

辨识技术在经纬仪 控制系统设计中的应用

李 铁 香

摘要：本文利用MCS 51单片机构成了辨识系统，可采集系统的实际运行数据，通过通讯接口，传给IBM PC机，采用相关分析最小二乘两步法估计出未知系统的模型。对提高系统数学模型的精度，从而提高系统的控制精度具有很强的实用价值。本文还完成了数字调速系统的设计，并对Z域直接设计法进行了探讨。

一、引 言

我所对经纬仪控制系统的研究已有多年的历史，并积累了丰富的经验，设计水平在国内一直处于领先地位。但科学技术的发展与进步，对其性能指标提出了更高的要求。如何进一步提高系统的控制精度以适应这种新的需要，是我们当前所要解决的关键问题。

(1) 提高系统数学模型的精度。数学模型的建立是系统分析控制的基础，它的精度直接影响到系统的控制精度。目前系统辨识的方法已很成熟，应用也逐渐得到重视。它可以建立较准确的数学模型，作为系统设计的可靠依据，为计算机的控制应用奠定了基础，对于提高系统的控制精度有着不可忽视的作用。而我所仍采用传统的频率特性测试法。因此，本文把辨识技术引进到经纬仪控制系统的分析中，利用MCS 51单片机构成辨识系统，可适时采集系统的实际运行数据，通过通讯接口送给IBM PC机，用相关分析—最小二乘两步法进行辨识，可以得到较准确的数学模型，对于提高经纬仪系统的控制精度具有一定的实际意义。

(2) 设计方法的改进。近年来，计算机的引入，使系统的控制精度大幅度提高。但系统的设计方法，一般仍先按连续系统设计，然后再转换到Z域用计算机实现。但转换总存在一定的误差。因此本文在古典控制系统的设计方法向现代控制理论方法的过渡方面，作了初步尝试，对数字控制系统的设计方法进行了一些探讨。在辨识所得系统模型的基础上，采用了Z域根轨迹直接设计法进行设计，达到了满意的效果。

二、辨识算法原理

设单变量线性系统如图1。

$y(t)$ 是系统输出量的实际值

$n(t)$ 是干扰噪声。

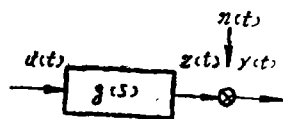


图 1

注：本文作者的导师为刘栖山

$$z(t) = \int_0^{\infty} g(s) u(t-s) ds$$

$g(s)$ 为系统的脉冲响应函数。

若 $u(t)$ 、 $z(t)$ 是弱各态历经的，则根据维纳-霍甫方程，有：

$$Ru z(m) = \int_0^{\infty} g(s) Ru u(m-s) ds$$

$$Ru y(m) = Ru z(m) + \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T n(t) u(t-m) dt$$

若 $n(t)$ 为白噪声，且 $n(t)$ 、 $u(t)$ 不相关，则： $Ru y(m) = Ru z(m)$

若输入 $u(t)$ 也为白噪声信号，则： $Ru u(m) = k \delta(m-s)$

从而有： $Ru y(s) = kg(s)$

即系统的脉冲响应函数正比于输入输出的互相关函数。

但白噪声信号不易产生，且其随机特性易引起统计误差，故一般采用伪随机二进制信号来近似代替白噪声信号。

系统的脉冲响应函数是一个非参数模型，可通过差分方程来拟合。设线性系统的差分方程为：

$$y(k) = -a_1 y(k-1) - \dots - a_n y(k-n) + b_1 u(k-1) + \dots + b_n u(k-n) + e(k)$$

n 为系统的阶次， $e(k)$ 为干扰噪声序列。

若 $u(k)$ 、 $e(k)$ 不相关，则：

$$Ru y(k) = -a_1 Ru y(k-1) - \dots - a_n Ru y(k-n) + b_1 Ru u(k-1) + \dots + b_n Ru u(k-n) + e(k)$$

设 $u(k) = 0 \quad k \leq 0$

当 $u(k)$ 为伪随机二进制信号时，

$$Ru u(k) = \begin{cases} a^2 & k=0 \\ -a^2/N_p & k=1, 2, \dots, N_p-1 \end{cases}$$

$$Ru y = \phi \hat{\theta} + e$$

$$\phi = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & a^2 & 0 & \dots & 0 \\ -Ru y(1) & 0 & \dots & 0 & -a^2/N_p & a^2 & \dots & 0 \\ -Ru y(2) & -Ru y(1) & \dots & 0 & -a^2/N_p & -a^2/N_p & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -Ru y(N-1) & -Ru y(N-2) & \dots & -Ru y(N-n) & -a^2/N_p & \dots & -a^2/N_p & \dots \end{bmatrix}$$

$$\hat{\theta} = [a_1 a_2 \dots a_n b_1 b_2 \dots b_n]^T$$

$$Ru y = [Ru y(1) Ru y(2) \dots Ru y(N)]^T$$

$$e = [e(1) e(2) \dots e(N)]^T$$

用最小二乘法解以上矩阵方程，得参数估计值：

$$\hat{\theta} = (\phi^T \phi)^{-1} \phi^T Ru y$$

以上的算法是在系统阶次 n 为定值时才能进行，阶次的确定可用 F 检验法，它是基于数理统计的一种检验方法。

本文用IBM PC机完成对系统的辨识计算,软件采用通俗易懂的BASIC语言编制,为减少计算量,设计了利用低阶系统模型来计算高阶系统模型的递推算法。对于模型阶次已知的系统,本文还给出了用TRUE BASIC语言编制的参数估计程序。为便于比较,本文还编制了Z域与S域模型间相互转换的程序。

三、输入信号的参数选择

输入信号的优良性可直接影响到系统的辨识精度。本文采用了逆重复L序列,它也是一种伪随机二进制信号,其参数选择如下:

$$\text{时钟周期: } \Delta t \leq \frac{0.45}{(3 \sim 10)fh} \quad fh \text{ 为系统带宽}$$

$$\text{或取 } \Delta t \leq 1/2t_{min}$$

t_{min} 为系统中所感兴趣的最小时间常数

$$\text{信号长度: } N_p \leq (1.2 \sim 1.5) T_s / \Delta t$$

T_s 为系统的调节时间

幅值 a : 在允许的情况下,尽量取得大一些,以提高信噪比。

重复周期 q ,在计算机容量及计算时间允许的前提下,一般应选得大一些,以消除突变干扰的影响。

四、辨识实验的软硬件设计

系统硬件构成主要有以下几部分:8031单片机、存贮器扩展电路、A/D接口电路、脉宽调制输出及通讯接口电路。脉宽调制部分是考虑经纬仪系统的实际情况,针对以伺服电机为驱动部件的系统而设计的。

软件设计包括实时产生L信号序列、实时采样,并完成数据通讯。数据通讯采用了异步串行通讯方式,在两个机器上分别编制相应的软件。在IBM PC中,采用BASIC语言和汇编语言混合编程的方式,可充分发挥各自的优势。

五、辨识实验结果及结论

本系统通过计算机仿真,对模拟运放模型及电机模型的实际辨识,效果良好。对工程中遇到的噪声干扰及电机死区的非线性影响,给出了具体的解决方法。并依据辨识所得的参数进行设计,构成了数字调速系统,达到了预定的性能指标要求。因此,可认为辨识是可靠和准确的。

六、数字调速回路设计

对数字控制系统的Z域直接设计法做了初步尝试。采用Z域根轨迹设计法,设计思想如下:画出系统开环传递函数的Z域根轨迹,根据性能指标要求,确定希望主导极点位置,适

当选择调节器参数，使系统工作在希望极点上。

速度回路的实验结果表明，各项性能指标均达到了设计要求，因此，在计算机组成的数字控制系统中，Z 域直接设计法将会越来越为人们所重视。

Application of the Identification Technique in a Theodolite Control System

Li Tiexiang

Abstract

This paper describes an identification system with a MCS-51 single-chip computer. It can collect the data, transmit them into a IBM-PC computer by the communication interface and identify the mathematical model of the unknown system using correlation analysis-least square method. It is very practical for improving the system precision of the mathematical model as well as the control precision. This paper also gives the design method of the digital speed adjustment system and discusses the direct design methods in Z plane.