

文章编号: 1000-5013(2007)01-0001-04

电流变传动器的远程动态测试

王岳辉, 黄宜坚

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 基于 Lab VIEW 软件, 结合自主研发的圆盘式电流变传动机构, 构建一个高性价比的虚拟仪器远程测试平台, 方便地测量圆盘式电流变传动机构的响应时间、分析系统动态性能, 进行伺服控制实验. 在实验装置的主动盘和中间盘之间加以适当的电场, 可以在输入轴转速变化的情况下, 使小的输入力矩 M_{si} 克服大的负载力矩 M_{so} , 实现输出角度跟踪输入角度.

关键词: 电流变液; 传动器; 远程测控; 虚拟仪器

中图分类号: TM 921; TP 391.76; O 373

文献标识码: A

虚拟仪器(Virtual Instrument, 简称 VI) 是现代计算机技术和仪器技术深层次结合的产物, 是当今计算机辅助测试(CAT) 领域的一项重要技术, 是计算机硬件资源、仪器与测控系统硬件, 以及虚拟仪器软件资源的有效结合^[1]. 电流变液(ERF) 的表现粘度在一定的剪切速率范围内, 可有显著变化, 甚至可变为固体; 而在电场撤去后, 其粘度又很快恢复原值, 体系可重新转变为液态^[2]. 由于电流变液是一种新型的智能材料, 电流变传动器具有响应的快速性、功耗小等高新技术特征, 它能在毫秒级内实现液-固态的可逆转换, 因此用常规的测量设备和测量方法很难测量出这个响应时间. 本文以 Lab VIEW 软件为开发平台, 结合自主研发的圆盘式电流变传动机构, 构建了一个高性价比的虚拟仪器远程测试平台.

1 电流变传动器工作原理

图 1 所示为圆盘式电流变传动机构工作原理图. 当左盘与中间盘之间外加电场时, 电流变效应产生的库仑力使中间盘与左盘作相同方向的旋转; 反之, 右盘与中间盘之间外加电场时, 中间盘与右盘作相同方向的旋转^[3]. 这种传动装置的响应时间很短, 主要由传动器的机械构件决定.

设从动盘系统的转动惯量为 J , 阻尼系数为 b , 弹性系数为 k , 负载力矩为 M_{lad} , 两盘之间的粘性传动力矩和电流变效应产生的力矩分别为 M_{η} 和 M_e , 主动盘与从动盘转角差为 φ , M_{si} 和 M_{so} 分别为中心轴右边和左边的输入和输出力矩. 那么, 就有

$$J\ddot{\varphi} + b\dot{\varphi} + k\varphi = M_{si} + M_{\eta} + M_e - M_{so}. \tag{1}$$

在式(1)中^[4], $M_{\eta} = \frac{\pi\eta\Delta\omega}{2h} \cdot [r_2^4 - r_1^4]$, $M_e = \frac{2\pi\tau_c}{3} \cdot [r_2^3 - r_1^3]$. 其中, r_1, r_2 分别为圆盘有效面积的内、外半径, $\Delta\omega$ 为主从动盘的转速差, h 为主从动盘的间距, η 为零电场的 ERF 黏度, τ_c 为电流变液的屈服应力.

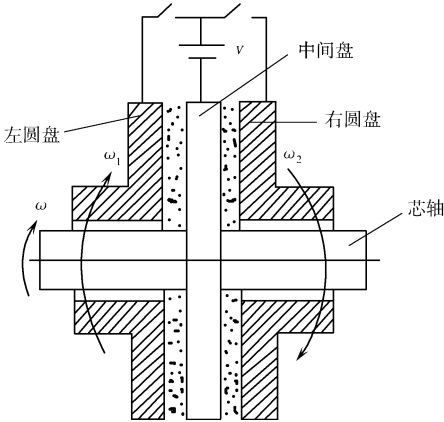


图 1 电流变传动机构工作原理图

Fig. 1 The work principle of the actuator

收稿日期: 2006-05-21

作者简介: 王岳辉(1980-), 男, 工程师, 硕士研究生, 主要从事机械电子的研究; 通讯作者: 黄宜坚(1945), 男, 教授.
E-mail: yjhuang@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省高新技术开发研究计划重点资助项目(2005H035)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

考虑到惯性和阻尼力大于弹性力, 所以从式(1)可得到

$$J\omega + b\omega = M \tag{2}$$

式(2)中, $M = M_{si} + M_n + M_e - M_{so}$, 其解为

$$G(s) = \frac{\Omega(s)}{M(s)} = (\frac{1}{b})/[1 + \frac{J}{b}s], \quad \omega(t) = \frac{M}{b}[-e^{-\frac{t}{T}} + u(t)]. \tag{3}$$

从式(3)可以知道, 该装置为惯性系统, 其时间常数 $T = J/b$.

图2为本文研发的圆盘式电流变液传动装置远程测控原理图, 它与美国NI公司的虚拟仪器硬件构成一个典型机电液传动测控系统. 实验采用自配的质量分数为13%的电流变液. 从图2可以看出, 中

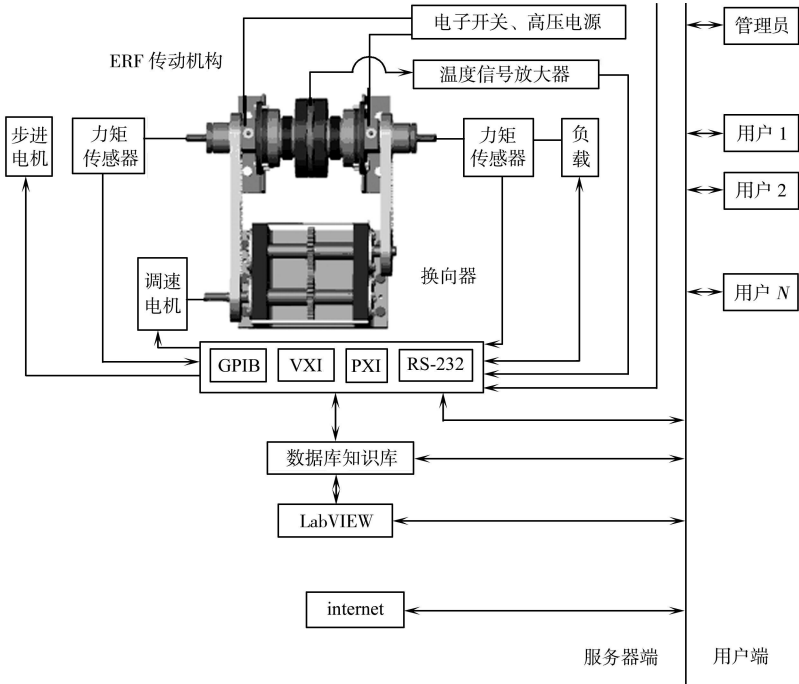


图 2 电 流 变 传 动 系 统

Fig. 2 Elect rovrheological transmission system

间盘的轴的左端输入微小的机械控制信号, 右端可以输出大的力矩, 电场使左盘或右盘与中间盘之间的电流变液粘度变稠, 产生大的剪切应力, 从而使中间盘克服负载力矩, 按输入信号转动. 通过系统的阶跃响应, 可获得装置的时间常数.

2 Remote Panels 技术的特点

基于计算机的虚拟仪器的一个明显优势是, 本文中运用的 Remote Panels 技术采用浏览器/服务器(B/S)模式的通信方式, 由客户机、服务器, 以及与服务器相连的数据采集设备组成. 它具备远程面板的发布能力, 甚至可以将 LabVIEW VIs 的前面板窗口嵌入到一个网页中, 并在网页中直接操作它. 一台计算机作为服务器, 有 3 个操作步骤. (1) 在 Web Serer: Configuration 菜单中设置文件路径和网络. (2) 在 Web Serer: Browser Access 菜单中配置客户机访问权限. (3) 在 Web Serer: Visible VIs 菜单中配置 VIs 访问权限. 完成上述配置之后, 在 LabVIEW 环境中运行一个 Remote Panel 的操作步骤, 即(1) 在服务器端计算机上打开测量程序的前面板; (2) 在客户端的 Connect to Remote Panel 对话框输入服务器端计算机的 IP 地址、域名, 或者计算机名等相关参数. 如果想得到 Remote Panels 的控制权, 选中 Request Control 选项即可^[5], 如图 3 所示. 运行后, Remote Panels 面板就出现在客户端的屏幕上.

3 软件设计

根据对上述实验原理的分析, 采用了结构化编程的思想, 设计了几个子程序来加以控制. (1) 初始

数据缓存的处理采用简单缓存区方式。(2) 高压电源控制子 VI 主要是用来实现对高压电源的控制, 其中的电子开关的属性设置为“Switch Until Released”, 保证开关按下时能够给该实验装置加上高压电, 释放开关时恢复到初始零电压状态。(3) 步进电机控制子 VI 主要是利用 PCF 7344 来实现对步进电机的控制, 以保证在初始化时, 能给芯轴提供不同转向和大小的转速, 如图 4 所示。

这里, 采用多通道波形输入连续采集的设计方法, 数据缓存的处理采用循环缓存区方式。为此, 将 AI Start VI 的输入端子“Number of Scans to Acquire”参数设为“0”, 以使数据采集的过程是一个连续的。考虑到采用顺序结构会中断 Lab VIEW 主要特点的数据流形式, 掩盖部分程序源代码, 把测量部分的输入参数“设备号 (Device)”作为公共连线, 在初始化和测量之

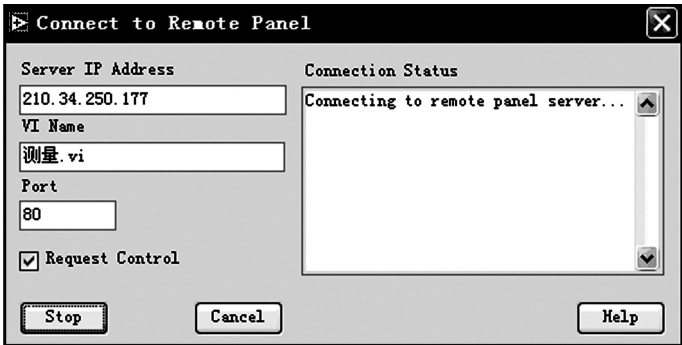


图 3 联接 Remote Panel 对话框

Fig. 3 The dialog box of connecting to Remote Panel

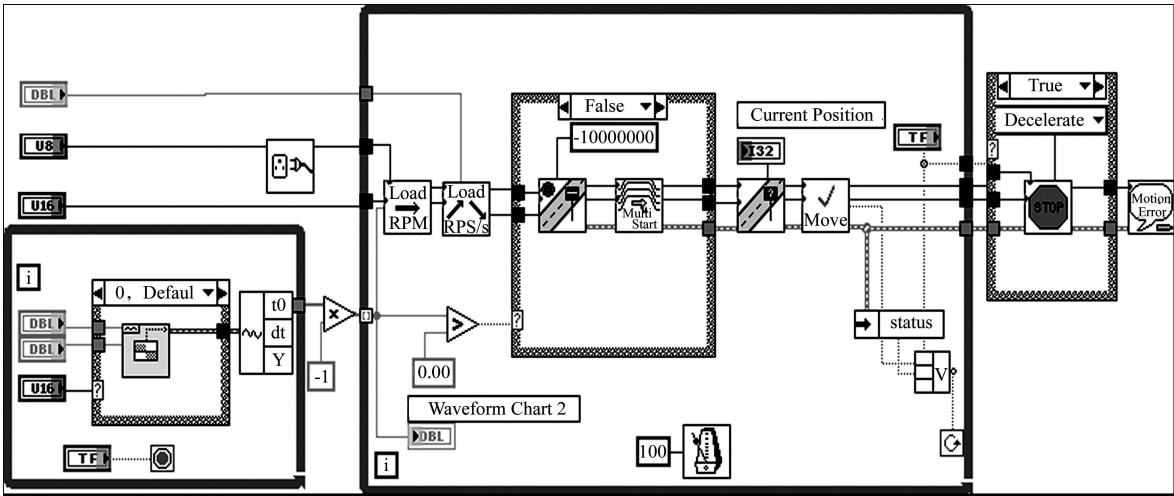


图 4 步进电机控制子程序后面板

Fig. 4 The real panel of the stepping motor control

间建立了一个流程控制权, 既保证了明确的执行顺序, 又使程序代码简洁、直观。在测量时间的程序设置上也避免了采用顺序结构, 可以用“任务号 (Task ID)”和“错误代码 (Error Code)”来实现对程序执行顺序的控制^[6]。

4 实验结果分析

在服务器端计算机上打开测量程序的前面板; 在客户端通过 Lab VIEW 环境, 或者网页浏览器连接网络, 则程序面板就会出现在客户端的屏幕上。如果想得到 Remote Panels 的控制权, 在桌面的下拉菜单中选中“Request Control”选项即可。

本文为 4 通道连续采集, 将“Scan Backlog”和“Scan to Read at a Time”最大值作为 AI Read 的“Number of Scans to Read”的输入, 这样就可以保证连续采样时, 缓存区中的数据不会溢出或者覆盖。图 5(a) 为电流变传动器的时间响应曲线。测量得到系统的过渡过程时间 $t_s = 4T = 190.8\text{ ms}$, 时间常数 $T = 47.7\text{ ms}$ 。图 5(b) 为步进电机输入正弦转速时的输入和输出转角的比较。从图 5 中可以看到, 当转速增大时, 输出转角略滞后输入角; 当转速变小时, 输出转角略超前输入角。图 5(c) 为输入正弦转速时输入力矩与负载力矩的比较。显然, 由于电流变效应, 使小的输入力矩 M_{si} 可以克服大的负载力矩 M_{so} 。

进一步分析可得到, 转动惯量 J 为 $3.80 \times 10^{-8}\text{ kg} \cdot \text{m}^2$, 阻尼系数 $b = 7.598 \times 10^{-3}\text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

图 5(b), (c) 说明, 在主动盘和中间盘之间加以适当的电场, 就可以在输入轴转速变化(这里是正弦变

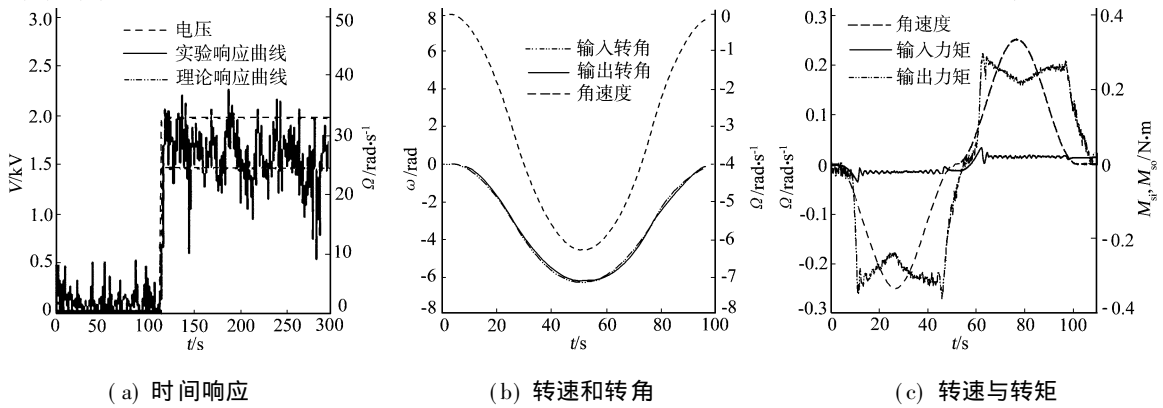


图 5 动态实验曲线

Fig. 5 The curves of dynamic experiments

化)的情况下, 使小的输入力矩 M_{si} 克服大的负载力矩 M_{so} , 实现输出角度跟踪输入角度。

5 结束语

(1) 本文开发的圆盘式电流变传动系统是一阶惯性环节, 它含有弹性储能元件 k 和阻性耗能元件 b , 导致其输出落后于输入 4 倍的时间常数 T 。(2) 圆盘式电流变传动系统的转角频率 $\omega_r = 20.96 \text{ s}^{-1}$ 。当输入频率 ω 小于 ω_r 时, 输出幅值能较准确地反映输入; 当输入频率 ω 大于 ω_r 时, 输出很快衰减, 可滤掉输入信号中的高频部分。(3) 根据 Remote Panel 技术搭建的远程测控平台具备远程面板发布的能力, 可以通过网页浏览器控制远端 VI, 能方便地测量圆盘式电流变传动机构的响应时间, 分析系统动态性能。(4) 在本文构建的实验装置中, 在主动盘和中间盘之间加以适当的电场, 产生电流变效应, 可以在输入轴转速变化的情况下, 使小的输入力矩 M_{si} 克服大的负载力矩 M_{so} , 实现输出角度跟踪输入角度。

参考文献:

- [1] 侯国屏, 王 坤, 叶齐鑫. Lab VIEW 7.1 编程与虚拟仪器设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 178-223.
- [2] 黄宜坚, 朱石沙, 李志达, 等. 电流变学[M]. 长沙: 湖南师范大学出版社, 1996: 1-13.
- [3] 黄豪彩, 黄宜坚, 吴亚楠. 虚拟转矩转速仪的研制[J]. 仪表技术与传感器, 2004, (7): 8-10.
- [4] 黄宜坚, 田天成, 杨光胜. 电流变传动机构的数学模型[J]. 福州大学学报: 自然科学版, 2005, 33(3): 298-304.
- [5] 杨乐平, 李海涛, 赵 勇, 等. Lab VIEW 高级程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 446-457.
- [6] 曲卫东, 王 非, 薛建国, 等. Lab VIEW 平台上高速数据采集软件的实现[C]. 现场总线与智能仪表专题研讨会. 海口: [出版者不详], 2003.

Remote Measurement of Electrorheological Actuator

WANG Yue-hui, HUANG Yrjian

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Based on the software LabView, a virtual instrument testing platform for an electrorheological actuator, characteristic of a high performance/price ratio, has been developed to measure the time response, the analysis of the dynamic properties of this actuator, so that the servo control experiments could be implemented conveniently. During the experiments, if a suitable electric field is added between the active disk and the middle one of the actuator, a small input torque can conquer a large load torque to make the output variables track the input ones when given the change of the rotational speed of the input axis.

Keywords: electrorheological fluids; actuator; remote measurement; virtual instrument

(责任编辑: 黄仲一)