鼠笼式转子。磁铁和转子之间没有机械的联系，但是当我们转动手柄使永久磁铁旋转时，就会发现磁铁中间的转子也会跟着磁铁旋转。这是什么道理呢？

根据电磁感应原理可知，当磁场相对于导体运动时，就会在导体中感应出电动势，若导体闭合就会产生同方向的电流。在图 1-1(b) 中，先假设转子不动，当永久磁铁顺时针旋转时，则转子导体相对于磁场是逆时针方向运动。根据右手定则，转子的上半部导体中电流方向垂直纸面出来，用 $\odot$ 表示；下半部导体中电流方向垂直进入纸面，用 $\otimes$ 表示。另一方面，载流导体在磁场中受到电磁力的作用。导体所受电磁力的方向则由左手定则来确定。从图中可看出，转子上半部各导条都受到了向右的力，转子下半部各导条都受到了向左的力，这一对力形成顺时针方向的力矩，于是转子就会跟着磁铁顺时针方向转动起来。

从以上的分析中可以清楚地看到：当一个磁场在空间旋转时，处在磁场中的转子就会跟着它同方向地旋转。可见，转子的转向与磁场的旋转方向是相同的。这就是异步电动机能旋转的基本原理。由于转子导体中的电流是靠电磁感应产生的，所以异步电动机又叫感应电动机。

二、异步电动机的基本结构

前面讲过，异步电动机的转子要转动起来，就必须有旋转磁场。当然，实际电动机的旋转磁场，不会是由旋转的永久磁铁产生的，而是在对称的三相绕组中通入对称的三相交流电产生的。因此，为了弄清异步电动机中的旋转磁场是怎样产生的，就必须先了解它的结构。

从总体上看，异步电动机由定子（固定部分）和转子（转动部分）两大部分构成。定子与转子之间有一个很小的间隙，称为气隙。图 1-2 为常见的一种异步电动机——封闭式鼠笼异步电动机的结构。

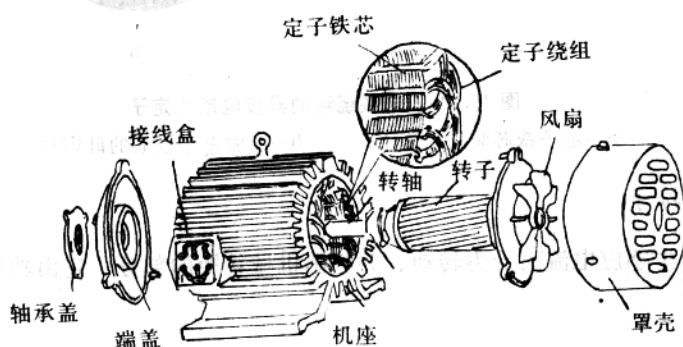


图 1-2 三相鼠笼式异步电动机的结构

下面简要介绍异步电动机各主要部件的结构和作用。

(一) 定子

定子是用来产生旋转磁场的，它由机座、铁芯和绕组三部分组成。

1. 机座:

机座是电动机的支架，一般用铸铁或铸钢制成。在机座中固定着铁心。机座两头的端盖是支持转子用的。轴承盖是保护轴承用的。电动机运行中产生的热量通过铁芯传给机座，再从机座表面散发到空气中去。封闭式电动机的机座表面上有散热片，可以增加散热面积。风扇起轴向通风散热作用，风扇罩起安全防护作用。

2. 铁芯:

定子铁芯是电动机磁路的一部分，用厚 $0.35\sim 0.5\text{mm}$ 的圆环形硅钢片叠压成，硅钢片表面涂有绝缘漆或带有氧化膜，使硅钢片间相互绝缘，以减少涡流损失。铁芯上冲有均匀分布的槽，槽中安放有定子绕组。

3. 绕组:

定子绕组是由线圈按一定的规律嵌入定子槽中，并按一定的方式联接而成。三相异步电动机有3个独立的绕组，每个绕组包含若干线圈，每个线圈又由若干匝导线组成。中小型电动机的导线一般用高强度聚脂漆包圆铜线。在线圈和铁芯间垫有青壳纸和聚脂薄膜（或黄腊绸）作为槽绝缘。铁芯槽口上装着槽楔。槽楔由竹、胶布板或环氧酚醛玻璃布板制成。三相绕组的六根引线连接在机座外壳上的接线盒中。图1-3为未装绕组的异步电动机定子。

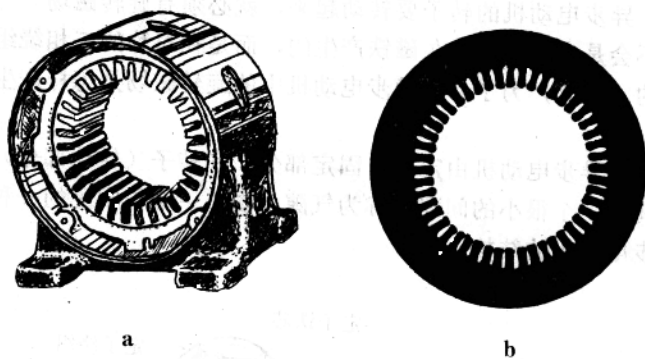


图1-3 未装绕组的异步电动机定子

a—定子铁芯装在机座上； b—叠成定子铁芯的硅钢片

(二) 转子

转子是产生感应电流而受力转动、并输出机械转矩的部分。它由转轴、铁芯和绕组等组成。

1. 转轴:

一般用中碳钢制成。轴的两端用轴承支撑。在一个端盖外面，还在轴上装着风扇，进行轴向通风。

2. 铁芯:

转子铁芯用厚 $0.35\sim 0.5\text{mm}$ 的圆形硅钢片叠压成。在硅钢片外圆上冲有若干个槽，

在槽中铸有笼条。

3. 绕组:

鼠笼式转子的绕组由转子槽内的笼条（一般为铝条或铜条）和笼条两端的端环构成。为了减少电动机的附加损耗，鼠笼式转子可以采用斜槽结构，即转子槽不与轴线平行。图 1-4 就是鼠笼式转子。

另外，还有一种绕线式三相异步电动机。它的定子与鼠笼式相同，转子是绕线式的，其绕组和定子绕组相似。它的特点是利用转子回路中的附加电阻，可以方便地调节电动机的转速和改善起动性能。

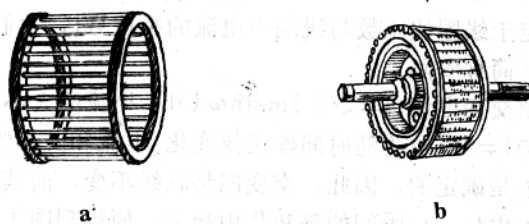


图 1-4 鼠笼式转子

(三) 气隙

定子与转子铁芯之间的间隙称为电动机的气隙。气隙是磁路的组成部分。从图 1-5 电动机磁路模型来看，磁力线从定子 N 极出发，经气隙进入转子铁芯，再经过气隙进入定子铁芯 S 极，最后经过定子铁轭闭合。因气隙是空气介质，其导磁率比铁芯的导磁率小许多倍，因此，气隙中磁阻是相当大的。气隙越大，磁阻越大，要产生同样大小的旋转磁场，需要的激磁电流也愈大。激磁电流是无功电流，激磁电流大对电动机的性能和效率有直接的影响。在制造工艺和条件允许的情况下，气隙应尽量小些。在小型异步电动机中，气隙一般为 $0.2 \sim 1 \text{ mm}$ 。

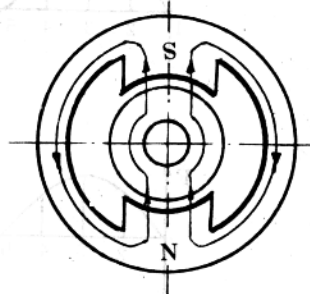


图 1-5 电动机磁路模型

三、旋转磁场的产生

异步电动机是靠旋转磁场进行工作的。所谓旋转磁场，就是按一定规律分布的并围绕着一个轴在空间不断地旋转的磁场。在异步电动机中，定子是静止不动的。为什么在定子绕组中流过三相电流后，就会在气隙中产生旋转磁场呢？

磁场是由磁势产生的，正象电路中电动势是产生电流的原动力一样，磁势则是产生磁通、建立磁场的原因。

首先介绍一下脉振磁势的概念，为讨论旋转磁势打下基础。

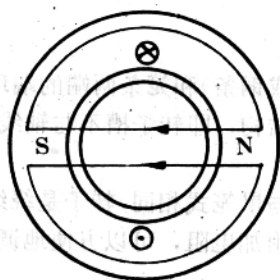


图 1-6

就是说,磁场的强弱决定于线圈的匝数与线圈中电流的乘积 Wi ,我们把 Wi 称为磁势。磁势的单位是安培匝数(简称安匝)。

当线圈中通过正弦交变电流($i = \sqrt{2} \text{Im} \sin \omega t$)时,电流的大小和方向随时间作正弦变化,绕组产生的磁势 $f = Wi$ 也将随时间作正弦变化。电流和磁势的瞬时值示于图1-7。因为绕组轴线在空间上是确定的,因此,交变磁势轴线不变,而其大小和方向随时间变化。如将图1-7(b)中 t_1-t_9 瞬时的磁势集中起来,便得到图1-7(c)所示的脉振磁势。这种空间轴线固定,大小和方向随时间而变化的磁势称为脉振磁势。

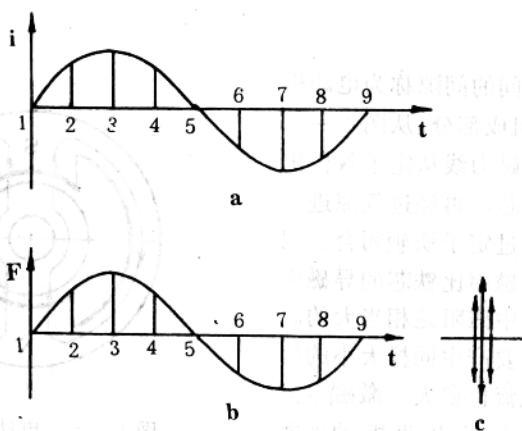


图 1-7 脉振磁势的产生

a—电流瞬时值 b—磁势瞬时值 c—脉振磁势

可见,在交流电动机中,单相绕组中产生的磁势是一个脉振磁势,磁势幅值的位置与绕组的轴线重合,磁势的幅值随时间按绕组中电流变化的规律而改变。

三相交流电动机的定子铁芯中,按一定规律放置着三相绕组。三相绕组是由三个单相绕组所组成,这三个单相绕组分别产生脉振磁势,它们的合成磁势是一个旋转磁势。

下面以一台两极异步电动机为例,说明三相对称绕组通入三相对称电流所产生的旋转磁势的情况。图1-8(a)是三相绕组的简单示意图。在图中A-X是A相绕组, B-Y是B相绕组, C-Z是C相绕组。A、B、C称为三相绕组的首端, X、Y、Z称为三相绕组的尾端。三相绕组在空间是对称分布的,即三相绕组的轴线(又称为绕组的

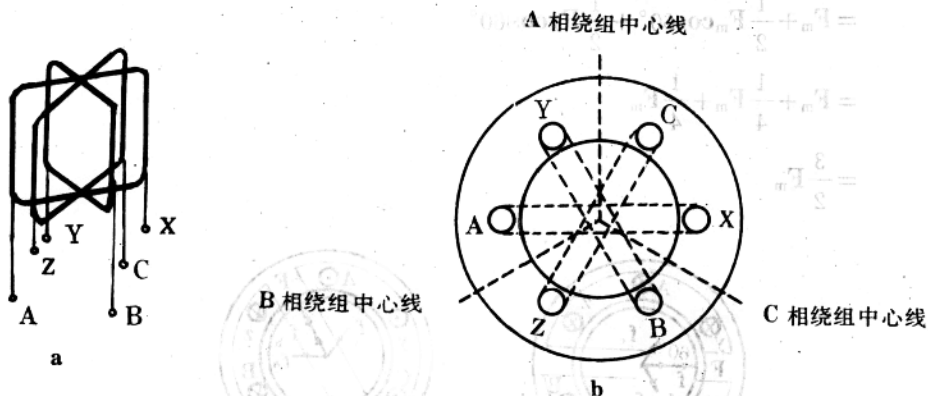


图 1-8

中心线)的空间位置互成 120° ,这种绕组称为三相对称绕组。如把三相对称绕组放入铁芯的槽中,便如图 1-8 (b)所示。若在对称绕组中通入三相对称电流时,则有:

$$i_a = I_m \sin \omega t$$

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

$$i_c = I_m \sin (\omega t + 120^\circ)$$

各相电流随时间变化的规律如图 1-9 所示。

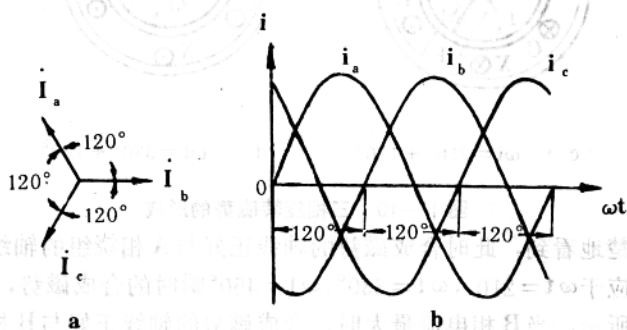


图 1-9 三相电流向量和正弦曲线

下面我们通过图来说明旋转磁势是如何产生的。假设电流为正值时,电流从线圈的首端流入,用符号 $\otimes$ 表示;从尾端流出,用符号 $\odot$ 表示。电流为负值时,则从线圈的尾端流入,首端流出。当 $\omega t = 90^\circ$ 时, $i_a = I_m$, $i_b = i_c = -\frac{I_m}{2}$, 因而电流 i_a 从 A 流入,从 X 流出;电流 i_b 和 i_c 分别从 Y、Z 流入,从 B、C 流出。如图 1-10 (a)所示。根据右手定则,可确定每相绕组电流所产生的磁势 f_a 、 f_b 、 f_c 的方向。

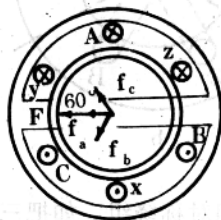
由于每相绕组磁势的大小与电流成正比,所以当 $\omega t = 90^\circ$ 时,每相绕组磁势的大小分别为: $f_a = F_m$, $f_b = f_c = -\frac{1}{2}F_m$, 式中, F_m 为每相绕组磁势的最大值。利用向量相加法可得到合成磁势的大小和方向。

$$F = f_a + f_b + f_c$$

$$= F_m + \frac{1}{2} F_m \cos 60^\circ + \frac{1}{2} F_m \cos 60^\circ$$

$$= F_m + \frac{1}{4} F_m + \frac{1}{4} F_m$$

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



(a) $\omega t = 90^\circ$



(b) $\omega t = 90^\circ + 120^\circ$



(c) $\omega t = 210^\circ + 120^\circ$



(d) $\omega t = 330^\circ + 120^\circ$

图 1-10 三相旋转磁势的形成

从图中可清楚地看到，此时合成磁势的轴线正好与 A 相绕组的轴线重合。根据同样的方法，作出对应于 $\omega t = 210^\circ$, $\omega t = 330^\circ$, $\omega t = 450^\circ$ 瞬时的合成磁势，如图 1-10(b)、(c)、(d) 所示。当 B 相电流最大时，合成磁势的轴线正好与 B 相绕组的轴线相重合；当 C 相电流最大时，合成磁势的轴线正好与 C 相绕组的轴线相重合。合成磁势的大小均为 $\frac{3}{2} F_m$ 。

由以上分析可看出：这个合成磁势的大小在不同瞬时完全一样，而轴线的位置却随时间的变化而不同，说明合成磁势是一个振幅不变的旋转磁势波。

可见，三相电动机的 3 个单相绕组分别产生脉振磁势，电动机气隙中的合成磁势为这 3 个脉振磁势的和，即为一个旋转磁势。

由此，我们得出，产生旋转磁势的两个充分而必要的条件是：

- ① 不同相电流的存在；
- ② 不同空间位置绕组的存在。

只要上述两个条件存在,就一定能够产生旋转磁势,而缺少任何一个条件都不能产生旋转磁势。要想得到一个幅值不变的旋转磁势,必须在对称的三相绕组中通入对称的三相电流。这个旋转磁势有如下三个性质:

(一) 旋转磁势的大小:

旋转磁势的幅值为—相磁势幅值 F_m 的 $\frac{3}{2}$ 倍,而且是恒定不变的。在旋转的过程中,合成磁势向量的端点轨迹是一圆形,故称为圆形旋转磁场。如图 1-11 所示。圆形旋转磁场就好像一对永久磁铁在空间旋转的情形一样。

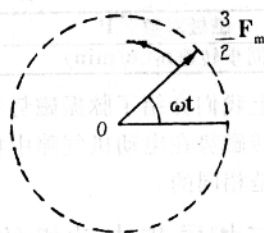


图 1-11 圆形旋转磁场

(二) 旋转磁势的旋转方向:

如果我们对图 1-10 进行观察就会发现如下规律,旋转磁势的轴线总是与电流达到正的最大值的哪—相绕组的轴线相重合。如果三相绕组流过的三相电流, A 相电流 I_A 先达最大值,随后是 B 相电流 I_B 达到最大值,最后是 C 相电流 I_C 达到最大值,这种电流通常称为正序电流。那么合成磁势的轴线,首先和 A 相绕组的轴线相重合,而后再依次同 B 相、C 相绕组的轴线相重合,也就是说合成磁势的旋转方向,依 A—B—C 的次序循环下去。所以,旋转磁势的旋转方向与电流的相序 A B C 相一致。若电流的相序改变则旋转磁势的方向也随之改变。改变定子三相绕组中任意两根电源接线,则三相绕组中电流达到最大值的先后顺序改变,从而就改变了旋转磁势的方向。异步电动机的反转正是利用这一原理实现的。读者不妨自己画出图来加以分析。

(三) 旋转磁势的转速:

从图 1-10 可见,当 ωt 变化 90° 时,合成磁势也旋转 90° ;当 ωt 变化 120° 时,合成磁势也随之旋转 120° ;当 ωt 变化 360° 时,合成磁势也随之旋转一周。对频率为 50 Hz 的正弦交流电,则旋转磁势的旋转速度 $n_1 = 60f_1 \text{ n/min}$,对于具有两对磁极的异步电动机,电流每交变一周,磁势在空间只旋转半周,因此 1 分钟内旋转磁势的转速为 $n_1 = \frac{60f_1}{2}$ 。可见,旋转磁势的转速和定子电流的频率成正比,和定子绕组的磁极对数 P 成反比,即:

$$n_1 = \frac{60f_1}{P} \quad (1-1)$$

式中 n_1 —旋转磁势的转速,单位是 n/min

f_1 —定子电流频率,单位是 Hz;

P—定子绕组的磁极对数。

从上式可看出,当电流频率固定不变时,旋转磁势的转速与磁极对数成反比,也就是说,旋转磁势的磁极对数愈多,它的转速愈低(有一种多速电动机,就是采取改变定子绕

组的连接方式，以得到不同磁极对数的旋转磁势，用来调节电动机的转速的)。由于磁极对数 P 只可能是整数，因此，旋转磁势的转速是成倍变化的。旋转磁势的转速 n_1 称为同步转速。表1-1列出了同步转速与磁极对数的关系。

表1-1 同步转速和磁极对数的关系

磁极对数 P	1	2	3	4	5	6	8
同步转速 n_1 (n/min)	3000	1500	1000	750	600	500	375

以上我们介绍了脉振磁势和旋转磁势的概念。脉振磁势在电动机气隙中构成脉振磁场；旋转磁势在电动机气隙中构成旋转磁场。脉振磁场和旋转磁场与产生它们的磁势在性质上是相同的。

四、三相异步电动机的工作原理

从上面的分析可以看出，当电动机定子三相绕组通以三相对称电流时，便产生旋转磁场，它以同步转速 n_1 在空间按顺时针方向旋转，静止的转子导体便切割旋转磁场而产生感应电动势和电流。根据右手定则可以确定转子导体内感应电流的方向。转子导体中的感应电流与旋转磁场相互作用，便产生电

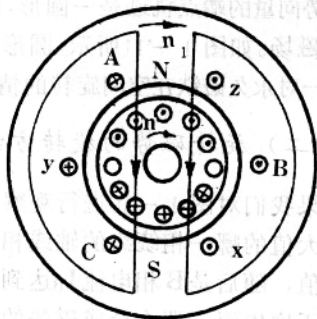


图1-12 三相异步电动机旋转原理图

磁力 F ，其方向可用左手定则确定。这个电磁力对转子轴形成电磁力矩，驱使转子沿着旋转磁场的转向旋转。如图1-12所示。

异步电动机的转子所以能够转动，是由于旋转磁场对转子有相对运动，才可能产生出电磁转矩（又称为异步转矩）。假如电动机转子的转速 n 等于旋转磁场的转速 n_1 ，那么两者之间便没有相对运动，转子导体便不能切割定子旋转磁场，因而转子内便没有感应电流产生，电磁转矩便为零。所以转子的转速 n 不应当也不可能达到同步转速 n_1 。因为实际上在一定的阻力矩作用下，转子的转速将减慢，一旦转子的转速低于同步转速时，转子导体又开始切割定子磁场，转子重新受到电磁转矩的作用而旋转起来。因而转子的转速总是低于旋转磁场的同步转速。所以，这种电动机称为异步电动机。

异步电动机在运行时，其转子的转速虽然低于同步转速，但很接近于同步转速，如一对磁极的电动机同步转速为3000n/min，而转子转速约为2950n/min，两对磁极电动机的同步转速为1500n/min，而转子转速约为1450n/min，因此从铭牌上的转速便可知异步电动机的磁极对数。

这里，我们介绍一个重要的物理量：转差率，又称滑差，以字母 S 表示。它的定义是旋转磁场与转子的转速差 Δn （即 $n_1 - n$ ）与旋转磁场的转速 n_1 之比，即

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

或用百分数表示：

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\% \tag{1-2}$$

在电动机起动瞬间,转子不动,即 $n=0$,则 $S=1$;假如转子以同步转速转动,即 $n=n_1$,则 $S=0$;电动机在额定运行时,其转差率 $S=0.02\sim0.06$,用百分数表示,即 $S=2\sim6\%$ 。

异步转矩 M 与转差率 S 有密切关系。当转子在异步转矩作用下旋转后,转子绕组中感应电动势和电流,它的频率 f_2 和转速差 Δn 有关,即:

$$f_2 = \frac{P(n_1 - n)}{60} = S \times f_1 \quad (1-3)$$

式中 f_1 —定子电流频率;

P —磁极对数

S —转差率

从上式可看出,转子感应电动势和电流的频率 f_2 与转差率 S 成正比。当 $S=1$,即转子不动时, $f_2=f_1$;当 $S=0$ 时,即转子达到同步转速 $n=n_1$,此时 $f_2=0$,转子绕组中不感应电动势。

第二节 异步电动机的电磁转矩和机械特性

异步电动机的作用是把电能转换成机械能,它输送给生产机械的能量是转矩和转速。在选用电动机时,总要求电动机的转矩与转速的关系(称为机械特性)符合机械负载的要求,异步转矩 M 即电磁转矩对作为原动机的电动机来说,是一个重要的物理量,它表征一部电动机拖动生产机械的能力的大小。因此,电动机转矩的大小受哪些因素的影响,它是怎样计算的,以及转矩和转速之间的关系如何等等,这些问题都是使用电动机时应该了解的。下面简要分析这些问题。

一、转矩公式和转矩特性曲线

异步电动机的转矩 M 是由旋转磁场的主磁通 Φ_0 与转子电流 I_2 相互作用而获得的。进一步分析证明,异步电动机的转矩 M 与 I_2 、 Φ_0 、 $\cos \varphi_2$ 成正比,即

$$M = K_M \times \Phi_0 \times I_2 \cos \varphi_2 \quad (1-4)$$

式中 M —电动机的电磁转矩,单位是 $\text{kg} \cdot \text{m}$,

Φ_0 —气隙合成旋转磁场的每极磁通量,单位是 Wb ;

$\cos \varphi_2$ —转子电路的功率因数;

K_M —转矩常数(与电机结构有关)。

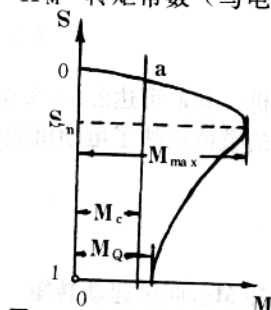


图 1-13 电动机的转矩特性曲线

下面来分析异步电动机的转矩特性。电磁转矩 M 与转差率的函数关系 $M=f(S)$,叫做异步电动机的转矩特性。转矩 M 随转差率 S 变化的曲线,称为转矩特性曲线,如图1-13所示。

当一台异步电动机接通电源的瞬间,转子尚未转动,即 $S=1$,这时如果电机产生的起动转矩 M_Q 大于负载转矩 M_C ,电动机便开始旋转,转速 n 逐渐上升,转差率 S 则随之