

纺织印染机械电气传动同步控制器的研制

于海生 潘松峰 吴贺荣

(青岛大学)

【摘要】 采用单片机控制技术和光电数字测量技术,研制了数字式电气传动同步控制器。并已在纺织印染机械多单元电气传动同步控制系统中使用。

关键词: 纺织机械 印染机械 同步控制器 电气传动

中图分类号: TS103.7

一、引言

在纺织印染机械运行过程中,由于各种原因,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,即线速度不一致,织物可能垂下来或拉得过紧,这就要求把这种异常的情况检测出来,经处理后并发出信号,控制从动单元机的线速度,使其协调地运行,从而实现多单元电气传动系统的同步。纺织印染机械多单元电气传动系统中,传统的同步控制装置有安装在两单元机中间的松紧架同步控制装置、自整角系统等^{[1][2]},这些方法虽然可实现同步控制,但精度较低,可靠性较差。有些纺织机械如双电机驱动的热定型机、预缩机和橡胶毯预缩部分的电气传动,要求有很高的同步控制精度才能满足生产工艺的要求,而且这类机械又无法安装传统的同步控制装置,即使安装上也无法满足高精度同步控制的要求。因此,我们研制了全数字多单元电气传动同步控制器,很好地解决了以上问题。

二、两单元机同步传动控制方案

我们设计了两单元机系统同步传动控制方案,如图1所示。该方案同样适用于多单元(两单元以上)系统的同步传动控制。系统实际实现时,有时并不一定要求电机M1的转速 n_1 与电机M2的转速 n_2 完全相等,而更一般地情况要求:

$$n_2 = \alpha \cdot n_1 \quad (1)$$

来满足系统的实际工艺要求。这里 α 为转速同步系数,并可在线设定和修改,以满足系统各种情况下的同步要求。实际上, $0 < \alpha \leq 1$ 。

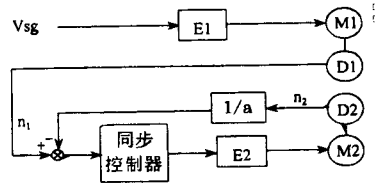


图1 两单元系统的同步传动控制系统

图1中,M1、M2为两台电动机,且M1为主令机,M2为从动机,E1和E2分别为两台电动机调速电源,D1、D2为两只光电码盘, V_{sg} 为速度给定电压。电气传动同步控制器自动测量和处理两只光电码盘的输出信号,并根据系统的同步控制要求,设置合适的同步系数,采取适当的控制策略,自动地调节从动机,从而实现从动机与主令机协调运行,满足系统的同步要求。

三、电气传动同步控制器的硬件设计与实现

电气传动同步控制器采用8031单片机作为主机,扩展了2kB的RAM6116、8kB的EPROM2764、8位D/A转换器DAC0832等,并由两片BCD码拨盘拼接成2位十进制输入拨盘组,用来输入和设定式(1)中的同步系数

本文为山东省教委科研基金项目,项目资助号: J97B51

α ,以适应各种同步传动应用场合。每片拨盘具有0~9十个位置,每个位置都有相应的数字显示,代表拨盘输入的十进制数。因此,每片拨盘可代表一位十进制数。因同步系数 α 为 $0 < \alpha \leq 1$,常取为2位小数。规定2片BCD码拨盘输入的十进制数都为零时 $\alpha=1$,故可用2片BCD码拨盘来设定 α 的小数部分,整数部分默认为零,例如 $\alpha=0.95$ 。采用BCD码拨盘输入,简单直观,可省去复杂的键盘输入电路。具体硬件电路结构如图2所示。

该装置把图1中的两只光电码盘D1和D2的输出信号,分别连接到8031单片机的P3.0和P3.1,由8031单片机实现对M1和M2电机转速的测量。光电码盘的输出信号实际上已为TTL电平方波信号,若不是TTL电平方波信号,可采用74LS14施密特触发器,再进行整形处理^[3],此处略去。利用8031单片机的16位定时器T0和一个8位软计数器组成24位定时器,采用测脉冲周期法对光电码盘输出信号D1和D2进行测量,分别求得电机M1、M2的转速为 n_1 和 n_2 。如果电机M1和电机M2的转速不同步,即不满足式(1),则可由8031单片机按照比例积分(PI)控制规律输出控制量,并由8位D/A转换器DAC0832输出,去调整电机M2的转速,使电机M2达到与电机M1同步。

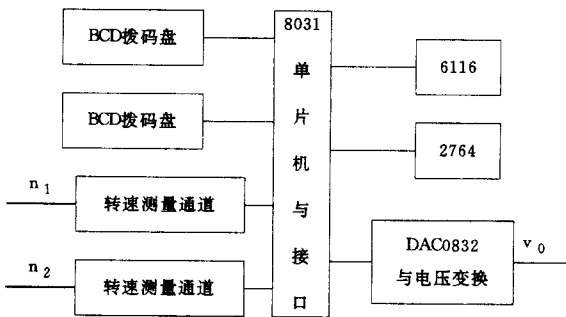


图2 电气传动同步控制器的硬件结构图

四、电机转速的测量算法及误差分析

电气传动同步控制器中的两台电机转速信号来自码盘。设码盘每转一周可输出 Q 个脉冲

(TTL电平),由单片机测得的该脉冲周期为 T 秒,则可推导出电机的转束为

$$n = 60/QT \quad (2)$$

这里, Q 为光电码盘每一转周期输出的脉冲数; n 为电机的转速,单位为转/分。式(2)也表明,只要测得光电码盘输出的脉冲信号周期 T ,即可由式(2)求得电机转速 n 。由于采用了16位定时器 T_0 和8位软件计数器组成的24位定时器,即 T_0 溢出向CPU申请中断,中断一次软计数器加1,大大提高了定时器的计时范围,很好地满足了测量要求。

本单片机系统的晶振动为12MHz,故定时器的计数频率为1MHz,24位定时器可实现计时范围为

$$T_{\min} \leq T \leq T_{\max} \quad (3)$$

其中 $T_{\max} = (1 \times 10^{-6}) \times 2^{24}$ 秒=16.78秒, $T_{\min} = 1 \times 10^{-6}$ 秒

本系统中,我们选用的光电码盘为 $Q=100$,即光电码盘每转可产生100个脉冲。因此电机转速的测量范围为

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max} \quad (4)$$

$$n_{\min} = \frac{60}{QT_{\max}} = \frac{60}{100 \times 16.78} = 0.036 \text{ 转/分}$$

$$n_{\max} = \frac{60}{QT_{\min}} = \frac{60}{100 \times 1 \times 10^{-6}} = 600000 \text{ 转/分}$$

由于单片机的晶振频率为12MHz,因此,定时器 T_0 的计数周期为 $1\mu\text{s}$ 。转速测量的相对误差为

$$\delta = (n_x - n)/n \times 100\% \quad (5)$$

式中, $n_x = 60/(QT_x)$ 为实际转速; $n = 60/(QT)$ 为理想转速。

因定时器 T_0 在计时过程中,不足 $1\mu\text{s}$ 的脉冲周期,定时器 T_0 就反映不出来了。即 $T_x = T - \Delta T, \Delta T = 1\mu\text{s}$,故转速的相对误差为

$$\begin{aligned} \delta &= (n_x - n)/n \times 100\% = (T/T_x - 1) \times 100\% \\ &= [T/(T - \Delta T) - 1] \times 100\% \\ &= [T/(T - 1 \times 10^{-6}) - 1] \times 100\% \quad (6) \end{aligned}$$

例如:当 $n=1000$ 转/分时, $T=60/(Qn)=60/(100 \times 1000)=6 \times 10^{-4}$ 秒, $\delta=0.17\%$;

当 $n=100$ 转/分时, $T=60/(Qn)=60/(100 \times 100)=6 \times 10^{-3}$ 秒, $\delta=0.017\%$;

由此可见,转速越低, T 就越大,转速测量误差就越小。反之,转速越高,转速测量误差就越大。常用的电机转速范围一般在 0—1500 转/分,故转速测量精度是很高的。

五、电气传动同步控制器的软件设计与实现

1. 转速测量和同步偏差计算

利用 8031 单片机的 16 位定时器 T_0 和 8 位软计数器组成 24 位定时器,来测量光电码盘输出脉冲的周期 T ,然后利用公式(2)计算出转速。 T 的软件实现方法是首先检测转速脉冲波形的上升沿,当波形的上升沿来到时启动定时器定时,当波形的下一个上升沿来到时停止定时器时,并把定时结果保存下来,以便转速计算使用。

测出两台电机的转速 n_1 和 n_2 后,把 n_1 作为主令电机的转速, n_2 作为从动电机的转速。 n_1 和 n_2 按式(1)进行同步比较及同步偏差计算。我们定义转速同步偏差 e 为

$$e = n_1 - n_2/\alpha \quad (7)$$

上式表明:在同步系数为 α 情况下,当 $e=0$ 时 n_1 和 n_2 同步,当 $e \neq 0$ 时, n_1 和 n_2 不同步。

2. 转速同步控制器的控制算法

电气传动同步控制器采用比例积分(PI)控制规律进行调节,其连续表达式为

$$u(t) = K_p[e(t) + \frac{1}{T_1} \int_0^t e(t) dt] \quad (8)$$

将式(8)离散化^[4]后得 PI 数字控制算式为

$$u(k) = u(k-1) + q_0 e(k) + q_1 e(k-1)$$

$$q_0 = K_p(1 + T_s/T_1)$$

$$q_1 = -K_p \quad (9)$$

式中, K_p 为比例系数; T_1 为积分时间常数; T_s 为采样周期。

根据系统实际运行情况,我们取 e 的范围为

$$-100 \text{ 转/分} \leq e \leq 100 \text{ 转/分}$$

另外,D/A 转换器输入的范围为 00H~FFH(即 0~255),对应的输出电压为 $-2.5 \sim +2.5$ VDC。因此,整定 PI 数字控制器的参数为

$$K_p = 1.28 \quad T_1 = 250s \quad T_s = 0.5s$$

D/A 转换器输出的电压信号,用来调节电机 M2 的转速 n_2 ,以达到在同步系数为 α 情况下与电机 M1 的转速 n_1 同步。

六、应用分析及结论

本文研制的全数字电气传动同步控制器,已在预缩机中得到应用,收到了满意的同步控制效果,解决了实际问题,目前正在向多电机(2台以上)同步传动控制系统中推广应用。采用光电码盘进行电机转速的高精度测量、单片机技术和 PI 同步控制算法,成功地研制出全数字电气传动同步控制器,很好地解决了高精度和高可靠性同步传动控制问题;利用 BCD 码拨盘输入装置,可随意设定同步系数 α ,满足了各种工艺条件下的同步控制要求,使得该控制器应用灵活,更具一般性;该同步控制器既可用于交流电机电气传动系统,也可用于直流电机电气传动系统;本文给出了两台电机同步控制方法,该方法同样适用多台电机同步传动控制系统,即需使用多个电气传动同步控制器放在两单元机之间,进行前后单元机的同步调节。

参 考 资 料

- [1] 黄 炯,杨嗣芳,陈振翼:《纺织电气传动控制系统》,纺织工业出版社,1982。
- [2] 《青岛大学学报》(工程技术版),1997,vol. 12, a-supplement。
- [3] 《纺织学报》,1997 年第 1 期, P. 46。
- [4] 王锦标,方崇智:《过程计算机控制》,清华大学出版社,1992。