

应用计算机仿真技术进行 引进染整设备的研究

王强如

(天津纺织工学院)

陆曦

(天津纺织工业学校)

【摘要】 本文介绍应用计算机仿真技术分析、研究引进染整设备的方法与具体应用，对染整电气同步系统的稳定条件、仿真模型及仿真结果作了详尽地论证和讨论。

一、引言

为了深化引进设备的消化研究，进一步推广应用国外的先进技术，本文介绍应用《控制系统仿真及CAD绘图软件》^{[1][2]}对引进设备

的电气同步系统进行分析，研究的方法与应用实例。该软件可用多种算法对被研究系统多次改变参数仿真，自动绘制仿真曲线族图。以下仅以引进染整设备短环烘干机为例，推导其传递函数，论证稳定条件并在IBM-PC微机上

进行计算机仿真。

二、工艺流程及电气原理

从日本引进的SST短环烘干拉幅定型机为一直流调速系统，进行树脂整理时，织物经1号轧车浸轧树

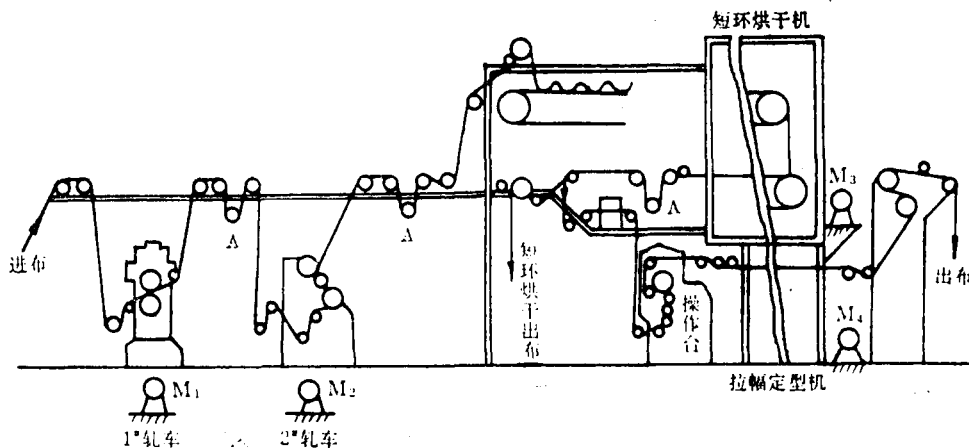


图1 短环烘干拉幅定型机工艺流程示意图

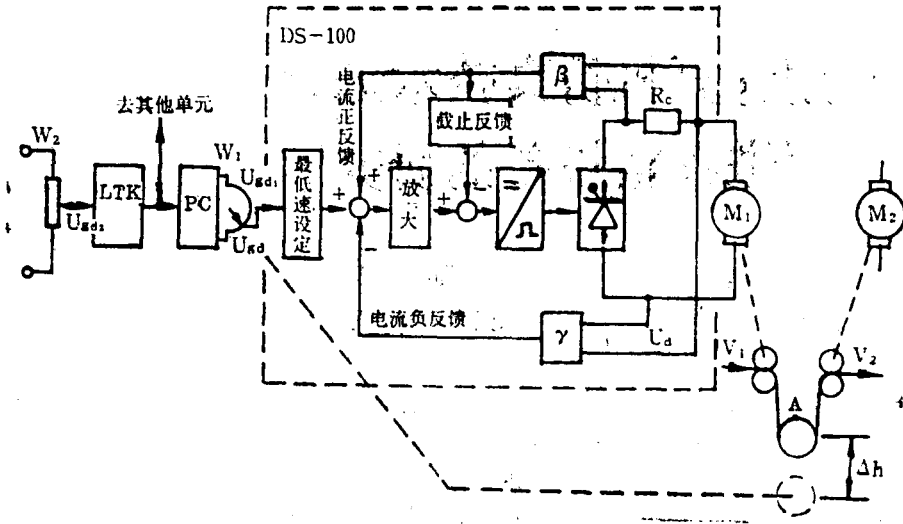


图2 同步系统原理框图

脂初缩体液后进入短环烘干机预烘，然后进入拉幅定型机高温处理。根据工艺要求，电气传动系统应保证轧车、短环烘干及拉幅定型各单元既能单独运行，也能使联合机同步运行，因而各单元机之间设置了速度协调装置A。

现以轧车、短环烘干机组为例说明其同步原理。该机组由三台单元机组成，其中一台为主令机，其余为从动机。运行中从动机随主令机同步运行。图2为两台单元机的同步系统原理框图，其中M2为主令机，M1为从动机。调节电位器W2可改变总的速度给定 U_{gd2} ，LTK给定积分器将阶跃输入转换为斜坡信号送到各单元机的隔离变换器PC。当两台单元机出现线速度差时，装置A的调节辊产生位移，通过传动装置改变变阻器W1的滑臂位置，从而改变从动机M1的给定电压 U_{gd1} ，调节其电枢电压及转速，使之与M2同步。

三、单元机及装置A调节辊的传递函数

1. 单元机的动态结构图及化简

由图2可知单元机M1具有电压负反馈加电流正反馈的变流控制装置(DS-100)。单元机M2及M3也配有类似的控制装置，但元件参数不同。根据图2推导出单元机的动态结构图如图3-(a)。忽略可控硅小时间常数 T_s 并

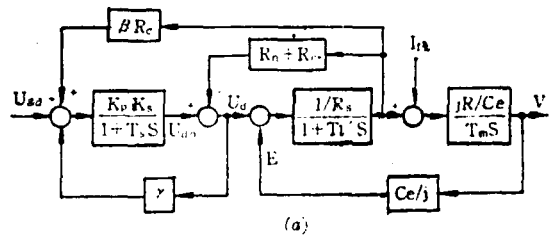
令 $I_{fs} = 0$ ，可简化为一典型二阶系统图3-(c)。图3中各参数分别为：

R, L ——电枢回路总电阻及总电感， $R = R_n + R_s + R_c$ ， R_n, R_s, R_c 分别为电源内阻，电枢电阻及电枢串接电阻；

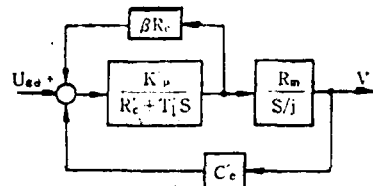
K_p, K_s ——分别为放大器及可控硅放大倍数；

β, γ ——分别为电流及电压反馈系数；
 K ——电压环开环放大倍数 $K = K_p K_s \gamma$ ；
 T_i, T'_i ——电磁时间常数， $T_i = L/R$ ， $T'_i = L/R_s$ ；
 T_m, C_e, j ——分别为机电时间常数，电机电势系数及转速/线速度变换系数。

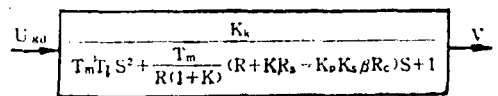
图3-(b)及(c)中各符号分别为： $K'_p =$



(a)



(b)



(c)

图3 单元机结构图及化简

- (a) 单元机结构图；
- (b) 简化后的单元机结构图(忽略 T_s ，令 $I_{fs} = 0$)；
- (c) 单元机的闭环传递函数(忽略 T_s)。

$(K_p K_s) / [R_s(1+K)]$, $R'_0 = 1 + (R_n + R_c) / [R_s(1+K)]$, $R_m = R / (C_s \cdot T_m)$, $C'_s = [C_s(1+K)] / (jK_p K_s)$, $K_k = jK_p K_s / [C_s(1+K)]$.

简化后的单元机为二阶系统,其特征方程:

$$T_m T_i S^2 + \frac{T_m}{R(1+K)} (R + K R_s - K_p K_s \beta R_c) \times S + 1 = 0$$

对照标准形式 $T^2 S^2 + 2\xi TS + 1 = 0$ 得 $T = \sqrt{T_m \cdot T_i}$, $\xi = \sqrt{\frac{T_m}{T_i}} \frac{(R + R_s K - K \beta R_c / \gamma)}{2R(1+K)}$.

由二阶系统的稳定条件求得单元机的稳定条件为 $R > K_p K_s \beta R_c - K R_s$, 而单元机的静态全补偿条件为 $R = K_p K_s \beta R_c - K R_s$, 因此临界稳定条件就是全补偿条件^[3].

2. 调节辊的传递函数

由图 2 可知 M1 及 M2 两单元机的速度差 $\Delta v = v_1 - v_2$, 装置 A 调节辊位移 Δh 为:

$$\Delta h = \frac{1}{2} \int \Delta v dt$$

对上式两边取拉氏变换可得调节辊的传递函数 $\Delta h / \Delta v = 1 / (2S)$

如前所述, 调节辊位移 Δh 使变阻器 W_1 产生调节电压 Δu , 它们之间的传递函数为:

$$\Delta u / \Delta h = K'$$

K' 为位移-电压变换系数.

四、同步系统动态分析及计算机仿真

1. 抗扰过程及同步系统的稳定条件

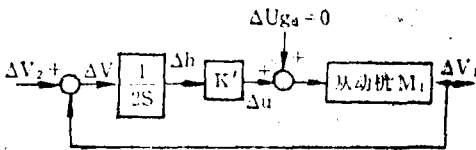


图 4 同步系统抗扰结构图

图 2 所示同步系统的抗扰过程结构图见图 4。同步系统稳定运行时 U_{ga} 为一定值, 因此 $\Delta U_{g1} = 0$, 假定由于主机电速度变化而出现扰动 Δv_2 , 令 Δv_2 为阶跃量, 通过图 4 的结构可求得 Δh , Δu 及 Δv_1 的调节过程。在进行计算机仿真以前, 首先应求得系统的动态稳定条件。

图 4 中的从动机传递函数以 (3-(c)) 简化后的二阶系统代入, 得到从动机同步系统的闭环传递函数:

$$W_{\Sigma}(S) = (K' K_k) / (2T^2 S^3 + 4\xi T S^2 + 2S + K' K_k)$$

其特征方程为:

$$2T^2 S^3 + 4\xi T S^2 + 2S + K' K_k = 0$$

根据代数稳定判据, 同步系统稳定的充分必要条件是:

$$K' < 4\xi / (T K_k)$$

$$R > K_p K_s \beta R_c - K R_s \text{ (单元机稳定条件)}$$

根据已知参数(从略)求得从动单元机的阻尼系数 $\xi = 0.676$, 可知从动单元机是稳定的, 而 $K_k = 8.417$, $T = 0.1483$, 因此 $K' < 6.85$, 即从动机同步系统的临界稳定条件为 $K' = 6.85$.

上述分析表明, 在保证单元机稳定的前提下, K' 是影响同步系统稳定性的关键参数, 可通过计算机仿真合理选择 K' 的值。

2. 抗扰过程的计算机仿真

用仿真软件^[2]对图 4 所示系统(图中的从动机采用图 3-(b)的简化结构), 分别改变参数 $K' = 6.3, 4.0, 2.0, 1.25, 0.7$, 取阶跃输入 $\Delta v_2 = 10$ 进行 5 次仿真, 绘制同步系统 Δh , Δu 及 Δv_1 的抗扰波形图如图 5、图 6 及图 7 所示。上述图中曲线 1, 2, 3, 4, 5 的 K' 值分别为 6.3, 4.0, 2.0, 1.25 及 0.7, $K' = 6.3$ 的曲线接近等幅振荡, 说明仿真结果与理论计算是一致的。

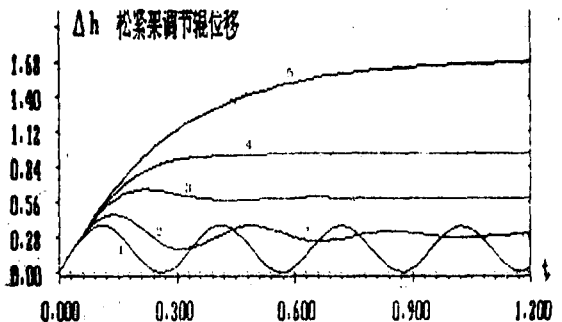


图 5 同步系统 Δh 抗扰仿真曲线

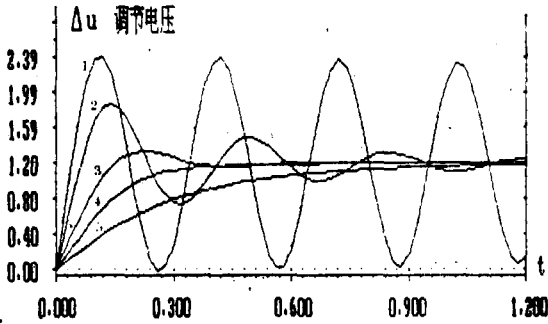


图 6 同步系统 Δu 抗扰仿真曲线

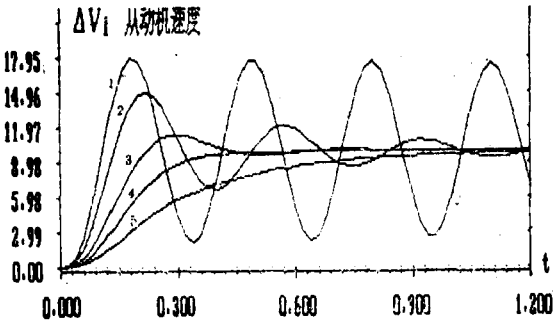


图 7 同步系统 Δv₁ 抗扰仿真曲线

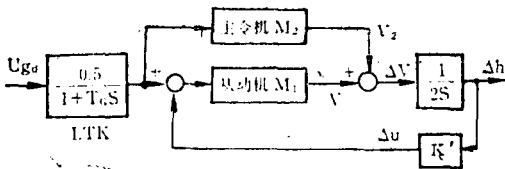


图 8 同步系统启动过程结构图

3. 同步系统的启动过程及计算机仿真

同步系统(M1和M2)的启动过程结构图如图8,其中以惯性环节近似LTK装置。篇幅所限,启动过程仿真结果请参见资料[1]的例10-5及例10-6。

五、讨论

应用计算机仿真对引进设备进行分析、研究是一项十分复杂而科学性极强的工作。首先要根据现有的图纸、资料和对设备现场的实测数据构成系统的原理框图,然后在此基础上建立系统的数学模型。在数学模型的建立中可作某些简化和省略,但必须有一定的科学依据。

如本文中忽略小时间常数 T_s ,是为了将同步系统简化为三阶系统,以便应用稳定判据求取系统的稳定条件,为仿真和现场调试提供一个可靠的依据。在控制理论和控制系统的应用中是允许简化和忽略的^{[8][14]}。数学模型建立以后,要根据选择的仿真算法和程序建立相应的仿真模型,并在计算机上进行仿真计算。最后应对仿真结果进行综合考察与分析。

单元机稳定是保证同步系统稳定的前提,合理选择和调整单元机的阻尼比 ξ ,既保证同步系统有足够的稳定余量,又可使调节装置有较大的调节范围。

单元机经调试达到稳定后,参数 K' 的值成为影响同步系统动态特性的关键。综合考察不同 K' 值的仿真结果,可求得较合适的 K' 值。一方面, K' 值越大,各环节的响应曲线振荡程度增大, Δv_1 的跟随性能变差,当 K' 值接近临界值时,曲线呈等幅振荡。很显然,为保证同步系统稳定运行并有较好的跟随性能应选取较小的 K' 值。另一方面, K' 值越小,调节棍的稳态位移 Δh 越大(图5),这意味着系统重新稳定后调节棍将远离中间位置。为使调节棍不要偏离中间位置太远,选择 K' 值则不宜太小。综合考虑上述两个方面,以选择 $K' = 2 \sim 4$ 为宜。

不忽略 T_s ,即单元机按图3-(a)的结构对同步系统进行仿真,其仿真曲线的基本形态与忽略 T_s 相类似,只是出现等幅振荡的 K' 值略小于理论计算值。

本文虽仅分析了由单元机M1及M2组成的电气同步系统,但对M2与M3也可用同样方法进行分析、研究。除了电气系统,计算机仿真技术亦可广泛应用于其他工程系统和非工程系统。

参考资料

- [1] 王强如、李兰友编著,《计算机屏幕绘图与数字仿真》,天津大学出版社,1987年11月。
- [2] 王强如主编,《控制系统仿真及CAD绘图》

软件》，纺织工业部音像教材出版社，1992年6月。

[3] 陈伯时主编：《自动控制系统》，机械工业

出版社，1980年。

[4] 杨自厚主编：《自动控制原理》，机械工业出版社，1980年。