

# 大惯量变频液压复合调速及其测控系统研究

杨存智<sup>1,2</sup>, 赵继云<sup>1</sup>, 赵亮<sup>1</sup>, 石峰<sup>1</sup>, 王巍<sup>1</sup>

## Research on Variable-frequency Hydraulic Compound Speed Regulating System with High Inertia and Measurement & Control

YANG Cun-zhi<sup>1,2</sup>, ZHAO Ji-yun<sup>1</sup>, ZHAO Liang<sup>1</sup>, SHI Feng<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>

(1.中国矿业大学 机电工程学院, 江苏 徐州 221116; 2.徐州师范大学 机电工程学院, 江苏 徐州 221116)

**摘要:**介绍了大惯量变频液压容积节流调速系统的组成、工作原理和特点; PLC 控制系统的结构; 测试系统的硬件构成, 并以 LabVIEW 为测试平台, 分析了系统测试软件的结构及操作界面; 通过实验及对相应数据的测试, 绘出液压达成在不同给定频率上限时的速度运行曲线, 说明该测试系统能完全满足实验系统的要求。

**关键词:**大惯量; 变频液压调速; PLC 控制; 数据采集; LABVIEW

中图分类号: TH137 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2008)12-0009-03

### 0 前言

大惯量变频液压复合调速系统是变频液压调速技术和旁路节流调速相结合的一种复合调速方式。其中变频液压调速技术是利用变频电机调节定量泵的工作转速从而调节定量泵的输出流量, 和传统的变量泵容积调速相比, 电机始终处在高效率的工作状态, 因而节能效果好, 调速系统具有更好的控制性能, 降低了变量泵的成本, 提高了系统的可靠性。但是, 其低速性能受到电机和液压泵的低速稳定性能的影响。所以本系统把节流调速和变频液压技术有机结合起来, 以解决变频液压容积调速在大惯量、低转速、变负载

忽视。

### 3 结论

液压实验设备为液压传动学科的教学提供了强有力的工具和手段, 对学科的发展有着重要的意义。它的建立是在结合本学科及专业自身要求的基础上, 不断引用新技术和新的控制方法, 逐步趋向具有虚拟化、网络化、智能化、故障诊断等功能并引入现代水液压技术, 这将是多功能液压实验设备发展的新趋势。

### 参考文献:

- [1] 康泼, 等. 虚拟仪器在高校实验室建设中的应用探讨[J]. 中国民航学院学报, 2002, 20(4): 60-63.
- [2] 周灿丰, 等. 基于虚拟仪器平台的全数字自动控制实验

系统中的应用问题。

本文将分析大惯量变频液压容积节流调速系统的原理, PLC 控制系统的结构及以 LabVIEW 为平台, 开发研究基于虚拟仪器技术的实验测试系统, 并进行实验分析。

### 1 液压系统工作原理

收稿日期: 2008-07-10

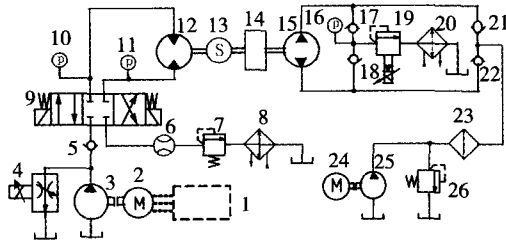
基金项目: 江苏省自然科学基金项目(BK2006038); 中国矿业大学科技基金项目(2005B006)

作者简介: 杨存智(1966—), 男, 陕西岐山人, 讲师, 硕士, 主要从事液压与气压传动的教学与研究工作。

仪器研制[J]. 实验室研究与探索, 2004, 23(11): 22-24.

- [3] National Instrument Corporation. Virtual instrument based on PC[J]. Electronic Engineering & Product World, 2003(1): 86-88.
- [4] 胡卫红, 等. 虚拟现实技术在教育教学中的应用与研究[J]. 山东省青年管理干部学院学报, 2007(6): 139-141.
- [5] 姜增如, 等. 实验教学设备在网络中的资源共享[J]. 实验技术与管理, 2003, 20(6): 49-51.
- [6] 郭华伟, 等. 液压故障诊断专家系统研究[J]. 机床与液压, 2002(6): 217-219.
- [7] 赵恩刚, 等. 纯水液压传动在工农业中的应用现状与展望[J]. 流体传动与控制, 2006(9): 50-52.
- [8] 王小红. 现代液压传动技术发展的新方向——纯水液压传动[J]. 机床与液压, 2006(8): 226-231.

大惯量变频液压复合调速系统如图1所示,该系统主要由驱动部分、液压容积节流调速系统和加载系统3大部分组成。驱动部分由变频器1和变频电机2组成;液压容积节流调速系统主要包括由主泵3、电磁换向阀9、液压马达12、流量传感器6、背压阀7及冷却器8组成的开式液压回路及由比例调速阀4组成的旁路节流调速回路;加载系统由加载泵15实现对调速系统的加载,负载大小由比例溢流阀19来控制,补油泵25给加载泵补油。



1.变频器 2.变频电机 3.主油泵 4.比例调速阀  
5、17、18、21、22.单向阀 6.流量传感器 7.背压阀 8、20.冷却器  
9.电磁换向阀 10、11、16.压力传感器 12.液压马达  
13.转速扭矩传感器 14.转动惯量 15.加载泵 19.电液比例溢流阀  
23.滤油器 24.加载补油泵电机 25.加载补油泵 26.溢流阀

图1 液压系统原理图

由于液压泵具有最低稳定转速,当液压泵的转速低于其最低稳定转速时,液压泵输出流量和压力就不稳,所以变频液压容积调速必须在液压泵的最低稳定转速和最高转速之间变化才能获得很好的调速性能。但是,由于本系统属于大惯量、低转速、变负载系统,对液压马达的低速稳定性要求较高。所以,系统在主油泵3的出口处增加了由比例调速阀4组成的旁路节流调速回路以解决液压马达低速稳定性问题。在低速时,把液压泵的转速调到其最低稳定转速,通过比例调速阀4调节马达的速度。高速时,比例调速阀完全关闭,通过变频器及变频电机调节液压泵的转速来调节液压马达的速度,从而实现变频液压容积调速和比例调速阀旁路节流调速相结合的复合控制,提高了液压马达的低速调速性能。

## 2 PLC控制系统结构

大惯量变频液压复合调速系统的过程控制由西门子S7-200PLC及若干模拟量扩展模块实现。控制系统结构如图2所示,系统的数字量输入为控制电机启停和设置系统工作方式的各类选择开关和按钮开关,而系统的模拟量输入除了调节电位器之外,还将转速扭矩传感器输出的马达转速信号引入模拟量输入端,

目的是为了实现在整个系统的闭环控制。PLC输出的数字量信号控制各继电器的通断,以实现相应电机和阀的控制,另外系统工作状态指示灯和变频器的启动信号也通过数字量输出端口控制;PLC输出的模拟量信号分别控制比例调速阀放大器、比例溢流阀放大器和变频器的频率指令输入端,用于实现旁路调速、负载调整和变频调速。

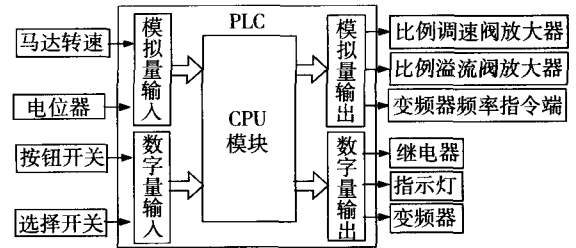


图2 PLC控制系统结构

## 3 数据采集系统硬件配置

数据采集系统的配置如图3所示,其中压力传感器型号为MSP-300-350,主要性能参数:供电电源为24VDC、压力范围为0~35MPa,输出信号为4~20mA、频宽为1kHz;转速扭矩传感器用以测量马达转速和输出扭矩,选用航空气动力技术研究院的AKC-215动态扭矩传感器,技术参数为:供电电源为15VDC、转速测量范围为0~100r/min、扭矩测量范围为2000Nm、输出信号为4~20mA。流量传感器选择上海航月的CLG-10型涡轮流量传感器,流量测量范围为2.3~50L/min。

数据采集卡主要实现多路传感器信号的采集,系统根据所采集的信号数量,并考虑一定的预留空间,选择NI公司M系列数据采集板卡NI PCI-6229,该采集卡支持32路模拟量输入,4路模拟量输出,高达48路的数字I/O,32位计数器,数字触发,模拟信号分辨率为16bit,输入采样率250kS/s,输出采样率833kS/s。数据采集卡和传感器之间采用SCB-68屏蔽模块相连。

## 4 系统软件结构与应用界面

系统软件主要实现数据采集、数据处理、数据存储和数据显示功能。软件首先通过读通道函数读取任务通道中的数据,通过索引函数将各通道的数据分

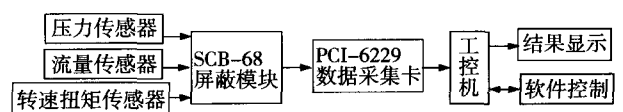


图3 测试系统的硬件组成

开,经滤波,信号标定后一方面输出到保存模块,将数据以 Excel 文件格式保存到硬盘中,另一方面,将数据恢复为波形文件送波形窗口显示。系统通过循环结构实现连续采集。

#### 4.1 系统软件结构

系统软件体系结构主要包括两大部分:驱动程序和应用程序。其结构如图 4 所示。驱动程序主要对数据采集卡的驱动,用以建立数据采集卡与计算机接口的通讯与数据的传输协议。由于采用了 NI 采集卡,这里驱动程序直接由 NI-DAQmx 实现。应用程序包括:模拟量采集程序、频率信号采集程序、传感器设置程序、信号滤波程序以及数据存储程序等。

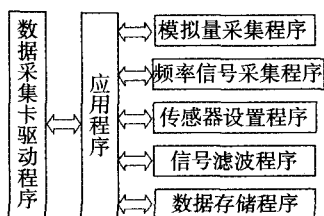


图 4 系统软件结构

模拟量采集程序是对压力、流量、转速及转矩信号进行采集;频率信号采集程序主要采集流量传感器的脉冲频率,用以测量系统流量;传感器设置程序主要任务是将采集到的传感器信息转换为实际应用中的物理量;信号滤波程序完成采集信号滤波与调理并将这些信号转换为可供输出的数据,经系统分析处理后,部分作为控制信号输出到执行机构,部分作为系统运行的特性曲线显示输出;数据存储程序,数据保存是将系统的运行数据存入硬盘,以便日后查询和分析之用。

#### 4.2 应用界面

虚拟仪器系统的操作界面与显示如图 5 所示,主

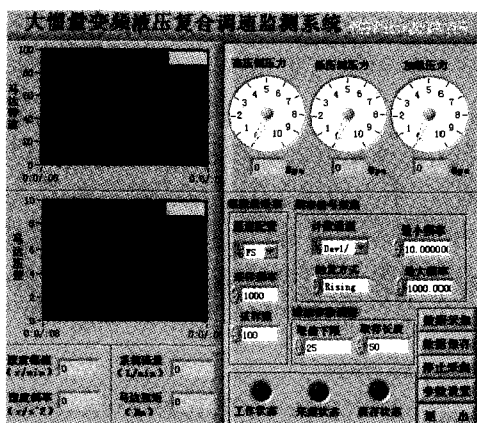


图 5 系统操作与显示

要实现液压马达进、出油口压力及加载泵的工作压力显示;液压马达的速度曲线及其进、出口压差的曲线显示;数据采集参数的设置显示以及系统运行状态的控制及显示。

#### 5 测试结果分析

在转动惯量为  $10 \text{ kg/m}^2$ 、调定负载压力为  $4 \text{ MPa}$  的情况下,选定梯形给定曲线的上升和下降段的角加速度为  $0.9 \text{ rad/s}^2$ ,通过操控面板上的幅值调节电位器改变变频器的频率输入指令的最大值,可以得到不同频率上限的液压马达转速响应曲线。通过读取实验中保存数据文件中的数据,并将其显示于同一个窗口,如图 6 所示。从图中可以看出,在变频器输出  $20 \text{ Hz}$ 、 $30 \text{ Hz}$  和  $50 \text{ Hz}$  的频率上限控制信号时对应的马达转速稳态值分别为  $28 \text{ r/min}$ 、 $50 \text{ r/min}$  和  $70 \text{ r/min}$ ,说明系统在不同的给定频率下液压马达的转速变化按给定的曲线要求变化,测试结果比较理想。

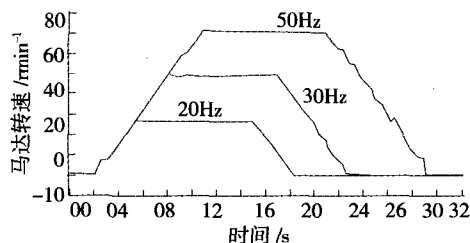


图 6 不同频率上限激励下的马达转速响应

#### 6 结论

介绍了大惯量变频液压容积节流调速系统的组成、工作原理和特点;并以 LabVIEW 为测试平台,结合工控机、PLC、传感器等硬件与系统测试软件相结合建立了大惯量变频液压复合调速系统的综合测试系统,通过实验所测数据的分析,说明以工控机为上位机、PLC 控制及以 LabVIEW 为平台的测试系统,能完全满足实验系统的要求。

#### 参考文献:

- [1] 李湘闽.容积节流回路变频调速设计[J].南方冶金学院学报,2002(7):20-22.
- [2] 李正军.计算机控制系统[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 王树.变频调速系统设计与应用[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [4] 刘向明,等.LabVIEW 环境下的阀控马达电液伺服机构及测控系统[J].机床与液压,2005(8):151-153.
- [5] 杨乐平,等.LabVIEW 程序设计与应用[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [6] 马明建,数据采集与处理技术[M].西安:西安交通大学出版社,2005.