

文章编号:1674-2869(2009)05-0064-03

基于 GLFF 红光高清光学头 ACT 系统的建模与仿真

刘向明, 刘明, 贺琴芳

(武汉工程大学机电工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:红光高清光学头 ACT 系统的模型是其伺服系统设计的基础, 采用 GLFF(广义线性前馈网络)对其进行建模与仿真研究, 可实施硬件解决方案前确立系统的控制模型, 比较控制方案, 检验控制算法。本文在理论建模的基础上, 采用 GLFF 逼近方法, 通过实验比较确定其模型, 完成了红光高清光学头 ACT 系统的建模, 并进行了仿真分析, 为伺服系统设计提供了适用的控制模型。

关键词:ACT 系统; 广义线性前馈网络; 建模与仿真

中图分类号: TII 741

文献标识码: A

0 引言

光学头 ACT 系统是红光高清 NVD 播放与读写设备的关键部件。NVD 碟片具有高于一般 DVD 系统的存储密度(6~7.5G/SI, 单面单层), 其道间距与位密度均高于普通 DVD。因此对于 ACT 的控制精度提出更高要求。其主要数据为激光光斑直径在 $\lambda=635\text{ nm}$ 、 $NA=0.65$ 时, $d=488\text{ nm}=0.48\text{ }\mu\text{m}$ (焦深 $\Delta Z=750\text{ nm}=0.75\text{ }\mu\text{m}$); 信迹间距($0.6\text{ }\mu\text{m}$); 循迹允差($\pm 0.023\text{ }\mu\text{m}$); 聚焦允差($\pm 0.23\text{ }\mu\text{m}$)。如何确立 ACT 系统的模型, 对于改进红光高清 NVD 伺服系统性能, 使之达到更高的控制精度, 是一个重要的研究课题。NVD 伺服系统包括聚焦伺服、循迹伺服、进给伺服、主轴伺服等。其中聚焦伺服与循迹伺服的主要功能是驱动承载物镜的支架做垂直于盘片方向的运动和沿盘片径向运动, 控制激光束的焦深范围和径向摆动角度, 使光盘信号面处于焦深范围和读数信道内, 从而实现准确聚焦和寻迹。聚焦伺服和循迹伺服是红光高清 NVD 伺服系统中最重要的一部分, 是整个 NVD 系统正确运行的基础。聚焦和循迹动作的失误, 会导致信号读取的误码率增加, 甚至会使系统停止运行(死机)。为对 NVD 聚焦与循迹伺服系统进行更有效的研究, 需建立 ACT 的模型。在建立模型过程中, 需要针对红光高清光学头 ACT 系统的构成特点选取合适的建模方法。该 ACT 系统包括光学、电磁、机械等元件; 主要元部件的执行机构是音圈电机、四悬线、物镜与支架。在建模过程中, 本文分析了 ACT 系统的数学模型, 并通过

GLFF 函数逼近模型参数, 在此基础上建立了 ACT 系统的模型, 并进行了仿真实验。

1 高清光学头力矩器 ACT 结构与模型

红光高清光学头力矩器主要由固定部件(固定板)、可动部件(四悬线、物镜、聚焦线圈、寻迹线圈、磁铁、磁铁等)组成, 如图 1 所示。在弹性支承型力矩器中, 固定部件和可动部件之间的连接依靠高性能的弹性支承——四悬线来实现, 悬臂式力矩器因其结构简单性能平滑, 且易于小型化已成为目前光学头中力矩器的主流结构如图 1 所示。

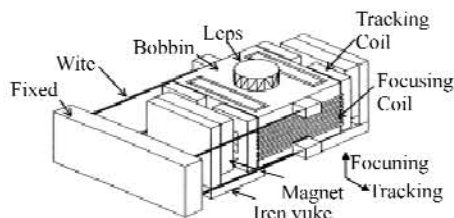


图1 力矩器总体结构图

Fig. 1 ACT whole configuration

根据 ACT 系统结构原理图^[1], 可建立其物理模型如图 2 所示, 简化为聚焦方向的机电系统。

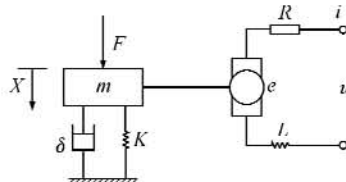


图2 力矩器系统物理模型

Fig. 2 Physics model of ACT system

收稿日期:2009-01-08

作者简介:刘向明(1953-), 山东莒南人, 副教授, 博士, 研究方向:精密机械与控制技术。

由此建立 ACT 系统的数学模型如下。

对于机械部分,设输入电磁力为 F , 输出物镜支架质量为 m , 位移为 x , 系统阻尼系数为 b , 悬线刚度为 K , 其动力学方程为

$$F = m\ddot{x} + b\dot{x} + Kx \quad (1)$$

聚焦电磁驱动力为

$$F = nBil = K_f i \quad (2)$$

式(2)中: $K_f = nBl$ 为电流与聚焦驱动力转换系数。

而其电学方程可描述为

$$u = e + Ri + L \frac{di}{dt} \quad (3)$$

式(3)中: u 为聚焦驱动反电势; i 为回路驱动电流; R 为聚焦线圈电阻; L 为聚焦线圈电感。

$$e = K_e \dot{x} \quad (4)$$

式(4)中: e 为聚焦驱动电压源, K_e 电磁系数。

将上述各方程联立, 消去中间变量, 并忽略电感 L 影响, 可求得力矩器系统聚焦方向的传递函数为

$$T_f = \frac{X(s)}{E(s)} = \frac{K_f}{mRs^2 + (bR + K_f K_e)s + RK_f} \quad (5)$$

对于寻迹方向的数学模型可采用同样方式求得(此处从略)。

将聚焦方向有关结构与驱动参数代入式(5), 可得到其传递函数为

$$G_f = \frac{39292000}{S^2 + 205.4S + 98696} \quad (6)$$

由此可得其阶跃响应、脉冲响应及频率特性如图3所示。以同样方式可求得寻迹方向的相关特性。

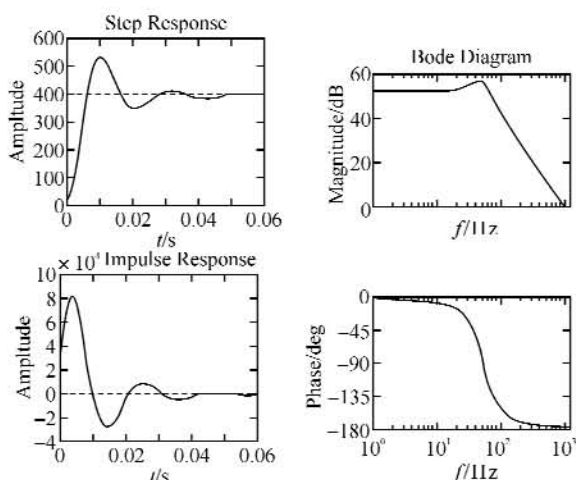


图3 阶跃响应、脉冲响应及频率特性

Fig. 3 Step, impulse response & frequency speciality

2 基于GLFF的建模方法

GLFF源自滤波器的设计技术, 属于在 FIR

基础上的广义自适应滤波网络结构, 能够以短数据集—低阶算法精确逼近模型^[2], 同时它也适用于系统参数模型或非参数模型的构建。采用滤波技术实现 ACT 系统模型的建模结构如图4所示。

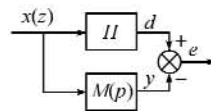


图4 GLFF预测模型结构

Fig. 4 GLFF predictive model framework

广义模型结构^[3]形式由 $M(p)$ 表示, H 为 $M(p)$ 将逼近的系统(或预测模型)如图4所示。定义 p 为模型 M 的参数集, 其元素为模型 $M(p)$ 的参数向量。即: $p = \{N, w, \lambda\}$; 这里, N 维数向量(或阶数); w 权重向量; λ 时间尺度向量; 故模型形式(在 S 域)为

$$M(p) = M(N, w, \lambda) = f(N, w, H_n(s, (\lambda))) \quad (7)$$

式(7)中: $H_n(S, (\lambda))$ 为连续域 n 阶模型的核, 且 $0 \leq n \leq N_i$; N_i 为向量 N 的元素。因此, $M(p)$ 为参数向量与模型核的函数。

GLFF 网络主要用于采样数据系统的逼近, 其阶跃响应用来建立系统模型。其 GLFF 的 Laguerre 模型(在连续域)结构如图5所示。

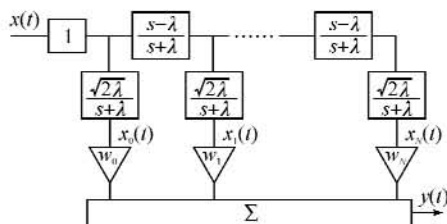


图5 连续时间系统 GLFF 网络框图

Fig. 5 GLFF network block diagram of continue time system

3 仿真与实验

根据前述的方法, 按照图4的结构, 应用 GLFF 网络(4阶 Laguerre 核, 依据图5组合), 构成预测模型 $M(p)$, 取 ACT 系统聚焦方向传递函数为式(8):

$$G_f = \frac{39292000}{S^2 + 205.4S + 98696} \quad (8)$$

在 $M(p)$ 中, 通过优化, 取模型时间尺度 $\lambda = 60$, $N = 4$, $w = [w_0, w_1, w_2, w_3]$ 加权向量系统内生成 $[0.938, 0.812, 0.512, 0.128]$ 。对此进行相关的仿真实验。主要观察信号系统与模型的响应曲线拟合状况, 以及误差变化规律。图6为阶跃信号输入时 ACT 系统^[4](G_f)与模型(M_p)的响应及误差。图6中的阶跃响应曲线 ACT 为系统输出, GLFF 为模型输出, 其模型与系统的逼近误差均小

于 3%, 能够满足构建 ACT 模型的要求. 另外, 为验证 GLFF 模型的可控性, 用线性电路按图 5 框图构建四阶 GLFF 滤波器, 接入 PID 控制器形成闭环. 同时, 对实际 ACT 系统也接入控制器, 在两

个输入端同时加入 45 Hz 正弦信号, 其实验曲线如图 7 所示. 系统与模型能够较好地跟踪输入, 并且跟踪变化的误差均小于 3%. 满足建模与仿真实验的要求.

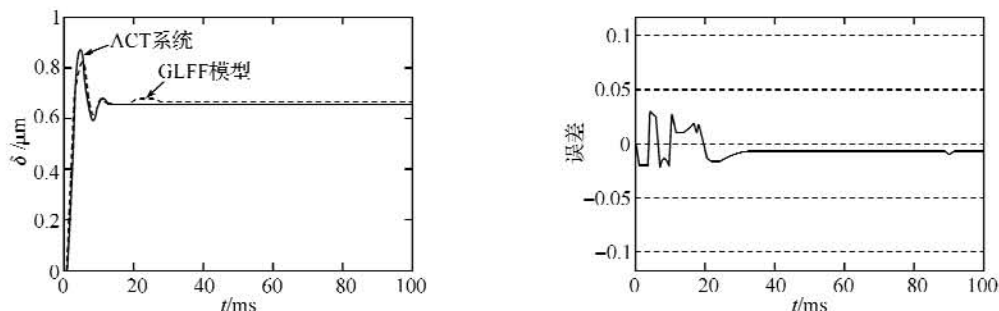


图 6 Laguerre 4 阶模型阶跃响应与相关误差

Fig. 6 Step response & error of 4th order Laguerre model

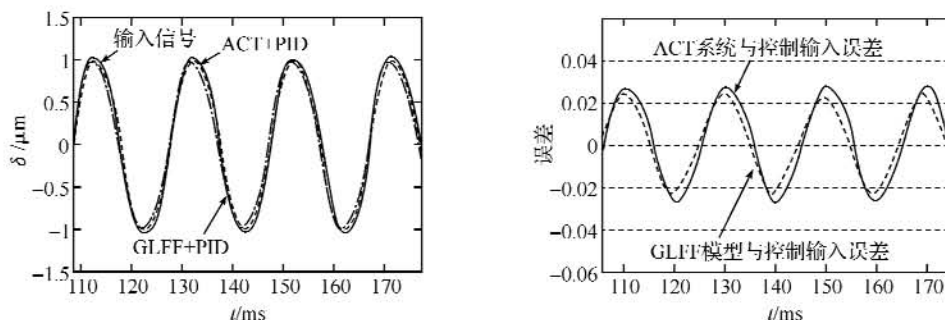


图 7 ACT 系统与 GLFF 模型加 PID 控制跟踪 45 Hz 正弦信号及误差

Fig. 7 Tracking 45 Hz sin-signal & error for ACT system and GLFF using PID control

4 结 语

广义线性前馈网络(GLFF)作为 ACT 伺服控制的构建模型方法, 可以较低阶数的滤波器模型精确地逼近 ACT 系统. 以上从一般建模过程出发, 以 GLFF 为重点, 介绍了 GLFF 滤波网络的结构特征, 模型参数的选择, 以及用于构造 GLFF 网络的仿真实验. 结果表明, ACT 系统与预测模型的响应曲线非常接近, 说明模型能够较好地逼近系统, 为后续的伺服控制提供符合工程实际的控制模型.

参考文献:

- [1] 徐端颐. 高密度光盘数据存储[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 132-140.
- [2] Wahlberg B, Hannan E. Parametric Signal Modelling Using Laguerre Filters[J]. The Annals of Applied Probability, 1993, 3(2): 467-496.
- [3] Douglas G. System Modeling Using Generalized Linear Feedforward Networks[D]. Florida: University of Florida, 1999.
- [4] 刘向明. 基于 LabVIEW 的 DVD 光学头调整系统[J]. 武汉工程大学学报, 2007, 29(2): 71-73.

(下转第 71 页)

Study on the thermal-structural couple field of sliding friction process based on ANSYS

WANG Shi-xian, XU Jian-sheng, LU Xia

(School of Mechanical & Electrical Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In this paper, the characters of temperature, contact pressure in contact area under the couple effect of friction heating and force during surface sliding friction process were studied by ANSYS. It is shown that in the surface sliding friction process, the contact surface is similar to get steady heat resource, and the temperature of contact surface rises step by step according to the sliding time; the temperature first rise in the contact surface, then spread to the worksheet where maximum temperature surround the contact surface, and the temperature gradient decrease along the worksheet so that the temperature decrease accordingly. This research on heating analysis of surface sliding friction process will be helpful to expose the mechanism of the surface damage.

Key words: sliding friction; ANSYS; thermal-structural coupling analysis

本文编辑:陈晓革



(上接第 66 页)

The modeling and simulation of red high-definition optical pickup head ACT system based on the GLFF

LIU Xiang-ming, LIU Ming, HE Qin-fang

(School of Mechanical & Electrical Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The ACT system model of red high definition optical pickup is the basis of servo system design, using GLFF (generalized linear feedforward network) for their modeling and simulation studies, and the control model of the system, control program and test control algorithms can be established before the hardware solutions implemented. In this paper, on the basis of the theoretical modeling, GLFF approximation method is used to establish the actual model, through the experimental comparison to determine their model, and completed the ACT system model of the red high-definition optical head and simulation analysis. It provides the applicable control model for the design of servo system.

Key words: ACT system; generalized linear feedforward network; modeling and simulation

本文编辑:陈晓革