

西门子 FM350-1 在同步控制系统中的应用*

陈令凯, 屈稳太*

(浙江大学 机械工程学系, 浙江 杭州 310027)

摘要: 为了实时检测和控制飞机生产线的两条输送链板的同步状况, 使用了西门子特殊功能模块 FM350-1 和高速编码器, 设计并建立了以西门子 D435 为控制器的 SIMOTION 控制系统, 研究并实现了 FM350-1 功能模块在同步控制方面的应用, 提出了同步检测和控制算法, 实现了对精度要求高、惯性大的运输系统的同步控制。现场运行结果表明, 该同步控制系统能够实现对飞机运输系统精确、可靠的同步控制。

关键词: FM350-1; 同步控制; 高速计数; 飞机运输系统

中图分类号: TH39; TP273

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)05-0560-04

Application of SIEMENS FM350-1 in synchronization control system

CHEN Ling-kai, QU Wen-tai

(Department of Mechanical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Aiming at realizing real time supervising and controlling of synchronization about the two conveyer belts on the aircraft production line, using the SIEMENS FM 350-1 function module and high-speed encoder, a SIMOTION control system with SIMENS D435 as the controller was designed and established, the application of FM 350-1 function module in the synchronization control area was researched and realized, the synchronization detection and control algorithm were proposed, the synchronization control to the conveyer system was realized which require high precision and has large inertia. The test results indicate that the synchronization control system can control the aircraft conveyer system precisely and reliably.

Key words: FM350-1; synchronization control; high-speed counter; aircraft conveyer system

0 引言

飞机装配是一项极为复杂的生产过程, 常规的飞机装配工艺作为一个生产元素的出现, 已经不能与当前快速研制多型号飞机相适应。随着计算机科学的不断发展, 数字化技术已经应用到了国民生产的各个领域, 是各行各业提高生产力和生产效率的有效手段。在航空制造领域, 如何提高飞机装配质量、加快飞机研制周期、降低飞机生产成本、提高飞机的生产效率是飞机数字化生产研究的主要问题^[1-3]。流水线输送能力大、运距长, 还可在输送过程中同时完成若干工艺操

作, 所以应用十分广泛^[4]。

在飞机流水线生产系统中, 由于其运输距离长、精度要求高、运行惯性大, 对系统的控制提出了很高的要求。该系统采用西门子的 SIMOTION 控制系统, 以 SIMOTION D435 为控制器, 并采用了 FM350-1 模块和高速编码器。西门子 FM350-1 模块是一个针对高速计数设计的特殊功能模块, 配合 SMC30, 通过对连接在 4 根轴上的编码器的脉冲计数, 间接检测和控制 4 根轴的同步运行。

西门子 FM350-1 功能模块是应用在 S7-300/M7-300 可编程控制器上的高速计数模块。通过软件设置, 该模块中的计数器可以在以下范围内进行计数: 0

收稿日期: 2010-12-16

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y1100290)

作者简介: 陈令凯(1985-), 男, 安徽淮北人, 主要从事输送系统运动控制方面的研究. E-mail: clk163@163.com

通信联系人: 屈稳太, 男, 副教授, 硕士生导师. E-mail: wentaiqu@zju.edu.cn

~4,294,967,295 (0 ~ 2²³ - 1) 或者 -2,147,483,647 (- 2³¹ - 2³¹ - 1); 计数器的频率最大可以达到 500 kHz; FM350-1 功能模块具有连续计数、单个计数、周期计数、频率测量、转速测量、周期测量等功能。FM350-1 功能模块主要用于高频信号的技术和触发预定义状态的立即应答。如:包装设备、分类设备、定量给料设备等。用户可以通过程序(软门)或外部信号(硬门)来启动或停止某种模式^[5-6]。

本研究主要探讨西门子 FM350-1 在同步控制系统中的应用。

1 机械系统介绍

该机械系统由两组传动设备组成,即两个主动轮、两个从动轮、两条 200 m 长的输送链板,如图 1 所示。该系统要求两个主动轮和两个从动轮分别同步运行,两个主动轮转速同步误差为 0.05 °/min。主动轮的两个编码器安装在相应的电机上,并与驱动轮同轴,从动轮上的编码器与从动轮同轴,同轴度均由机械方面保证。

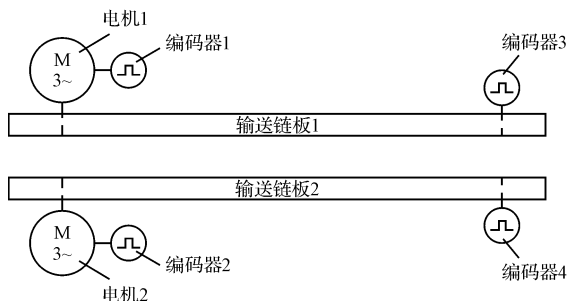


图 1 机械系统示意图

2 控制系统设计

2.1 控制系统硬件配置

系统的控制硬件配置如图 2 所示。

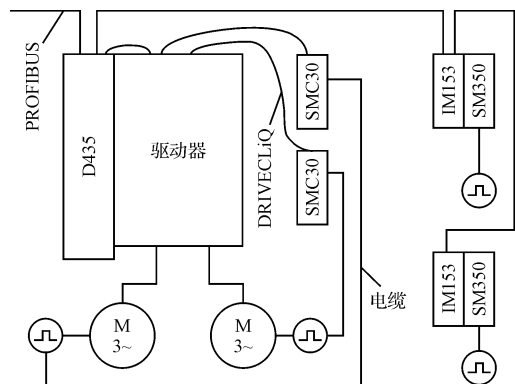


图 2 控制硬件配置示意图

控制系统由 SIMOTION D435、双电机驱动模块、SIMATIC ET 200M(IM153-1)、FM350-1、编码器、电机、SMC30 等模块组成。其中 SIMOTION D435 作为控制器,协调两个电机同步运行,并处理各种信号,保证系统安全、可靠地运行;ET 200M 作为通讯模块,负责各个模块与 D435 之间的信息交换;FM350-1 功能模块连接单独的编码器,提供各个编码器的即时信息;SMC30 模块读取与电机相连的编码器的信息,并传输至驱动器和 D435 中,以提供电机的即时信息。

在接线前要根据编码器类型和接线方式确定 FM350-1 的设置,主要是译码连接器的设置。在 FM350-1 功能模块的侧面有一块可设置的译码连接器,经过简单地设置,编码器可以接收 5 V 差分编码器信号,或者 24 V 编码器信号。FM350-1 功能模块有 20 个接线端子可供使用,但每个端子只能接固定的信号,其中的 1,2 号端子分别接电源的 24 V 和 M 端,3 ~ 11 号端子分别接编码器的相应信号^[7-8]。相关信息在模块的盖板内侧均有注明。编码器不同,其接线方法也不同。该系统采用西门子 24 V 增量式编码器,而且不需要编码器的反转信号,所以只要在 3,5,6,8,10 等 5 个端子处接入编码器的响应信号即可,FM350-1 功能模块和编码器的端子接线情况如表 1 所示。

表 1 24 V 增量式编码器的接线

信号	信号含义	对应 FM350-1 端子号
A 信号	Ua1	6
B 信号	Ua2	8
N 信号	Ua0	10
电源 24 V +	10...30 V	5
电源 M	0 V	3

注:接入 FM350-1 的信号线必须有屏蔽线。

2.2 FM350-1 软件的组态

FM350-1 高速计数功能模块有专门的软件组件安装盘,使用前需安装光盘中的组件。安装后,组件自动集成到 STEP7 中,用户可自行调用。

本研究新建 SIMOTION SCOUT 工程,插入设备 D435,联机上载硬件参数,进行报文设置后,在硬件组态界面中插入所需硬件,可以看到,系统自动给在 FM350-1 功能模块分配了地址。打开在 FM350-1 功能模块的设置面板,对各选项进行设置,“Encoders”页面中“Signal Type”选择“24 V Incremental”;“Operation Modes”页面中“Operating Mode”选择“Periodic Counting”,“Gate Control”选择“SW Gate”;其他项均为默认设置。设置完成后,保存、编译、下载。

3 程序设计

3.1 主程序设计

程序采用常用的 LAD 语言,调用功能块_fm3501_control[FB]并分配参数,通过参数设定和程序调用读取编码器的各项数值,再通过程序计算把编码器的数值转换成轴的运行速度。主程序的流程图如图 3 所示,系统启动后先进行计数器清零等初始化过程,之后有等待移动命令、判断故障信息、减速及停车等环节。最后把程序段放到“BackgroundTask”中。这些任务均在 SIMOTION SCOUT 中执行。

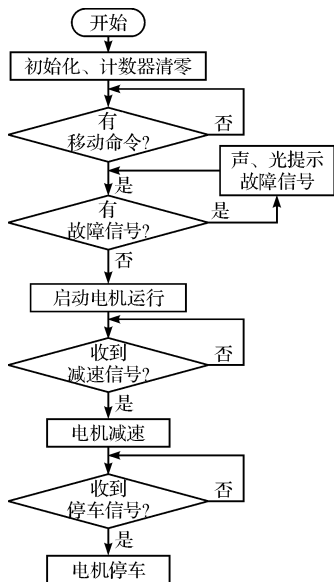


图 3 控制主程序流程图

3.2 同步检测与同步控制算法

由于控制器要发送运行命令控制两个电机的同步运行,本研究采取以右编码器为比较对象,由控制器直接检测右编码器的运行情况,而左侧电机是通过获取和处理两个编码器的相关数据进行控制的,采取的是直接控制和间接控制相结合的方法(如图 4 所示)。

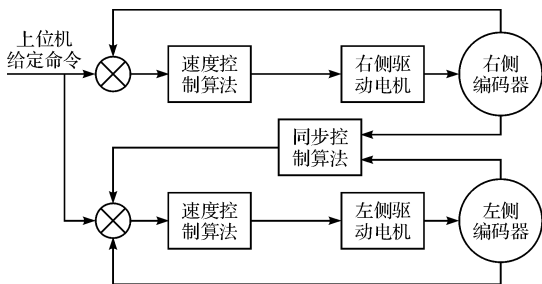


图 4 同步控制框图

同步控制的具体方法如下所述:控制器同时获得左、右两个编码器(这里专指不和电机同轴的另外两

个编码器 3 和 4,如图 1 所示)的逆转等信号,但是,当左、右两个编码器提供的数值的差值大于给定阈值时,则根据差值 Δu 的正负增大或减小左侧电机的速度,左侧电机的速度的变化量 $\Delta n = K \cdot \Delta u$ 。考虑到 Δu 为两个编码器脉冲个数的差值,且系统具有很大的惯性,如果 K 值选择不好很容易引起系统的振荡,该系统根据机械系统和电机惯性的计算,取 $K = 0.1$ 。

同步检测与同步控制算法的流程图如图 5 所示。

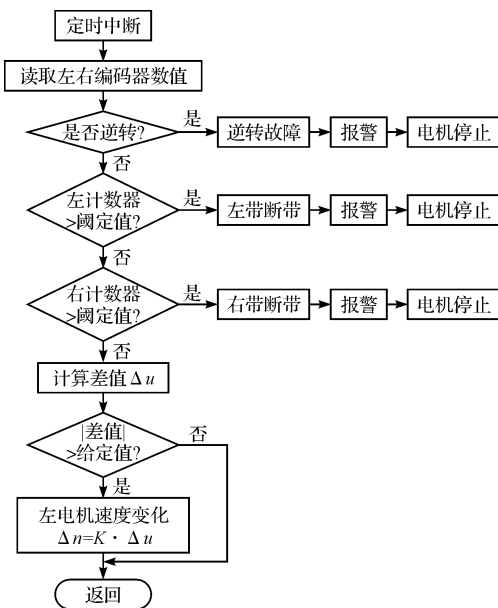


图 5 同步检测与控制算法流程图

4 误差分析

该系统中电机运行速度较低,但由于系统对控制的实时性和精度要求很高,采用了高速编码器,应用 M 法测速,在给定时间 T 内检测编码器的脉冲数,计算这段时间内的平均速度作为系统的即时速度,当 T 越小时,速度的即时性越高^[9]。

在一定时间 T 内测取旋转编码器输出的脉冲个数 M ,用以计算这段时间内的平均转速,称作 M 法测速。把 M 除以 T 就可得到旋转编码器输出脉冲的频率 $f = M/T$,所以又称频率法。电动机每转一圈共产生 Z 个脉冲($Z = \text{倍频系数} \times \text{编码器光栅数}$),把 f 除以 Z 就得到电动机的转速。在习惯上,时间 T 以秒(s)为单位,而转速是以每分钟的转数(r/min)为单位,则电动机的转速为:

$$n = \frac{60M}{ZT} \tag{1}$$

4.1 精度指标

采用 M 法测速时,其精度指标有分辨率和测速误

差率。

4.1.1 M 法测速的分辨率

在 M 法中,当计数值由 M 变为 $M+1$ 时,按式(1),相应的转速由 $60M/ZT$ 变为 $60(M+1)/ZT$,则 M 法测速分辨率为:

$$Q = \frac{60(M+1)}{ZT} - \frac{60M}{ZT} = \frac{60}{ZT} \quad (2)$$

由上式可以看出,M 法测速的分辨率与实际转速的大小无关。还可以看出,要提高分辨率(即减小 Q)必须增大 T 或 Z 。但在实际应用中,两者的选择都受到限制。

本研究取 $Z=10\ 000/\text{圈}$,则当 $T=1\text{ s}$ 时,分辨率为:

$$Q = \frac{60}{ZT} = \frac{60}{10\ 000 \times 1} = 0.006$$

4.1.2 M 法测速误差率

在 M 法测速中测速误差决定于编码器的制造精度,以及编码器输出脉冲前沿和测速时间采样脉冲前沿不齐所造成的误差等等,最多可能产生 1 个脉冲的误差^[10]。因此,M 法测速误差率的最大值为:

$$\delta_{\max} = \frac{\frac{60M}{ZT} - \frac{60(M-1)}{ZT}}{\frac{60M}{ZT}} \times 100\% = \frac{1}{M} \times 100\% \quad (3)$$

由式(3)可以看出, δ_{\max} 与 M 成反比, M 越小,误差率越大。

当 $M=166$ 时, δ_{\max} 为:

$$\delta_{\max} = \frac{1}{M} \times 100\% = \frac{1}{166} \times 100\% = 6\%$$

4.2 定位误差及同步误差计算

4.2.1 定位误差计算

本研究使用激光跟踪仪对系统的定位误差进行测试,具体方法是:在输送链板上放置飞机样件,并把激光跟踪仪的靶球通过其靶球座固定在输送链板上,在移动系统的控制界面中设置目标移动距离为 30 m,移动速度为 1.5 m/min,启动系统运行,测试 30 m 内输送链板移动的实际距离。经实际测试,系统的平均定位误差为 0.638 mm,最大定位误差为 0.742 mm。

4.2.2 同步误差计算

根据系统实际运行测得数据,当速度 n 取 0.7 r/min 时,系统运行 1 min,两条特殊功能带的平均误差为 0.024°,即系统同步误差平均值为 0.024°/min,两条

特殊功能带的最大误差为 0.032°,即系统同步误差最大值为 0.032°/min,满足系统要求。

5 结束语

FM350-1 高速计数模块是西门子运动控制系统的特殊功能模块,通过与编码器及 D435 的通讯,可以采集编码器的相关数据并通过 PROFIBUS 总线将其传输至 D435,然后 D435 就可以利用这些数据对电机进行控制。这样,通过应用 FM350-1 高速计数模块,系统可以达到很高的控制精度。现场试验证明,本系统运行精确、平稳、可靠,很好地满足了用户的需求。如果要求提高系统的控制和检测的精度,还可以采取以下两个措施:①选择时钟频率更高的编码器;②适当增加采样时间 T 。

参考文献(References):

- [1] 秦政琪,武大伟. 基于数字化的飞机柔性装配技术研究[J]. 沈阳航空工业学院学报,2010,27(3):18-20.
- [2] 范玉青. 飞机数字化装配技术综述[J]. 航空制造技术,2006(10):44-48.
- [3] 秦政琪,范振伟. 飞机薄壁组件数字化柔性装配研究[J]. 沈阳航空工业学院学报,2009,26(3):1-4.
- [4] 苗长兵. 基于 PLC 控制的制造业自动化实验台[J]. 机电产品开发与创新,2006,19(6):158-159.
- [5] SIEMENS Inc. . SIMATIC FM 350-1 Function Module Manual[M]. SIEMENS Inc. ,2003.
- [6] 胡正益. 基于西门子 ET-200 M 的煤气混合控制系统[J]. 科技资讯,2009(26):60.
- [7] LIU Guo-hai, WANG Fu-liang, SHEN Yue, et al. Realization of neural network inverse system with PLC in variable frequency speed-regulating system[J]. **Lecture Notes in Computer Science**,2007(1):262-264.
- [8] 徐 操. 基于现场总线的铺排船 PLC 控制系统的研究和开发[D]. 武汉:武汉理工大学自动化学院,2004:51-53.
- [9] MA Hong-tao, WANG Xiao-jun, ZHOU Fen-ping. Measuring and Controlling of Analog Signal based on High-speed I/O port of PLC[C]//2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. Zhangjiajie: IEEE COMPUTER SOC,2009:393-395.
- [10] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统—运动控制系统[M]. 3版. 北京:机械工业出版社,2004.

[编辑:李 辉]