



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电机与控制

(电子电器应用与维修专业)

主编 李乃夫



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电 机 与 控 制

(电子电器应用与维修专业)

主 编 李乃夫
责任主审 李佩禹
审 稿 王圣伟

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材,根据教育部 2001 年新颁布的中等职业学校重点建设专业(电子电器应用与维修专业)教学指导方案编写,同时参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。

本书主要内容是:在日用电器中主要使用的电动机—单相异步电动机、直流电动机和单相串励电动机的结构、原理及应用;电动类、制冷空调类电器专用电动机的结构及其控制方法。同时,对在日用电器中使用的其他类型电动机及其控制方法、对电动机常见故障的检修也作了简单介绍。

本书可作为中等职业学校电子电器应用与维修专业教材,也可作为岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电机与控制/李乃夫主编. —北京:高等教育出版社,
2002.7(2006 重印)

中职教材

ISBN 7-04-010847-X

I.电… II.李… III.电机—控制—专业学校—
教材 IV.TM301.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 041844 号

电机与控制

李乃夫 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 8.5
字 数 210 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2002 年 7 月第 1 版
印 次 2006 年 12 月第 7 次印刷
定 价 10.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 10847-00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书根据 2001 年教育部颁发的中等职业学校电子电器应用与维修专业“电机与控制”教学基本要求编写。本书的内容根据电子电器应用与维修专业教学的需要,根据“电机与控制”课程的教学内容在本专业人才培养目标的知识和能力结构中的位置来确定,主要介绍日用电器常用电动机及其控制方法中的一些基础性且带有共性的基本知识,为后续课程(主要是日用电器专门化模块的专业课程)的教学打好基础。

本书主编作为全国中等职业教育电子电器应用与维修专业教学指导委员会委员,全国轻工职业教育机电技术应用专业教学指导委员会主任、全国轻工机电技术应用学会理事长,因而对当前中等职业教育教学改革目标和指导思想有较多的理解,努力在教材编写中加以体现,使新教材具有“宽、浅、用、新”的特色;并力求将实施素质教育的基本要求贯穿于全书始终,以突出对学生综合职业能力和创新精神、实践能力的培养。本书主编还积极参与了教育部“面向 21 世纪中等职业教育课程改革与教材建设规划”工程,并是 2001 年教育部新颁“电机与控制教学基本要求”的执笔人。

本书在内容结构上体现出为本专业教学服务的特点,重点放在讲述在电动类、制冷类日用电器中主要使用的三种电动机——单相异步电动机、直流电动机和单相串励电动机的结构、原理及应用,以及电动类、制冷空调类电器专用电动机的结构及其控制方法。同时,对在日用电器中使用的其他类型电动机及其控制方法、电动机常见故障的检修也作简单的介绍。因此,本书与其他电类专业的“电机及其控制”教材的内容有所区别。在阐述方式上,本书试图打破传统的知识叙述方式,试图将学科知识的系统讲授过程与操作技能的培训过程相结合,先通过一些小实验与实际操作,让学生先了解有关电器、设备的结构组成,在具有感性认识的基础上再进行原理的介绍和系统的知识讲述。在对原理性内容的叙述中避免对电器、设备内部机理过细的分析和繁琐的理论推导,而将重点转移到对其外部特性及其应用知识的介绍上来。因此,在使用本书组织教学的过程中,应注意将理论教学与实践教学有机地结合起来,讲练结合;有些内容(如日用电器专用电动机及其控制电路)可以安排在实训现场讲授。带“*”为选修内容,可根据具体情况选学。

本书教学学时安排的建议方案见下表,仅供参考。

内 容	学 时 数			
	合 计	基 础	选 用	实验实训
绪论	3	3		
第一章 单相异步电动机	10	8		2
第二章 直流电动机	8	5	1	2
第三章 单相串励电动机	2	2		

续表

内 容	学 时 数			
	合 计	基 础	选 用	实验实训
* 第四章 日用电器中使用的其他类型电动机	6		6	
第五章 洗衣机电动机及其控制	8	4	2	2
第六章 电风扇电动机及其控制	7	4	1	2
第七章 电冰箱和空调器电动机及其控制	10	6	2	2
* 第八章 其他日用电器中的电动及其控制	5		5	
机动	5	4	1	
总计	64	36	18	10

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定，由李佩禹教授任责任主审，李佩禹、王圣伟审稿。本书由广州市轻工业学校李乃夫主编并编写第三、四、八章和第二章的第五、六节，长春市轻工业学校杜贵明编写第一章和第二章的第一至四节，广州市轻工业学校李宜顺编写第五、六、七章，安徽省轻工业学校常辉编写第九章。由高等教育出版社聘请的广东省轻工职业技术学院陈景谦副教授审阅了本书，提出了许多宝贵意见，在此一并表示感谢！

限于编者的学识和水平，本书的错漏之处在所难免，因此恳请使用者和同行给予指正！

编 者

2001 年 11 月

目 录

绪 论	1	第一节 洗衣机电动机	51
第一章 单相异步电动机	7	第二节 洗衣机电动机控制电路	57
第一节 单相异步电动机的结构和工作原理	7	本章小结	64
第二节 单相异步电动机的分类	12	习题与思考题	64
第三节 单相异步电动机的反转和调速	15	第六章 电风扇电动机及其控制	66
阅读材料 单相异步电动机常见故障的检修	18	第一节 电风扇电动机	66
本章小结	19	第二节 电风扇控制电路	71
习题与思考题	19	本章小结	75
第二章 直流电动机	21	习题与思考题	76
第一节 直流电动机的工作原理	21	第七章 电冰箱和空调器电动机及其控制	77
第二节 直流电动机的结构和分类	22	第一节 电冰箱电动机	77
第三节 直流电动机的机械特性	24	第二节 电冰箱控制电路	81
第四节 直流电动机的起动、反转和调速	26	第三节 空调器电动机	86
第五节 永磁式直流电动机	28	第四节 空调器控制电路	91
* 第六节 无刷直流电动机	30	本章小结	95
阅读材料一 其他类型的几种直流电动机简介	31	习题与思考题	96
阅读材料二 直流电动机常见故障的检修	33	* 第八章 其他日用电器中的电动机及其控制	98
本章小结	34	第一节 电动炊具电动机及其控制	98
习题与思考题	34	第二节 清洁电动器具电动机及其控制	100
第三章 单相串励电动机	36	第三节 美容保健电动器具电动机及其控制	102
第一节 单相串励电动机的结构和运转原理	36	第四节 电动工具电动机及其控制	104
第二节 单相串励电动机的运行特性	37	第五节 电子电器及电动玩具用电动机及其控制	105
第三节 单相串励电动机的反转和调速	38	本章小结	109
阅读材料 单相串励电动机常见故障的检修	39	习题与思考题	109
本章小结	40	第九章 实验与实训	110
习题与思考题	41	实验一 单相异步电动机实验	110
* 第四章 日用电器中使用的其他类型的电动机	42	实验二 直流电动机实验	113
第一节 三相异步电动机	42	实训一 洗衣机控制电路实训	117
第二节 单相同步电动机	45	实训二 电风扇控制电路实训	119
第三节 步进电机	47	实训三 电冰箱和空调器控制电路实训	121
本章小结	49	参考文献	126
习题与思考题	50		
第五章 洗衣机电动机及其控制	51		

绪 论

电机是一种机-电能量或信号转换的电磁机械装置，它包括电动机、发电机。而电动机则是将电能转换成机械能(旋转运动或直线位移)的装置。

人类自从在 19 世纪初开始掌握电能的产生与应用技术以来，就一直在寻找能够将电能转变成动力的设备。事实上自 1820 年奥斯特(丹麦)发现了电流的磁效应、1822 年安培(法国)提出了安培定律以及在 1831 年法拉第(英国)提出了电磁感应定律之后，各种各样的电机就相继出现了。但直到 19 世纪 80 年代，才出现具有实用价值的电动机(图 0-1)。而在一百多年后的今天，电动机已成为人类生产和生活中的主要设备的动力，据统计，电动机消耗的电能已占全社会电能消耗总量的 60% ~ 70%。

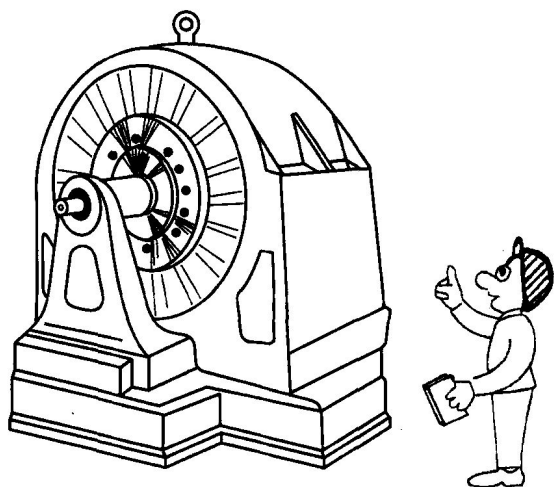


图 0-1 19 世纪的电动机

电气化给人类社会带来了现代的物质文明，今天许多电器产品(例如电风扇、电冰箱、空调器、洗衣机等)已成为家庭中的普通消费品，而这些电器都是由电动机提供动力的；而且在许多日用的电子产品和办公设备(如音像设备、计算机、打印机、复印机等)中，也安装有各种电动机。电动机的使用越来越普遍，已经不是

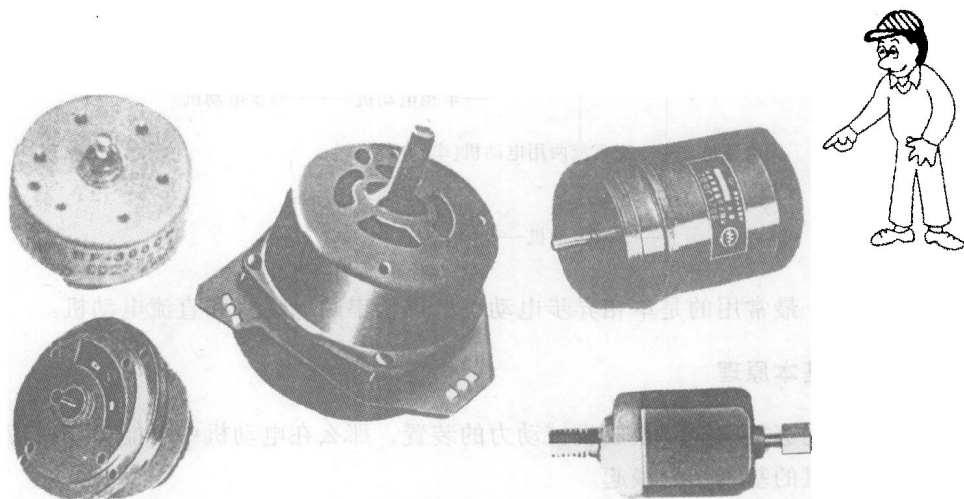


图 0-2 日用电器中使用的电动机

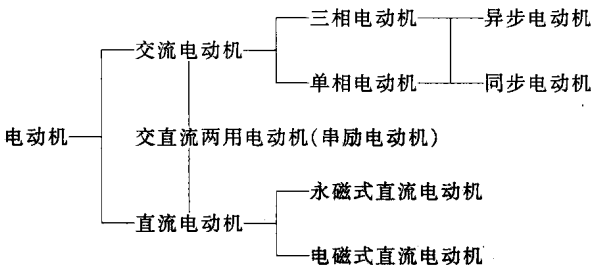
单纯作为动力设备了，许多类型的电动机被用于电气自动控制系统中，具有控制、放大、测量、调节等作用。目前，一台设备中使用的电动机数量越来越多，例如在一辆普通汽车上约装有十几台电动机，而在一辆高级轿车上的电动机则多达八十多台。图 0-2 所示为在日用电器中使用的几种电动机，日用电器中常用电动机分类可见表 0-1。

表 0-1 日用电器中常用的电动机

电动机类型		主 要 用 途
交流电动机	单相电阻起动式异步电动机	电冰箱上用的压缩机、食物搅拌器、抽湿机、小型空调器
	单相电容起动式异步电动机	电冰箱上用的压缩机、空调器上用的压缩机、小型机床
	单相电容运转式异步电动机	冷藏箱上用的压缩机、空调器上用的风扇、台扇、吊扇、转页扇、排气扇、洗衣机、干衣机、洗碗机、抽油烟机
	单相电容起动运转式电动机	大型冷藏箱、冷饮机、大型空调器上用的压缩机
	罩极式电动机	台扇、洗衣机、通风机、电唱机、电吹风
	三相异步电动机	变频空调器
直流电动机	单相同步电动机	电钟、电动程控定时器、记录仪、复印机、电唱机、录音机、录像机、转页扇导风轮电动机
	单相串励电动机	电动工具、洗衣机、食物搅拌器和粉碎机、电吹风、家用吸尘器、家用电动缝纫机
	永磁式(有刷)直流电动机	录音机、电唱机、电动玩具、电吹风、吸尘器、电动剃须刀、汽车刮水器、汽车水泵、汽车窗门升降电动机
	无刷直流电动机	计算机、打印机、摄像机、家用音响影视设备、电风扇
步进电机		计算机外围设备、办公自动化设备、指针式电子钟表

一、电动机的类型

按照电源的种类，可将电动机分为交流电动机和直流电动机。



在日用电器中，最常用的是单相异步电动机、单相串励电动机和直流电动机。

二、电动机的基本原理

既然电动机是能够把电能转换成机械动力的装置，那么在电动机中电能是如何转变成动力的呢？这要从电动机的基本结构谈起。

电动机在结构上分成两个基本部件：一个是固定的部件，称为“定子”；另一个是可以转动的部件，称为“转子”（或电枢）。如图 0-3 所示，其中图(a)为凸形的定子和转子，图(b)

为圆柱形的定子和转子。

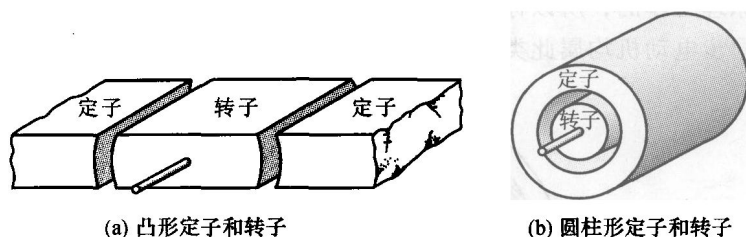


图 0-3 电动机的定子和转子

先以凸形定子和转子的电动机为例，如图 0-4。图中两片半圆形的铜片称为换向片。换向片固定在转轴上，换向片之间以及换向片与转轴之间都相互绝缘。这种由换向片构成的整体称为换向器。在换向片上放置着一对固定不动的电刷 A、B。电枢线圈通过换向片和电刷可与外电路接通。假设定子是永久磁铁(也可以是铁心上绕有励磁线圈的电磁铁)，转子是矩形的线圈(图中只画出一匝)。当电刷 A 接电源正极，电刷 B 接负极，那么通过换向器的电流在线圈中的方向是 $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ 。根据载流导体在磁场中受磁场力作用的原理，按照左手定则，可判断出线圈的两条边在磁场中受力的方向是：ab 边向上，cd 边向下，所产生的力矩使线圈绕轴顺时针方向转动。当线圈转过了 180° (图(b))，线圈 ab 与 cd 两条边在磁场中的位置刚好对调，此时电流的方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ ，虽然电流的方向变了，但在两磁极(N、S 极)下导体电流的方向和受力的方向不变，因此线圈继续按顺时针的方向转动。这就是电动机将电能转变成机械能，产生持续的旋转运动动力的工作原理。

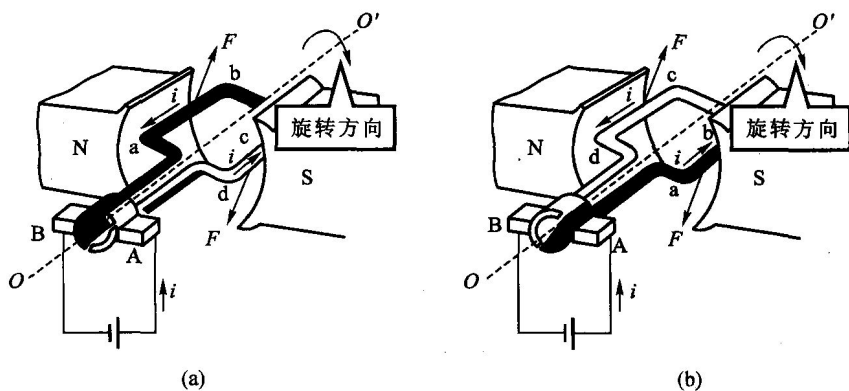


图 0-4 换向器式电动机转动原理示意图

这种电动机是通过电刷和换向器将电流导入转子线圈的，因此称为换向器式电动机，在本书第二、第三章中介绍的直流电动机和单相串励电动机均属此类。

再以圆柱形定子和转子的电动机为例，如图 0-5。定子和转子均用铁磁性材料制成，沿定子的内圆柱表面和转子的外圆柱表面开有凹槽，在其中嵌入一定匝数的线圈。当定子绕组通入交变电流时，会产生一个旋转磁场(其原理在第一章详细分析)，而处于定子中间的转子绕组因与磁场有相对运动形成感应电流，根据电磁感应原理，他们之间产生电磁转矩并使转子按照

与旋转磁场相同的方向转动起来。因为这种电动机是根据感应电流的磁场与通电(定子)线圈的磁场相互作用的原理工作的,所以称为感应电动机,在本书第一、第四章中介绍的单相、三相的异步电动机和同步电动机均属此类。

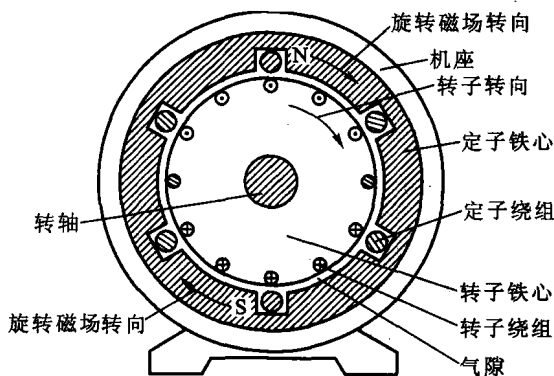
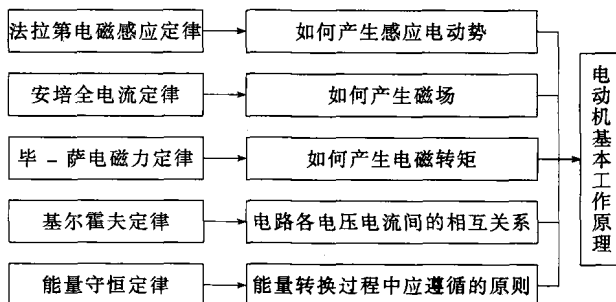


图 0-5 感应电动机转动原理示意图

由此可见,电动机的基本工作原理是建立在以下基本定律和原理基础上的。



三、关于电动机的一些基本概念

1. 电动机的额定值

电动机的额定工作状态是指电动机能够可靠地运行并具有良好的性能的最佳工作状态,此时电动机的有关数据称为电动机的额定值。主要有:

- (1) 额定电压 U_N 在额定的条件下向电动机绕组所加的工作电压,单位为伏(V)。
- (2) 额定功率 P_N 电动机在长期持续运行时转轴上输出的机械功率,单位为千瓦(kW)。
- (3) 额定电流 I_N 电动机在输出额定功率时,电源电路通过的电流,单位为安(A)。
- (4) 额定转速 n_N 电动机在额定状态下运行时的转速,单位为转/分(r/min)。
- (5) 额定转矩 T_N 电动机在额定运行时产生的电磁转矩,单位为牛·米(N·m)。

转矩与功率、转速之间的关系为:

$$T_N = 9550 \frac{P_N}{n_N} \quad (0-1)$$

电动机作为将电能转换为机械能的动力设备,其电磁转矩就是电动机能够驱动机械负载的动力源。电动机的电磁转矩对电源电压很敏感(因为交流异步电动机的电磁转矩与电源电压的

平方成正比), 当电压下降时, 将会引起电磁转矩大幅度降低。

2. 电动机的其他技术数据

(1) 起动电流 I_{st} 和起动转矩 T_{st} 所谓电动机的“起动”状态, 是指电动机已接通电源产生运转的动力, 但因机械惯性还没有转动起来(转速为零), 此时的电流和电磁转矩称为起动电流和起动转矩。 T_{st}/T_N 又称为电动机的“起动能力”。

(2) 最大转矩 T_m 指电动机所能产生的电磁转矩的最大值。 T_m/T_N 称为电动机的“过载能力”。

(3) 电动机的效率 电动机从电源输入电功率, 通过内部的电磁作用产生电磁转矩, 驱动机械负载旋转作功。电动机在将电功率转换为机械功率的同时, 也会在其内部产生损耗, 这些损耗包括铜损(电路的损耗)、铁损(磁路的损耗)和机械损耗。电动机的效率为输出的机械功率与输入的电功率之比:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% \quad (0-2)$$

式中: η 为电动机的效率, P_2 和 P_1 分别为电动机输出的机械功率和输入的电功率。

3. 电动机的额定工作制

电动机的额定工作制是指电动机按额定值工作时, 可以持续运行的时间和顺序。一般电动机的额定工作制为 S1、S2、S3 三种。

(1) 连续额定工作制 S1 表示电动机按额定值工作时可以长期连续运行。这种工作制适用于水泵、风机等。

(2) 短时额定工作制 S2 表示电动机按额定值工作时只能在规定的时间内短时运行。我国规定的短时运行时间为 10、30、60 和 90 min 四种。这种工作制适用于制冷用电动机等。

(3) 断续额定工作制 S3 表示电动机按额定值工作时, 要运行一段时间就停止一段时间周期性地运行。我国规定一周期为 10 min, 持续运行时间为工作周期的 15%、25%、40% 和 60% 四种。

在每台电动机的外壳上都有一块标牌, 一般是用金属做的, 称为“铭牌”。在铭牌上标注出电动机的型号和主要技术数据, 因此电动机的额定值又称为铭牌值。图 0-6 为型号 Y-112M-4 三相异步电动机的铭牌。可见除了上面介绍过的数据外, 还有电动机的连接方法、防护等级和绝缘等级等。所谓绝缘等级, 是指电动机所用的绝缘材料按其耐热性能区分的等级, 国产电动机所使用的绝缘材料等级为 B、F、H、C 四级, 绝缘材料的最高允许温度分别为 130、155、180℃ 和 180℃ 以上。

三相异步电动机			
型号 Y-112M-4		编号	
4.0 kW		8.8 A	
380 V	1440 r/min	LW82 dB	
接法 Δ	防护等级 IP44	50 Hz	45 kg
标准编号	工作制 S1	B 级绝缘	年 月
× × × ×		电机厂	

图 0-6 电动机铭牌

4. 电动机的机械特性

作为动力设备, 我们在使用时最关心的是电动机的输出转矩和转速, 转矩与转速之间的关系称为机械特性。如图 0-7, 若用横坐标表示转矩, 纵坐标表示转速, 将机械特性用曲线表

示出来, 则称为(电动机的)机械特性曲线。

四、日用电器电动机控制概述

在装有电动机的各种电器设备中, 要使电动机按我们的要求工作, 就需要通过电路对电动机进行控制, 从电气控制的角度来看, 电动机是作为控制的对象。在日用电器中, 作为控制对象的除各种电动机外, 还有如电磁阀、电热丝、指示灯等各种负载。有的电路只控制一台电动机(例如吊扇控制电路), 有的电路则要控制两台甚至多台电动机(例如双缸洗衣机, 有洗涤和脱水两台电动机); 有的电动机只有一种工作状态(如电动吸尘器的电动机只有一种转速, 只需控制电动机的起动、停机), 而有的却要求控制电动机在两种以上的工作状态之间转换(例如台扇电动机有三挡转速); 电动机各种工作状态之间转换, 除手动控制之外, 还要求能按时间和温度、压力等物理量的变化进行

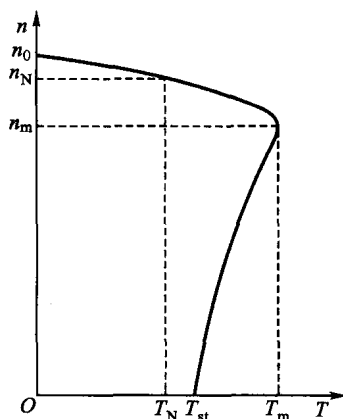


图 0-7 电动机的机械特性曲线

自动控制(例如电冰箱压缩机电动机用冰箱的温度进行控制); 电路除了要实现电动机起动、停机、反转和变速等控制, 还要实现对电动机的各种保护, 如短路保护、过载保护及各种安全保护(例如转页扇在跌倒时自动停机, 洗衣机在脱水桶盖被打开时自动切断脱水电动机电源)。

在电路中实现对电动机控制和保护功能的是各种控制和保护电器, 如各种手动开关、继电器、熔断器等。在日用电器中, 有许多专用的控制和保护电器, 如电风扇的琴键开关, 洗衣机的各种定时器、程控器, 电冰箱和空调器的各种温控器、过载保护器等等。这些电器组合成不同的控制电路, 能够有效地实现对电动机及其他负载的各种控制和保护功能, 使得日用电器能够正常地工作。

上述这些电器都是有触点的机械开关, 由于有机械磨损影响了工作的可靠性和工作寿命, 还会产生无线电干扰。随着电子技术的发展以及日用电器功能的日趋多样化, 在日用电器电动机的控制中逐步采用了无触点的电子开关取代有触点的机械开关, 如电风扇的晶闸管调速器。同时, 采用微处理器进行控制, 使日用电器具有智能化的功能, 如电风扇具有遥控、模拟自然风的功能, 全自动洗衣机具有多种洗涤功能, 变频空调器具有更好的温控和节能效果等。

本书作为电子电器应用与维修专业的一门技术基础课程的教材, 只介绍在日用电器中使用的主要的几种电动机及其基本的、典型的控制(包括各种控制和保护电器及其电路)。至于各种日用电器(特别是电动类、空调制冷类电器)的有关内容, 将在本专业的后续课程中介绍。

第一章 单相异步电动机

学习目标

1. 了解单相异步电动机的基本结构。
2. 掌握单相异步电动机的工作原理。
3. 理解单相异步电动机的分类和起动方式。
4. 了解单相异步电动机的反转、调速的原理和方法。
5. 初步了解单相异步电动机的常见故障及其检修方法。

第一节 单相异步电动机的结构和工作原理

日用电器一般都使用单相交流电源，因此单相异步电动机在日用电器中使用得最多。

实际操作 1-1-1 拆卸一台单相电动机(如电风扇电动机)，观察其内部结构。

一、单相异步电动机的基本结构

无论哪种类型的单相异步电动机，其结构都基本相同，都是由定子、转子和结构件(机壳、端盖、轴承等)三大部分组成，如图 1-1 所示。

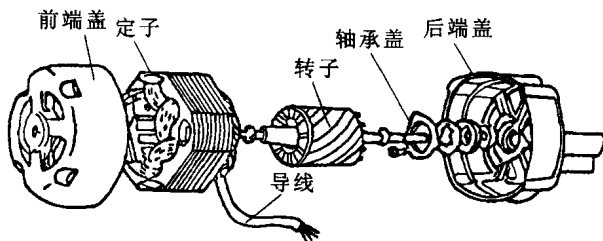


图 1-1 单相异步电动机的结构

1. 定子

定子的形状如图 1-2 所示，在圆环形铁心的内圆周均匀地开有许多凹槽，用以嵌放定子绕组。定子绕组用漆包线绕好后嵌入槽内，在线圈和铁心之间衬有绝缘纸。铁心作为电动机磁路的一部分，一般都用 0.3~0.5 mm 厚的硅钢片叠成，而且在硅钢片的两面均喷上绝缘漆，其作用是为了减少铁心中的涡流损耗。

2. 转子

转子由转轴、转子铁心和转子绕组等组成，如图 1-3 所示。

转子的铁心作为电动机磁路的组成部分，也由硅钢片叠成，形状如图 1-3 (b)。沿外圆周均匀分布的槽用于嵌放转子绕组，中间的圆孔用于穿在转轴上。转子的绕组多采用铸铝连同

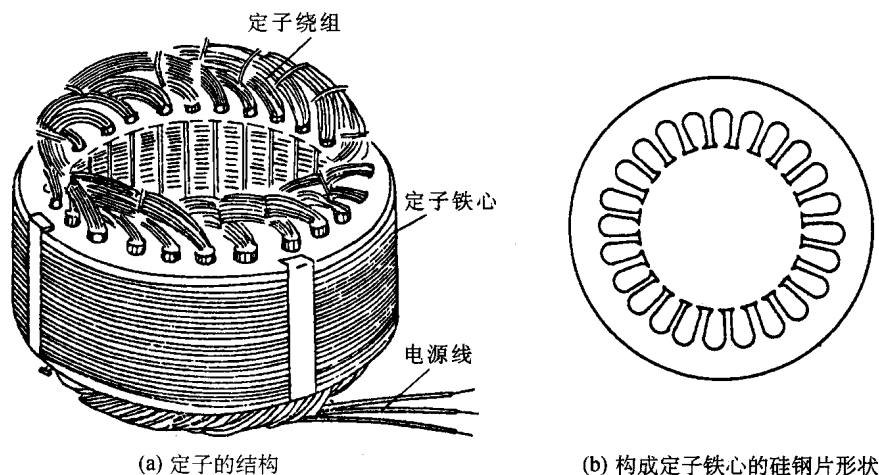


图 1-2 单相异步电动机的定子

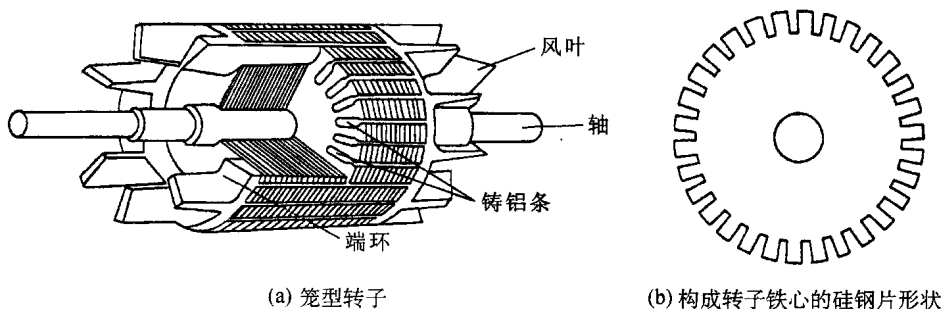


图 1-3 单相异步电动机的转子

散热用的风叶一起铸出，这种转子称为“笼型”转子，使用这种转子的异步电动机也被称为“笼型异步电动机”。如果转子绕组和定子绕组一样也是由漆包线绕成，则称为“绕线式异步电动机”。

3. 结构件

包括机壳、前后端盖、轴承等。机壳和前后端盖形成电动机的外壳体，一般用铸铁、铝合金或钢板制成。日用电器的电动机往往没有机壳，如洗衣机电动机，其端盖直接与定子铁心连接，电动机通过端盖与洗衣机固定；又如制冷压缩机电动机，它常与压缩机组装在一起，密封在一个壳体内。

二、单相异步电动机的工作原理

1. 运转原理

异步电动机属于感应式电动机，其运转的基本原理在前面已介绍过，那么为什么被称为“异步”电动机呢？为进一步了解异步电动机的工作原理，可以从下面一个小实验入手。

实验 1-1-1 实验装置如图 1-4，在一个装有摇转手柄的马蹄形磁铁中间放一个可以转

动的笼型转子，磁铁与转子没有任何机械或电气的联系。当摇动磁铁时，我们会发现磁铁中间的转子同时转动，而且磁铁转得快，转子也跟着转得快；若磁铁转得慢，转子也跟着转得慢。

思考题 1-1-1 如果磁铁反转，会出现什么现象？

为进一步分析转子跟随磁铁旋转的原理，将图 1-4 的旋转磁场和转子画于图 1-5 中。设磁极按顺时针方向旋转，置于旋转磁场中的转子绕组切割磁感应线而产生感应电动势，并在闭合的转子绕组中产生感应电流，根据右手定则可判断出位于 N 极下的导线感应电流方向为流出，而位于 S 极下的导线感应电流方向为流入。又由于载流导体在磁场中会受到磁场力的作用，根据左手定则可判断出位于 N 极下的导线受力方向向右，而位于 S 极下的导线受力方向向左，这些力合成一个顺时针方向的电磁转矩 T ，驱动电动机的转子跟随旋转磁场按顺时针方向转动起来。

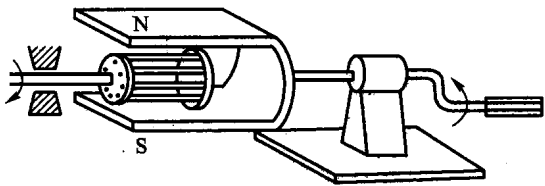


图 1-4 异步电动机转动原理实验装置

从上面分析知道：要使感应电动机转动起来，需要产生一个旋转磁场。由于旋转磁场与转子导体之间存在相对运动，在转子导体中产生了感应电动势和电流，而由于载流导体在磁场中受到磁场力的作用产生电磁转矩，使得电动机的转子跟随旋转磁场一起转动。这就是异步电动机转动的基本原理。

由于转子和旋转磁场的旋转方向是一致的，所以转子的转速不可能等于旋转磁场的转速，而只能以低于旋转磁场的转速运转，两者是不同步的，这就是“异步”电动机名称的由来。

思考题 1-1-2 为什么电动机的转速不可能等于旋转磁场的转速？如果等于旋转磁场的转速，情况会如何？

电动机转子的转速与旋转磁场转速之差称为“转差”，转差与旋转磁场转速的比值称为“转差率”，用 s 表示。即

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad (1-1)$$

式中， n_0 为旋转磁场的转速，被称为“同步转速”， n 为电动机转子的转速。

转差率 s 是反映异步电动机运行状态的一个重要参数。如果电动机的转速为额定转速，则对应的转差率称为额定转差率。异步电动机的额定转差率一般为 2% ~ 5%，也就是说，电动机在额定状态下运行的转速很接近同步转速。

例 1-1 某台异步电动机的同步转速为 1 500 r/min，电动机的额定转速为 1 470 r/min，求电动机的额定转差率。

解：

$$s_N = \frac{n_0 - n_N}{n_0} = \frac{1\,500 - 1\,470}{1\,500} \times 100\% = 2\%$$

2. 旋转磁场

单相异步电动机的定子绕组通入单相交流电流，在电动机中产生的磁场如图 1-6 所示：假设在交流电的正半周时，电流从单相定子绕组的右半侧流入而从左半侧流出，则此时电流产

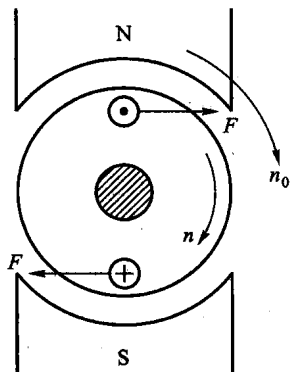


图 1-5 异步电动机转动原理图

生的磁场如图 1-6 (a) 所示, 该磁场的大小随电流的大小而变化, 方向则保持不变。当电流过零时, 磁场也为零; 当在交流电的负半周时, 由于电流反向, 所产生的磁场也反向, 如图 (b) 所示。可见这个磁场的特点是其大小和方向按正弦规律周期性地变化, 但磁场的轴线(图中为纵轴)却固定不变, 这种磁场被称为脉动磁场。

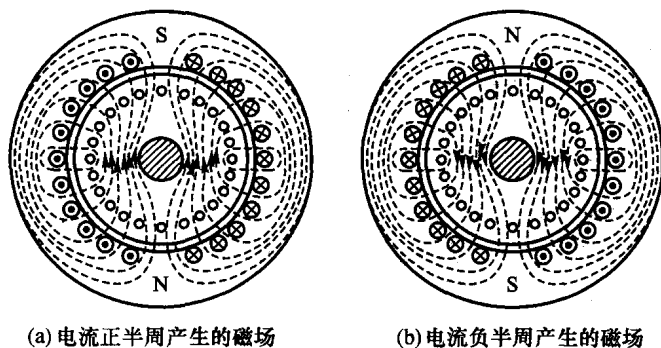


图 1-6 单相异步电动机的脉动磁场

实验 1-1-2 将一台没有起动绕组的单相异步电动机(或一台小型三相异步电动机)接单相交流电源, 观察电动机的状况。电动机能否自行起动? 如果拨动电动机的转子, 电动机能否转动起来? 转向如何?

由实验的结果可见, 单相异步电动机通电后不能自行起动, 需要拨动一下电动机的转子, 电动机才能朝拨动的方向转动起来。这是由于磁场只是脉动而不旋转, 因此如果单相电动机的转子原来静止不动的话, 则在脉动磁场与转子电流相互作用下, 在转子绕组左、右半侧所产生的电磁转矩因大小相等而方向相反相互抵消, 如图 1-7 (a) 所示。也就是说, 单相交流电产生的脉动磁场不能产生起动转矩, 电动机无法自行起动。如果任意朝一个方向拨动电动机的转子, 则转子两边产生的电磁转矩就有了差异, 就会产生该方向的合成转矩(图 1-7 (b)), 使电动机朝着被拨动的方向继续旋转, 并可以带动机械负载。

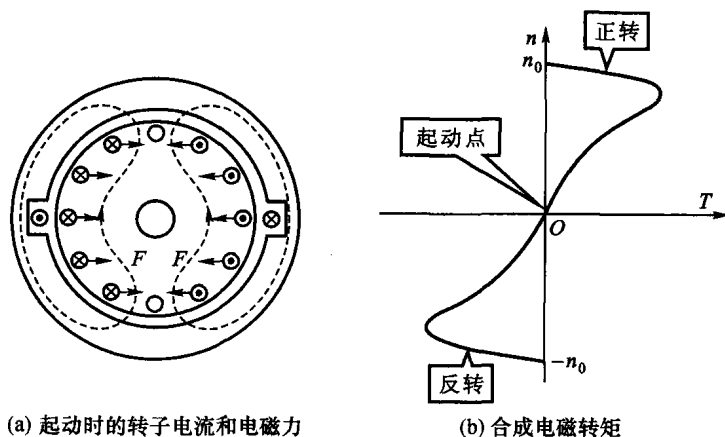


图 1-7 单相异步电动机的电磁转矩