

电动机应用技术丛书

# 家用电器电动机的应用

王祥珩 苏鹏声 编著

人民邮电出版社

TM32  
W-879

电动机应用技术丛书

# 家用电器电动机的应用

王祥珩 苏鹏声 编著

人民邮电出版社

872023

## 内 容 提 要

随着人们生活水平的不断提高,越来越多的家用电器进入了人们的家庭生活。在这些家用电器中都用到许许多多起不同作用的电动机。本书就是专门针对家用电器中所用的电动机的原理和使用等方面的内容而编写的,目的是使广大读者对家用电器中的电动机的作用及使用中应注意的问题有一个比较充分的认识。

本书共 10 章,介绍了家用电器常用的直流电动机、单相异步电动机、单相串励电动机、单相同步电动机、步进电动机的结构特点和电气特性,并分别对电风扇、洗衣机、电冰箱、空调器、吸尘器、录音机以及电吹风等家用电器中的电动机进行了详细的介绍。

本书内容通俗易懂,语言流畅,既具有知识性也具有较大的实用性。

本书适合于广大家电用户及电子爱好者阅读,也可供有关的维修人员和家用电器生产厂家的技术人员参考。

### 电动机应用技术丛书 家用电器电动机的应用

◆ 编 著 王祥珩 孙鹏声

◆ 责任编辑 王晓明

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街 14 号  
北京朝阳展望印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:850×1168 1/32

印张:5.75

字数:145 千字

1998 年 7 月第 1 版

印数: 1-6 000 册

1998 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-07040-7/TN·1365

定价:10.00 元

## 电动机应用技术丛书编委会

|       |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|
| 主任委员  | 杨秉寿 |     |     |
| 副主任委员 | 李树岭 | 黄立培 |     |
| 委 员   | 杨秉寿 | 李树岭 | 黄立培 |
|       | 邱阿瑞 | 王祥珩 | 朱东起 |
|       | 朱建南 | 金启玫 | 王晓丹 |
|       | 王晓明 |     |     |

## 丛书前言

电动机是一种把电能转换成机械能的设备,它的用途非常广泛。在现代社会中,从火箭、卫星等高精尖技术产品到机床、汽车、农业机械等工农业生产工具乃至电吹风、电动食品加工机等家庭用具,到处都能见到电动机的踪影。目前,在我国电网的总负荷中,电动机的用电量约占 60% 左右,这也充分说明电动机在我国国民经济生产和人们日常生活中所起的作用非同一般。因此,正确合理地使用电动机对于整个国民经济有至关重要的意义。

近些年来,随着现代电力电子技术、控制技术和计算机技术的发展,电动机的应用技术也得到了进一步的发展,新产品及新应用层出不穷。除了人们已经熟悉的普通电动机外,许多不同用途的特种电动机也不断问世,如广泛用于办公设备的无刷直流电动机和高精度步进电动机、用于照相机的超声波电动机、用于心脏血液循环系统的直径只有 1.5mm 的微型电动机等等,它们的工作原理及结构与传统电动机相比都发生了很大的变化。同时,随着人们生活水平的提高,越来越多的家用电器也在不断地进入寻常百姓的家庭,像空调机、洗衣机、电冰箱、VCD 机、录像机、录音机、电风扇、抽油烟机等等,这些家用电器也都离不开电动机。另一方面,传统工业领域中的电动机在使用电力电子技术以后,控制方式变得更加灵活,效率也有更大的提高,如变频器控制的异步电动机及伺服系统即是典型的例子。正是因为如此,在社会生产力不断提高的今天,要想合理有效地使用和控制电动机,就必须对电动机的特性以及电动机控制装置的控制原理和应用技术有较详细的了解。为此,人民邮电出版社和清华大学电机工程与应用电子技术系共同组织编写了这套《电动机应用技术丛书》,以满足广大读者在电动机应用技术方面的学习需要。

《电动机应用技术丛书》重点放在介绍电动机的应用技术上,不但有传统技术的应用,也有许多新技术的应用介绍,所涉及的内容有:电动机、电动机控制、变频器应用、汽车电机应用、特种电动机及其应用、电动机测量技术等等。

本丛书的作者都是长期从事电动机教学、科研、技术开发及应用工作的专家和科技人员,具有广博的理论和丰富的实际经验。因此,广大读者一定能够从这套丛书中获得许多有益的帮助。

为使这套丛书能够更充分地反映出电动机应用技术方面的内容,我们诚挚地希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

# 前 言

随着科学技术的进步,电力工业的发展和人民生活水平的提高,越来越多的家用电器进入了人们的家庭生活。洗衣机、电冰箱、空调器、吸尘器等已经是普通百姓家的常用消费品。因此,选好、用好、维护好各种家用电器,了解有关知识,已经成为人们的迫切需要。

许多家用电器的动力来自电动机,有关家用电器电动机的结构、原理、性能特点和使用注意事项等自然成为人们希望了解和关心的问题。本书正是根据这种需要编著的。

本书适合于具有中专以上文化程度的广大用户和家用电器爱好者阅读,也可供有关维修人员和工厂的技术人员参考。本书的重点放在介绍家用电器电动机的基本原理和应用上。在考虑电动机知识系统性的同时,力求使本书内容实用。本书编写时尽可能多地采用图表,收利于读者对内容的理解和掌握。

本书共分 10 章,其中前 6 章介绍的是家用电器电动机的基础知识。第一章概述,主要内容是家用电器电动机的分类、额定数据、常用的电工定律、绝缘材料和电机温升等内容。第二章分析直流电动机,包括永磁和无刷直流电动机等特殊类型。第三章中介绍的单相异步电动机在家用电器中用得最多,所以内容的篇幅也最长。第四、五、六章分别介绍了家用电器中常用的三类特殊电机:单相串励电动机、单相同步电动机和步进电动机。本书的第七、八、九、十章分别介绍了电风扇电动机、洗衣机电动机、电冰箱及空调器用电动机和其它家用电器电动机。各章内容以每种家用电器中用的电动机的结构、原理和性能特点为主,同时还介绍了控制电路,以及家用电器和电动机使用中的一些问题。

本书由苏鹏声和王祥珩编者。第一、二、三、四、五、六和十章,由

王祥珩编写,第七、八、九章由苏鹏声编写。由于作者水平有限,书中难免存在缺点和错误,衷心希望读者批评指正。

作者

1997 年 10 月

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第一章 概述</b> .....           | 1  |
| 第一节 电动机在家用电器中的作用 .....        | 1  |
| 第二节 家用电器电动机的分类 .....          | 1  |
| 第三节 家用电器电动机的额定数据 .....        | 2  |
| 第四节 电动机中常用的电工定律 .....         | 3  |
| 第五节 绝缘材料和电动机的温升 .....         | 4  |
| <b>第二章 直流电动机</b> .....        | 6  |
| 第一节 直流电动机的结构和分类 .....         | 6  |
| 第二节 直流电动机的工作原理 .....          | 10 |
| 第三节 直流电动机的静态工作特性 .....        | 13 |
| 第四节 永磁直流电动机 .....             | 17 |
| 第五节 无刷直流电动机 .....             | 24 |
| <b>第三章 单相异步电动机</b> .....      | 29 |
| 第一节 单相异步电动机的结构和工作原理 .....     | 29 |
| 第二节 单相异步电动机的定子绕组和磁势 .....     | 32 |
| 第三节 两相对称异步电动机的基本方程和电磁转矩 ..... | 39 |
| 第四节 单相异步电动机的分析方法和性能特点 .....   | 49 |
| 第五节 单相异步电动机的调速 .....          | 56 |
| <b>第四章 单相串励电动机</b> .....      | 64 |
| 第一节 单相串励电动机的结构和工作原理 .....     | 64 |
| 第二节 单相串励电动机的电压方程和机械特性 .....   | 66 |
| 第三节 单相串励电动机的调速 .....          | 72 |
| <b>第五章 单相同步电动机</b> .....      | 75 |
| 第一节 单相磁阻式同步电动机 .....          | 75 |

|            |                          |            |
|------------|--------------------------|------------|
| 第二节        | 单相永磁式同步电动机 .....         | 78         |
| 第三节        | 单相磁滞式同步电动机 .....         | 82         |
| <b>第六章</b> | <b>步进电动机 .....</b>       | <b>87</b>  |
| 第一节        | 反应式步进电动机的工作原理和运行性能 ..... | 88         |
| 第二节        | 永磁式和混合式步进电动机 .....       | 94         |
| <b>第七章</b> | <b>电风扇电动机 .....</b>      | <b>97</b>  |
| 第一节        | 电风扇的类型和基本结构 .....        | 97         |
| 第二节        | 电风扇电动机的工作特点 .....        | 102        |
| 第三节        | 电风扇电动机的类型和结构 .....       | 104        |
| 第四节        | 电风扇电动机调速原理及方法 .....      | 107        |
| 第五节        | 电风扇控制电路 .....            | 115        |
| 第六节        | 电风扇电动机在使用中的常见问题 .....    | 118        |
| <b>第八章</b> | <b>洗衣机电动机 .....</b>      | <b>121</b> |
| 第一节        | 洗衣机的类型及结构特点 .....        | 121        |
| 第二节        | 普通波轮式洗衣机电动机 .....        | 124        |
| 第三节        | 脱水机电动机 .....             | 129        |
| 第四节        | 全自动洗衣机电动机 .....          | 131        |
| 第五节        | 滚筒式洗衣机电动机 .....          | 132        |
| 第六节        | 控制电路原理及电路图 .....         | 133        |
| 第七节        | 洗衣机电动机的漏电问题和安全使用 .....   | 137        |
| <b>第九章</b> | <b>电冰箱和空调器电动机 .....</b>  | <b>140</b> |
| 第一节        | 电冰箱和空调器的工作原理 .....       | 140        |
| 第二节        | 制冷压缩机结构和电动机的工作条件 .....   | 142        |
| 第三节        | 压缩机用电动机的类型、性能和控制电路 ..... | 144        |
| 第四节        | 空调器的通风系统电动机 .....        | 149        |
| 第五节        | 控制电路原理及电路 .....          | 150        |
| 第六节        | 变频器在空调器中的应用 .....        | 153        |
| <b>第十章</b> | <b>其它家用电器电动机 .....</b>   | <b>156</b> |
| 第一节        | 吸尘器电动机 .....             | 156        |

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 第二节  | 录音机电动机 .....        | 159 |
| 第三节  | 电吹风电动机 .....        | 162 |
| 第四节  | 电动剃须刀电动机 .....      | 165 |
| 第五节  | 指针式石英电子钟表用电动机 ..... | 166 |
| 第六节  | 食品加工机用电动机 .....     | 168 |
| 参考文献 | .....               | 169 |

# 第一章

## 概述

### 第一节 电动机在家用电器中的作用

电力工业的发展,科学技术的进步和人民生活水平的提高,使得家用电器迅速地进入了家庭的消费领域。在电动类家用电器(如洗衣机、吸尘器、电风扇等)中,电动机是设备的关键部分;即使在电冰箱、空调器、录像机等多种其它类型的家用电器中,电动机对于电器的品质、功能、使用寿命等也有至关重要的作用。所以熟悉和掌握家用电器电动机的有关知识,不仅是家电维修人员必须做到的,也受到众多家电爱好者甚至普通家电使用者的广泛关注。本章主要介绍家用电器电动机在结构、原理、性能和应用等方面的一般知识,并为后面的各种家用电器电动机的分析奠定基础。

### 第二节 家用电器电动机的分类

家用电器中的电动机一般都是小功率的,又可称驱动微电机或分马力电动机。按照所使用的电源和电动机的类型,家用电器电动

机可分为四大类:

1. 直流电动机, 又可细分为永磁式和励磁式, 还有无刷直流电动机。

2. 单相异步电动机, 又可细分为罩极式、电阻或电容分相式、电容运转式三种。

3. 单相串激式电动机, 又称通用电动机, 可用于直流电源或单相交流电源。

4. 单相同步电动机, 又可细分为永磁同步电动机、反应式同步电动机和磁滞同步电动机。

此外还有步进电动机等。

### 第三节 家用电器电动机的额定数据

电动机在按国家标准及制造厂规定的条件下工作, 被称为电机的额定工作情况, 额定工作条件可由电动机铭牌所示的额定值表示。这些额定值是:

额定功率  $P_N$  (W 或 kW), 一般指电动机轴上输出的机械功率。

额定电压  $U_N$  (V)

额定电流  $I_N$  (A)

额定转速  $n_N$  (r/min)

对于交流电机来说, 还有额定频率  $f_N$  (Hz) 和额定功率因数  $\cos\varphi_N$  等。

还有一些额定工作情况下的数据并没有标在铭牌上, 但它们也是额定值, 如电机额定运行状态下的效率  $\eta_N$  (%)、转矩 ( $N\cdot m$ )、温升  $T_N$  (°C) 等。

电机除额定数据外, 还有定额问题。它表示电动机允许连续使用的时间, 可分为三种情况:

1. 长时, 表示电动机可按额定功率连续长时间使用而不致过热。

2. 短时,表示电动机只能在规定时间内按额定功率短时间使用,而不致过热。

3. 断续,表示电动机的工作应是短时的,但可多次断续重复工作。

## 第四节 电动机中常用的电工定律

电动机是通过气隙磁场将电能转换为机械能的机电能量转换机械,其工作原理建立在基本电磁定律的基础上。这些电磁定律包括:电路定律、磁路定律、电磁感应定律、电磁力定律及能量守恒定律。

### 一、电路定律

1. 基尔霍夫电流定律:在电路任一节点处,电流的代数和恒等于零,即:

$$\sum i = 0$$

2. 基尔霍夫电压定律:电路中任一回路内各段电压的代数和恒等于零,即:

$$\sum u = 0$$

亦可表达为任一回路电压降的代数和等于电动势的代数和,即:

$$\sum u = \sum e$$

### 二、磁路定律

1. 磁路的欧姆定律:磁路中通过的磁通等于磁路的磁动势除以磁路的磁阻,即:

$$\phi = \frac{F}{R_m}$$

其中磁路磁阻  $R_m = \frac{l}{\mu S}$ ,即磁阻与磁路长度  $l$  成正比,与磁路的导磁率  $\mu$  及磁路截面积  $S$  成反比。

2.全电流定律(安培环路定律):磁场中沿任意一个闭合环路的磁场强度的线积分等于穿过这个环路的所有电流的代数和,即:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I$$

电机中的磁路常由不同的材料构成,这时可将磁回路看成由几个磁路段组成,全电流定律可写成:

$$\sum \vec{H} \cdot \vec{l} = \sum I = \sum W_i$$

### 三、电磁感应定律

当磁通在线圈中变化时,其中的感应电动势为:

$$e = - \frac{d\Psi}{dt} = - W \frac{d\phi}{dt}$$

当磁力线与导体有相对运动时,导体中产生切割电势:

$$e = Blv$$

### 四、电磁力定律

载流导体在磁场中受力为:

$$f = Bli$$

### 五、能量守恒定律

电机在能量传递和转换过程中应符合能量守恒定律。即:

输入能量 = 输出能量 + 内部损耗

## 第五节 绝缘材料和电动机的温升

电动机的电磁结构主要由电路和磁路构成。除了导电和导磁材料外,电动机中还要用许多绝缘材料。绝缘材料不仅起电气隔离作用,同时还要起防潮、散热等多种作用。

电动机对绝缘材料性能的要求主要有:介电性能(如绝缘电阻、

耐压强度、泄漏电流和耐电弧性能等)、机械强度、耐热性能和吸湿性能等。

绝缘材料耐热有限度。在这个限度内,绝缘材料的物理、化学、机械、电气等各方面性能都比较稳定,可正常使用 20 年。超过这个温度限度,绝缘材料就迅速老化,介电性能和机械性能变差,使用寿命缩短,严重时甚至烧毁电动机。这个温度限度称为绝缘材料的允许温度。

不同的绝缘材料具有不同的耐热性能,按照绝缘材料的允许温度,可把绝缘材料分为 A、E、B、F、H、C 几级,参见表 1-1。

**表 1-1 绝缘材料的等级**

| 等级 | 允许温度(℃) | 材料构成                           |
|----|---------|--------------------------------|
| A  | 105     | 经过浸渍处理的棉、丝、纸板、木材等,普通绝缘漆        |
| E  | 120     | 环氧树脂、聚脂薄膜等三醋酸纤维薄膜高强度绝缘漆        |
| B  | 130     | 用提高了耐热性能的有机漆作粘合剂的云母、石棉和玻璃纤维组合物 |
| F  | 155     | 用耐热优良的环氧树脂粘合或浸渍的云母、石棉和玻璃纤维组合物  |
| H  | 180     | 用硅有机树脂粘合或浸渍的云母、石棉和玻璃纤维组合物      |
| C  | > 180   | 天然云母、玻璃、瓷料                     |

## 第二章

# 直流电动机

直流电动机与交流电动机相比较,具有启动转矩大、调速性能好等优点。而在家用电器中用的直流电动机,一般采用永磁式,并以干电池作为电源,使用很方便。目前在录音机、录像机、电动剃须刀、电吹风机等许多家用电器中都广泛地使用直流电动机。

### 第一节 直流电动机的结构和分类

直流电动机的结构主要由两部分组成:定子和转子。定子由主磁极、机座、端盖、轴承和电刷装置组成,转子由电枢铁心,电枢绕组、换向器和轴组成,如图 2-1 所示。下面对各主要部件逐个加以介绍。

#### 一、主磁极

主磁极用来产生磁场,是由主极铁心和套在它上面的励磁绕组组成的。主极铁心一般由 1~1.5mm 厚的薄钢板冲制而成,整个磁极用螺钉固定在机座上。主极总是成对的,各主极上的励磁绕组连接时要保证相邻磁极的极性按 N 极和 S 极交替排列,如图 2-2 所示。