

K251型丝织机经丝张力机电调节器的研究

钱寿清 夏业骏

(苏州丝绸工学院)(辽宁省丝绸公司)

【提要】 本文以K251型丝织机为例,分析了半积极式自动调节送经机构的原理。运用自动控制原理,论证了该种丝织机调节系统所存在的问题,提出并研制了机电调节式送经机构改进的实验装置。

一、机电调节器的提出与组成

根据对 K251 丝织机送经机构的动态特性分析,我们看到了完全由机械传动装置构成的自调机构的局限性。为了进一步控制织造过程中经丝张力的大小与均匀,本文研究了经丝张力机电调节器。

在织造过程中,送经量与经丝张力可通过多种途径来进行电测与记录,同时可将此信号经过运算处理,并与一基准信号(给定值)作比较,所得差值再进行放大,然后推动力矩电机,传动执行机构,调节送经量,以

保持送经量与动态张力的均匀稳定。这就是我们设计制作的经丝张力机电调节器的基本工作原理。

全电路由运算放大器、差动放大器和互补对称H型电路组成。

运算放大器采用线性组件 F007 (5G24) 组成前置放大级,其选用的级数视调节系统的需要而定,比较灵活,将在后面分别介绍。

中间放大与推动级是由两级差动放大器构成,如图1。为了进一步提高电路的共模抑制比,由BG₃、R₇、R₈、D_w组成晶体管恒流源。

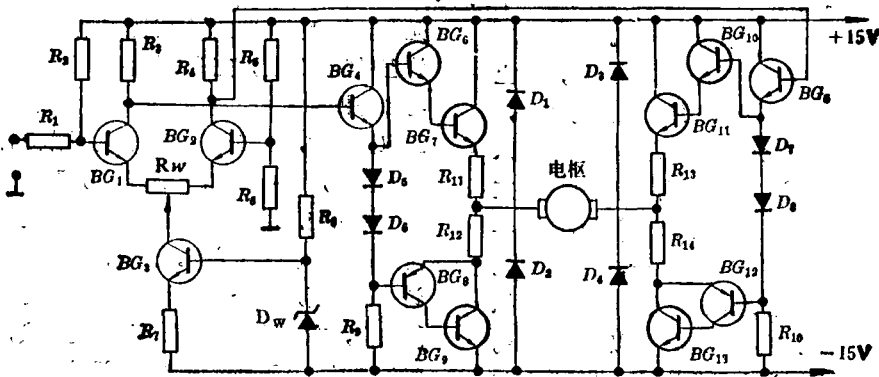


图1 推动级与功放级电路原理图

功率放大输出级由八只晶体管BG₆-BG₁₃二二复合组成两个互补对称电路,而力矩电机电枢则接到这两个电路的输出端,组成H型电路。

图2是H型电路的工作原理示意图。当

A端电位上升B端电位下降时,BG₁和BG₄导通,电流沿图中实线流过电枢,产生正向力矩,电机正转;反之电流沿虚线流过电枢,电机则反转;A、B等电位时电机不转。在刚接通电源时,流过电枢电流较大,

这就要求管子能通过较大的瞬时电流以保证快速起动。在突然断电时，电枢绕组电感又将感应出较高的电压，这就要求管子有较高的耐压。本电路选用四只3DD66C大功率管分别与3DG27、3CK9C中功率管复合组成桥路，同时选用四只2CZ11B，如图2中 D_1-D_4 ，并接在大功率管输出端以保护其不致击穿。

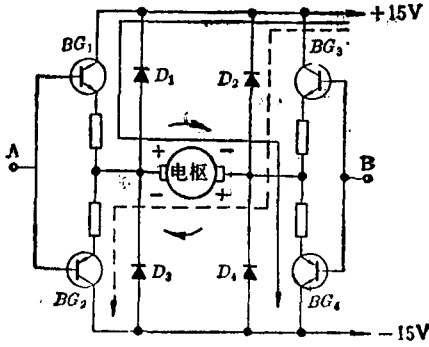


图2 桥式输出电路原理图

摆过一定角度。由此看出，送经量均衡时，后梁应不作定向摆动，而在某一平衡位置作微小振动。据此，可以利用使后梁位置稳定的措施来达到送经量的稳定。

我们用滑线电位器来取出后梁的位置信号，并给定一起始位置，当送经量失调致使后梁有偏离给定位置的时候，经过机电调节器的调节，能迅速校正送经量，迫使后梁恢复到起始位置。这样构成的调节器又称为送经量调节器，其调节过程如下：

经丝送出量↑→后梁向机后摆动→力矩电机反转→调节块↓→摇杆的摆角↓→棘轮回角度↓→经丝送出量↓

同样可以推得由于某种原因送经量减少时，通过调节器的负反馈会使送经量增加。

相应的前置放大级如图4所示，由一级运算放大器F007B组成。后梁偏离给定位置的信号由滑线电位器 R_{W1} 检出后，携同其被微分后的信号同时送入运放的2端。运放的3端通过电阻 R_7 接到微调电位器 R_{W2} 的中心轴头。 R_{W2} 的二端通过电阻 R_3 、 R_4 分别接到电源的正、负端，能在一定范围内调节后梁的起始位置。显然，本级实际构成一比例微分放大器。另外，本处微分电容用二个电解电容 C_1 、 C_2 反相串接，是为了避免使用单一电解电容时，由于其具有的极性而造成的较大的反向漏电流。二个反相串接的二极管 D_1 、 D_2 组成双向限幅器，限制在运放输入端产生过强的输入信号。

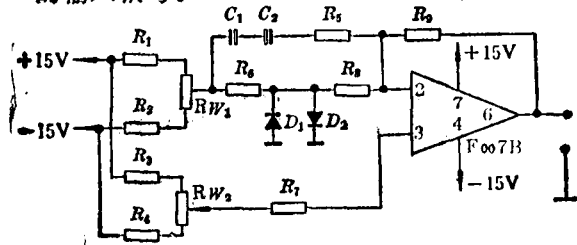


图4 送经量调节器电路的前置放大级

张力调节器的机械执行机构如图3所示。力矩电机1带动一对锥形齿轮2，可使安装在摇杆内的丝杆3作双向转动。套在丝杆上的两个调节滑块，其滑块4有内螺纹，由丝杆的转动使其在滑槽中作上下运动，完全由输入信号通过力矩电机直接控制。另一个滑块5没有内螺纹，可与钓鱼杆连接，构成原有纯机械调节机构，其目的是用来与前者作对照比较。

图3 机械执行机构示意图

二、送经量调节器的自调特性

K251型丝织机送经调节机构，已在前文（见《纺织学报》1983年第4期）分析过，在织造过程中，倘若送经量不足时，后梁就会向机前摆过一定角度，直至送经量与卷取量平衡为止。反之，送经量过多，后梁则向机后

整个系统的自调元件方块图如图5所示。

各个环节的传递函数分别表示如下：

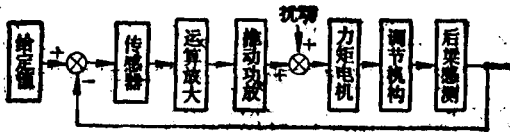


图5 送经量调节器系统元件方块图

- 传感器 $G_1 = K_1$
- 运算放大 $G_2 = K_2(TS + 1)$
- 推动功放 $G_3 = K_3$
- 力矩电机 $G_4 = K_4 / (T_M T_E S^2 + T_M S + 1)$

调节机构 $G_5 = K_5 \gamma / S$

后架感测 $G_6 = K_6$

其中: $K_1 \sim K_6$ 是比例常量, T 是微分时间常数, T_M 和 T_E 分别为力矩电机的机电时间常数与电磁时间常数, S 为拉氏变换的参量、(复变数), γ 为补偿系数。

于是可以画出送经量调节器系统传递函数方块图, 如图6所示。

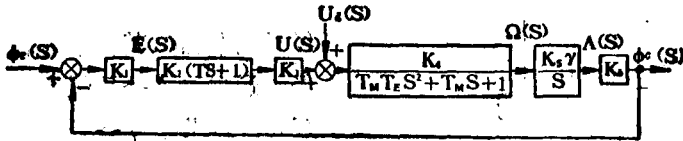


图6 送经量调节器系统传递函数方块图

据图6, 可得到系统输出量相对于扰动的闭环传递函数 $W_d(S)$:

$$W_d(S) = \frac{\phi_c(S)}{U_d(S)} = \frac{K_4 K_5 K_6 \gamma}{S(T_M T_E S^2 + T_M S + 1) + K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \gamma (TS + 1)} \quad (1)$$

相对于扰动的静差:

$$e_{dy} = \lim_{S \rightarrow 0} W_d(S) = \frac{1}{K_1 K_2 K_3}$$

因此, 只要适当选择放大系数 K_1 、 K_2 、 K_3 , 使其乘积足够大, 即可使扰动静差足够小。

同样, 据图6还可以得到输出相对于给定输入的开环传递函数 $G_0(S)$:

$$G_0(S) = \frac{K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \gamma (TS + 1)}{S(T_M T_E S^2 + T_M S + 1)} \quad (2)$$

相对于给定值的位置静差:

$$e_P = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{1}{1 + G_0(S)} = 0$$

上述结果表明, 本送经自调系统是没有静差的。

为了同原机械送经调节系统作比较, 又进行了实测。图7(a) 是原系统在送经量偏大而使摆架向机后摆过一定角度时, 引起经丝张力变化的测试曲线。在测试全过程中, 摆架由平衡位置向机后摆过了 35° , 实测上

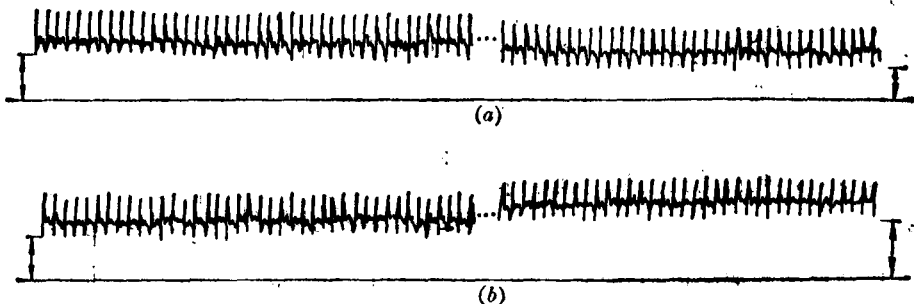


图7 经丝张力随摆架摆动而变化的测试曲线 (图中略去了间断处的一段张力曲线)

机张力下降了约33%。图7(b)是在送经量偏小而使摆架向机前摆过一定角度时, 引起经丝张力变化的测试曲线, 在测试全过程中, 摆架由原平衡位置向机前摆过 5° , 上机张力

上升了约35%。

由于送经量调节器系统控制了摆架的平衡位置, 可以得到比较均匀的经丝动态张力。

实验表明, 这种送经量调节器性能稳定

可靠,比原有机电调节器有下述明显优点:

1. 能稳定后梁的位置,从而也稳定了上机张力。

2. 由于织轴半径变化而产生的送经量的变化,在此同样得到调节,故可省去另一套感测织轴半径变化而调节送经量的机构。

3. 由于机电调节器调节性能原则上不受机构尺寸影响,故对织机往大卷装、短机身方向发展创造了有利条件。

因为 K251 织机是通过棘轮棘爪推动经轴送经的,故其送经量的改变实际是阶跃式的。如若改成连续传动式,则送经量必定更趋均衡。由此提出了以后梁摆动作为调节信号,通过机电自调系统以均衡送经量及张力的新途径。

三、经丝张力调节器的自调特性

为了研究对动态张力的调节与控制,我

们用经丝张力传感器,将所得应变信号送入 Y6D-3 动态应变仪放大,放大后的动态张力信号一边送入 SC-16 光线示波器监测,一边送入运算放大系统进行预处理,然后经力矩电机迅速传动调节块,以根据张力波动来控制送经量。

相应的前置放大级如图 8 所示,由三级运算放大器组成:第一级单起放大作用,调节电阻 R_{W1} 的大小,可控制输入信号的增益;第二级实质构成一个减法器,将输入信号与给定值进行比较,输出放大的差值信号;第三级构成一个微分器。微分器的作用有两点,首先由于微分作用使输出信号比输入信号相位超前,这对执行机构由于传动部件造成的相角滞后有补偿作用;其次,也正是由于微分缘故,本级对常量输入的微分结果为零,所以对于任何原因引起的停机,都能自动停止调节作用而不会产生误动作。

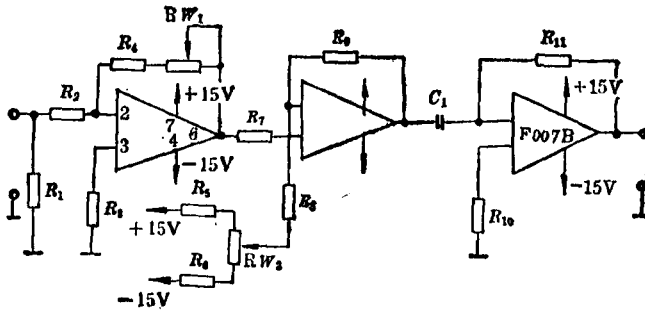


图 8 经丝张力调节器电路的前置放大级

这时,整个系统自调元件方块图有所变化,见图 9。

各个环节的传递函数列出并求得如下:

- 应变仪 $G_1 = K_1 = 0.5$
- 运算放大 $G_2 = K_2 S = 17.5 S$
- 推动功放 $G_3 = K_3 = 6$
- 力矩电机 $G_4 = K_4 / (T_M T_E S^2 + T_M S + 1) = 1.5 / (T_M T_E S^2 + T_M S + 1)$
- 调节机构 $G_5 = K_5 \gamma / S = 0.0023 \gamma / S$
- 传感器 $G_6 = C$

据此,可以画出张力自调系统传递函数

的方块图,如图 10 所示。

$$K = CK_1 K_2 K_3 K_4 K_5$$

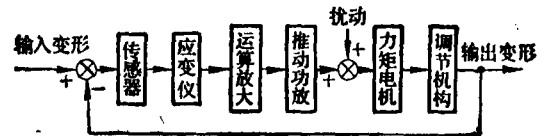


图 9 经丝张力调节器系统元件方块图

$$K = 15.24 \times 0.5 \times 17.5 \times 6 \times 1.5 \times 0.0023 = 2.76$$

由此,我们得到系统开环传递函数 $G(S)$ 及闭环传递函数 $W(S)$:

$$G(S) = K \gamma / (T_M T_E S^2 + T_M S + 1) \quad (3)$$

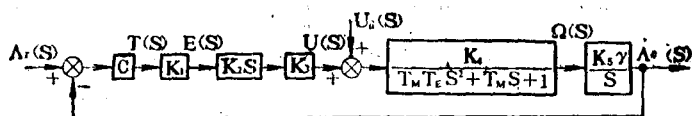


图10 张力调节器系统传递函数方块图

$$W(S) = \frac{A_o(S)}{A_r(S)} = \frac{K_0}{1 + \frac{T_M}{1+K\gamma} S + \frac{T_M T_E}{1+K\gamma} S^2} \quad (4)$$

$$\text{式中: } K_0 = K\gamma / (1 + K\gamma) \quad (5)$$

由上可知, 系统仍是一个二阶系统, 其自然频率

$$\omega_n' = \sqrt{\frac{1+K\gamma}{T_M T_E}} \quad (6)$$

实际使用的力矩电机其机电时间常数 $T_M = 26.2$ 毫秒, 其电磁时间常数 $T_E = 2.0$ 毫秒。

$$\therefore \omega_n' = \sqrt{\frac{1+2.76 \times 0.018}{26.2 \times 2.0 \times 10^{-6}}} \approx 141.5$$

$$\text{阻尼比 } \zeta' = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_M}{T_E(1+K\gamma)}} \quad (7)$$

$$\zeta' = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{26.2}{2 \times (1+2.76 \times 0.018)}} \approx 1.8$$

由于 $\zeta' = 1.8 > 1$, 故系统属于过阻尼非振荡型, 不再会振荡, 系统过渡过程呈飞升曲线趋向稳定。

由于自然频率大大提高, 新调节系统的自调特性大为改善, 当实际车速 $\omega = 19.63$ 时, $\omega/\omega_n' \approx 0.14$, 可求得相角

$$\angle W(S) = -\text{tg}^{-1} \frac{2 \times 1.8 \times 0.14}{1 - (0.14)^2} = -27^\circ$$

计算说明, 系统输出滞后输入 27° , 是具有自调特性的负反馈系统。

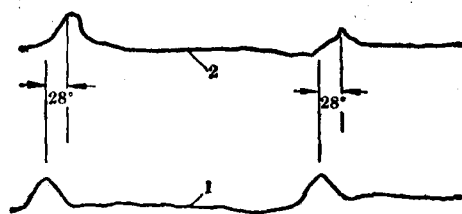


图11 经丝张力与滑块运动对照图

1-张力曲线; 2-滑块运动曲线。

图11是实测张力曲线与滑块运动曲线的对照比较, 从图中可以看到, 滑块随着张力增大而向上运动, 增加经丝的送出量, 达到预期效果。

从上述分析中可以看出, 机电调节系统自然频率几乎不受织轴直径大小的影响, 而原有机电调节系统实际由满轴到了轴时, 由于 γ 值变小的缘故, 自然频率还要随着下降, 动态调节性能更差。

本调节系统尚存在增益不足的问题。由(5)式可算出增益 K_0 的数值:

$$K_0 = \frac{2.76 \times 0.018}{1 + 2.76 \times 0.018} \approx 0.047$$

这个增益 K_0 值很小, 而 K_0 值小时必然会加大系统的静差, 使调节精度变差。

若要提高 K_0 值, 一是要提高 K 值, 二是要提高 γ 值。要提高 K 值, 除了改变某些机械尺寸外, 就得选用较高电压的直流电机, 这既不经济又不现实, 因此 K 值受电机电压限制而不可能提高, 只能提高 γ 值。

张力调节器 γ 值小的原因, 在于张力信号是通过调节滑块并经一系列传动部件来改变织轴送经量的, 机构复杂而又得不到较宽的调节范围。因此, 如果不用滑块机构, 选用合适的电机及与之相应的传动机构来直接控制织轴的送经运动, 便能使 γ 值大大提高, 而且还会消除由滑块到织轴间机械传动的滞后。

四、结 论

K251 型丝织机的半积极式送经调节机构虽能自动调整送经量, 但在整个织造过程中调节量不均衡, 因此而产生的后梁摆动造成了上机张力的波动。理论和实验表明, 这类机械式调节装置对动态张力不能自调, 应

加以改造。

通过对两种机电调节器（送经量调节器及经丝张力调节器）的实验及理论分析，证明了机电调节系统对于送经量的调节效果好，能够控制后梁位置，同时也稳定了上机

张力，而原则上不受卷装大小及机身長短的限制。机电调节系统可以大大提高调节系统的自然频率，组成合理的负反馈自调系统，使送经量均衡，动态张力均匀，能为设计新机及改造老机提供方向及途径。