

# 一种新颖的大功率精密交流伺服系统

高慧斌

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 介绍一种新型的大功率精密交流伺服系统。此系统针对其它方案的不足,用交流变频调速器作功率输出器件直接驱动交流电机,用高精度轴角编码器作为位置检测器件,用16位单片机作控制器,构成数字化闭环控制,实现大功率精密位置伺服系统。此系统简便、经济、可靠,为变频调速器的应用开辟了新途径,为精密位置控制提供了新手段。

**关键词:** 大功率交流伺服系统; 交流变频调速器; 单片机数字控制

## 1 引言

在高精度伺服控制领域内,直流电机驱动的系统取得了长足的进展,性能大大提高。与直流电机相比,交流电机具有结构简单、价格便宜、维护方便、惯性小等一系列优点,而且交流电机单机功率比直流电机高很多,更适合于大功率驱动。因此,人们一直希望用交流电机代替直流电机构成大功率拖动控制系统。但与直流电机相比,交流异步电机的调速性能不如前者,成为制约交流异步电机在拖动控制系统中广泛应用的关键因素。

理论研究表明,变频调速用于交流异步电机性能优异、调速范围大、平滑性好、低速特性较硬、可实现恒转矩调速。但这种方法成本较高,应用受到局限。然而,近几年来,交流变频调速器产品的研制成功为交流电机控制系统带来了福音。变频调速器的优异调速性能、高度可靠性和方便灵活的控制方式为交流电机的控制提供了极好的手段。变频调速器在交流调速系统也得到了成功的应用。

然而,在变频调速器的诸多应用中,都将其用于调速回路中,将变频调速器用于位置控制回路的尚未见报道。本文阐述一种将交流变频调速器与16位高精度光电轴角编码器和16位高性能单片机相结合,利用数字化控制技术,构成一种大功率精密交流位置伺服控制系统。此系统具有结构简单合理,性能优越,使用方便可靠等一系列优点。

## 2 变频调速器的特点

我们知道,异步电机的转速 $n$ 与频率 $f$ 成线性关系。变频调速在调速过程中,从高速到低速都可以保持有限的转差率,因而具有高效率、宽范围和高精度的调速性能,是一种比较合理、

理想和最有发展前途的调速方法。

变频调速需要一套变频电源。过去采用的是一整套旋转变频机组或离子变频器,设备庞大、可靠性差,因此得不到推广。六七十年代可控硅元件及交流技术的发展,促使交流变频调速设备飞跃进步,使之进入与直流调速系统相比美的时代。近年来变频调速设备又向着高性能、高精度、响应快、大容量及理想化方面发展,并不断出现新的控制结构及新的控制方式。特别是随着功率半导体器件质量的提高与品种的繁多,从快速关断可控硅到快速响应大功率晶体管的应用,控制单元从大规模集成电路到微处理器的采用,在技术上的不断突破和运用,这些都促使新一代变频电源向着缩小装置体积、提高性能和可靠性、降低成本的方向发展。因此,一种称之为交流变频调速器的产品便应运而生,并已形成多系列产品。变频调速器的出现,为变频调速的广泛应用和交流调速系统的实现提供了极大的方便条件,开辟了广阔的道路。

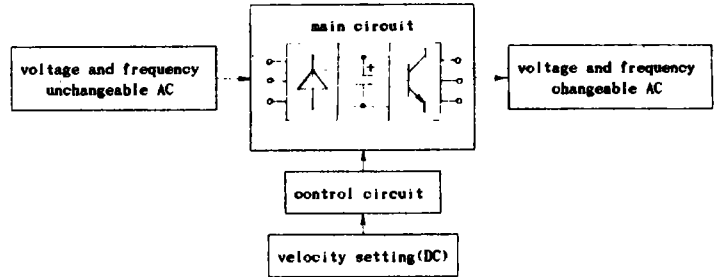


图1 变频调速器原理方框图

Fig.1 The block diagram of inverter principle

交流变频调速器的基本原理如图1所示:

变频调速器具有如下优点:(1)大容量、大功率;(2)适用性广;(3)维护省力;(4)结构简单、坚固耐用、可靠性高、经济节能、惯性小;(5)性能指标与直流调速系统相当。

### 3 伺服控制系统及其设计

#### 3.1 系统特点

以往大功率高精度位置伺服系统,常采用直流电机驱动,采用可控硅电源进行控制。这种系统设备庞大、结构复杂、可靠性差、维护困难、成本高。在性能上,起动冲击很大,冲击电流可达上百安培,对电气系统和机械系统都有很大危害。

本系统是采用交流变频调速器驱动交流电机构成的交流伺服系统,结构简单合理、可靠性好、维护省力且大大降低成本。使用简单方便,起动平稳,惯性小,冲击减小5—8倍,表现出良好的性能,特别适用于大功率场合。

#### 3.2 系统结构和工作原理

控制系统结构框图如图2所示:

本系统是由速度反馈和位置反馈构成的复合控制系统。系统用16位高性能单片机8098作为核心控制器,用16位高精度光电轴角编码器作位置检测元件,构成了数字化控制系统。其中,外界的位置引导信息由98单片机的串行口接收,编码器的位置反馈信息由98单片机控制的并行接口接收,而速度反馈值由位置引导信息经数值微分得到。校正放大输出由12位高精度D/A转换器送给变频调速器驱动电机带负载转动。

#### 3.3 系统设计

##### 3.3.1 参数设计

系统的速度反馈值由数值微分得到。经离散化有差分公式:

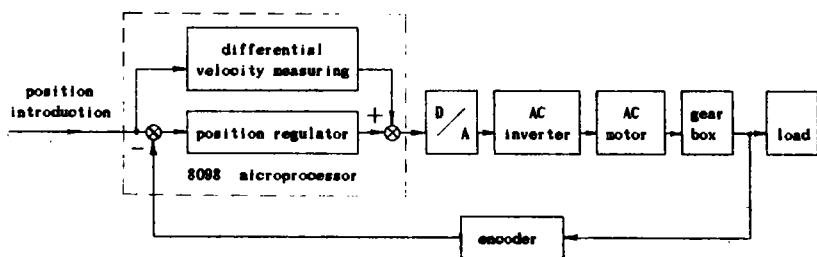


图 2 控制系统结构框图

Fig. 2 Control system block diagram

$$V = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_n - A_{n-1}}{T} \quad (1)$$

其中： $A_n$  为当场位置值， $A_{n-1}$  为前场位置值， $T$  为采样间隔时间  
系统的位置调节器采用一阶超前-滞后调节器，其表达式为：

$$W(S) = \frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{K_p(T_1 S + 1)}{T_2 S + 1} \quad (2)$$

其中： $Y$  为调节器输出， $U$  为调节器输入， $K_p$  为比例系数， $T_1$ 、 $T_2$  为时间常数  
经离散化后，得到差分方程：

$$Y(n) = K_1 Y(n-1) + K_2 U(n) - K_3 U(n-1) \quad (3)$$

其中： $K_1 = \frac{2T_2 - 1}{2T_2 + 1}$ ， $K_2 = \frac{K_p(\frac{2T_1}{T} + 1)}{\frac{2T_2}{T} + 1}$ ， $K_3 = \frac{K_p(\frac{2T_1}{T} - 1)}{\frac{2T_2}{T} + 1}$

本系统位置回路采样频率选取 50 Hz，则  $T = 0.02$  s，时间常数  $T_1$ 、 $T_2$  及比例系数  $K_p$  可根据控制对象情况和系统带宽来决定。

### 3.3.2 程序设计

本程序用 98 汇编语言编写，用 50 Hz 信号作外中断，负责数字比较、微分测速和校正放大等工作，程序框图如下：

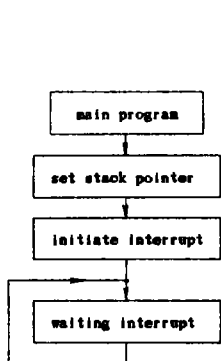


图 3 主程序框图

Fig. 3 Main program block diagram

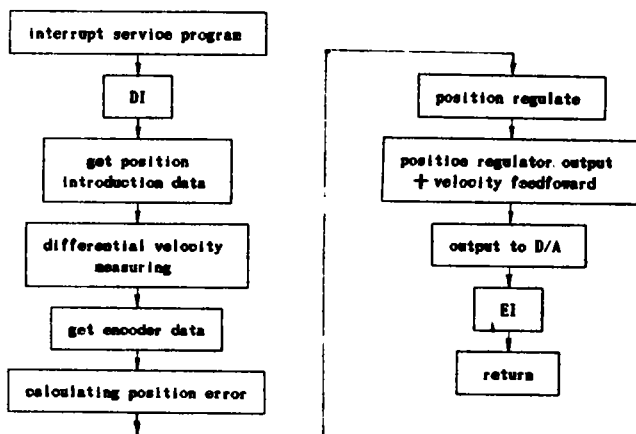


图 4 中断服务程序框图

Fig. 4 Interrupt service program block diagram

## 4 应用情况及检测结果

本系统已成功应用于某随动圆顶控制中。此随动圆顶负载重 5 t, 电机用 11 kW 三相交流异步电机, 变频调速器采用日本富士公司的 22 kW 变频调速器。整个系统运行平稳、可靠, 操作简便、灵活。经检测, 系统最大速度达  $35^\circ/\text{s}$ , 最大加速度  $35^\circ/\text{s}^2$ 。在  $10^\circ/\text{s}$  速度,  $5^\circ/\text{s}^2$  加速度的正弦信号引导下, 跟踪误差小于  $1^\circ$ 。

## 5 结 论

本文介绍的交流伺服系统在实际中的成功应用, 为变频调速器的应用拓展了新的领域, 同时, 为实现大功率精密位置伺服系统提供了新的手段, 并积累了经验。

### 参 考 文 献

- [1] 佟纯厚主编, 近代交流调速. 沈阳: 东北工学院出版社, 1983
- [2] 陈伯时主编, 自动控制系统. 北京: 机械工业出版社, 1982
- [3] Fuji Electric Co., Ltd., Fuji Inverter Instruction Manual. Tokyo, Fuji Electric Co., Ltd., 1992
- [4] 李 勋, 李新民, 桂叶新, MCS-96 系列 8098 单片微型计算机. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1990

## A New High-power Fine Alternating Servo System

Gao Huibin

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130022)

### Abstract

This paper introduces a kind of new high-power and fine alternating servo system. Against the defects of other methods, the system realizes a digital close-loop position servo control, using an inverter as power output device to drive an AC motor, using a high precision encoder as position measuring device and using a 16-bits single-chip microprocessor as controller. The advantage of this system is simple, economical and reliable.

**Key words:** High-power alternating servo system, Inverter, Single-chip microprocessor digital control

**高慧斌** 男, 1963 年 11 月出生。1990 年毕业于吉林工业大学研究生部自动化专业, 获硕士学位。现任助理研究员。

自 1990 年以来, 一直从事自动控制和计算机数字控制领域的研究工作, 先后参加了多项国防军工重点工程任务。负责了传动系统位置回路、圆顶控制系统和摄影控制系统等项研制工作。