

基于 USS 协议的电机测控系统设计与实现

贺昱曜, 张 阳, 闫茂德, 陈天琴

(长安大学 信息工程学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 介绍了一种由工控机与西门子直流调速器、交流变频器及其他设备联网组成的调速监控系统, 采用基于 RS-485/232 接口的 USS 协议实现了工控机与 1 台直流调速器和 2 台交流变频器的串行通信控制。该系统的独特之处在于不需购置西门子额外的系统附件就可实现联网调速和监控, 为电机的测试和控制提供了一个灵活、低成本、高性能的方案。

关键词: 串行通信; C++ Builder 6; 西门子变频器; 电机测试

中图分类号: TM93

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)04-0063-04

电机型式试验对电机设计及制造起着非常重要的意义。本文介绍一种基于西门子 USS 协议的交流变频器和直流驱动器的多种电机测试系统, 无需添加变频器、驱动器其他附加设备即可完成电机的测试功能, 该系统采用 C++ Builder 6 编程, 界面美观、应用方便、可扩展性好、性能稳定。

1 系统设计要求

基于西门子 USS 协议的交流变频器和直流驱动器的多种电机测试系统为实验室电机测试系统, 主要由三连机组、交流调速控制柜、直流调速控制柜、操作台和测试系统等组成。要求测试系统能完成 0.5~10 kW 的各类型电机的直流电阻、空载试验、堵转试验、负载试验和转矩的测定^[1]。系统硬件设计采用开放式系统结构, 以利于系统扩展, 方便系统的二次开发, 从而适应各种特殊试验要求。试验数据实现全自动采集、实时曲线显示, 使数据采集、试验控制、报表打印及试验查询集成在一起。实现智能化的试验操作与管理。运用先进的算法, 对试验数据进行处理, 绘制出试验曲线, 提高试验数据的准确性和科学性。

2 系统硬件设计

根据系统的设计要求, 该系统的主要硬件包括: 西门子 7.5 kW 直流驱动器 1 台、西门子 7.5 kW 和 2.2 kW 交流变频器各 1 台、三连机组、交流调速控制柜、直流调速控制柜、操作台、电源和电机自动测试系统等组成^[2-3], 系统硬件结构图如图 1 所示。

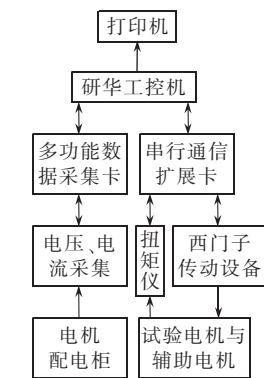


图 1 硬件结构图
Fig.1 Hardware architecture

系统中采用霍尔传感器获得电机的输入电压和电流, 数据采集卡为研华公司的 PCL 818L; 串口扩展卡为研华公司的 PCL 746+, 用于控制变频器、驱动器; 转矩转速传感器和扭矩仪为成都诚邦生产的 NJ 型传感器和 NC-2A 扭矩测量仪, 用于测量转矩、转速、输出功率; 变频器采用西门子矢量变频器 6SE 7021-8EB 61 (7.5 kW) 和西门子 6SE 6420-2UD 22-2BA0 (2.2 kW) 变频器, 直流驱动器选用西门子 6RA 7018-6DV62-0 (7.5 kW), 用于控制电机运行。

3 系统软件设计

测试系统上位机采用 C++ Builder 6 编程, 实现对西门子变频器、驱动器的所有控制。计算机在自动测试系统中的主要功能有: 进行电机运行的程序控制; 监视测试过程; 记录、整理并分析测试结果, 即将测得的数据进行分析处理, 最后以数字显示、打印报表和拟合出工作特性曲线。

3.1 变频器/驱动器调速、数据采集的实现

3.1.1 USS 协议简介

USS 协议是由 Siemens AG 定义的串行数据通信协议, 完全满足传动工艺的需求, 与传动应用中有用数据传送的定义相同。完全运用 USS 协议, 用户可以在上级主站系统与多个从站系统之间建立串行总线链接, 上级主站系统可以是 PLC 或 PC 机。

USS 协议定义了根据主-从原理, 借助于串行总线通信的数据存取方法, 点对点链接为其中一部分。1 个主站和最多 31 个从站可以连接到总线上, 主站通过电报中的地址标志选择每个子站。1 个子站如不经主站首次启动将不能传送, 各个子站之间的信息传递也不可能, 通信进入半双工模式。

每个报文以起始标志 STX (=02hex) 开始, 接下来是长度信息 (LGE) 和地址字节 (ADR), 其后是有用数据, 电报由块校验标志 (BCC) 终止, 如图 2 所示。



图 2 USS 协议报文结构
Fig.2 Message structure of USS protocol

对有用数据块中的单字数据(16 位),高字节(第 1 标志)总是首先发送,接下来是低字节(第 2 标志),这也适用于双字数据,先是高位字,再是低位字。

USS 参数信息编码如下:

- a. STX(报文开始),ASCII 码 02HEX;
- b. LGE(报文长度),1 个字节,包括报文长度;
- c. ADR(地址字节),1 个字节,包括子站地址和电报形式(二进制码);
- d. 有用数据,每个为 1 个字节,为独立工作内容;
- e. BCC,1 个字节,块校验标志。

STX,LGE,ADR,BCC 的结构简单,故不作介绍,仅简要介绍有用数据。有用数据信息系置于每个报文的有用数据区域中,分为 2 个区:参数标志值(PKE)范围和过程数据(PZD)范围。PKW 区域关系到 PKW 接口的控制,PKW 接口不是一个物理接口,而是处理 2 个通信部件之间参数传送的机构(例如控制单元与传动装置)。其中包含参数值的读和写,读取参数注释及相关电文。借助于 PKW 接口进行的所有工作均涉及到操作控制、观测、维护及诊断。PZD 区域包含有自动化系统所需的 2 个信号:

- a. 主站给予站的控制字及给定值;
- b. 子站给主站的状态字及实际值。

PKW 和 PZD 2 个区域共同构成了有用数据块,这个结构适用于主站到子站及子站到主站的电报。根据特定需求,PKW 区域是可改变的,3 字、4 字或不同字长可以参数化,PKW 结果如图 3 所示。

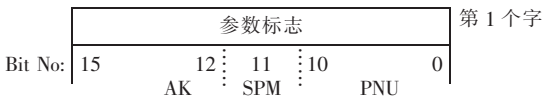


图 3 PKW 区结构图
Fig.3 Structure of PKW area

图中,AK 为任务或应答辨识,SPM 为参数变更报告处理的触发位,PNU 为参数号。表 1 是几种主要的任务应答辨识列表。

表 1 常用任务标识含义
Tab.1 Mark significations for common tasks

任务标志	含 义	应答标志	
		正	负
0	无任务	0	7 或 8
1	请求参数值	0 或 1	7 或 8
2	改变参数值(字)	1	7 或 8
3	改变参数值(双字)	2	7 或 8

例如,在本系统中如果变频器转速的参数号为 8,要读取转速值,则 PKE 区的参数应为:0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0(即 1008HEX)^[4]。

3.1.2 调速控制实现

在测试系统中,变频器、驱动器的串口波特率设为 9600bit/s,偶校验。每个变频器、驱动器拥有不同的地址,可以采用总线控制方式控制电机。程序中用 victor 控件实现串口数据收发,主要功能有控制电机的启动、停止和调速。调速控制分为升速和降速,其中升速控制的流程图如图 4 所示。

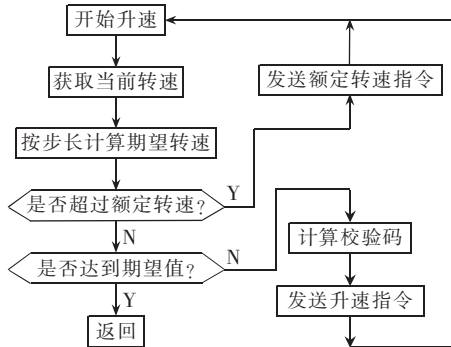


图 4 升速控制流程图
Fig.4 Flowchart of speed-up control

下面只给出启动 7.5 kW 交流电机的具体代码^[4-6]。

```
void_fastcall TDjStartThread::Execute(void)
{
    int nBytes=0; // 启动电机代码
    char Buffer[200],*EndPtr;
    AnsiString t,s;
    if(RadioButton1->Checked == true) // 如果正转
    {
        s="02 0C 03 00 00 00 00 00 0C EF
00 02 EC";
    }
    if(RadioButton2->Checked == true) // 如果反转
    {
        s="02 0C 03 00 00 00 00 00 00 14 EF
00 02 F4";
    }
    while (s.Length()>0)
    {
        int p=s.Pos(' ');
        if (p>0)
        {
            t=s.SubString(1,p-1);
            s=s.SubString(p+1,s.Length()).Trim();
            Buffer[nBytes++]=strtol(t.c_str(),&EndPtr,16);
            // 十六进制字符串转换成字节
        }
        else
        {
            t=s;
            s="";
            Buffer[nBytes++]=strtol(t.c_str(),&EndPtr,16);
        }
    }
}
```

```
// 十六进制字符串转换成字节
    }
}
YbCommDevice2->Active = true; // 打开串口
YbCommDevice2->PurgeWrite(); // Write(Buffer,
nBytes); // 清串口发送缓冲区
YbCommDevice2->Write(Buffer, nBytes); // 发送
启动电机指令
}
```

3.2 扭矩仪数据采集的实现

NC-2A 扭矩仪采用 RS-232 方式与上位机通信,一帧数据 11 位,顺序为:1 位起始位、8 位数据位、奇偶校验位、停止位。仪器地址固定为 0AH(HEX),该仪器只被地址触发,即只有向仪器发送“0A”时,仪器才作出响应。根据扭矩仪使用说明书串行通信协议的规定,在本自动测试系统中采用了“0A00”命令字符,该命令时读取扭矩仪转速、扭矩的指令,其返回数据为采用 IEEE 浮点运算标准的单精度格式数据。上位机收到数据后进行处理、转换。读取转速和扭矩的代码如下^[6]:

```
void _fastcall TNjyThread::Execute(void)
{
    AnsiString t,s="0A00";
    while(s.Length()>0)
    {
        int p=s.Pos(' '); // 空格
        if(p>0)
        {
            t=s.SubString(1,p-1);
            s=s.SubString(p+1,s.Length()).Trim();
            Buffer[nBytes++] = strtol(t.c_str(), &EndPtr, 16);
        }
        // 十六进制字符串转换成字节
        else // 还剩下最后 1 个字节
        {
            t=s;
            s=" ";
            Buffer[nBytes++] = strtol(t.c_str(), &EndPtr, 16);
        }
        // 十六进制字符串转换成字节
    }
    YbCommDevice1->PurgeWrite(); // 清串口发送缓冲区
    YbCommDevice1->Write(Buffer, nBytes); // 发送读扭矩仪指令
}
```

3.3 数据采集实现

数据采集模块采用 PCL818L 数据采集卡实现,818L 采用 ISA 总线结构,是 16 路单端或 8 路差分模

拟量输入,40kHz 12 位 A/D 转换器,每个输入通道增益可编程(高达 8 倍),带 DMA 的自动通道/增益扫描,16 路数字量输入及 16 路数字量输出的多功能数据采集卡^[7]。在电机自动测试系统中电压、电流信号采用差分输入方式,应用了其中的模拟输入通道中的 4 个通道。通过主程序调用 PCL818L 提供的 DLL 函数实现计算机的数据采集功能。主要应用了 818L 采集卡的 A/D 输入功能,采用中断方式。由于电机测试要求的采样频率比数据采集卡的频率低,所以可根据电机测试要求设置采集卡采样频率而不必担心系统采样频率是否会超过采集卡的最高采样频率。下面是该系统中数据采集的一段主程序^[8]:

```
void _fastcall TMyThread::Execute(void)
{
    LPVOID temp; // 转换数据接收变量
    ptFAITransfer.ActiveBuf=0; // 单通道缓冲区
    ptFAITransfer.DataType=gwDataType;
    ptFAITransfer.start=0;
    ptFAITransfer.count=gulConvNum;
    ptFAITransfer.overrun=&gwOverrun;
    Form1->lstData->Clear(); // 显示数据
    if (gwDataType==0)
        temp=(USHORT far *)ptFAITransfer.DataBuffer;
    else
        temp=(FLOAT far *)ptFAITransfer.DataBuffer;
    for(i=0;i<gulConvNum;++i)
    {
        if(gwDataType==0)
            sprintf(szBuffer, "Buf[%1d]= %4x", i, ((USHORT far *)temp)[i]); // 读缓冲区数据
        else
            sprintf(szBuffer, "Buf[%1d]= %10.6f ", i, ((FLOAT far *)temp)[i]); // 读缓冲区数据
        Form1->lstData->Items->Add((LPSTR)szBuffer);
    }
}
```

在此,由于篇幅有限,数据采集卡采集数据的具体代码省略。

4 试验结果及数据分析

在该测试系统中,数据分析主要包括采集数据修正和曲线拟合。在程序中结合 C++ Builder 6 强大的数据库功能对数据进行处理和保存^[9],并利用 Tchart 控件显示各条曲线。数据采集过程中首先进行容错计算,然后进行插值修正,获得采样数据,存入数据库。在曲线拟合中,应用最小二乘法,将处理后的数据进行多次多项式拟合^[10],图 5 是 7.5 kW 交流电机转速和电压的 1 条 2 次拟合曲线。从图中可以看出,拟合曲线很好地呈现出异步电动机的电压-转速特性,

电压随转速的上升近似线性增大,说明了变频器的性能良好。

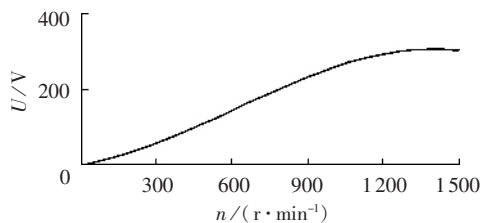


图5 拟合曲线

Fig.5 The fitting curve

5 结语

本文采用西门子变频器、驱动器作为电机试验的电源,既提高了电源质量、减少了电源的功率损耗,又提高了测试的精度,大大提高了电机测试工作效率,减轻了试验人员的繁重计算负担。系统整体结构简单,易于扩展。实际应用表明,此系统运行可靠、数据准确、操作方便,达到了电机试验的要求。

参考文献:

- [1] 才家刚. 电机试验技术及设备手册[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 陈辽军,侯志伟,徐立祥. 微型直流电机综合测试和管理系统[J]. 中小型电机,2005,32(1):76-78.
CHEN Liao-jun, HOU Zhi-wei, XU Li-xiang. Colligating test and management system for mini-DC motor[J]. *S & M Electric Machines*, 2005, 32(1): 76-78.
- [3] 邱四海,王耀南,黄守道. 异步电机智能测试系统的研制与开发[J]. 中小型电机,2003,30(1):66-70.
QIU Si-hai, WANG Yao-nan, HUANG Shou-dao. Study and development of intelligent motor test system[J]. *S & M Electric Machines*, 2003, 30(1): 66-70.
- [4] 刘海东,王宪,朱建鸿,等. 基于USS协议的计算机控制多电机调速系统的设计与实现[J]. 电气传动,2002(1): 28-31.
LIU Hai-dong, WANG Xian, ZHU Jian-hong, et al. Design and realization of multiple motors SR system controlled by PC based on USS protocol[J]. *Electric Drive*, 2002

(1):28-31.

- [5] 唐亚伟,赵光宙. 基于Delphi的计算机控制系统串行通讯的实现[J]. 电气传动,2003(3):44-46.
TANG Ya-wei, ZHAO Guang-zhou. Implementation of serial communication in computer control system based on Delphi[J]. *Electric Drive*, 2003(3): 44-46.
- [6] CALVERT C. C++ Builder应用开发大全[M]. 徐科,冯焱,吕志民,等. 译. 北京:清华大学出版社,1999.
- [7] 马明建,周长城. 数据采集与处理技术[M]. 西安:西安交通大学出版社,1998.
- [8] 李文杰,于有生. VB环境下基于DLL的PCL-818L数据采集卡在焊接控制系统中的应用[J]. 兵器材料科学与工程,2004,27(2):50-53.
LI Wen-jie, YU You-sheng. Application of PCL818 data acquisition card in welding control system based on DLL under VB development environment[J]. *Ordinance Material Science and Engineering*, 2004, 27(2): 50-53.
- [9] 杨公平,赵忠良. C++ Builder下时间型数据的处理[J]. 微机发展,2004,14(1):84-85.
YANG Gong-ping, ZHAO Zhong-liang. The disposal of time data in C++ Builder[J]. *Microcomputer Development*, 2004, 14(1): 84-85.
- [10] 冯玉才,桂浩,李华旻,等. 数据分析和清理中相关算法研究[J]. 小型微型计算机系统,2005,26(6):1018-1022.
FENG Yu-cai, GUI Hao, LI Hua-yang, et al. Research on related algorithms in data analysing and cleaning[J]. *Mini-Micro Systems*, 2005, 26(6): 1018-1022.

(责任编辑:柏英武)

作者简介:



贺昱曜

贺昱曜(1956-),男,陕西富平人,院长,教授,博士研究生导师,研究方向为智能测控;

张阳(1981-),男,黑龙江海林人,硕士研究生,研究方向为智能测控技术及应用(E-mail:zyxinxiang@263.net);

闫茂德(1974-),男,陕西澄城人,系副主任,副教授,研究方向为精确制导、控制与仿真。

Design and realization of motor test-control system based on USS protocol

HE Yu-yao, ZHANG Yang, YAN Mao-de, CHEN Tian-qin
(Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: A speed regulator control system is introduced, which is composed of industrial PC, Siemens DC speed regulator, AC inverters and other devices. The serial communication between PC and multiple DC speed regulators or inverters is realized using USS protocol based on RS-485/232 interface. Its advantage is that the speed regulation on network is accomplished without the additional Siemens system auxiliaries. A scheme of controlling and monitoring motors with low-cost and high-performance is thus provided.

Key words: serial communication; C++ Builder 6; Siemens inverter; motor-test