

大学实验教材

微机 应用实验指导

周旋芳 主编

陕西人民教育出版社

TP36 P 36

254

254

微机应用实验指导

周旋芳 主 编

陕西人民教育出版社

微机应用实验指导

周旋芳 主编

陕西人民教育出版社

(西安和平门外标新街2号)

陕西省新华书店发行 西北电讯工程学院印刷厂印刷

850×1168毫米 1/32开本 6.25印张 130千字

1986年11月第1版 1986年11月第1次印刷

印数: 1—3,000

统一书号: 7387·254 定价: 1.25元

前 言

微机实验是深化微机理论，并将微机原理与实践相结合的必由之路，是提高读者使用微机技能、技巧的重要手段。在建设社会主义的“四化”强国的今天，掌握微机在工农业生产，科学实验中的应用就显得更为重要。

本书向读者介绍了十个微处理机应用的基本实验。包括直流电机调速和测速；微机的定时控制；微机的一维定位控制；数据采集；可编程模拟洗衣机；非线性传感器线性化；C语言与汇编语言混合编程控制搅拌机；变频电源；异步电机变频调速等。前五个实验由八位微处理机Z80完成；后五个实验由十六位微处理机实现。大部分实验由作者设计，并经过教学实践的考验。有完整的实验线路图、流程图和程序。涉及到多种常用的接口，诸如键盘、显示器、A/D、D/A、CTC等。每个实验都有详细的附录，介绍了器件的原理和使用方法。本书大部分材料是作者留学加拿大和赴美、日等国考察期间所汇集的。内容由浅入深，由易到难，既照顾到我国微机应用的水平又考虑到美、日等发达国家微机应用的现状，是理工科大专院校师生、科研技术人员、高中师生的有益读物和实验指导书。本书前五章由高明凤同志编写，后五章由周旋芳同志编写，全书由周旋芳同志主编。

作 者

一九八六年六月

目 录

实验一	微型机定位控制.....	(1)
实验二	数据采集.....	(29)
实验三	直流电机调速和测速.....	(55)
实验四	微型机定时控制.....	(68)
实验五	过程控制.....	(85)
实验六	十六位微处理机系统说明.....	(93)
实验七	有限状态机.....	(112)
实验八	用 C 编程测基准程序的执行时间,用 C 编程 控制模拟洗衣机实验说明与要求.....	(130)
实验九	传感器线性化 实验说明与实验要求.....	(161)
实验十	C 程序、汇编程序混合编程中断处理、 中断服务程序.....	(170)

实验一 微型机定位控制

§ 1.1 概 述

在微机实时控制系统中，例如各类数控机床、自动仪表、计算机的外部 and 外围设备、军事工业、钟表工业、以及各种数控专用装置。有许多场合用到位置控制，步进电机由于它有独特的优点，作为伺服电动机应用于控制系统中，可以使系统简化，工作可靠，并获得较高的控制精度。

步进电机是一种将电脉冲信号转换成相应的角位移（或线位移）的机电元件，通俗地讲，就是给这种电机一个外加脉冲信号时，它就运动一步，正因为它的运动形式是步进式的，称为步进电机。可见，步进电机可以直接将电脉冲变换成相应的机械位移，恰好符合数字控制系统的要求，可以很方便的实现微机控制。因此，它得到了广泛地应用。

本实验的目的是：使读者学会如何用微型机实现对步进电机控制，其内容包括输出，输入通道的设计以及控制程序的编制。在这个自行设计的实验系统中研究步进电机的性能指标以及外负载特性。同时还研究强功率的电气设备工作对微机的干扰问题。

为此，在正式实验之前，了解步进电机的基本使用特性。

§ 1.2 步进电机的一般知识

一、若干名词术语及主要技术指标

1. 步距角 θ

步距角 θ 是指每给一个脉冲信号，步进电机转子所转角度的理论值。所以 θ 等于 360 度除以每转步数。

2. 精度

通常指的是最大步距误差或最大累积误差，直接用机械角度或步距的百分数来表示。步距误差与累积误差是两个不同的概念，在数值上也不一样，即是说精度的定义没有完全统一起来，从使用的角度来看，多数情况用累积误差衡量精度比较方便。最大累积误差是指从任意位置开始，经过任意步之间，角位移误差的最大值，由于步进电机转过一圈以后，转子的运动有重复性，所以精度的定义，可以认为是在一圈范围内，任意步之间转子角位移误差的最大值。

3. 转矩

保持转矩（或定转矩），是指绕组不通电时电磁转矩的最大值。对于反应式步进电机，在绕组不通电的情况下，没有电磁转矩，即保持转矩为另，它的定位可以靠干摩擦负载转矩来实现，或者靠加专门的定位或机械定位来实现。对于永式步进电机，具有一定的保持转矩。

若对于步进电机加单脉冲，或加一系列脉冲，当所加脉冲停止时，它的转子在磁场作用下，可靠的固定在一个稳定平衡的位置，即是说步进电机对于脉冲信号有记忆能力。对于转子不转动情况下的电磁转矩，称为静转矩。它是绕组内电流和失调角的函数。当不改变控制绕组通电状态，转子为理想空载情况下的平衡位置称为另位，转于偏离另位的角度称为失调角，通常用电角度或电弧度来衡量。静转矩与失调角的关系 $M = f(\theta)$ ，称为矩角特性。对应于某一失调角时，静转矩的值为最大，称为最大静转矩 M_k ，它的值取决于通电状态和绕组内电流的值。矩角特性是步进电机的主要特性之一，是计算机分析步进电机不同运行情况下运行性能的基础。

动转矩是指转子转动情况下的最大输出转矩值。它与运行的频率有关。

4. 响应频率

在某一频率范围内，步进电机可以任意运行而不会丢失一步，则这一最大的频率称为响应频率。通常用起动频率 f_t 来作为衡量的指标，它是能不丢步地起动的极限频率，有时也叫做突跳频率。对于一定的电机及一定的驱动器的情况，起动频率的值与负载的大小有关，负载的大小包含负载转矩和负载转动惯量二方面的含义。

5. 运行频率

是指频率连续上升时，步进电机能不失步运行的极限频率，它的值也与负载的大小有关。很显然，在同样负载情况下，运行频率的值高于起动频率 f_t 的值。

步进电机作为伺服电机或驱动电机，它的主要技术指标包括：步矩角、输出转矩、起动频率、运行频率、精度以及效率等。由于步进电机用在数字程序控制系统内，这种系统的工作速度，取决于步进电机的控制频率。用每秒脉冲数（或每秒步数）来衡量，所以步进电机的频率指标常常特别重要，至于主要要求起动频率还是运行频率，则要看系统的具体情况而定。

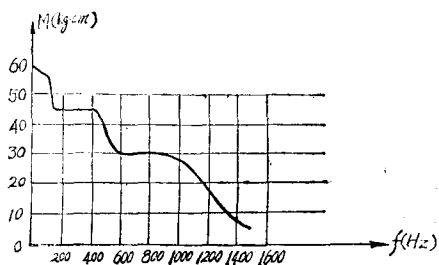
二、反应式步进电机的技术指标

下面列出 110BF001-Ⅱ 步进电机各项技术指标（常州电子职工大学、常州自动化仪表厂生产）及特性曲线。

表 1-1 主要技术数据

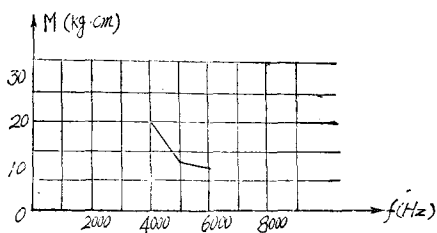
数 据 内 容	单 位	110BF001~I 型
相 数	相	3
步距角	度	0.75/1.5
电 压	V	80
每相静态电流	A	6
最大静转矩	Kg. Cm	100
最大空载起动频率	HZ	1500
动行频率	HZ	7000
起动矩频特性		详见特性曲线 (附图 1)
运行矩频特性		详见特性曲线 (附图 2)
起动惯频特性		详见特性曲线 (附图 3)
静态步距角误差		$\pm 25\%$
转子转动惯量	g. Cm. Sec ²	8.1
最小加减速时间	Sec	1
线圈电感	h	0.0205
线圈电阻	Ω	$0.51 \pm 5\%$
分配方式		三相六拍 (A. A B. B. B C. ... A)
温 升	°C	静态 65°C 空载 80°C
外形尺寸	MM	$\phi 110 \times 155$
重 量	Kg	7.4

$f(\text{Hz})$	100	200	300	400	500	900	1100	1300	1500
$M(\text{kg} \cdot \text{cm})$	55	45	45	45	35	30	25	12	5



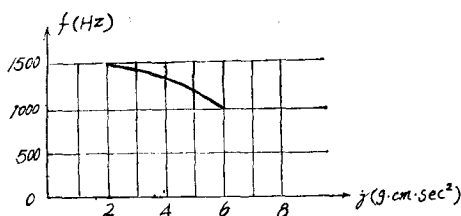
附图一 110BF001-Ⅰ型动矩频特性

$f(\text{Hz})$	2000	4000	5000	6000
$M(\text{kg} \cdot \text{cm})$	20	20	12	10



附图二 110BF001-Ⅰ型运行矩频特性

$f(\text{Hz})$	1000	1300	1500
$j(\text{g} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2)$	6	4	2



附图三 110BF101-Ⅱ型起动惯频特性

注：测试采用吊砝码法，加载的砝码盘惯性不大于 $10.5 \times 10^{-5} \text{ Kg} \cdot \text{Cm} \cdot \text{SeC}^2$ 。

三、反应式步进电机的动作原理

反应式步进电机的种类很多，我们以较常见的一种三相反应式步进电机作为例子进行说明。

图 1-1 表示出一台三相反应式步进电机的横截面，它的定子上有三对磁极，每对磁极上绕着一相绕组，三相绕组接成星形；转子铁芯和定子极靴上均有小齿，定转子齿距通常相等；定转子间有很小的气隙；转子铁芯上没有绕组，转子齿数有一定的限制，图中所示转子的齿数 $z_r = 40$ ，每一个齿距相对应的空间角度为 $36^\circ / 40 = 9^\circ$ 。

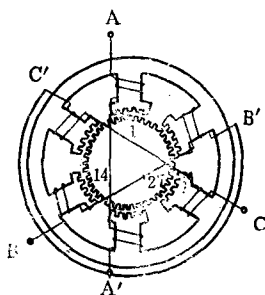


图 1-1 三相反应式步进电动机断面图

当一相绕组通电，例如 A 相绕组通电，BC 两相绕组不通电，电机内建立以 AA' 为轴线的磁场，如图 1-2(a) 所示，由于定转子上有齿和槽，所以当定转子齿的相对位置不同时，磁路的磁导也不同，在绕组通电时，转子将有一定的稳定平衡位置，转子的位置是力求使通电相磁路的磁导为最大。现在 A 相通电，转子的

稳定平衡位置（在设有外力影响的情况下）是转子齿的轴线与 A 相磁极上定子齿的轴线相重合的位置，简言之，就是 A 相极下定转子齿对齿，如图 1-1 所示。

B 相绕组的轴线，与 A 相绕组的轴线的夹角为 120° ，即三分之一圆周，中间包含的齿距数为 $120^\circ/9^\circ = 13 \times 1/3$ ，即当 A 相磁极上定转子齿正对齿时，B 相磁极上定子齿的轴线，沿 ABC 方向领先转子齿的轴线 $1/3$ 齿距，C 相磁极上定子齿的轴线沿 ABC 方向领先转子齿的轴线 $2/3$ 齿距。

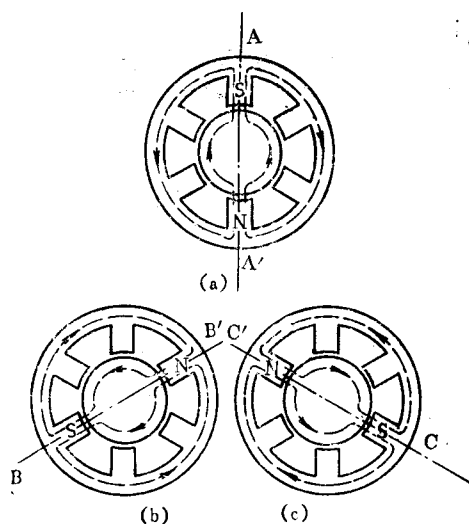


图 1-2 一相通电时的磁场情况

(a) A 相通电 (b) B 相通电 (c) C 相通电

在 A 相断电的同时，给 B 相通电，则建立以 BB' 为轴线的磁场，如图 1-2(b) 所示，即磁场沿 A.B.C. 方向转过了 120° 空间角，此时，转子齿的轴线力求与 B 相定子磁极上齿的轴线对

齐，以达到如图 1-3 所示的稳定位置，即转子沿 ABC 方向转过 $1/3$ 齿距。

相似的在 B 相断电，C 相通电时，如图 1-4 所示，转子沿 ABC 方向又转过 $1/3$ 齿距。

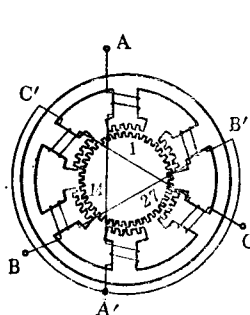


图 1-3 B 相通电时，转子的
稳定平衡位置(空载)

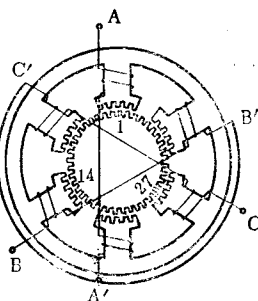


图 1-4 C 相通电时，转子的
稳定平衡位置(空载)

可见连续不断的按 A-B-C-A- 的顺序给各相绕组通电时，电机内磁场沿 ABC 方向不断转动，且通电状态每改变一次，转过的角度为二相磁极轴线间的夹角 120° ，而转子每次转过 $1/3$ 齿距，即 3° 空间角，称为步距角。这种运行方式称为三相单三拍运行方式。

三相反应式步进电机，也可以按照三相双三拍方式运行，即同时有二相绕组通电，通电方式按 AB-BC-CA-AB-（或 AC-CB-BA-AC-），其动作原理简述如下。

当 AB 二相同时通电时，建立的磁场大致如图 1-5(a) 所示，合成磁场的轴线在 CC' 方向，它的齿既不与 A 相磁极的齿对齐，也不与 B 相磁极的齿对齐，AB 二相磁极上的齿分别与转子的齿的轴线错开 $\pm 1/6$ 齿距，如图 1-6(a)，图中画出了电机相邻半数极下定转子齿的相对位置，在该特定位置时，由于磁路的对

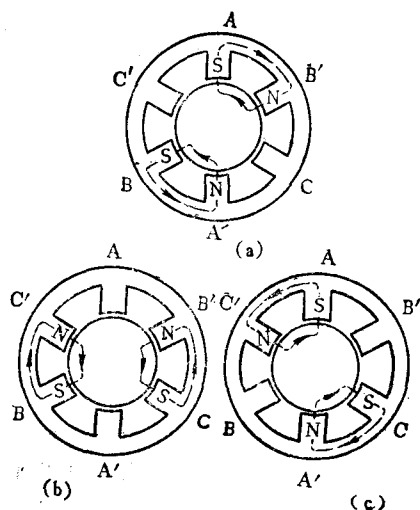


图 1-5 二相同时通电时的磁场情况

(a) AB通电 (b) BC通电 (c) CA通电

称性，不通电相C极下没有磁通，对转子间也没有电磁转矩的相互作用，A和B'两个极下定转子之间相互作用的电磁转矩，很

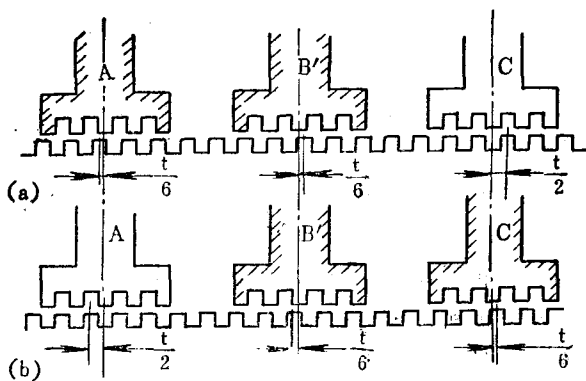


图 1-6 二相通电时转子的稳定平衡位置

(a) -AB相通电

(b) -BC相通电

显然大小相等，方向相反。所以说是平衡点，而 A 和 B' 两个极的串联磁路上的磁导为最大，所以说是稳定的平衡。另外一种位置，如图 1-7 所示，看起来好象也是平衡位置，但它是不稳定平衡点。

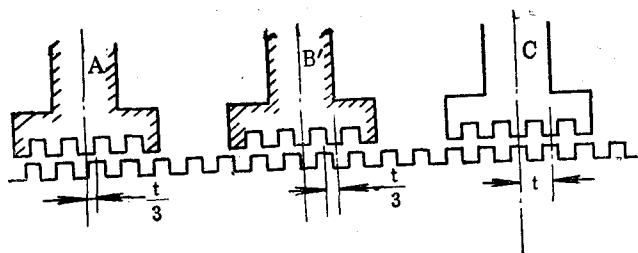


图 1-7 AB 二相通电时的不稳定平衡点

当 AB 二相通电，变换成 BC 二相通电时，电机内合成磁场的轴线转过 120° ，大致在 A'A 方向，如图 1-5(b)，转子的稳定平衡位置如图 1-6(b) 所示，转子齿与 BC 二相极上的齿分别错开 $\pm 1/6$ 齿距，从 B 相极下看，转子齿轴线与定子齿轴线的相对位置，从相距 $-1/6$ 齿距变成 $+1/6$ 齿距，可见转子转过了 $1/3$ 齿距，BC 通电变成 CA 通电时，磁场和转子的运动情况也相似。由此可见双三拍运行与单三拍运行相似，每改变一次通电状态，磁场轴线转过 120° ，转子转过 $1/3$ 齿距，但由于通电方式不同，运行性能有些差别。

如果把一相通电和二相通电结合起来，采用 A-AB-B-BC-C-CA-A-即一相和二相相间地轮流通电方式，则六种不同的通电状态构成一种循环，称为三相六拍运行方式。不难看出通电状态改变一次，电机内磁场轴线转过 60° ，转子转过 $1/6$ 齿距，为单三拍和双三拍时的一半。

反应式步进电机的相数不同，除三相之外，还有四相、五相、六相、八相。基本工作原理与三相的相同。例如五相反应式步进

电机最常用的通电方式为五相十拍运行 (AB-ABC-BC-BCD-CD-CDE-DE-DEA-EA-EAB-AB-)。

四、步进电机的控制逻辑

步进电机硬控系统的控制逻辑如图 1-8 所示, 它由主振、门电路、启停控制、正反向控制、环形分配器、驱动器等六部份组成。各部份的作用简述如下: 主振器产生出如图 1-9 所示的方波

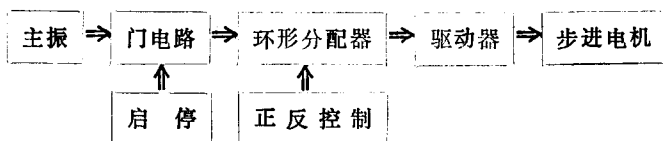


图 1-8 步进电机硬控框图

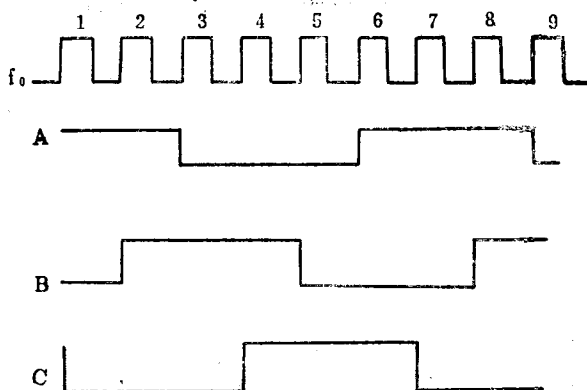


图 1-9 三相六拍波形图

f_0 , 它的频率决定了步进电机的运行速度, 所以要根据需要对 f_0 进行适当的选择。启停控制线路用来控制门电路的开通和闭合的, 进而控制了步进电机的走步和停止。环形分配器是用来将方波信号变换成控制步进电机所需要的波形, 图 1-9 示出了步进电机三相六拍运行的波形图, 从环形分配器的输出端得到 A、B、

C、三相的波形，必须经过驱动器进行功率放大，满足驱动步进电机的功率要求。

关于启停控制线路的设计，情况是多种多样的，例如有的使用场合，系统一旦开始工作，步进电机行走固定步数以后，停止一定的时间间隔，也有的使用场合是步进电机每次开始走步和停止均应受外来信号的控制，所以应根据具体使用要求，选择和设计必要的控制线路。由此可以想象正反转的控制情况也各有不同，有些情况下，则要求正转，反转的步数是固定的，也有些情况下则要求正反转交替应受外来信号控制，可见对于正反转控制也应该根据具体要求不同而不同。

§ 1.3 微型机控制步进电机

一、从硬件控制到程序控制

对于步进电机的控制主要是控制它的启动停止，运行频率，正转反转等。§ 1.2 节中已陈述了用硬控系统实现对于步进电机控制的原理。在以微型机为主体的控制系统中，它可以用程序控制来代替硬件线路完成所要求的控制任务。例如，用环形分配器产生出的 A、B、C、三相的波形，我们可以编制一段程序，当运行这段程序时，在微型机的某一个 I/O 接口芯片的输出端口上获得所需要的波形，波形的变化速率也是由程序来决定。以三相六拍为例，正转时按照 (A-AB-B-BC-C-CA) 的规律产生出所需的波形，而要求反转时，则可按照 (CA-C-BC-B-AB-A) 规律产生出所需的波形。总之：控制步进电机所需的信号是由运行程序产生，当程序停止运行时，步进电机也就停止走步。所以用微型机可以很方便的实现对于步进电机的控制。

二、微型机控制步进电机的系统

用微型机实现对于步进电机的控制，必须由微型机产生出控