

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.10.027

基于 VC 的伺服速度环特性分析系统

唐军, 陈勇, 周虎, 乐登

(电子科技大学能源科学与工程学院, 成都 611731)

摘要: 为了快速地改进速度环控制参数, 提出一种分析速度环的特性并快速调节控制参数的方法。该方法以 Microsoft Visual C++6.0 为开发环境, 以 LabWindows 控件作为图形显示控件设计, 通过由 PC 机通过串口向伺服控制系统发送时域测试信号和频域测试信号, 并通过串口接收来自系统的响应信号数据, 进行伺服系统速度环的静态特性分析和动态特性分析。实验结果证明: 该软件具有很好的在线速度特性分析功能, 为伺服系统的研发或在线调试提供了很好的数据依据和监控功能。

关键词: 伺服系统; 速度环; 静态特性; 动态特性

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Servo Speed Loop Characteristic Analysis Software Based on VC

Tang Jun, Chen Yong, Zhou Hu, Yue Deng

(School of Energy Science & Engineering, University of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: In order to quickly optimize speed loop control parameters, put forwards a kind of method to analyze the characteristics of the speed loop and regulate the control parameters. This method takes the Microsoft Visual C++6.0 for development environment, and uses LabWindows control as graphic display control design, The PC sends the time domain test signal or frequency domain test signal to the servo control system by port, and receives the response signal from the servo control system by the port. Then, analyze the static characteristic and dynamic characteristic of speed loop of servo system. Experiment result shows that the software has great on-line speed characteristics analysis functions, and it can provide a good data basis and monitoring functions for the research and development or on-line debugging of the servo system.

Key words: servo system; speed loop; static characteristics; dynamic characteristics

0 引言

现代交流伺服系统经历了从模拟到数字化的转变, 数字控制环已经无处不在。伺服系统广泛应用到雷达跟踪伺服系统、机器人伺服控制系统和机器人手臂伺服控制系统等领域中^[1-3]。伺服系统一般为三环控制系统, 由位置、速度和电流环组成, 其中速度环是伺服系统动态跟踪实现的重要环节, 能有效抑制负载扰动和速度波动^[4], 其良好的动态响应速度、宽广的调速范围和优异的抗扰特性是伺服系统快速定位与准确跟踪的基础与条件。对于伺服系统速度环的控制方式也在不断改进^[5-7], 但控制参数的改进大多是经验参数改进。为了能快速地改进控制参数而达到最佳控制效果, 速度环的特性分析就变得尤为重要。笔者基于 VC++6.0 设计伺服控制速度环特性分析软件, 并根据该特性分析结果快速调节控制参数, 使伺服系统能高效、稳定地运行。

1 软件系统总体设计

该软件以 Microsoft Visual C++6.0 为开发环境,

采用 LabWindows 控件作为图形显示控件。LabWindows 控件是 NI 公司设计提供的一种可以集成到 VC++6.0 的环境中的一种图形化显示控件, 具有设计方便、操作简单, 数据波形显示平滑的优点。串口通信程序采用 CSerialPort 类来实现。基于 VC++6.0 的程序设计串口通信主要有 3 种方式: 1) 利用第三方控件 MSComm 控件来实现串口通信^[8]; 2) 基于 API 的 Win32 编程来实现串口通信^[9]; 3) 利用 CSerialPort 类来实现串口通信^[10]。比较 3 种通信方式, MSComm 控件只能实现对单个串口的通信编程, API 编程对程序员要求更高, 除了能使用众多 API 函数编写底层函数外, 还必须熟悉多线程编写程序, CSerialPort 类是多线程串口通信类, 容易实现多线程的串口通信程序设计, 因此在设计软件时采用 CSerialPort 类来实现串口通信程序编写。该软件设计的总体流程图见图 1。

基于 VC++6.0 建立一个基于 Single Dialog 的工程, 笔者新建多个 New Dialog 对话框, 以实现相应模块的功能。上位机通过串口的发送端向伺服系统

收稿日期: 2012-05-12; 修回日期: 2012-06-28

基金项目: 四川省杰出青年基金人才培养计划(09ZQ026-009); 四川省应用基础项目(2009JY0008)资助

作者简介: 唐军(1986—), 男, 四川人, 硕士研究生, 从事伺服控制、电机控制技术、软件开发设计研究。

发送时域测试信号(阶跃信号)及频域测试信号(charp 信号), 伺服系统在阶跃信号或者 charp 信号的激励下产生的响应信号, 该响应信号由编码器采集, 再经串口发送回上位机。上位机通信界面能够同时实时地显示发送端和接收端的数据, 数据存取模块实现对发送数据和接收数据的保存, 以供其他模块使用和分析数据, 性能指标计算模块包括时域性能指标和频域性能指标, 时域性能指标的计算只需要输出的响应信号即可得出, 频域性能指标的计算则需同时输入的激励信号和输出的响应信号。

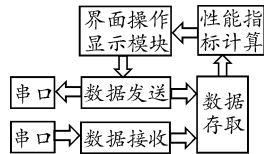


图 1 总体流程图

2 软件各模块设计

1) 通信界面设计。

通信界面主要实现数据发送和接收的显示, 以及发送周期的设定, 通过按键控制串口端口的打开和关闭, 状态显示通信时打开的端口设定的参数, 数据的可视化显示采用 LabWindows 控件来实现。串口通信程序采用第三方的 CSerialPort 类实现。

2) 端口设置。

端口设置(如图 2)主要实现端口参数的选择, 串口通信主要的通信端口选择, 数据发送的波特率选择, 以及通信数据的判断, 包括数据的校验位, 发送数据的位数的数据位, 判断数据发送是否结束的停止位。

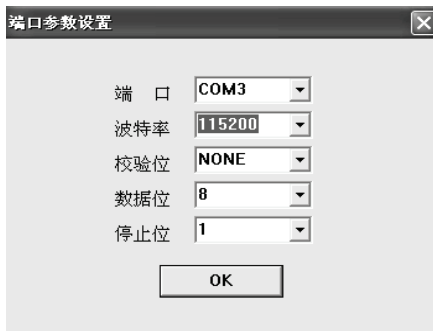


图 2 端口参数设置

3) 发送端口。

发送端口(如图 3)主要是上位机要发送的信号类型选择及信号参数的设定, 对伺服系统的特性分析主要是对时域特性分析和频域特性分析, 分别发送阶跃信号和 charp 信号。除此之外, 针对不同的要求, 发送端口的信号类型还有: 方波信号、正弦

波信号、斜坡信号、三角波信号。

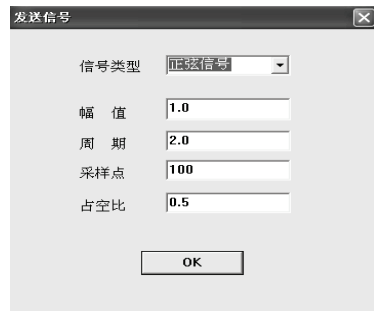


图 3 发送信号设置

4) 时域分析界面。

时域分析界面主要是对伺服系统在阶跃信号激励下的响应信号进行分析, 可以选择想要分析的数据文件(默认情况下直接对串口接收到的数据进行时域特性分析), 通过 LabWindows 控件显示想要分析数据的总体形状, 直观地分析该系统在此激励信号下的稳定性。同时, 通过计算分析出系统在该激励信号下的动态性能指标: 上升时间、超调量、调整时间。

5) 频域分析界面。

频域分析界面主要是对伺服系统在 charp 信号激励下的响应信号进行分析, 频域分析同时要对激励信号和响应信号进行处理, 可以通过“选择 X”和“选择 Y”来选择想要分析的激励信号和响应信号(默认情况下直接对发送的 charp 信号和接收到的响应信号进行分析), 该界面通过 LabWindows 控件同时显示激励信号和响应信号, 以及对数据处理后的幅频特性数据和相频特性数据的显示, 给出可视化的分析系统的频域特性分析结果。同时通过计算分析出系统的动态性能指标: 带宽、谐振峰值以及谐振频率。

3 软件性能测试

本软件是在 Microsoft Visual C++6.0 运行环境下, 用单片机系统模拟伺服系统来进行测试。

3.1 单片机模拟系统

单片机模拟系统是指向单片机写入一个二阶的传递函数

$$G(s) = \frac{1}{0.02^2 s^2 + 0.04s + 1} \tag{1}$$

将该传递函数进行 Z 变换可得到

$$G(z) = \frac{Tze^{-50T}}{0.02^2(z - e^{-50T})} \tag{2}$$

式中 T 为采样周期。

将式 (2) 离散化可得到, 采样周期 $T = 0.001\text{s}$:

$$Y(z) = 1.904Y(z-1) - 0.9048Y(z-2) + 2.378X(z-1) \quad (3)$$

将式 (3) 编写成 C 程序写入到单片机中来实现单片机模拟伺服控制系统。

3.2 性能测试

3.2.1 时域性能测试

1) 在发送端口中选择阶跃信号, 幅值设定为 1, 点击“OK”按钮。回到串口通信界面(如图 4), 点击打开串口, 选择“自动发送”实现信号数据的自动发送, 可以在发送周期对发送的时间进行设定。

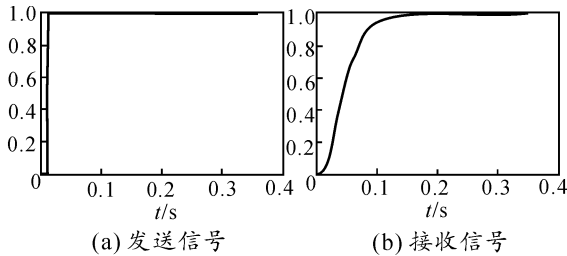


图 4 串口通信界面

2) 选择工具栏上的“时域分析”转到时域分析界面(如图 5), 点击“时域分析”按钮实现对数据的时域特性分析。

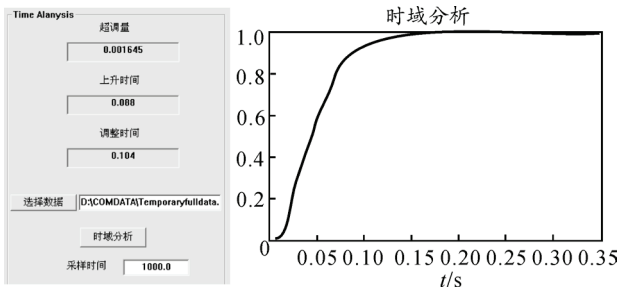


图 5 时域特性分析结果图

3.2.2 频域性能测试

1) 在发送端口中选择“charp 信号”, 点击“OK”按钮。回到串口通信界面, 点击打开串口, 选择“自动发送”, 实现信号数据的自动发送, 可以在发送周期对发送的时间进行设定(如图 6)。

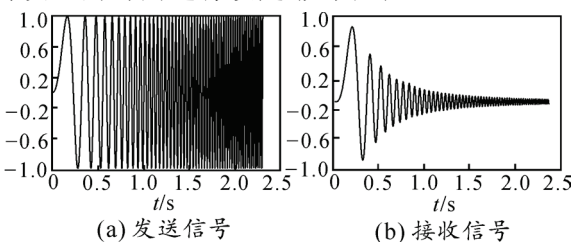


图 6 串口通信界面

2) 选择工具栏上的“频域分析”转到时域分析界面, 点击“频域分析”按钮实现对数据的时域特性分析得到系统的频域动态分析数据(如图 7)。

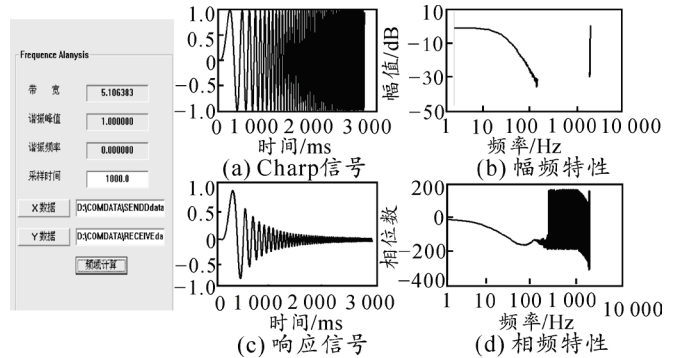


图 7 频域分析结果图

3) 为了验证该设计软件对伺服系统频域数据分析的正确性, 将数据分析的结果同 Matlab/Simlink 仿真数据(如图 8)进行比较。

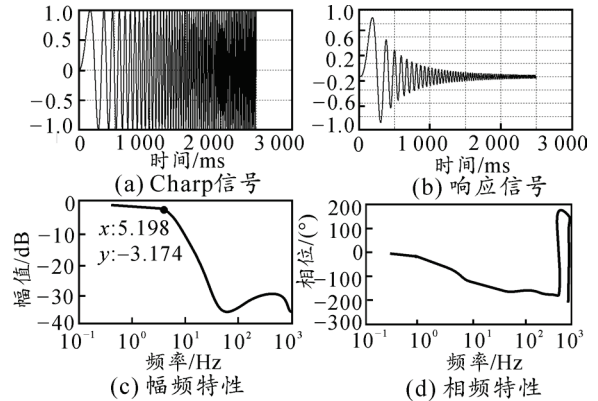


图 8 Matlab/Simlink 仿真结果图

由图 8 可以知道, 该模拟系统的带宽为 5.1 Hz, 对比图 7 和图 8 可以知道, 该软件可以正确实现对伺服系统频域分析。

4 结束语

经测试系统验证可知: 该系统软件能够向伺服系统发送激励信号, 并接收伺服控制器发送的响应信号, 能够根据接收的信号进行特性分析, 并计算出此时该系统的特性指标。对照在特定环境下的系统的特性指标, 对伺服控制系统的参数作相应的更改, 以缩短伺服控制系统的调节时间。

参考文献:

[1] Wu C H, Koch P N. Design of robot joint servo development system[J]. Decision and Control, 2007(24): 344-349.

[2] Jang S M, You D J, Jang W B, et al. Dynamic characteristics for position control of permanent magnet linear synchronous motor with control parameters.

Electrical Machines and Systems[J]. Electrical Machines and Systems, ICEMS, 2005(3): 1893-1898.

[3] Li F G, Xia Q L, Qi Z K. Analysis and Design of Three Loop Radar Servo System for Air Defense Missile[J]. ICMTMA, 2011(1): 451-454.

[4] Xu D, Wang T M, Liu J M, et al. Research on Speed Stability of Permanent Magnet Synchronous Servo System [J]. ICIEA, 2007(24): 851-855.

[5] Meng Tang, Liu Chen. The system bandwidth analysis in electro-hydraulic servo system with PDF control. Control Conference[J]. conctol conference, 2004(3): 1737-1745.

[6] Li J Y, Shao J P, Wang Z W, et al. Study of electro-hydraulic force servo control system based on

fuzzy control[J]. ICICISYS, 2009(2): 688-693.

[7] Wang L M, Tian M X, Gao Y P. Fuzzy Self-adapting PID Control of PMSM Servo System[J]. IEMDC, 2007(1): 860-863.

[8] 王正强. VC 中应用 MSComm 控件实现串口通信[J]. 电子测试(Electronic test), 2010(5): 73-76.

[9] 崔红志, 索岩. 基于 API 的 Win32 串口通信编程技术[J]. 科技信息(Science & Technology Information), 2010(7): 472-473.

[10] 王雷阳, 李正生. CserialPort 类的 RS-485 多机通信设计与实现 [J]. 电子设计工程(Electronic Design Engineering), 2011, 19(19): 172-175.

(上接第 89 页)

2.6 软件可靠性设计

为保证发射系统检测设备的时间响应效率及检测可靠性, 根据软件设计的结构化、模块化、可预测性、健壮性及易修改性的要求, 发射系统检测设备的软件开发过程中, 遵循软件工程方法的要求, 采用快速控制原型技术的软件开发方法和层次式的逻辑控制结构, 使每个软件单元都设有一个入口和一个出口; 采用了模块化机制, 使软部件由一些较小的、以层次结构相互联系的软件单元组成, 使用了特殊的规则来限制软件单元的模块度; 为软件单元提供所标识的出错情况下所需的反应, 确保计算机资源调度方式是确定的和可预测的, 尽可能少的采用中断和事件驱动, 并对此进行充分的论证, 在程序过程中进行正确性检查, 以发现运行错误和违反运行许可的情况; 设计覆盖了需求定义中所要求的容错和故障弱化需求, 所以对错误情况能进行判定, 并告警、记录; 使用了信息隐蔽技术, 每个软件单元都只实现一个特定的子功能; 运用了伪并行编程、循环扫描结构、双看门狗设计等先进设计思想和技术, 确保了系统的正确性、可靠性、实时性;

(上接第 92 页)

4 结束语

建立及求解常微分方程组是实际应用中常见问题, Excel 应用广泛, 人们常使用它管理及分析数据, 由于数据放在 Excel 中, 使用 Excel 求解常微分方程组更方便、灵活。文中叙述了 2 种 Excel 求解常微分方程组的方法: 使用 VBA 编程、调用 Matlab, 所有程序通过了调试运行。

采用循环扫描结构, 循环扫描系统的输入端口和面板状态, 对输入信号进行实时处理; 同时为了防止按钮、行程开关等输入信号的误动作, 在软件上做了去抖动处理。通过以上设计方法, 保证了软件结构、模块划分、主要算法和接口关系等的合理性。

3 结论

长期的试验运行结果表明: 该设备具有对火箭炮发射系统进行基层级故障诊断、技术状态检查和维护, 将故障定位到板级或基层级可更换单元等功能, 实现了测试工作的实时性、准确性及可靠性。该设备的研制成功填补了我军对火箭炮发射系统数字化智能化检测维修方面的空白, 可促进国防工业建设与发展。

参考文献:

[1] 周彦江, 甘霖. 火箭炮发火系统检测研究[J]. 火炮发射与控制学报, 2004(2): 64-67.

[2] 陈瑶, 李佳, 宋宝华. Cortex-M3+μC\OS-II 嵌入式系统开发入门与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.

[3] 韩超. 嵌入式 GUI 开发设计: 基于 MiniGUI[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

参考文献:

[1] 樊自安. 二元常系数微分方程组解的表达式[J]. 石家庄学院学报, 2009(5): 35-38.

[2] 程开敏. 常线性微分方程组的求解方法[J]. 重庆三峡学院学报, 2008(3): 76-79.

[3] 吴幼明. 一类常系数微分方程组的通解[J]. 四川理工学院学报, 2006(4): 68-71.

[4] 曹玉平. 一阶线性常系数微分方程组的矩阵解法[J]. 河北理工学院学报, 2004(2): 104-107.