

XHJ-1型装置中的数据采集 在仿真技术实验中的应用

张作民 纪志成 张 平

陈 泓 洪殿翠

(无锡轻工业学院)

(清华大学自动化仪器厂)

摘 要

本文介绍 XHJ—1 型装置在仿真技术实验中的应用, 数字滤波和抑制干扰及减少误差的一些措施。

关键词: 接口装置; 仿真技术

0 前 言

目前, 微机控制及系统仿真技术在各学科领域内已得到了广泛应用, 美国普渡大学电气工程学院在前几年已建成了一座以微机为基础的直接数字控制系统实验室。多年来, 已先后研制成 XHJ—1接口装置、KFMX—1模拟伺服装置、mJx—1模拟机、PWM伺服调速装置等一系列实验设备, 对教学、科研起了一定的促进作用。在以微机为核心的微型数字模拟混合计算机系统中, 配以适当相应软件, 就可进行小型工程和工程系统的混合仿真。该系统可求解阶数不高的微分方程和偏微分方程, 非线性方程和变参数方程, 并可研究随机过程, 进行统计计算和系统参数寻优等工作。

由于模拟原理是以不同物理系统在数学描述上的相似性为基础, 模拟计算机所用硬件是线性集成运放组件, 所以采用以 Z—80 微机为核心的混合仿真系统, 可使系统具有多功能、系列化、模拟化、组合化、低功耗及小型化等特点。

图 1 及图 2 是以微机为核心的数字控制系统照片及框图。该系统的主要各单元为: Z80 单板机、模拟计算机、模拟伺服装置, XHJ—1 型数据采集接口装置, 打印显示系统等。

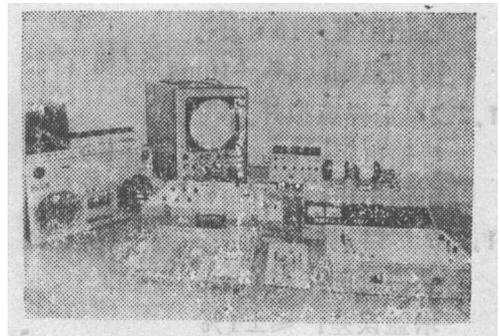


图 1 以微机为核心的数字控制系统照片

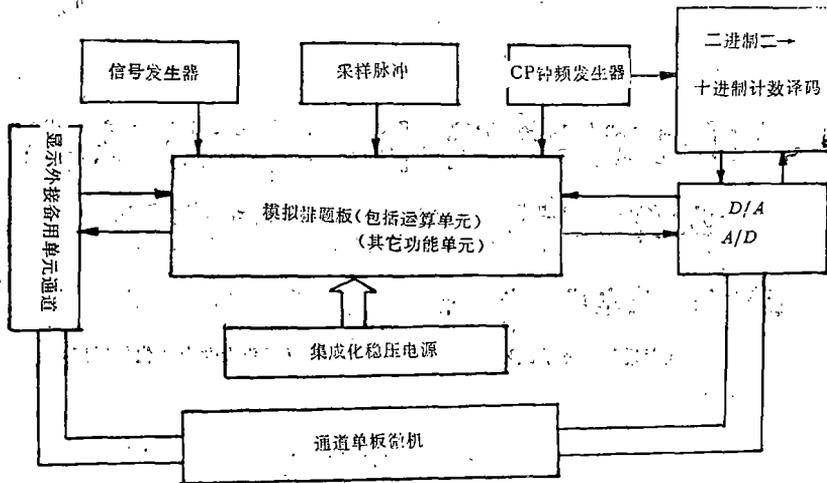


图2 微机数字混合仿真及伺服控制系统框图

1 XHJ—1型接口装置简介

XHJ—1型装置是用于小型模拟电子计算机和微型数字计算机之间信息交换的一种接口装置。将本装置与模拟机和TP801单板机配合使用，即是一种将模拟和数字，硬件和软件有机组合一体的小型混合计算机，是综合分析现代工程理论的实验设备，它适用于小型控制系统混合，仿真随机过程研究，参数寻优，数字控制系统等许多方面的研究。

XHJ—1型装置采用组合结构，共分6个组合单元。A/D转换器，D/A转换器，采样—保持单元，信号源，PIO扩充信息转换单位，稳压电源。其主要技术指标性能如下：

1.1 信号源

1.1.1 输出波形：三角波、方波、正弦波

1.1.2 频率范围：0.01Hz~1kHz

1.2 采样——保持单元

1.2.1 采样脉冲发生器

输出幅度：10V

周期范围：10s~10ms

1.2.2 采样模拟开关

导通电阻： $\leq 20\Omega$ ($R_L = 20K$)

导通电压： $\leq 10mV$ ($R_L = 20K$)

1.2.3 零阶保持器

获得时间： $\leq 1ms$

增益误差： $\leq \pm 1\%$

1.3 A/D转换器

采用ADC0809型与8通道8位微处理器兼A/D转换器

1.3.1 ADC0809主要性能

分辨率：8位

总运不可调误差: $\pm \frac{1}{2} \text{LSB} \sim \pm 1 \text{LSB}$

转换时间: $100 \mu\text{s}$

具有所有控度功能的8位模拟开关, 可对8路模拟电压分时进行转换

1.3.2 输入电压范围: $0 \sim +5\text{V}$

1.3.3 工作方式

联机工作方式: 由TP801单板机控制

分调工作方式: 人为选通任意通道进行A/D转换

1.3.4 显示 8路发光二极管显示8位输出数码值。

1.4 D/A转换器

采用2路DAC0832型与8位微处理器兼容D/A转换器。

1.4.1 DAC0832主要性能:

8位数字输入

电流稳定时间 $1 \mu\text{s}$

具有双缓冲, 单缓冲和直通数据输入3种工作方式

1.4.2 工作方式

联机工作方式: 由TP801单板机控制

分调工作方式: 人为设置8位数码进行D/A转换

1.4.3 显示 8路发光二极管显示输入数码状态。

1.5 PIO扩充——信号转接单元

本装置附一块Z80—P20芯片

转换单元: 由2根40芯平行导线的连接线, 将TP801单板机所有输入输出信息引入到转接单元, 然后经过转换送到A/D、D/A转换器运输入插口。

1.6 稳压电源

输入电压: 单相 $220\text{V} \pm 10\%$

输出电压: 稳压电压: $\pm 15\text{V} + 5\text{V}$

基准电压: $+5\text{V}$ 精度 $\leq 0.1\%$

2 XHJ—1小型混合机接口装置在仿真技术中的应用

以往, 在进行工程控制系统设计时, 先根据技术性能指标通过计算、分析及一些实验研究, 然后进行系统设计。由于所进行的实验设备及大多数工程控制对象十分复杂, 价格昂贵, 且进行实验时很不安全。因此, 利用数学模型来对实际对象进行仿真研究已获得广泛应用。我们先后利用本装置进行了双闭环调速系统的混合仿真, 多回路过程控制的仿真及对伺服调速系统的闭环控制, 另外还进行了PWM的伺服系统研究。

2.1 具有状态观测器的双闭环调速系统寻优问题仿真

线性定常系统的二次型最优控制问题是工程上较有实用价值的一种系统。不仅涉及二次型性能指标的最优或次优, 且应考虑到性能指标灵敏度及闭环极点配置等要求。这类问题基于状态方程是线性的, 且标函的状态变量与控制变量的二次型。这里, 不可能讨论基于二次型性能指标对线性系统进行全状态反馈的最佳控制器设计及最佳轨道仿真, 而只是用仿真

$$r_{nn}K = \begin{pmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \end{pmatrix} = 3 \quad \text{满秩}$$

故本系统能测

$$\text{又 } r_{nn}K[B \ AB \ A^2 \ B] = 3 \quad \text{满秩}$$

故本系统完全能控
系统的特征根

$$|SI - A| = (S + 588.2)[S(S + 20) + 302.64] = 0 \quad (3)$$

因为, 负载转矩在实际系统中不能测量, 但为了采用按扰动前馈控制 (M_f), 这是一个既能提高系统质量, 又能消除静态速降和扰动的影响, 达到消除静差, 压低超调、缩短动态恢复时间, 从而能获得很好的瞬态响应。

当 $M_f = 0$, 将 M_f 增广成状态就可以得到增广系统, 即

$$\begin{pmatrix} \dot{M}_f \\ \dot{n} \\ \dot{I}_d \\ \dot{U}_d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{375}{GD^2} & 0 & \frac{375}{GD^2}C_m & 0 \\ 0 & -\frac{Ce}{ReTe} & -\frac{1}{Te} & \frac{1}{ReTe} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{Ts} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_f \\ n \\ I_d \\ U_d \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{K_s}{Ts} \end{pmatrix} U \quad (4)$$

$$Y = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_f \\ n \\ I_d \\ U_d \end{pmatrix}$$

$$r_{nn}K \begin{pmatrix} A & B \\ C & C \end{pmatrix} = 4 \quad \text{满秩}$$

故系统是完全能观测的, 其常值负载扰动 \hat{M}_f 观测且必定存在, 则可得观测器方程为

$$\left. \begin{aligned} Z &= g_1 \frac{375}{GD^2} Z + g_1^2 \frac{375}{GD^2} n - g_1 \frac{375}{GD^2} C_m I_d \\ &= g_1 \times 1720.18 Z + g_1^2 \times 1720.18 n - g_1 \times 225.344 I_d \\ \hat{M}_f &= Z + g_1 n \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

其中 $G_1 = (g_1 \ 0 \ 0)$

考虑 M_f 观察器的极点配置, 选取 $\tau_D = GD^2/g_1 375$, 由于 $1/\tau_D$ 越大越好, 估值误差收敛到零将越快, 使部分鲁棒性好, 但由于 T_0 越小, g_1 就越大, 实现就越困难, 使观测器的频带宽噪声的干扰也就越严重, 所以, 此处对观测器的极点只是取稍负一些, 一般选取观测器的极点为1.5~3倍系统的主导极点, 在适当修改系统参数后, 此处选取 $1/\tau_D = 12.4$ 左右, $g_1 = -0.24$ 左右, 其中 g_1 是系数矩阵 G_1 中的元, 式(5)经拉氏变换后,

$$\left. \begin{aligned} (S - g_1 \frac{375}{GD^2}) Z(S) &= g_1^2 \frac{375}{GD^2} n(S) - g_1 \frac{375}{GD^2} C_m I_d \\ \widehat{M}_i(S) &= E(S) + g_1 n(S) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

考虑 τ_0, g_1 代入上式得:

$$\left. \begin{aligned} Z(S) &= [1/(0.08S + 1)](0.24n(S) + 1.28Id(S)) \\ \widehat{M}_i(S) &= Z(S) - 0.24n(S) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

取惯性环节电容量为 $2\mu f, \tau_0 = 0.08RC, R = 40K$

$$C_{on} = 0.47\mu f, \quad C_{oi} = 0.47\mu f$$

前馈装置 $\phi(S)$ 的选择, 使 M_f 对 n 的影响完全由 M_f 补偿, 则 n 只受给定信号 U_{gd} 的影响, 根据在常值扰动下, $\lim_{x \rightarrow \infty} y(t) = 0$ 的静态不变性原理, 选取 $\phi(S) = 0.46$ 。

图 4 为 M_i 观测器实际电路图。

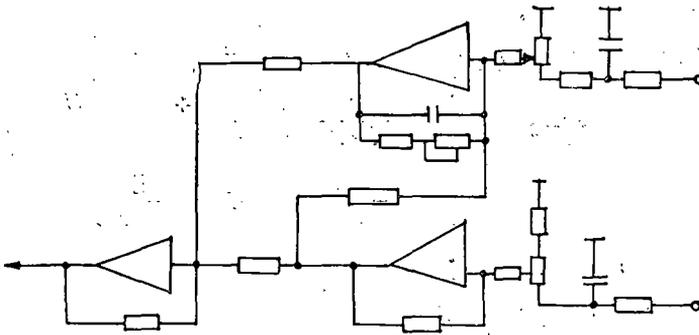


图 4 M_i 观测器实际电路图

图 5 为 M_i 观测器框图。

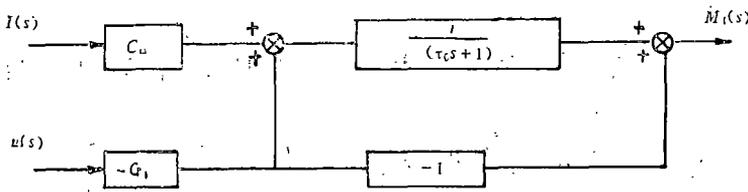


图 5 M_i 观测器框图

图 6 为不带微机控制的双闭环观测器系统总体结构框图。

根据上述分析, 按图 3 所示仿真排队, 在增加微机数字控制下进行了混合仿真。

图 7 为未加软件 PI 控制, 仅是利用 M_i 前馈的一种波形曲线。

在试验中发现, M_i 观测器电路对不同电机容量, 不同参数及不同方案的电气传动(包括随动系统)都是适用的, 至于用软件来代替观测器硬件的问题尚待作进一步的探索。

2.2 数字滤波的研究及抗干扰措施

数字滤波作为数字信号处理中的一种基本而重要的手段而经常得到应用, 对于提高系统

精度, 改进干扰的影响起了很大作用。作为数字滤波器的设计, 一般是对滤波器结构及参数

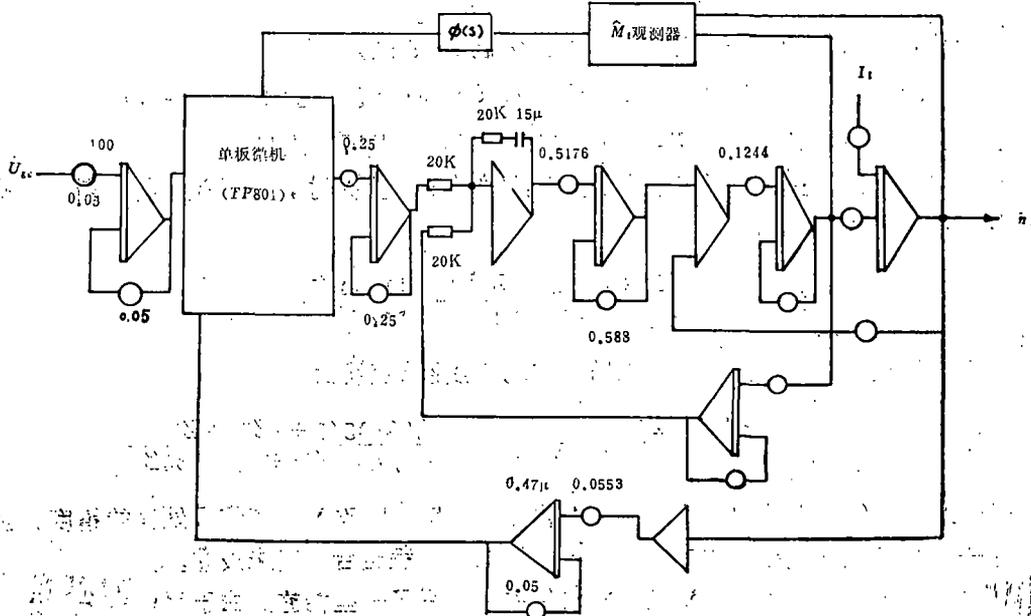


图 6 不带微机控制的双闭环观测系统总体结构框图

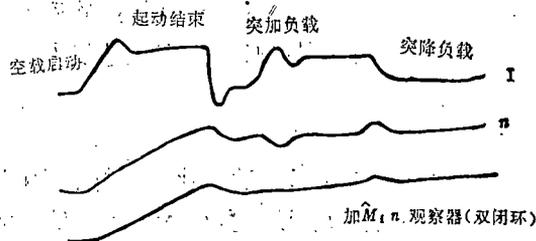


图 7 未加软件PI控制的 M_1 前馈波形曲线

寻找最优化设计, 实现手段有二种: 一种是数字电路硬件实现, 一种是软件实现。我们采用了后者, 在实现时, 首先要选择 A/D 转换采样速率, 我们采用 CTC 对 A/D 转换采样速率进行控制, 同时通过 CTC 发出中断请求, 控制程序节拍, 这种方法的优点是实现方便, 易改变采样速率。

CTC 根据程序设置的时间常数对微机主频进行分频得到所需采样频率去控制 A/D 转换, 在执行 CTC 中断服务程序时进行一次差分方程计算, 以得到一个新的输出, 下面给出一个二阶递归滤波的实用程序:

```

LD   H 20 TT
INA  (A/DD) 11 T
LD   L, A 4 T
LD   A, (HL) TT
}    第一次  $a_3 \times (n)$  共 29T
      (2000~20FF)

```

INC	H	4T	} 第二次查表共15T (2100~21FF)
LD	L	r 4T	
ADD	A,	(HL) TT	

以上程序,是按如下一个滤波器表达式编制的(8式)

$$Y(n) = \alpha_1 x(n-2) + \alpha_2 x(n-1) + \alpha_3 x(n) + \alpha_4 y(n-2) + \alpha_5 y(n-1) \quad (8)$$

5次查表共约 $29T + 4 \times 15T = 89T \approx 44.5$ 毫秒,本装置可满足。

我们参考文献[1],选用2个滤波器公式进行了一些探讨,一种是巴特沃斯低通滤波器的通用式经双线性Z变换后为:

$$H(Z) = \frac{0.11844 + 0.23689Z^{-1} + 0.11844Z^{-2}}{1 - 0.62337Z^{-1} + 0.13974Z^{-2}} \quad (9)$$

第二种是四阶数字滤波器,可分为二阶级联的双线性Z变换式:

$$H(Z) = \frac{0.08105(1 + 2Z^{-1} + Z^{-2})}{1 - 1.24258Z^{-1} + 0.60889Z^{-2}} \cdot \frac{0.08105(1 + 2Z^{-1} + Z^{-2})}{1 - 0.9733Z^{-1} + 0.26034Z^{-2}} \quad (10)$$

根据式(9)、(10)设计的滤波器,可用软件来实现,以改善系统信号处理的精度。必须指出,这一方面工作仅是在探讨中,如何与系统仿真过程结合,尚未成熟。

对本系统的抗干扰而言,我们在软硬件中皆采用了一些措施。由于目前所采用微机是用NMOS工艺制成,对静电感应很灵敏,当控制多路A/D转换时,应避免用于接触其它器件,最好采用屏蔽罩式或在屏蔽环中工作。对接地,我们将ADC0809中的AGND(模拟D)及DGND(数字地)两个端脚与整个系统的模拟地、数字地分别联接,然后再分别用铜皮接好,再将两种地接在一起,再终接住大地及波器地,但也必须考虑从地线参入过压的可能性,当然一般的RC滤波措施是很有必要的。

2.3 微机控制调速系统模拟

本例是用一台TP801单板机实现了电机起动、速度采样、PI控制及可控硅数字触发的控制。本工作分二步进行,首先是软件PI、硬件集成触发>KC-04组件SCR,然后,我们进一步研究了数字触发软件进行控制SCR系统。

系统各固有环节传函及PI传函为:

可控硅: $22/(0.001TS + 1)$

电动机: $E - I_d, 0.326/(0.05S + 1)$

$I_d - n, 225.2/S$

$C_e, 0.135$

RI传函 $K_1' + K_2'/S$

$K_2' = 56$ 采用周期1~2毫秒

$K_1' = 1.60$

速度环: $K_2' = 56.72$ 采用周期10~20毫秒

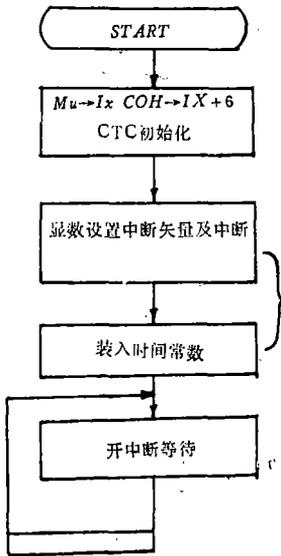
数字触发时: (1) 触发角 $\alpha = 120^\circ - \Delta\alpha$, $\Delta\alpha$ 与PI输出成正比

(2) CTC1 "0" 通定时,可将 α 角控制在 60° 之内,且采用16分频分标。

(3) 120° 对应的数字量416,实际用104(68H)

4、采用周期 $T = 3.3$ 毫秒

图 8 给出了全程序框图, 其它图略。



当系统仅是用软件PI调节, 从原理上说均为无差调节系统, 实际上系统的稳态精度取决于数字运算字长, 转换位数及检测元件精度, 我们采用带符号位双字节运算, 在取结果时, 将低 8 位舍去, 则最大误差 ± 1 , 对电流环给定值误差将为 0.160 安, 对 SCR 控制角约 0.724 的误差, 我们采用光电检测转速每 1000 个脉冲的光电脉冲发生器, 其转速分辨率为 ± 1 个脉冲/4 毫秒, 其对应的转速误差为 15 转/分, 相对值 1%, 使系统的最低转速受限制, 改善办法可采用脉冲计数或用光栅检测法, 在稳态运行时则采用周期测量方法解决。

作者对系统进行了稳定性分析。

电流环在采样瞬间, 其状态为:

图 8 程序框图

$$X[(k+1)T] = \begin{pmatrix} 0.97 & 0.001 & 0.04 \\ -58.70 & 0.84 & 79.8 \\ -0.026 & 0 & 0 \end{pmatrix} X(kT) + \begin{pmatrix} 0.066 \\ 127.6 \\ 0.056 \end{pmatrix} U_{R2}(kT) \quad (11)$$

$$|ZI - G| = \begin{vmatrix} Z - 0.97 & -0.001 & -0.04 \\ 58.0 & Z - 0.84 & -79.4 \\ 0.026 & 0 & Z - 1 \end{vmatrix} = 0$$

$$Z^3 - 2.81Z^2 + 2.68Z - 0.87 = 0 \quad (12)$$

由(12)式可知, 特征根的模均小于 1, 故电流环稳定。

对速度环在采样瞬间, 其状态方程有:

$$X[(k+1)T] = \begin{pmatrix} 0.9679 & 0.0083 & 0.6654 \\ -6.0257 & -0.6746 & 124.9 \\ -0.0038 & 0 & 1 \end{pmatrix} X(kT) + \begin{pmatrix} 4.791 \\ 899.3 \\ 0.567 \end{pmatrix} U_{gn}(kT) \quad (13)$$

$$|ZI - G| = \begin{vmatrix} Z - 0.9679 & -0.0083 & -0.6654 \\ 6.0257 & Z - 0.6746 & -124.9 \\ 0.0038 & 0 & Z - 1 \end{vmatrix} = 0$$

$$Z^3 - 2.6425Z^2 + 2.3479Z - 0.7007 = 0$$

所以系统特征根模均小于 1, 系统稳定。

致 谢

本课题得到郭国华、胡寿安、吴福民等同志的帮助,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 奥本海 AV. 数字信号处理. 科学出版社, 1983

The Application of Data Collecting of Xhj Unit In The Simulation Experiment

Zhang zomin Ji zhicheng Zhang pin et al

Abstract

This article introduces an application of XHJ Connection-unit in the simulation experiment, Digital-filter and some measures restrict disturbance and reduce errors.

Subjectwords, Connection unit, Simulation experiment