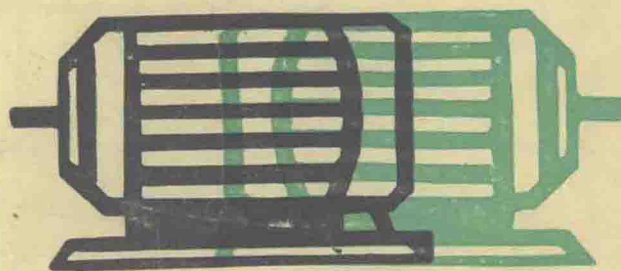
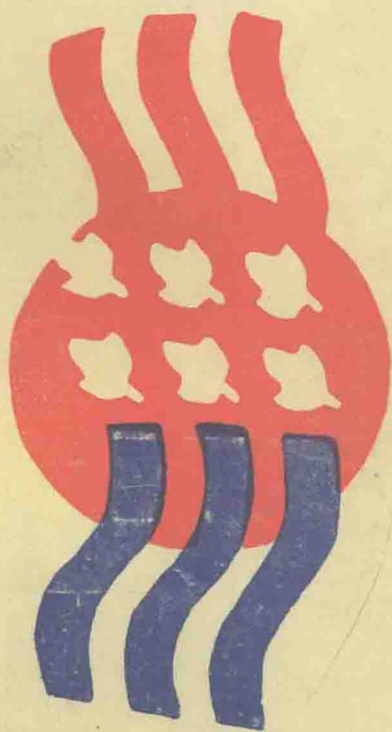


单相异步电动机

原理·运行·应用·维修

徐文亮 杨发生
编著



广东高等教育出版社

单相异步电动机

原理 · 运行 · 应用 · 维修

徐文宪 杨发生 编著

广东高等教育出版社

内 容 提 要

本书系统地叙述了单相异步电动机的基本原理、结构、定子绕组及其计算、运行特性及维修方法。此外，本书还详尽的介绍了单相异步电动机在家用电器中的应用。并在附录中提供了有关参考资料和技术数据，供读者选用。

本书通俗易懂、深入浅出、图文并茂，理论密切联系实际。可供电气技术工作者和广大家用电器爱好者参阅读，亦可供有关学校师生参考。

单 相 异 步 电 动 机

原理·运行·应用·维修

徐文宪 杨发生 编著

•

广东高等教育出版社出版

广东省新华书店经销

广州佛冈县印刷厂印刷

787×1092毫米32开本8.375印张170千字

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

印数1—16000

ISBN 7—5361—0011—4/TM·1

统一书号：15343·13

定 价：1.90元

前 言

单相异步电动机在工农业生产及人们的日常生活中有着广泛的应用。近年来，随着家用电器的迅速普及，作为家用电器三大主要产品（电风扇、洗衣机、电冰箱）的心脏和动力的单相异步电动机的需要量也越来越大了。在国外工业发达的国家中，每一个家庭使用有数十台单相异步电动机；目前，在我国，使用上十台单相异步电动机的家庭亦不属少见。

本书系统全面地介绍了单相异步电动机的原理、结构、定子绕组及其计算、运行性能、使用和维修等基本知识。并且详述了单相异步电动机在电风扇、洗衣机、电冰箱中的应用及这些家用电器的选购、使用和维修方法。在编写过程中力求做到概念清楚、深入浅出、通俗易懂。使广大电气工人和家用电器业余爱好者看得懂、学得着、用得上。

本书由华南工学院徐文宪副教授和广州家用电器工业公司家电研究所杨发生工程师合作编写。其中第1—3章及附录由徐文宪执笔，第4—6章由杨发生执笔，杨发生并完成了统稿工作。

广州电器科学研究所吴金方工程师对本书稿提出了宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

编 著 者

一九八七年元旦

目 录

第一章 单相异步电动机的基本原理

第一节 常用的基本电磁定律	(1)
§ 1 · 1—1 右手螺旋定则	(1)
§ 1 · 1—2 右手定则 (发电机定则)	(3)
§ 1 · 1—3 左手定则 (电动机定则)	(4)
第二节 三相异步电动机的工作原理	(5)
§ 1 · 2—1 三相交流电的旋转磁场	(5)
§ 1 · 2—2 三相异步电动机的工作原理	(12)
§ 1 · 2—3 三相异步电动机的M—S曲线	(13)
第三节 单相电动机的工作原理	(14)
§ 1 · 3—1 单相绕组的脉振磁场	(14)
§ 1 · 3—2 两相绕组的磁势	(18)
第四节 单相异步电动机的结构	(20)
§ 1 · 4—1 定子	(20)
§ 1 · 4—2 转子	(20)
§ 1 · 4—3 起动装置	(21)
第五节 单相异步电动机的容量等级和额定值	(21)
§ 1 · 5—1 容量等级	(22)
§ 1 · 5—2 额定值	(22)

第二章 单相电动机的主要类型及起动方法

第一节 分相电动机	(24)
§ 2 · 1—1 分相电动机的结构	(24)
§ 2 · 1—2 分相电动机的工作原理	(29)

第二节	电容式电动机	(30)
§ 2 · 2—1	电容式电动机的工作原理	(30)
§ 2 · 2—2	电容式电动机的分类及其特点	(31)
第三节	罩极电动机	(35)
§ 2 · 3—1	罩极电动机的结构	(35)
§ 2 · 3—2	罩极电动机的工作原理	(38)
第四节	几种单相异步电动机性能的比较	(39)
§ 2 · 4—1	起动性能比较	(40)
§ 2 · 4—2	运行性能比较	(41)
第三章	单相异步电动机的绕组及其计算	
第一节	单相异步电动机绕组的基本知识	(45)
§ 3 · 1—1	绕组的常用术语	(45)
§ 3 · 1—2	绕组的显极接法和庶极接法	(48)
§ 3 · 1—3	绕组系数 K_{ap}	(50)
§ 3 · 1—4	单相电动机常用的定子绕组型式	(52)
第二节	单层迭绕绕组	(53)
第三节	同心式绕组	(57)
第四节	正弦绕组	(59)
§ 3 · 4—1	正弦绕组的构成	(59)
§ 3 · 4—2	正弦绕组的匝数分配	(60)
第五节	单相异步电动机绕组的重绕计算	(66)
§ 3 · 5—1	罩极电动机的重绕计算	(66)
§ 3 · 5—2	电阻起动式和电容起动式单相电动机的重绕 计算	(71)
§ 3 · 5—3	电容运转式电动机重绕计算	(79)
第四章	单相异步电动机的运行	
第一节	单相异步电动机的运行条件和性能	(85)
§ 4 · 1—1	单相异步电动机的运行条件	(84)

§ 4 · 1—2	单相异步电动机的基本性能	(85)
第二节	单相异步电动机的调速和反转	(91)
§ 4 · 2—1	单相异步电动机的调速	(91)
§ 4 · 2—2	单相异步电动机的反转	(104)
第三节	三相异步电动机如何在单相电源上运行	(107)
§ 4 · 3—1	电感电容移相法	(108)
§ 4 · 3—2	电容移相法	(109)
§ 4 · 3—3	拉开“Y”形法	(111)
§ 4 · 3—4	拉开“△”形法	(112)

第五章 单相异步电动机在家用电器中的应用

第一节	电风扇	(113)
§ 5 · 1—1	电风扇的产品型号编制方法	(113)
§ 5 · 1—2	各种电风扇的简介	(116)
§ 5 · 1—3	电风扇的选购、使用和保养	(121)
第二节	电风扇的常见故障及排除方法	(125)
§ 5 · 2—1	电风扇运转部分故障及排除方法	(125)
§ 5 · 2—2	电风扇摇头部分故障及排除方法	(127)
§ 5 · 2—3	电风扇电气控制部分故障及排除方法	(128)
§ 5 · 2—4	电风扇杂声和振动故障及其排除	(129)
§ 5 · 2—5	电风扇其它故障及排除方法	(130)
第三节	洗衣机	(130)
§ 5 · 3—1	洗衣机的分类	(130)
§ 5 · 3—2	普通型洗衣机常见的结构型式及其优缺点	(132)
§ 5 · 3—3	我国普通家用洗衣机的命名	(133)
§ 5 · 3—4	洗衣机耗电、耗水费用的估算	(134)
§ 5 · 3—5	洗衣机的选购	(134)
§ 5 · 3—6	机械定时器的构造及其在洗衣机中的作用	(137)
§ 5 · 3—7	洗衣机中的电动机	(179)
§ 5 · 3—8	全自动洗衣机电控原理图及其使用方法	… (140)

第四节	洗衣机常见故障及其排除方法	(144)
§ 5 · 4—1	普通洗衣机常见故障及其排除方法	(144)
§ 5 · 4—2	全自动洗衣机常见故障及检修方法	(145)
第五节	电冰箱	(146)
§ 5 · 5—1	家用电冰箱的命名法及星级的划分	(146)
§ 5 · 5—2	电机压缩式电冰箱的构造和工作原理	(147)
第六节	电冰箱的使用、维护及常见故障的排除、 修理	(159)
§ 5 · 6—1	电冰箱使用方法	(159)
§ 5 · 6—2	电冰箱的维护及注意事项	(163)
§ 5 · 6—3	电冰箱简单故障的排除	(164)
§ 5 · 6—4	电冰箱的修理	(174)
第七节	吸收式电冰箱简介	(195)
§ 5 · 7—1	吸收式电冰箱的结构及工作原理	(195)
§ 5 · 7—2	吸收式电冰箱的故障及其检修	(197)
第八节	检修电冰箱用的通用工具、材料与专用 工具	(199)
§ 5 · 8—1	通用工具	(199)
§ 5 · 8—2	常用材料	(200)
§ 5 · 8—3	专用工具及其操作	(201)
第六章	单相异步电动机的修理	
第一节	单相异步电动机的局部修理	(205)
§ 6 · 1—1	电动机的正确拆装	(205)
§ 6 · 1—2	轴及轴承的修理	(209)
§ 6 · 1—3	绕组的局部故障及修理	(211)
第二节	单相异步电动机定子绕组的全部拆换	(215)
§ 6 · 2—1	拆除旧绕组	(216)
§ 6 · 2—2	线圈的绕制	(217)

§ 6 · 2—3	下线	(219)
§ 6 · 2—4	接线	(221)
§ 6 · 2—5	浸漆烘干	(223)
§ 6 · 2—6	检查试验	(225)
第三节	电风扇定子线圈的修理	(226)
§ 6 · 3—1	罩极式电动机	(226)
§ 6 · 3—2	电容式电动机	(227)

附录

录附 I	BO、CO、DO 新系列单相异步电动机技术 数据	(231)
录附 II	JZ、JY、JX 旧系列单相异步电动机技术 数据	(240)
附录 III	正弦绕组每槽导体数分配和基波绕组系数	(251)
附录 IV	常用电磁线的牌号及数据	(252)
附录 V	台、吊扇电动机技术数据	(254)

第一章 单相异步电动机的基本原理

第一节 常用的基本电磁定律

我们知道，电机是完成机——电能量转换的一种机械。发电机把机械能转换成电能，电动机把电能转换成机械能。它们的工作原理都是建立在电和磁的相互作用和相互转化的基础上，因此，掌握基本电磁规律是研究电机的基础。下面简要地叙述这些规律。

§ 1·1—1 右手螺旋定则

导线中有电流通过时，其周围就会产生磁场。若改变导线中电流的方向和大小，其磁场的方向和强弱也随之而改变。电流方向与磁场的方向可用右手螺旋定则来判断。

当电流通过单根直导体时，如图 1-1-1 (a) 所示，它产生的磁场方向可以这样来确定：用右手握住导体，大拇指表示电流的方向，则其余四指即表示磁力线的方向，如图 1-1-1 (b) 所示。

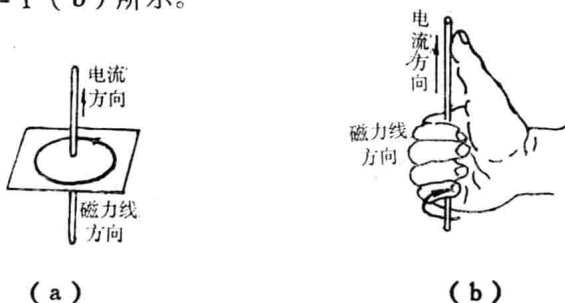


图 1-1-1 直导体电流磁场

当电流通过螺管式线圈时,如图 1-1-2(a) 所示,它产生的磁场方向可以这样来确定:用右手握住线圈,四指表示电流方向,则大姆指表示螺线管内磁力线的方向,大姆指所指的线圈端即为磁场的北极(N),另一端为南极(S),如图 1-1-2(b) 所示。

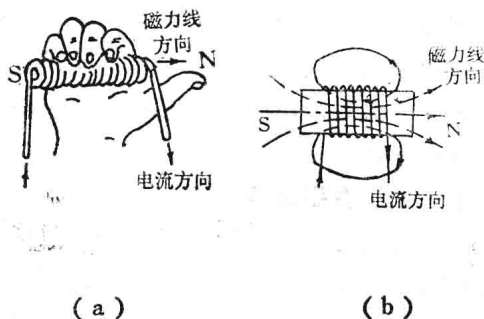


图 1-2-2 线圈电流磁场

为了清楚和方便起见,常采用截面图来表示电流和磁场的方向,如图 1-1-3 所示。导体中的电流进入纸面,用符号 $\otimes$ 表示,电流离开纸面,用符号 $\odot$ 表示。导体周围的同心圆表示磁力线,箭头表示磁力线的环绕方向。

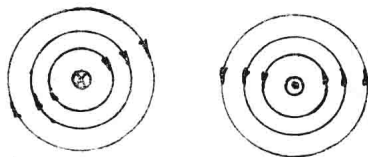


图 1-1-3 用截面法表示导线电流方向和磁场方向

§ 1 · 1 — 2 右手定则 (发电机定则)

如图 1-1-4 所示, 我们以外力 F 推动某一导体以速度 v 在磁场中运动而切割磁力线时, 则在该导体中感应电势。其大小为

$$e = Blv \quad (1-1)$$

式中 e —— 感应电势 (伏);

B —— 磁通密度, 即单位面积通过的磁通 (韦伯 / 米²);

l —— 导体的有效长度, 即导体切割磁力线部分的长度 (米);

v —— 导体在垂直于磁力线方向的速度 (米 / 秒)。

感应电势 e 的计算公式 (1-1) 仅适用于磁力线、电势和导体运动方向三者相互垂直的情况。如果导体运动方向与磁力线方向的夹角 α 为任意角度 (如图 1-1-5 所示) 时, 则

$$e = Blv \sin \alpha \quad (1-2)$$

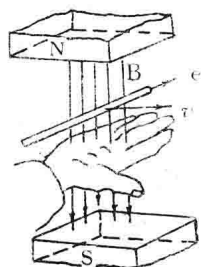


图 1-1-4 右手定则

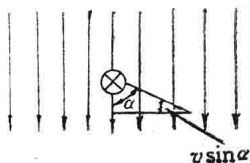


图 1-1-5 导线与磁力线成 α 角运动

感应电势 e 的方向，通常形象地用右手定则来确定，如图 1-1-4 中将右手掌伸开，大拇指与其它四指垂直，使磁力线指向手掌，如大拇指指向导体的运动方向，则其它四指指向导体中的感应电势方向。

此时，我们如果将导体接成闭合电路，就会产生电流，发生电功率。一般发电机就是按照这个原理制成的。

§ 1-1-3 左手定则（电动机定则）

如图 1-1-6 所示，我们将通电流的导体置于磁场中，就会产生电磁力 F_{em} 推动导体运动，其大小为

$$F_{em} = B l I \quad (1-3)$$

式中 B ——磁场的磁通密度

（韦/米²）；

l ——导体的有效长度

（米）；

I ——导体中的电流

（安）；

F_{em} ——导体所受的电磁力（牛）。

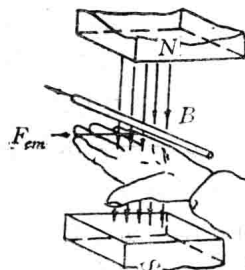


图 1-1-6 左手定则

公式（1-3）仅适用于电流方向、磁力线方向与导体所受的力的方向三者相互垂直的情况。如果载流导体与磁场的磁力线间的夹角为 θ 时，如图 1-1-7 所示。则

$$F_{me} = B l I \sin \theta \quad (1-4)$$

电磁力 F_{em} 的方向，通常形象地用左手手掌定则来确定，如图 1-1-6 中将左手掌伸开，大拇指与其它四指垂直，使磁力线指向手掌，令其它四指指向导体中电流的方

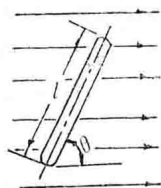


图 1-1-7 与磁场
成 θ 角的载流导线的运动

向，则大姆指指向就是导体所受电磁力的方向。

电动机就是根据这个原理制成的。

第二节 三相异步电动机的工作原理

我们知道，三相异步电动机应用得最为广泛，而且是学习单相异步电动机的基础，因此我们先对三相异步电动机的工作原理予以简要介绍。

§ 1·2—1 三相交流电的旋转磁场

三相异步电动机由定子、转子、端盖和机座等几部分组成。基本的是定子和转子两部分。

定子是用 0.35 或 0.5 毫米厚的硅钢片经冲压后迭成。在定子铁芯的内圆上均匀地冲有槽口，如图 1-2-1 所示。在铁芯迭压以后形成定子槽，以便嵌放定子线圈。

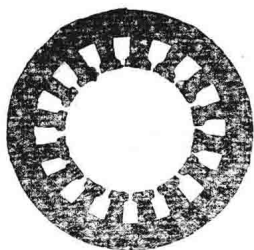


图 1-2-1 定子铁
芯冲片



图 1-2-2 转子铁
芯冲片

转子也是用0.35或0.5 毫米厚的硅钢片迭成，在转子外圆四周冲有槽口，如图 1-2-2 所示。槽中 嵌 放 铜条（或铝条），并在两边用端环短接起来，构成鼠笼绕组。现在生产的中小型电动机和单相异步电动机，转子槽内的导体和两边端环一起用铝铸成，构成铸铝的鼠笼绕组。

我们以最简单的定子线圈来说明三相交流电的旋转磁场的产生和特点。

如图 1-2-3 所示，是一个简单的两极电动机定子示意图。用三个相差 120° 的线圈AX、BY、CZ 代表三相线圈嵌放在定子铁芯内。三个线圈可接成星形（Y）或三角形（ Δ ）。

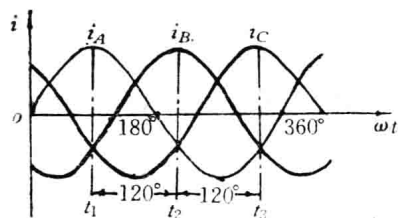
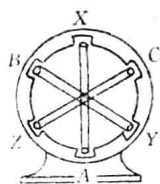


图 1-2-3 二极、三个互成 120° 的定子线圈示意图

图 1-2-4 三相正弦交流电

在三相线圈中通入如图 1-2-4 所示的对称三相交流电，对称的三相电流可用下列公式表示：

$$\left. \begin{aligned} i_A &= I_m \sin \omega t \\ i_B &= I_m \sin (\omega t - 120^\circ) \\ i_C &= I_m \sin (\omega t - 240^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

式中 i_A 、 i_B 、 i_C 分别为A、B、C三相电流的瞬时值，三相电流最大振幅值都是 I_m ， ω 为角速度，每相电流都在 $+I_m$ 到 $-I_m$ 之间周期地变化。且 ωt 经历 360° ，电流大小变化一周。电学上把与电源变化周期对应的角度，称为电角度。

由图可见，各相电流达到最大值的时间不同，在 t_1 瞬时 i_A 最大；到 t_2 瞬时 i_B 最大，到 t_3 瞬时 i_C 最大。 t_1 至 t_2 ， t_2 至 t_3 均相差 $\frac{1}{3}$ 周期或 120° 电角度。即是A相电流超前B相电流 120° ，B相电流超前C相电流 120° ；或者是B相电流滞后A相电流 120° ，C相电流滞后B相电流 120° 。

当对称三相交流电通入对称三相绕组时，我们假定电流为正值时，电流从线圈的首端（A、B、C）流入（用 $\otimes$ 表示）；由末端（X、Y、Z）流出，（用 $\odot$ 表示）。负值时，电流从线圈末端流入，而由首端流出。

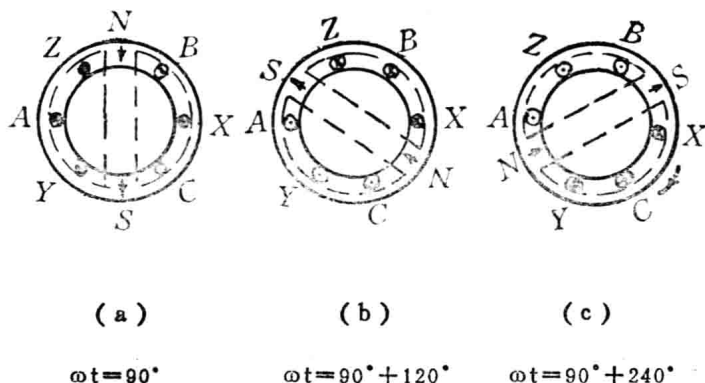


图 1-2-5 三相二极电机定子绕组的电流和磁场

在 t_1 瞬时, $\omega t_1 = 90^\circ$, 由式(1-5)可得:

$$\begin{cases} i_A = I_m \sin 90^\circ = I_m \\ i_B = I_m \sin(90^\circ - 120^\circ) = -\frac{I_m}{2} \\ i_C = I_m \sin(90^\circ - 240^\circ) = -\frac{I_m}{2} \end{cases}$$

可见在 t_1 瞬时, I_A 为正的最大值, I_B 和 I_C 为负, 其大小为最大值的 $\frac{1}{2}$ 。由图1-2-5(a)可见, I_A 由A流入 $\otimes$, 由X流出 $\odot$; I_B 由Y流入 $\otimes$, 由B流出 $\odot$; I_C 由Z流入 $\otimes$, 由C流出 $\odot$ 。三相绕组中产生的合成磁场相当于一个N极在上, S极在下的2极磁场。合成磁场的中心线在AX线圈的轴线位置。

在 t_2 瞬时, $\omega t_2 = 90^\circ + 120^\circ = 210^\circ$, 由式(1-5)可得:

$$\begin{cases} i_A = -\frac{I_m}{2} \\ i_B = I_m \\ i_C = -\frac{I_m}{2} \end{cases}$$

此时三相绕组中电流的流向及其合成磁场的方向如图1-2-5(b)。合成磁场的中心线移到BY线圈的轴线位置。

在 t_3 瞬时 $\omega t_3 = 90^\circ + 240^\circ = 330^\circ$ 由式(1-5)可得: