

## 变形丝机多电机同步控制系统\*

SYNOCHRO MULTI-MOTOR CONTROLLING SYSTEM  
FOR AIR TEXTURED YARN MACHINE孙燕朴 杨淑丽 马述立  
(电子技术应用研究所)Sun Yanpu Yang Shuli Ma Shuli  
(Qingdao University)

**摘要** 通过分析变形丝机成纱的工艺过程,提出变形丝机对电气控制系统的要求。按变形丝机的要求确立了多电机控制方案,控制系统的组成及工作原理、特点。

**关键词** 变形丝机,多机同步,控制系统,化纤加工机械  
**中图分类号** TP391

**Abstract** A request of the air textured yarn machine was made for electric controlling system through analysing the technological process by which air textured yarn is changed. In this paper, the and the special features of the controlling system were established in accordance with the request of the air textured yarn machine.

**Key words** air textured yarn machine; in step with multi-motor; controlling system

**第一作者简介** 孙燕朴,男,教授,1963年毕业于清华大学自动控制专业,现任青岛大学颜色光学研究所所长。目前从事自动化计算机控制研究。

## 1 概述

变形丝是把化纤长丝经压缩空气作动力成纱。它是近年发展起来的非常有前途的先进变形技术。化纤长丝变形成纱,从而改善了织物的服用性能。其原料适应用广,涤纶、锦纶、丙纶等多种原料均可进行变形成纱省去了复杂的纺纱过程及设备,经济合理。这种成纱机构造简单,核心为喷嘴,前后四套罗拉,但它对电气控制要求很高,实际上已形成了一个机电一体化的成纱机设备。

## 2 空气变形丝机的工艺过程

图中  $M_1, M_2, M_3, M_4$  为直流小电机。它能完成两种基本纱型——平行纱及包芯纱<sup>[1]</sup>。工艺要求四台直流电机带动四套罗拉的速度是不同的,有时超喂,有时牵伸,不同的艺纱四台罗拉电机的速度也变化多样。这就要求四台电机在各自变形成纱过程中都要以不同的速比同步启动,升速、降速及制动。这是一种较为复杂参数可变速比多电机同步控制要求。

概括起来这些要求是:

- 1-1 每台电机能单独启动、运行、恒速、降速、停车。
- 1-2 1<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>罗拉及电机共同运行。

\* 本文收到日期,1995-06-14

- 1—2.1 1"罗拉对3"罗拉的超喂量5~30%。
- 1—2.2 4"罗拉对3"罗拉的牵伸率为0~10%。
- 1—3 1"2"3"4"电机及罗拉同时运行,除与2条相同要求外,2"罗拉对3"罗拉超喂率为20~30%。
- 1—4 1"罗拉最高线速率为340 m/min  
2"罗拉最高线速度为420 m/min  
3"罗拉最高线速率为350 m/min  
4"罗拉最高线速度为350 m/min  
工艺车速为50~300 m/min
- 1—5 对于不同变形纱有某一固定超喂率及牵伸率,同一种变形纱调好以后要求能记忆。

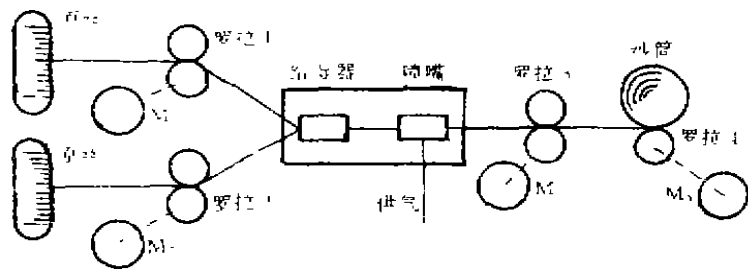


图1 变形丝机工艺流程图

### 3 电气控制方案的确立

要实现变形丝机提出的以上工艺要求,电机控制是用共电源(调电枢电压),还是采用分电源(每台电源带动一台电机)

①因为工艺要求车速变比为50~300%,而不同的电机间速度比为3倍,实际两种范围合起来相当调速范围至少18倍。而共电源从理论与实践上看,调速范围为4:1。虽共电源经济,但无法满足变形丝机的工艺要求。

②每台机器都能单独调,并且四台电机有两种以上启动、升降速及停车的要求,所以只能采用分电源控制的方案。

为什么采用电压负反馈及电流正反馈的双闭环调速系统而不采用测速机?

由于变形丝机本身体积较小,长1.5 m,宽0.8 m,高1.4 m。负载小,罗拉电机也自然较小,而且型号不统一。如果装上测速机必然要增大机器体积。

我们知道,用测速机反馈比电压负反馈及电流正反馈稳态精度高,机械特性硬。电枢电压

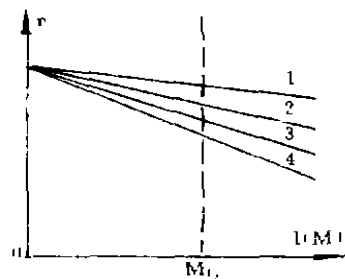


图2 直流电机机械特性

- |               |         |
|---------------|---------|
| 1. 为速度反馈      | 3. 电压反馈 |
| 2. 电流正反馈加电压反馈 | 4. 无反馈  |

反馈也能提高稳态控制精度及机械特性硬度。其性能比较见图 2。

我们采用的高精度小型直流可控硅单相控制电源。如果稳态精度要求  $s=1\%$ , 则速度反馈的调速范围为  $50:1$ 。采用电枢电压反馈调速范围为  $20:1$ 。电压反馈带电流正反馈在  $s=2\%$  的条件下, 调速范围在以上两者之间, 而变形丝机要求为  $18:1$ , 虽然负载很小, 但由于实验室的供电电压有时波动较大。根据工艺使用人员的经验, 共同确定采用电压反馈与电流正反馈更适合变形丝机的要求。

变形丝机电气控制最困难的是它属于研究用的, 该系统最主要的特点是: 多电机同步比例可变, 而且变化范围很大。四台电机转速变化的比例又是不同的, 它不仅需要在速度稳定下比例可调, 而且升降速的时间也可调。在印染厂一条多电机生产线长几十米, 十几个单元之间可以采用松紧架来跟踪调整, 而在变形丝机上按装这样一套装置显然是不可能的。因此只能从电气控制上加以解决。我们曾计划用微机加双闭环调速, 由于经费问题, 只好采用电子控制双闭环调速系统。

#### 4 系统的组成及工作原理

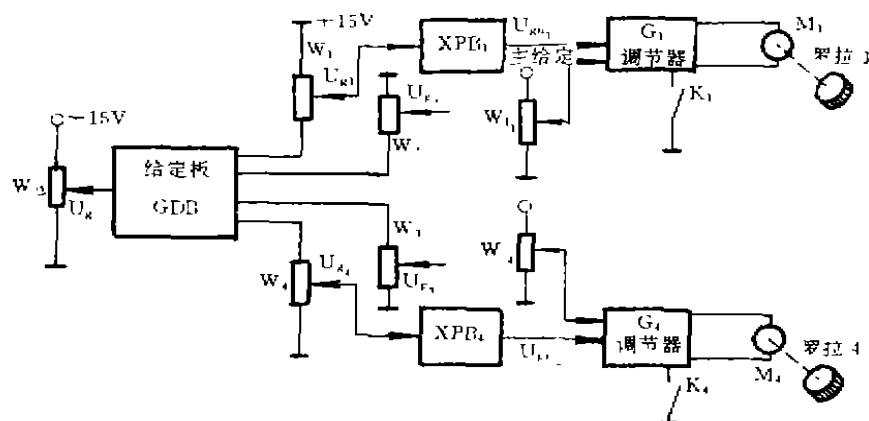


图 3 变形丝机电气控制系统方框图

图中  $\omega_3$  为总给定电位器。  
 $\omega_1 \sim \omega_4$ ;  $M_1 \sim M_4$  电机给定电位器  
 $XPI_1 \sim XPI_4$ : 斜坡发生器  
 $G_1 \sim G_4$ :  $1^\# \sim 4^\#$  电机双闭环调速电源

$K_1 \sim K_4$ : 封锁脉冲开关

以上使用的电位器均多圈电位器, 线性度  $0.1\%$ 。输出范围  $0 \sim 15\text{ V}$ , 可以旋转十圈。

4.1 给定板是一个单输入多输出的跟踪放大器, 见图 4。

4.2 斜坡发生器

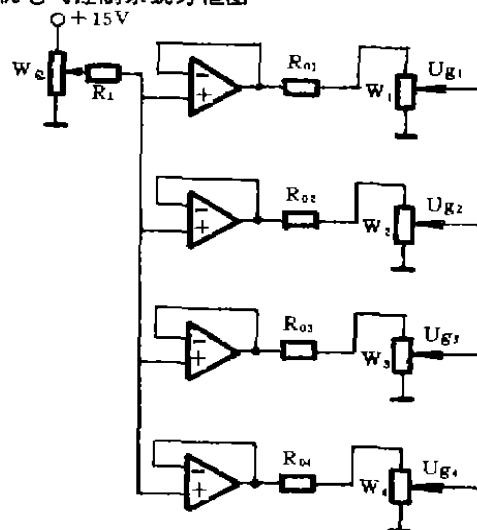


图 4 给定板电路图

由图 5 可知,斜坡发生器由集成运放 LM741 等组成。在 D 点电压大于 0.7 V 以上时,  $D_1$ 、 $D_2$  相当于稳压管。运放同相输入 2 脚为虚地。不论  $U_E$  为正或为负时,由于运放输入电流无穷小,所以电容 C 与电阻  $R_{33}$  组成积分电路,  $R_{33}$  上的电流恒定,其输出电压:

$$U_C = -\frac{1}{C} \int_0^t i dt = -\frac{1}{C} \int_0^t \frac{U_E}{R_{33}} dt$$

$$= -\frac{U_E}{CR_{33}} = -0.7 \frac{1}{R_{33}C}$$

$R_{33} \cdot C = \tau$  为积分时间常数,  $U_E$  为直线上升, 调  $R_{33}$ , 电流变化  $R_{33} \uparrow, i_{33} \uparrow, U_E$  上升斜率减小, 如图 6 所示。

当  $|U_E| = U_i$  时, 由于  $R_{31} = R_{32}$ ,  $U_E = 0$  不再积分,  $W_1$  上最高电压 15 V, LM741 饱和输出电压  $U_B = -14$  伏。

$$\frac{U_B}{U_F} = \frac{14}{0.7} = 20 > 18. \text{ 可以满足变形丝机工艺要求。}$$

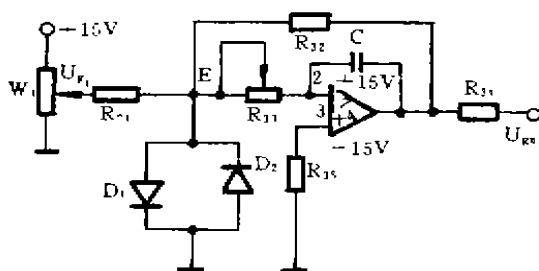


图 5 斜坡发生器电路图

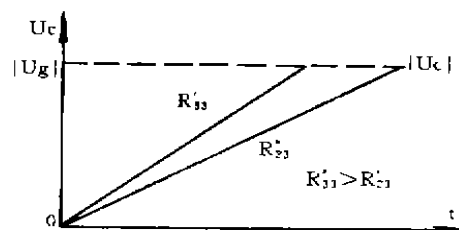


图6 斜坡发生器输出特性

### 4.3 双闭环调速系统

这里采用双闭环调速系统是由电流做内环,电压反馈做外环。实际上是电压负反馈与电枢电流正反馈之和来替代速度反馈,见图 7-12-13、14。

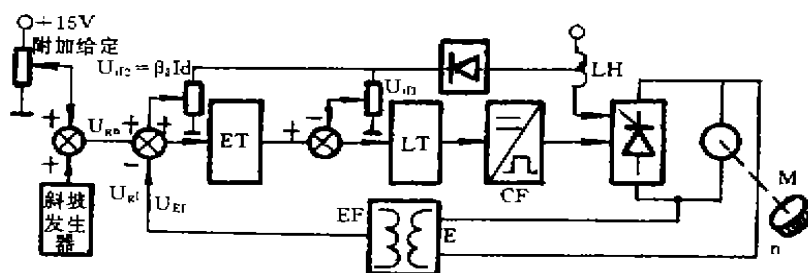


图 7 双闭环调速系统

### CF 触发电路

### LT 电流调节器

LH 电流互感器

### ET 电势调节器

### EF 电压隔离反馈电路

按成纱工艺要求,根据斜坡发生器特性可知,在稳态以后, $U_{gn_1} = |-U_{e_1}|$   $U_{gn_2} = |-U_{e_2}|$   
 $U_{gn_3} = |-U_{e_3}|$   $U_{gn_4} = |-U_{e_4}|$ 。

双闭环调速系统在稳态以后。

$$\begin{aligned} U_{gn_1} &= \frac{n_1}{K_1} = \frac{V_1}{K_1} & U_{gn_2} &= \frac{n_2}{K_2} = \frac{V_2}{K_2} \\ U_{gn_3} &= \frac{n_3}{K_3} = \frac{V_3}{K_3} & U_{gn_4} &= \frac{n_4}{K_4} = \frac{V_4}{K_4} \end{aligned}$$

$n_1 \sim n_4$  为电机  $M_1 \sim M_4$  的转速,  $V_1 \sim V_4$  为罗拉上线速度,  $K_1 \sim K_4$  为放大倍数。由于使用的相同的双闭环调速系统,所以  $K_1 \sim K_4$  是相同。由于  $U_e$  相同,经过跟踪放大后使  $W_1, W_2, W_3, W_4$  的输入也相等。这样调电机速度比完全变成调多圈电位器的比了。如  $n_1 = 4n_3$ ,则调电位器  $W_1, W_3$  使之  $U_{e_1} = 4U_{e_3}$ ,这样保证了 1" 电机对 3" 电机的超喂为 300%,其超喂率为:

$$\begin{aligned} \frac{n_1 - n_3}{n_3} &= \frac{4n_3 - n_3}{n_3} = \frac{\frac{4U_{gn_1}}{K_1} - \frac{U_{gn_3}}{K_3}}{\frac{U_{gn_3}}{K_3}} = \frac{4U_{gn_1} - U_{gn_3}}{U_{gn_3}} \\ &= \frac{4U_{e_1} - U_{e_3}}{U_{e_3}} = 300\% \end{aligned}$$

同样方法可以实现 2" 电机对 3" 电机的超喂。

如  $U_{e_2} = 1.3U_{e_3}$ ,则

$$\frac{n_2 - n_3}{n_3} = \frac{\frac{n_2}{K} - \frac{n_3}{K}}{\frac{n_3}{K}} = \frac{U_{gn_2} - U_{gn_3}}{U_{gn_3}} = \frac{1.3U_{e_2} - U_{e_3}}{U_{e_3}} = 30\%$$

这样保证了稳态速度成比例。

同样也可用斜坡发生器调  $R_{33}$  (见图 5),使它们保证超喂要求下调升速时间,使之从某一稳定值成比例升到最大值即可。当调好  $U_{e_1}, U_{e_2}, U_{e_3}, U_{e_4}$  的比例以后,则按成纱的不同速度调  $U_e$ 。这样可以保证从零到最高速同步增加,满足变形丝机工艺车速要求。

如果希望通电时要求电机工作在某一低速时,则可以用  $W_{t_1}, W_{t_2}, W_{t_3}, W_{t_4}$  微调即可。

$K_1, K_2, K_3, K_4$  为脉冲封锁开关。如果生产平行纱,则  $K_2$  关闭,  $M_1, M_3, M_4$  电机工作。利用  $K_1 \sim K_4$  可以很方便地选择四台电机运转的不同组合。

变形丝机电气控制系统完成以后,运转稳定可靠,完全可以实现启动、升降速、恒速以及按比例同步要求。变形丝实验室的研究,实验人员均较满意。

以上仅仅为一绽纱的生产,其实还可以做成四绽纱或 12 绽纱生产用机。由于每绽负载很小,可以把双闭环调速系统改为体积更小,每绽只用一个控制板就可以了。既经济又灵巧。

## 参 考 文 献

- 1 迟德玲等. 平行纱和包芯纱性能研究及工艺优化. 山东纺织工学院学报, 1991 年 9 月第 3 期
- 2 孙燕朴, 郝志刚. 史英侃分电源用电势电流双闭环调速系统. 山东纺织工学院学报, 1994 年 12 月第四期
- 3 孙燕朴. 多电机同步调速系统的基本单元. 纺织学报, 1994 年 5 月第 5 期
- 4 孙燕朴等. 多电机同步调速电势反馈电路. 山东纺织科技, 1993 年第 4 期