

印染机械多电机同步控制系统

成玲, 何勇

(东华大学 机械学院, 上海 200051)

摘要 根据印染工业的工艺特点, 研究与开发了一种用 PLC 和数字检测实现的同步控制装置。该装置具有较高的精度和可靠性, 并且结构简单, 可扩展性强, 可以在生产应用中推广。

关键词 印染机械; 可编程逻辑控制器(PLC); 同步控制; PID 控制

中图分类号: TS 190.4 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005) 01-0097-03

Synchronous speed control system with PLC

CHENG Ling, HE Yong

(College of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract According to the features of the dyeing industry, a synchronous speed controls system based on PLC and digital technology was introduced. It can be applied in practical production for its high precision, high reliability, single structure and extendibility.

Key words dyeing mechnes; PLC; synchronous control; PID control

印染设备(包括坯布练漂、染色、印花和整理设备)常采用多台交流电机或直流电机作为驱动源,而系统中多台电机的同步传动控制问题是需要解决的关键问题,它直接影响系统的可靠性以及产品的性能和市场销售^[1]。随着可编程逻辑控制器 PLC 技术的发展,其定时计数、算术运算、数据处理、网络通信等功能日臻完善,为其在印染机械多单元同步控制系统中的应用创造条件。

1 多电机同步控制

在印染联合机多电机同步控制系统中,第一台为主令电机,它决定系统的车速,其它电机称为从动电机,各电机的线速度始终向主令电机看齐,使整个生产过程中各个单元保持协调一致。在织物的连续加工过程中,根据工艺上的不同要求,各单元以一定的速度关系保持协调运行。其关系为^[2]:

$$k_i \cdot V_i = k_{i+1} \cdot V_{i+1} \quad (1)$$

当 $k_i > k_{i+1}$ 时为牵伸加工,这种加工方式适用于合成纤维的后处理工艺和帘子线的浸胶工艺;当 $k_i < k_{i+1}$ 时为松式加工,适用于中长纤维织物和针织物的染整工艺;当 $k_i = k_{i+1}$ 时为紧式加工,也称同步运行,适用于一般的棉布和涤棉织物的染整,是一种极其普遍的印染加工控制要求。图 1 是一种典型

的印染联合机多单元同步控制系统的简图。

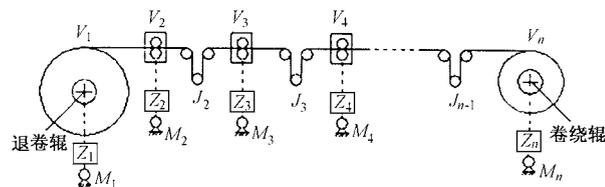


图 1 卷绕系统结构简图

其中, $V_1, V_2 \dots V_n$ 为各单元线速度; $M_1, M_2 \dots M_n$ 为驱动电机; $J_2, J_3 \dots J_n$ 为单元之间的松紧架同步装置; $Z_1, Z_2 \dots Z_n$ 为减速器。

工艺要求 $V_1 = V_2 = \dots = V_n$, 但是,在系统实际运行过程中,由于种种原因,如静态时负载的波动,减速比和轧辊直径的差异,动态(起动、调速、制动)时各单元机负载转矩和转动惯量的不同,会造成速度差,织物可能垂下来或拉得过紧,这就要求把异常情况检测出来,通过控制从动电机的转速,使系统协调运行,从而实现多台电机之间的协调同步。在单元之间安装松紧架同步控制装置、自整角系统等虽可实现同步控制,但精度较低,可靠性较差。

2 多电机同步传动系统的控制方案

以 3 台电机为研究对象,控制方案如图 2 所示。

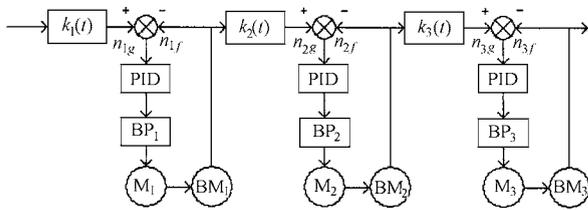


图 2 多电机同步传动系统的控制方案

M_1, M_2, M_3 为 3 台电机,且 M_1 为主令电机,驱动退卷辊, M_2, M_3 为从动电机,分别驱动中间传动辊和卷绕辊; BP_1, BP_2, BP_3 为 3 台电机的调速电源; BM_1, BM_2, BM_3 为各辊轴端安装的光电编码器,反馈信号一方面作转速反馈,另一方面经转换作下一台电机的给定, BM_1, BM_3 的 Z 相脉冲用于计算退卷辊和卷绕辊的卷径;采用比例-积分-微分 (PID) 控制对同步误差进行调节。

卷径计算时, BM_1 的 Z 相每出现 1 个脉冲,退卷辊卷径减少 $2h$ (h 为织物厚度),而 BM_3 的 Z 相每出现 1 个脉冲,卷绕辊卷径增加 $2h$,系统中

$$\begin{aligned} n_{1g} &= V_g k_1(t) = \frac{V_g}{\pi D_1(t)} \\ n_{2g} &= V_{1f} k_2(t) = \frac{\pi n_{1f} D_1(t)}{\pi D_2(t)} = \frac{n_{1f} D_1(t)}{C} \\ n_{3g} &= V_{2f} k_3(t) = \frac{\pi n_{2f} D_2(t)}{\pi D_3(t)} = \frac{n_{2f} C}{D_3(t)} \end{aligned} \quad (2)$$

其中, V_g 为系统给定线速度; $D_1(t), D_2(t), D_3(t)$ 为退卷辊卷径、中间辊直径和卷绕辊卷径;且中间辊直径 $D_2(t) = \text{常数} = C$; n_{1g}, n_{2g}, n_{3g} 分别为各电机的给定转速。

3 系统的硬件组成

为实现主令电机和从动电机之间的同步控制, M_1, M_2, M_3 均用变频器进行调速,由三菱 A 系列 PLC^[3]对 3 台变频器直接进行控制。根据 PLC 和变频器的特点,采用 RS485 通信协议,由 AI SJ71 UC24-R4 模块作为 PLC 和变频器之间的适配器,进行通讯,利用光电编码器的反馈,构成速度闭环控制。系统硬件构成如图 3 所示。

图 3 中变频器选用 FR-E500 型变频器。接收来自主站 (PLC) 的命令,变频器反馈信息给 PLC。光电编码器 Z_1, Z_2, Z_3 ,选用 OIH48 增量型光电编码器,分辨率为 2 500 PPR,输出六相线驱动信号。安装在驱动辊轴端,用于测量 M_1, M_2 和 M_3 的转速,反馈给 PLC 高速计数模块 AI SD62,PLC 内部定时计数,计算转速。此外,PLC 的 CPU 模块与图形操作终端

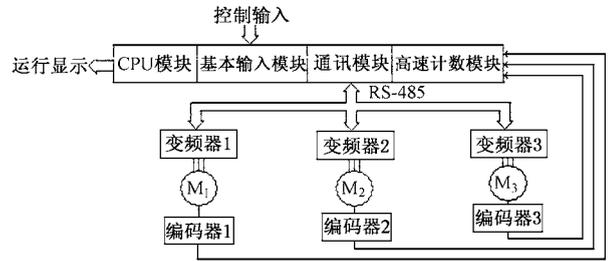


图 3 系统硬件构成

MELSEC-GOT 连接,直接显示运行速度。

4 控制系统软件设计

4.1 控制算法

对于某一时刻 t ,PLC 通过光电编码器脉冲定时计数得到 3 台电机的反馈转速 n_{1f}, n_{2f}, n_{3f} ,同时得出退卷辊和卷绕辊的卷径 $D_1(t)$ 和 $D_3(t)$,根据式 (2),经 PLC 计算得到各电机的给定转速 n_{1g}, n_{2g}, n_{3g} ,定义同步偏差为

$$e_i = n_{ig} - n_{if} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (3)$$

当 $e_i = 0$ ($i = 2, 3$) 时,表明在给定线速度下主从电机同步; $e_i \neq 0$ 时,表明给定线速度下主从电机不同步。

同步控制系统的各台电机采用 PID 控制规律进行调节,其连续表达式为

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (4)$$

式中, K_p 为比例系数; T_i 为积分时间常数, T_d 为微分时间常数。

将式 (4) 按采样周期离散化以后,位置型控制算法的递推算法^[2]为

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) = q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2) \quad (5)$$

其中, $q_0 = K_p \left[1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T} \right]$;

$$q_1 = -K_p \left[1 + \frac{2T_d}{T} \right]; q_2 = K_p \left[\frac{T_d}{T} \right]$$

参数整定过程:确定采样周期 T (应大于 PLC 运行周期),运行比例控制器,形成闭环,逐渐增大比例系数,使系统对阶跃输入的响应达到临界状态,记下此时的临界比例系数 K_c 和临界振荡周期 T_r 。然后利用表 1 中公式求取 PID 控制器的参数,按求得的参数运行,观察系统控制效果,微调有关参数,以获得最佳效果。

4.2 控制算法流程

高速计数模块对编码器脉冲进行计数,在给定的采样时间,PLC 把速度反馈值给 $y(k)$,按式 (5) 计

表 1 比例法参数整定经验计算公式

控制	q_0	q_1	q_2
P	$0.5 K_r$	$-0.5 K_r$	
PI	$0.45 K_r \left[1 + \frac{1.18 T}{T_r} \right]$	$-0.45 K_r$	
PID	$0.6 K_r \left[1 + \frac{2T}{T_r} + \frac{0.12 T}{T} \right]$	$-0.6 K_r \left[1 + \frac{0.24 T}{T} \right]$	$\frac{0.072 K_r T_r}{T}$

算 $\Delta u(k)$ 和 $u(k) = \Delta u(k) + u(k-1)$, $u(k)$ 即为电机控制转速,通过 RS-485 接口把转速传递给变频器,由此控制电机,同时将 3 台电机的实际转速传给图形操作终端 MELSEC-GOT,进行运行状态显示,图 4 为控制算法的流程。

5 结 论

采用 PLC 为核心的数字同步控制系统,通过 RS-485 协议在 PLC 和变频器间进行通信,不但节省 D/A 转换模块,而且提高了系统的可靠性和抗干扰能力,确保控制精度;用 PLC 的图形操作终端直接显示运行参数,通过系统扩展,可适应 3 台以上的多电机同步控制,只需对控制程序稍做改动,就可实现 $k_i > k_{i+1}$ 的牵伸加工和 $k_i < k_{i+1}$ 的平式加工。

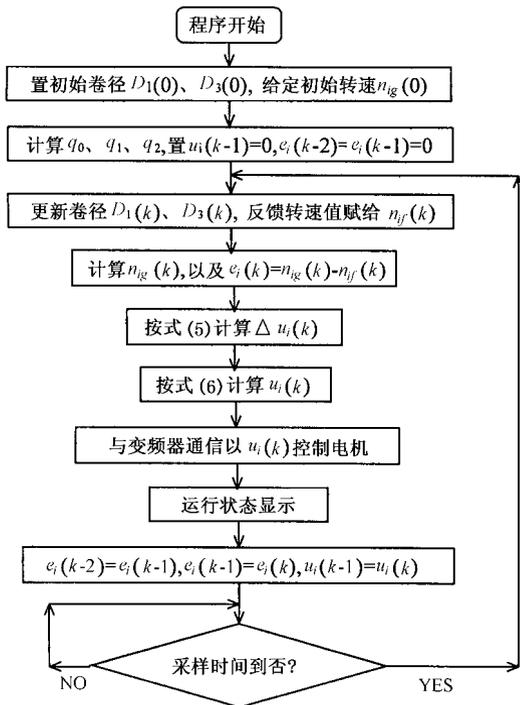


图 4 控制算法流程

参考文献:

- [1] 于海生,韩达生.多电机同步传动微机控制装置的研制[J].青岛大学学报,1999,(1):41-44.
- [2] 于海生.微型计算机控制技术[M].第3版.北京:清华大学出版社,1999.84-86.
- [3] 秦亿.现代交流伺服系统[M].武汉:华中理工大学出版社,1995.26-27.