

# 单片机控制的步进电机恒流斩波细分驱动系统

孟秀芝<sup>1</sup>,王宗省<sup>1</sup>,谢风芹<sup>2</sup>,赵平原<sup>3</sup>,任惠英<sup>4</sup>

(1. 山东科技大学 机电学院, 山东 泰安 271019; 2. 山东科技大学 动力控制工程学院, 山东 济南 250031;

3. 泰山索道公司, 山东 泰安 271000; 4. 兖州矿业集团 机电设备制造厂, 山东 邹城 273500)

**摘 要:**在对步进电机细分驱动原理进行分析研究的基础上,提出一种新的步进电机细分驱动电路——单片机控制的步进电机恒流斩波细分驱动电路,并对其功能及特点进行了系统的阐述。

**关键词:**单片机;步进电机;细分驱动;恒流斩波

**中图分类号:**TP 368.1

**文献标识码:**A

## Constant Current Cut-wave Divided Driving System of Stepping Motor Controlled by Single-chip Microcomputer

MENG Xiu-zhi<sup>1</sup>, WANG Zong-sheng<sup>1</sup>, XIE Feng-qin<sup>2</sup>, ZHAO Ping-yuan<sup>3</sup>, REN Hui-ying<sup>4</sup>

(1. College of Mech. and Elect. Eng., SUST, Taian, Shandong 271019, China; 2. College of Power and Control

Eng., SUST, Jinan, Shandong 250031, China; 3. Taishan Cableway Company, Taian, Shandong 271000, China;

4. Mech. and Elect. Equipment Factory of Yanzhou Mining Group, Zoucheng, Shandong 273500, China)

**Abstract:** In this paper, a new divided driving circuit for stepping motor—constant current cut-wave divided driving circuit controlled by single-chip microcomputer is put forward, based on the analysis of the principle of stepping motor divided driving. Moreover, the paper expounds the function and the character of this circuit.

**Key words:** single-chip microcomputer; stepping motor; divided driving; constant current cut-wave

步进电机是把脉冲信号转换成角位移或直线位移的执行元件,是一种输出与输入数字脉冲相对应的增量驱动元件。具有定位精度高、惯性小、无积累误差、启动性能好、易于控制、价格低廉及与计算机接口方便等优点,被广泛应用于数控系统中。计算机技术的发展,促进了数字控制技术的发展,使步进电机的驱动系统从主要由硬件控制到软硬结合的控制,弥补了步进电机控制的一些缺点,如低频振动、高频失步等,提高了步进电机的性能,如减小了步距角,提高了运行精度,使步进电机的应用更加广泛,控制更加灵活。细分驱动减小了步距角,提高了步进电机的运转精度,减小了低频振动、高频失步现象。本系统采用恒

流斩波与细分相结合的驱动方法,其特点如下:

(1)采用“完全开关”式,使功率晶闸管工作在完全饱和与截止两种状态,降低功耗;

(2)灵活性细分,可选择非细分、固定细分和可变细分,细分度可在 0~255 之间选择;

(3)细分单独采用一片微处理器,提高了处理速度。

### 1 步进电机的细分基本原理

步进电机的驱动是给各相励磁绕组轮流通以电流,从而形成励磁合成方向的变化来使步进电机转动,即改变一次通电状态,转子转过一个步距角。该步距角的计算公式为:

收稿日期:2002-12-10

作者简介:孟秀芝(1976-),女,山东菏泽人,硕士研究生,从事数控及机器人技术方面的研究。

$$\theta_b = \frac{360^\circ}{\alpha m Z_r}$$

其中: $\alpha$ 代表接入绕组的线路状态数, $m$ 代表电动机的相数, $Z_r$ 代表转子齿数。由此可见,步进电机一旦制造出来,其相数与转子齿数将为定值,要想减小步距角,以达到细分的目的,用户能改变的只有 $\alpha$ 。

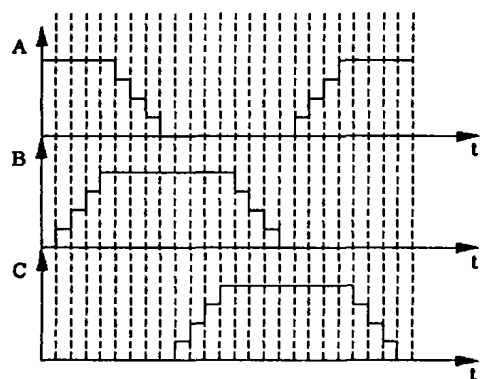


图1 三相六拍四细分相电流波形

在无细分的步进电机驱动系统中,通过各相绕组的电流幅值是不变化的,仅在各相通电状态变化时, $\alpha$ 值才相应地变化。如对于三相步进电机来说,单三拍或双三拍运行时, $\alpha = 1$ ;单双六拍运行时, $\alpha = 2$ 。如果要想增大 $\alpha$ ,必须使绕组中的电流按阶梯上升和下降,即在零与最大相电流之间有多个稳定的中间电流状态。图1所示为三相六拍四细分时各相电流波形,各相电流均以最大电流值的1/4上升和下降。与单双六拍方式相比, $\alpha$ 值从2增加到8,步距角 $\theta_b$ 变为三相六拍运行方式时的1/4。所以步进电机细分驱动的关键在于控制电机各相励磁绕组中的电流大小及其稳定性。

## 2 系统硬件电路及特点

本系统电路如图2所示,主要分为三部分:细分、功率放大、基准电源。

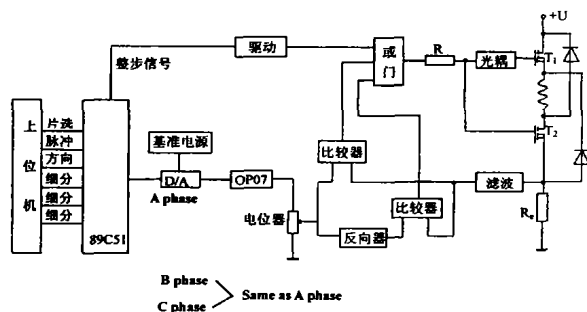


图2 细分驱动原理图

### 2.1 细分部分

专用一片微处理器来处理。对于微处理器的选用,采用比较常用的89C51,不用扩展ROM和RAM,简化了电路,降低了成本。上位机主要是进行插补运算、手动控制、与计算机通讯及发送脉冲、选择步进电机方向、片选步进电机信号、送细分分数及根据速度进行可变细分控制。细分微处理器主要功能是通过与上位机通讯,根据送来的细分分数来进行查表,完成环形分配器的功能,将传统电路中的硬件软化,其作用是根据需要通过软件控制,灵活产生所需的细分阶梯电流波形,灵活地实现多种细分。

### 2.2 功率放大部分

本系统采用恒流斩波驱动。对于功放管的选用,采用开关频率较高的场效应管,提高系统的性能。传统的恒流斩波驱动电路中,往往不能使功放管工作在完全饱和、截止状态,增加了功放管上的功耗,发热严重,降低了功放管的寿命,若功放管被热击穿,将使电路不能正常工作。另外,在以往电路中,细分下降沿与上升沿一样,使功放管 $T_1$ 工作在斩波状态,而功放管 $T_2$ 一直工作在导通状态,由于绕组中的电流下降速度慢,往往造成在下降沿实现不了细分。为了解决以上两个问题,采取了如下措施:改进电路,使功放管 $T_1$ 和功放管 $T_2$ 工作在完全开关状态,即工作在完全饱和、截止状态;使 $T_1$ 和 $T_2$ 工作在相同的方式下,同时开通,同时截止,提高了绕组中的电流下降速度,更好地实现下降沿的细分,提高了系统的效率。

### 2.3 基准电压

由于DAC0832采用单极性输出,故选用专用集成电压转换芯片,将正电压转换成-5V电压,提高DAC0832的基准电压的稳定性,然后通过电位器将DAC0832的输出电压调到实际所需的电压值,提高了系统的抗干扰性能。

## 3 系统软件功能及特点

采用MCS-51汇编语言编写,细分微处理器采用中断的方式从上位机接收走步脉冲,其中断程序流程图如图3所示。

在主程序中,先是开机对该微机所控制的电机进行初始化,即给A相绕组通阶梯电流,避免了电机在正常运转时A相由于电流从零突变到最

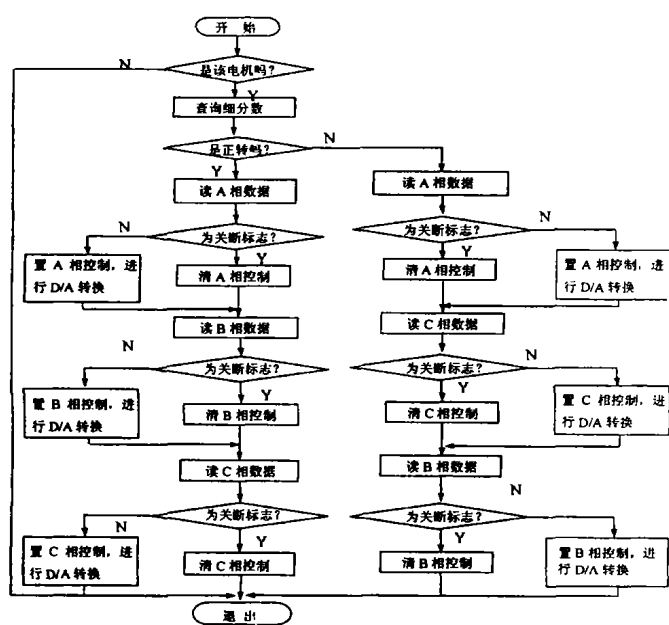


图3 中断程序流程图

大值而造成的冲击,随后是等待中断。

在中断程序中,先将细分电流值预先存储在细分微处理器的ROM中,通过与上位机进行通讯,确定细分数,根据细分数跳转到相应的子程序中,再判断电机的转向,使用查表法完成数据的分配输出。

#### 参考文献:

- [1]《功率步进电动机的驱动》编写组. 功率步进电动机的驱动[M]. 北京:机械工业出版社,1984.
- [2]王鸿钰. 步进电机控制技术入门[M]. 上海:同济大学出版社,1990.
- [3]李铁才,杜坤梅. 电机控制技术[M]. 哈尔滨工业大学出版社,2000.
- [4]王菁蕙,梅安华. 单片机控制的步进电机定频脉宽调制可变细分驱动系统[J]. 武汉测绘科技大学学报,1994,(1).
- [5]华蕊. 步进电机细分驱动技术综述[J]. 佛山科学技术学院学报,1999,(3).

## “开采沉陷控制及GIS栅格数字化方法应用研究”项目通过鉴定

我校博士生导师高延法教授承担的山东省教育厅计划项目“开采沉陷控制及GIS栅格数字化方法应用研究”顺利完成,9月10号省教育厅在我校召开了成果鉴定会。会议由教育厅科研处徐曙光处长主持,参加会议的有我校科研处、资环学院的负责人以及部分专家、学者。会上高延法教授详细介绍了项目情况,受到与会专家、学者的高度评价,一致认定该项目研究成果达到国际领先水平。

该项目是2000年度山东省教育厅计划项目,属于矿业工程学科,主要应用于矿山开采沉陷控制和矿区环境保护。该科研项目技术原理是:地下矿层开采后,其上覆岩层会由下至上逐层沉降,覆岩在分层沉陷过程中,层与层之间会形成离层空间,通过地面钻孔向覆岩离层内注入粉煤灰,充填离层空间,以减少其上岩层的下沉;从而达到控制地表沉陷和将粉煤灰储藏地下实现环境保护的双重目的。

通过该项目的研究,注采比可达到30%以上,充分受动条件下,地表减沉率可达50%。吨煤成本3~6元。与国内同类技术相比较,注采比提高了4~5倍。成果的创新性与先进性主要有:①提出并实验成功了多层位连续注浆减沉技术;②建立了注采比的概念;③提出了基于注采比的注浆减沉预计理论;④形成了一套较系统的注浆减沉方案设计方法。

该项成果,对于建筑物下压煤开采和矿区环境保护具有重要意义,在有粉煤灰材料和基岩厚度较大的矿井都可推广应用。

(科研处 周坚)