

文章编号 :1009 - 038X(2001)01 - 0088 - 04

多只异种电动机的同步控制

张志胜, 徐保国, 刘 飞, 于力革

(无锡轻工大学信息与控制工程学院 江苏无锡 214036)

摘 要 :针对光纤成缆机生产线上的多只异种电动机的线速度同步控制 ,提出了模糊控制与 PI 控制相结合(FUZZY—PI)的方法 ,实践证明此方法具有动态响应快 ,超调量小 ,精度高等特点 ,能满足生产要求 .

关键词 :同步控制 ;光纤成缆机 ;模糊-PI 控制

中图分类号 :TP 273.4

文献标识码 :A

Synchronic Control of Different Multi-Motor Drivers

ZHANG Zhi-sheng, XU Bao-guo, LIU Fei, YU Li-ge

(School of Information and Control Engineering, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036, China)

Abstract : This paper presents a controlling method, using FUZZY - PI Control combined to keep the linear velocity of different multi - motor synchronization on the optical fiber to optical cable product line. Practice proves this method having rapid dynamic response, little overshoot and high accuracy. It can deliver the goods well.

Key words : synchronic control ; optical fiber to cable machine ; FUZZY - PI contr

光纤成缆机生产线的调速系统主要由 5 台不同种类的电机组成 ,几种电机各自特性不同 ,尤其在起动时 ,人工调节多台电机的转速并使之同步 ,操作很不方便 ,在极短时间内要解决这些电机的同步很困难 .用 FUZZY-PI 控制解决多台电机起动和稳定运行时的线速度同步问题 ,具有重要的理论意义和实际应用价值 .

1 同步控制方案

鉴于各种电机的运行特性有很大的差别 ,要提出整个同步控制系统的统一数学模型较困难 ,在起

动过程中控制多台电机的速度同步 ,一种有效的策略是采用模糊控制 .模糊控制与常规 PI 控制相比具有更强的鲁棒性 .虽然模糊控制器具有优良动态品质 ,但由于受到计算机存储量的限制 ,只能取有限的控制等级 ,限制了控制精度的提高 .而在稳态运行时 ,为了提高控制精度和节省控制算法运算的时间而采用传统的 PI 算法 .对于本系统 ,作者采用模糊控制与 PI 控制(Fuzzy-PI)相结合的方法 ,起动过程中各台电机的速度偏差范围很大 ,采用模糊控制 ,在电机起动结束后 ,稳态时电机的转速偏差很小 ,采用 PI 控制 .同步积累误差采用机械张力的辅助控制来消除 .

收稿日期 2000 - 05 - 08 ,修订日期 2000 - 12 - 05 .

作者简介 :张志胜(1976 -) ,男 ,河北深州人 ,控制理论与控制工程硕士研究生 .

万方数据

1.1 Fuzzy 控制器

牵引部分速度作为其它调速部分的参照点,因此牵引部分经过控制器调节的速度作为整个系统的给定 ω_r^* ,测速发电机测得信号为 ω_r ,在大偏差范围内采用模糊控制时,控制决策以绝对位置形式给出,即满输出或零输出,其模糊控制器算法为:

$$\begin{aligned} e(k) &= \omega_r^*(k) - \omega_r(k), \\ de(k) &= e(k) - e(k-1) \end{aligned} \tag{1}$$

控制器的状态取为:

$$\begin{aligned} x_1(k) &= T \sum_{i=0}^k e(k), \quad x_2(k) = e(k), \\ x_3(k) &= [e(k) - e(k-1)]/T \end{aligned} \tag{2}$$

电动机的速度偏差、速度偏差变化率和输出控制量的模糊变量分别记为 E 、 EC 、 U ; E 、 EC 和 U 分别是它们对应的论域.模糊控制关系 R 的确定:

$$R = (E \times EC)^T \times U \tag{3}$$

若有 E' 、 EC' ,则 U' 的算法为: $U' = (E' \times EC')^T \circ R = \bigcup [(E' \times EC')^T \cap R]$ (4)

在生产线起动过程中,可以建立一系列规则,每一条推理规则都有相应的模糊关系: R_1 、 R_2 R_m .则系统总的控制规则所对应的 R 为:

$$R = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_m = \bigcup_{i=1}^m R_i \tag{5}$$

应用的控制策略为:

$$U(k) = K_u \sum_{i=0}^3 \omega_i(k) x_i(k) / \|W\| \tag{6}$$

$$U_g(k) = u_{\max} \frac{1 - e^{-U(k)}}{1 + e^{-U(k)}} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} \omega_i(k+1) &= (1 - c) \omega_i(k) + \\ & d_i e(k) u_g(k) x_i(k) \end{aligned} \tag{8}$$

选取 E 、 EC 、 U 的模糊子集如下:

$$\begin{aligned} E &= \{PB, PM, PS, PZ, NZ, NS, NM, NB\} \\ EC &= \{PB, PM, PS, Z, NS, NM, NB\} \\ U &= \{PB, PM, PS, Z, NS, NM, NB\} \end{aligned}$$

E 、 EC 、 U 都是实数域中的子集,采用单片机来控制时,将其量化.通过控制规则计算出来的控制决策仍然是一个模糊变量,采用加权平均法进行判决,将其转换为精确量才能执行.以隶属度为权系数,求加权平均值,以此作为执行量 U^* .即:

$$U^* = \sum_i (\alpha \mu_i) \cdot \mu_i / \sum_i \alpha \mu_i \tag{9}$$

根据人对事物的判断,往往沿用正态分布的思维特点,把 E 、 EC 、 U 三个模糊变量看成是正态分布的,隶属度为:

$$\mu(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2\right] \quad (b > 0) \tag{10}$$

建立模糊控制规则和模糊推理表,运用查表进行模糊评判.由于各种电机速度变化差异很大,所以在建立模糊控制规则时,对量化因子 Q_1 和 Q_2 着手控制输出电压信号即调速器的输入电压信号.电机的速度变化或偏差变化率较大时,减少量化因子 Q_1 和 Q_2 来降低对 E 和 EC 的分辨率,同时加大比例因子 D 来取较大的控制变量以得到快速响应,电机的速度偏差或偏差变化率较小时,增大量化因子 Q_1 和 Q_2 来提高 E 和 EC 的分辨率,同时减少比例因子来取较小的输出电压以达到控制精度,减少超调量和提高动态品质.

1.2 Fuzzy-PI 控制器

Fuzzy 控制器的输出表格表示位控制量的增量,由于控制表的输出为离散形式,这种积分作用不能保证稳态时严格地有 $e(t) \rightarrow 0$.积分可写为和式:

$$u(t) = \int_0^t K_I u dt = K_I T \sum_{i=1}^t u_i \tag{11}$$

该系统稳态时 $e(t) = 0$ 要求的输出为 u_0 ,则:

$$K_I = T \sum_{i=0}^t u_i = u_0 \tag{12}$$

但因为 u_i 取离散值,所以上式一般不能成立,当采样时间 T 一定时,选用较小的 K_I 可以使得 $K_I T \sum_{i=0}^t u_i$ 落在 u_0 的一个较小的邻域内,稳态误差就较小,但 K_I 值小,又会使得系统的响应速度变慢,过渡过程时间变长.为了使控制器既有良好的动态性能,又保证较高的精度,解决办法就是从 Fuzzy 控制结构上进行改进, u 与 e 之间可以看成一种非线性变换,其中 f 为非线性算子.

$$u = f(e(t)), \quad u(t) = K_I \int_0^t f(e(t)) dt \tag{13}$$

一般情况下 PI 调节器有较好的控制精度,把 PI 算法引入 Fuzzy 控制器,可以改善控制性能,PI 控制器算法为:

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt \tag{14}$$

用代替 $f(e(t))$ 代替 $e(t)$,得到:

$$u(t) = K_P f(e(t)) + K_I \int_0^t f(e(t)) dt \tag{15}$$

可以看作是一种非线性的 PI 调节器,而 $f(e(t)) = U$ 是经过模糊控制器处理后的输出值,把常规的调节器模糊化,即为 Fuzzy-PI 控制器:

$$u(t) = K_P u + K_I \int_0^t u dt \tag{16}$$

增加了比例项 $K_P u$,保证了快速响应 K_I ,可以

选择较小值,一定程度上提高了精度.

2 系统的硬件设计

光纤成缆机生产线由放线、绞体 1、扎纱 1、绞体 2、扎纱 2、牵引、排线、收线 8 个主要环节构成. 其中, 绞体 1 和绞体 2 均为交流异步电机, 扎纱 1 和扎纱 2 均为直流稀土永磁电机, 牵引为直流力矩电机, 收线为交流力矩电机. 扎纱 1 和扎纱 2 采用 EUROTHERM 公司的 512C 直流调速器, 绞体 1 和绞体 2 采用 SIMENS 通用变频器, 而牵引部分采用 ZDK—1 型滑差控制器. 研究工作是如何全面的控制这些单只调速器, 达到系统起动和稳定时的速度同步.

在硬件上采用单片机来实现. 生产线上需要控制的电机有绞体 1 和绞体 2、扎纱 1 和扎纱 2、牵引 5 部分, 考虑到起动时过渡过程比较短, 在短时间内, 电机的参数发生很大的变化, 使用一片单片机控制多台电机影响整个系统的响应速度, 所以事先对各电机的运行参数进行仿真, 建立相关数据库, 实际运行时采用高速 A/D、D/A 采集及输出数据, 单片机采用 INTEL 的 87C196KC, 系统的硬件框图如图 1 所示:

在同步控制系统中, 单片机作为主机, 充分利用了片内 16 k EEPROM 和 448 个字节的 RAM, 1 片 8 位 D/A 转换器 DAC0832, 将 DAC0832 得模拟输出分配到各电机调速器, 系统另外扩展了 8279 键盘输入和 LED 显示电路.

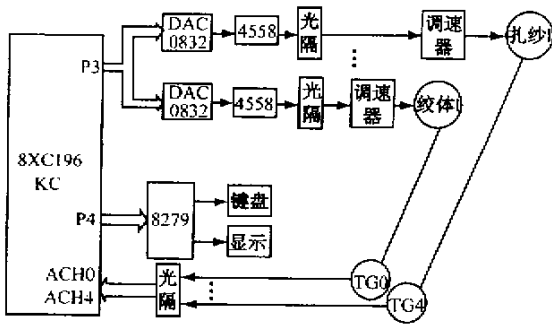


图 1 系统硬件框图

Fig.1 System Hardware

A/D 转换器采用 87C196KC 的片内转换器, 为了抑制外界信号对单片机的干扰, 在系统的输入和输出之间都通过光电隔离以提高其抗干扰能力.

为了确保各相关环节间线速度一致, 使累计中的不同步得以存储和缓冲, 光纤成缆机采用了机械式张力控制器.

万方数据

3 系统的软件设计

整个同步系统的软件由主程序、PTS 中断处理子程序、信号中断处理子程序(针对滑差电机、永磁电机和交流感应电机应分为 3 个不同子程序)、键盘中断处理子程序等. 主程序主要是用来对程序中的常量和变量初始化, 为各个中断设置控制字, 同时利用主程序不进行子程序处理间隙, 将显示子程序置于主程序中, 以达到节省 CPU 资源的目的.

4 仿真结果和结论

选用主控牵引电机来进行仿真实验, 牵引为 YS (IP44) 型, $P = 7.5 \text{ kw}$, $\eta = 87.0\%$, 转速为 1500 r/min , 堵转电流为 $7.0 I_e$, 堵转转矩为 2.2 倍额定转矩. 图 2、图 3 分别是牵引部分的控制前后速度运行曲线, 证明采用 Fuzzy-PI 控制策略对异种电机同步控制, 具有过渡过程短, 响应速度快, 精度高, 运行稳定等特点.

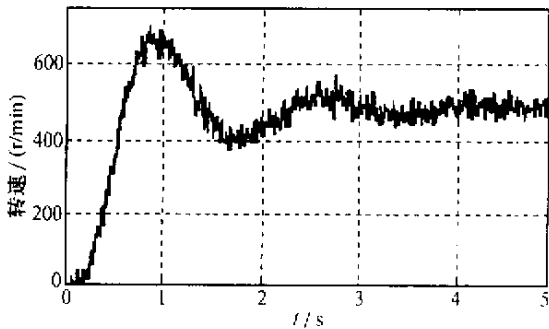


图 2 牵引部分速度运行曲线(控制前)

Fig.2 Velocity Curve of Traction Part (before controlling)

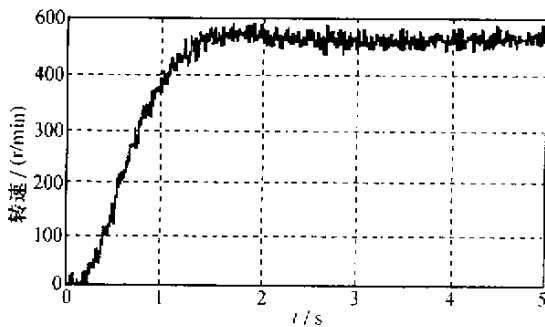


图 3 牵引部分速度运行曲线(控制后)

Fig.3 Velocity Curve of Traction Part (after controlling)

参考文献

- [1] 孙涵芳. INTEL 16 位单片机[M].北京 :北航出版社 ,1995.
- [2] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统[M].北京 :机械工业出版社 ,1999.
- [3] 肖位枢. 模糊数学及其应用[M].北京 :航空工业出版社 ,1992.
- [4] 章正斌. 模糊控制工程[M].重庆 :重庆大学出版社 ,1995.

(责任编辑 :朱 明)