

上海环保研发科技有限公司 柳依然

摘要：本文中通过对三菱系列的PLC和伺服控制器进行研究，设计了以三菱公司的FX3U系列PLC作为中央控制单元，GT1155-QFBD-C作为操作执行元件直接控制三菱伺服电机。采用Proface触摸屏作为人机界面，可与PLC实时交互数据，并对控制程序和触摸屏画面进行了设计。通过触摸屏进行调节控制，使操作简单，也减少了在运行过程中的故障查找环节，大大提高了工作效率。

文章编号:160404

## 基于三菱PLC的伺服电机控制设计

### Servo Motor Control Design Based On Mitsubishi Plc

#### 1 前言

20世纪80年代以来，随着集成电路、电力电子技术和交流可变速驱动技术的发展，永磁交流伺服驱动技术有了突出的发展，各国著名电气厂商相继推出各自的交流伺服电动机和伺服驱动器系列产品并不断完善和更新。交流伺服系统已成为当代高性能伺服系统的主要发展方向，使原来的直流伺服面临被淘汰的危机。90年代以后，世界各国已经商品化了的交流伺服系统是采用全数字控制的正弦波电动机伺服驱动。交流伺服驱动装置在传动领域的发展日新月异。

交流伺服电动机定子的构造基本上与电容分相式单相异步电动机相似。其定子上装有两个位置互差 $90^\circ$ 的绕组，一个是励磁绕组 $R_f$ ，它始终接在交流电压 $U_f$ 上；另一个是控制绕组 $L$ ，联接控制信号电压 $U_c$ 。所以交流伺服电动机又称两个伺服电动机。伺服电机又称执行电机，它是控制电机的一种。它是一种用电脉冲信号进行控制的，并将脉冲信号转变成相应的角位移或直线位移和角速度的执行元件。根据控制对象的不同，由伺服电机组成的伺服系统一般有三种基本控制方式，即位置控制、速度控制、力矩控制。本系统本文采用位置控制。

20世纪末期，可编程控制器的发展特点是更加适应于现代工业的需要。这个时期发展了大型机和超小型机、诞生了各种各样的特殊功能单元、生产了各种人机界面单元、通信单元，使应用可编程控制器的工业控制设备的配套更加容易。PLC在自动化控制领域中，应用十分广泛。尤

其是近几年PLC在处理速度，指令及容量、单轴控制方面得到飞速的发展，使得PLC在控制伺服电机方面也变得简单易行。

#### 2 元件的选型

##### 2.1 PLC选型

因为伺服电机的位移量与输入脉冲个数成正比，伺服电机的转速与脉冲频率成正比，所以本文需要对电机的脉冲个数和脉冲频率进行精确控制。且由于伺服电机具有无累积误差、跟踪性能好的优点，伺服电机的控制主要采用开环数字控制系统，通常在使用时要搭配伺服驱动器进行控制，而伺服电机驱动器采用了大规模集成电路，具有高抗干扰性及快速的响应性。在使用伺服驱动器时，往往需要较高频率的脉冲，所以就要求所使用的PLC能产生高频率脉冲。三菱公司的FX3U晶体管输出的PLC可以进行6点同时100 kHz高速计数及3轴独立100 kHz的定位功能，并且可以通过基本指令 $0.065 \mu s$ 、PC MIX值实现了以4.5倍的高速度，完全满足了本文控制伺服电机的要求，所以本文选用FX3U-48MT-ES-A型PLC作为主控制单元。

##### 2.2 伺服电机的选型

在选择伺服电机和驱动器时，只需要知道电机驱动负载的转矩要求及安装方式即可，本文选择额定转矩为 $2.4 N \cdot m$ ，额定转速为 $3000 r/min$ ，每转为 $131.072 p/rev$ 分辨率的三菱公司HF-KE73W1-S100伺服电机，与之配套使用的驱动器本文选用MR-E-70A-KH003伺服驱动器。三菱的

[相关链接]  
<http://www.chuandong.com/tech/detail.aspx?id=28269>

伺服电机

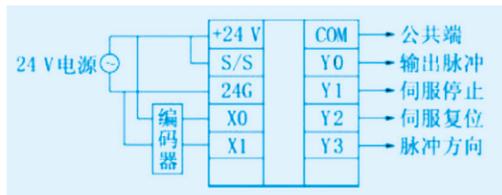


图1 I/O接线图

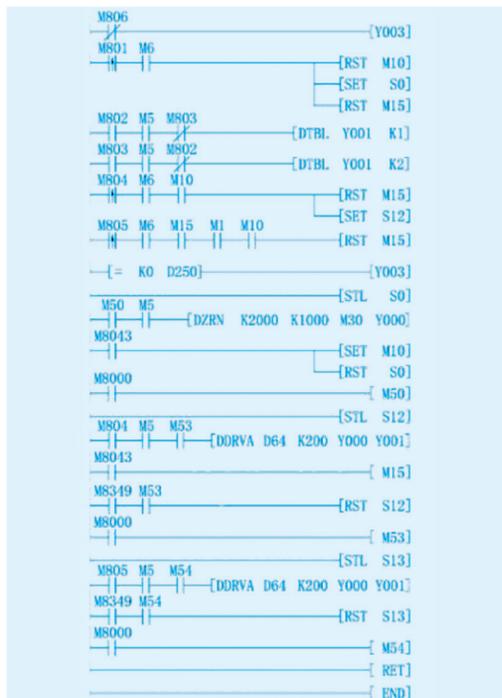


图2 梯形图

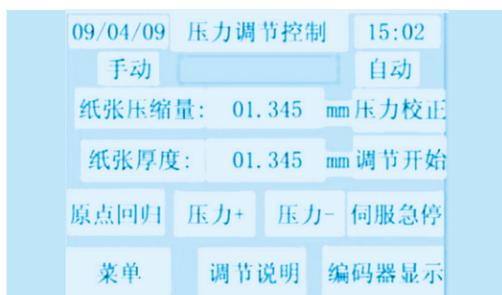


图3 上位机画面设置图

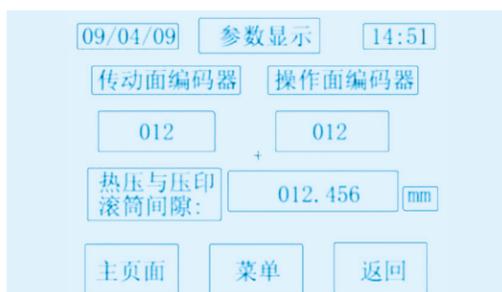


图4 上位机参数显示图

名称	VIN	OPC	RES	EMG	ALM	SG	PP	NP
引脚号	1	2	3	8	9	13	23	25
接线	110	110	Y2	Y1	60	0	Y0	Y3

表1 控制线接法

此款伺服系统具有500 Hz的高响应性，高精度定位，高水平的自动调节，能轻易实现增益设置，且采用自适应振动抑止控制，有位置、速度和转矩三种控制功能，完全满足要求。

同时本文采用三菱GT1155-QFBD-C型触摸屏，对伺服电机进行自动操作控制。

### 3 PLC控制系统设计

本文需要伺服电机实现正点、反点、原点回归和自动调节等动作，另外为确保本系统的精确性本文增加编码器对伺服电机进行闭环控制。PLC控制系统I/O接线图如图1所示。

图1中的公共端的电源不能直接接在输入端的24 V电源上。根据控制要求设计了PLC控制系统梯形图如图2所示。

M806控制伺服急停，M801控制伺服电机原点回归，M802控制伺服正点，M803控制伺服反点，M804为自动调节，M805为压力校正即编码器的补偿输入。在电机运行前需要首先进行原点回归，以确保系统的准确性和稳定性，当M50和M53同时接通时，伺服电机以2 kHz的速度从Y0输出脉冲，开始做原点回归动作，当碰到近点信号M30 = ON时，变成寸动速度1 kHz，从Y0输出脉冲直到M30=OFF后停止。M30是在自动调节时，电机转动的角度与零点相等时为ON。

电机在进行正反点时，本文采用FX3U具有的专用表格定位指令DTBL S1 S2；在使用表格定位之前，本文首先要在梯形图左边的PLC parameter（PLC参数）中进行定位设定。正反点控制本文采用指令DRVA S1 S2 D1 D2绝对定位指令。在自动运行时，本文利用PLC内强大的浮点运算指令，根据系统的多方面参数进行计算；在操作时，本文只需要在触摸屏上设定参数，伺服电机便根据程序里的运算公式转化成为脉冲信号输出到驱动器，驱动器给电机信号运转。在伺服电机运行的过程中为确保电机能达到本文需要的精度，本文采用增量式编码器与伺服电机形成闭环控制，本文把计算到的角度与编码器实际测量角度进行比较，根据结果调整伺服电机的脉冲输出，从而实现高精度定位。整个程序本文采用步进指令控制（也可以采用一般指令控制），简单方便。

缸负载传递函数为

$$\frac{x_p}{Q} = \frac{A_p / K_L K_{ec}}{\left(\frac{A_p^2}{K_L K_{ec}} s + 1\right) \left(\frac{s^2}{\omega_h^2} + \frac{2\xi_h}{\omega_h} s + 1\right)}$$

### 3.2 伺服比例阀建模

$$\frac{\Delta Q}{\Delta I} = \frac{K_q}{\left(\frac{s^2}{\omega_v^2} + \frac{2\xi_v}{\omega_v} s + 1\right)}$$

综上所述，不考虑负载干扰情况下系统方块图如图1所示

图1所示

系统的开环传递函数：

$$G(s) = \frac{K_a K_m K_q A_p / K_L K_{ec}}{\left(\frac{A_p^2}{K_L K_{ec}} s + 1\right) \left(\frac{s^2}{\omega_v^2} + \frac{2\xi_v}{\omega_v} s + 1\right) \left(\frac{s^2}{\omega_h^2} + \frac{2\xi_h}{\omega_h} s + 1\right)}$$

$$= \frac{400}{\left(\frac{s}{3.57} + 1\right) \left(\frac{s^2}{408^2} + \frac{2 \times 0.7}{408} s + 1\right) \left(\frac{s^2}{1275^2} + \frac{2 \times 0.2}{1275} s + 1\right)}$$

### 4 MATLAB仿真

常规PID控制器的调节性能取决于参数Kp，Ki，Kd的整定情况，参数整定的好，则控制效果就好，否则相反。参数的整定通常有两种可用的方法：理论设计法和实验确定法。通过大量的实验，选择PID参数分别为：Kp=1.1，Ki=0.2，Kd=0.01。Simulink 模糊PID伺服系统仿真模型如图2所示，在Simulink运行下的仿真图如图3所示。

仿真结果显示，设定参数相同的情况下，加入PID 控制器实时修正PID参数，可以更好的控制被控对象。PID参数一旦固定，在时变情况下的适用性受到很大制约，通过在线自调整参数，使控制性能一直保持在最优状态下，有更好的控制精度和鲁棒性。

### 5 结论

本文研究针对电液系统被动加载时存在较大多余力及结构不变性原理难以完全补偿的问题，对整个控制系统进行了建模和仿真。建模过程与仿真结果表明，对系统建立正确的数学模型并进行分析仿真，分析系统的动态特性，可以有效地预见系统的输出，达到对系统工作状态的了解，提高了设计和分析系统的效率。利用MATLAB/Simulink仿真提供的系统的可靠性验证，该系统具有控制精度高、稳定性好、使用方便等优点。

伺服与运动控制