

基于 PCC 的水电站计算机监控系统设计

徐惠攀¹,王典洪¹,孔令彬¹,章 潞²

(1.中国地质大学 机电学院,湖北 武汉 430074;

2.武汉东兴自动控制技术有限公司,湖北 武汉 430077)

摘要: 基于 B&R 2005 系列可编程计算机控制器(PCC)设计了一种水轮机现地控制系统。系统以具有高速数据处理能力和强通信能力的 PCC 为控制核心,采用 ANSI C 语言编写控制程序,基于最小二乘法对机组模拟量进行滤波,实现机组的开停机控制、模拟量采集、故障报警等功能,同时,基于帧驱动器实现控制系统同各种智能设备以及上位机的数据通信,以将各监控单元采集到的数据经过处理送到上位机监控系统以及人机界面,实现了系统的远程与现地监控。同时,介绍了系统结构及软件设计方案。该监控系统已在实际中应用,性能可靠稳定,验证了方案的可行性。

关键词: 可编程计算机控制器; 分时多任务系统; 最小二乘法; 帧驱动器; PVI; OPC

中图分类号: TP 273+.5

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)05-0054-03

0 引言

水电站计算机监控系统的优劣在一定意义上代表着该水电站的自动化控制水平,它直接影响机组的运行安全、电能质量以及生产效益等^[1-2]。

从目前水电站自动化水平的发展需求看,可编程逻辑控制器 PLC(Programmable Logic Controller)在高速数据处理、网络通信以及系统扩展等方面的能力已经不能满足要求,而新一代的可编程计算机控制器 PCC(Programmable Computer Controller)不仅拥有 PLC 稳定可靠的优点,同时也具备了工业控制计算机强大的数据处理及通信能力、丰富的编程语言,诸多优点已使其能够胜任大型的集散控制以及复杂的控制过程^[3]。

本文介绍的系统基于 B&R 2005 系列 PCC,采用 ANSI C 语言编制控制程序,同时以最小二乘法对机组模拟量进行滤波,并基于帧驱动器以及 OPC Server 实现了 PCC 控制系统同外部智能设备及上位机的通信,组成了一个较先进的适用于中小型水电站的开放式监控系统。

1 系统监控方式与组成结构

以计算机为基础的监控方式 CBSC(Computer-Based Supervisory Control)是目前国内外水电厂普遍采用的计算机监控方式^[4]。CBSC 模式的主要特点是电厂的主要监控功能全部由计算机实现,大大简化常规控制装置,仅留一部分现地操作设备以备特殊情况^[5],但由于位于监控系统较底层的现地

控制单元 LCU(Local Control Unit)一般都以 PLC 作为其控制核心,在数据处理、通信上功能不够强大,用户如要扩展或升级系统就需要相当大的投入,而 PCC 则依靠其丰富灵活的通信模块成功解决了这一问题,使 CBSC 监控方式更加灵活有效。

结合广西宜州拉浪水电站的实际情况,本系统基于 B&R 2005 系列中型 PCC 并以 CBSC 方式设计监控系统。该系统控制核心 PCC 由一系列独立封装的盒式模块组成,基本模块包括电源模块和 CPU 模块,扩展模块包括 I/O 模块、通信模块等。

在该系统中,调速器、电量仪及温度巡检仪等智能设备能够稳定地同 PCC 通信并将数据送入 PCC,而 PCC 则通过以太网(基于 TCP/IP 协议)同上位机监控终端通信,同时也将数据送至位于 LCU 上的人机界面显示。这种模式弥补了设备分散带来的不足,使运行人员可以在上位机或人机界面上监控机组运行状态,实现真正的集散式监控系统。该系统结构如图 1 所示。

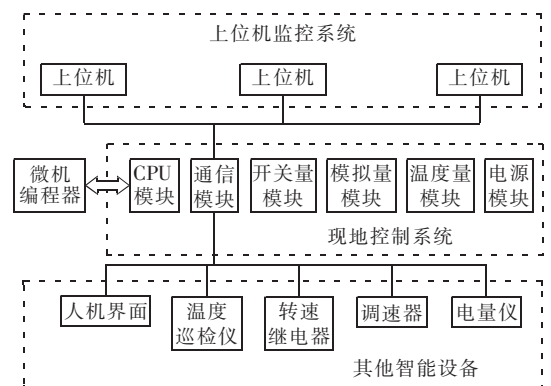


图 1 系统结构

Fig.1 System structure

2 现地控制单元程序设计

2.1 控制程序设计

2.1.1 任务层设计

PCC 的操作系统是一个分时多任务操作系统,该系统可使控制系统得以优化,拥有更好的稳定性和实时性^①。在控制程序中,各个任务程序模块依据其自身的重要性、实时性要求,分别位于优先级不同的任务层下,完成不同的功能。例如,事故故障处理直接影响水轮机组的安全运行,因此,该模块被置于任务层 Cyclic #1 中;而对实时性要求相对不高的模块如通信程序模块,则被置于任务层 Cyclic #4 中。图 2 为控制程序各个任务程序模块的任务层分布(括号内时间分别表示不同任务层的循环时间)。

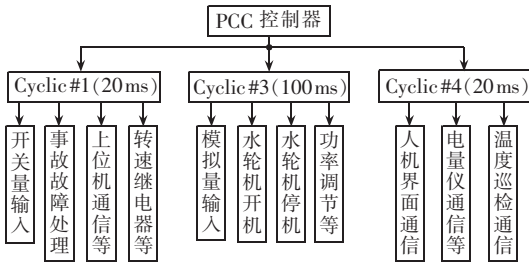


图 2 程序模块的任务层分布

Fig.2 Program module distribution at task layer

2.1.2 模拟量处理程序设计

机组模拟量如压力、温度等对整个水轮机组的正常运行起着至关重要的作用,因此需要对模拟量进行滤波以保证数据的准确性。以 PLC 为核心的控制系统对模拟量值的滤波一般是通过将模/数转换器得到的数值进行平均 N 次得以实现,存在着可靠性差等缺点。该程序则基于最小二乘法对模拟量数据进行拟合处理,并可根据传感器特性的变化调整参数,提高了数据的可靠性。最小二乘法^[6]即:选择适当的 a, b , 使式(1)中的 ε 最小。

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2 \quad (1)$$

因为 ε 是 a, b 的函数,用求极值的方法可知应满足:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial a} &= 2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)(-x_i) = 0 \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial b} &= 2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)(-1) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

解出 a, b :

$$\begin{aligned} a &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \\ b &= \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \end{aligned} \quad (3)$$

则

$$Y_i = \sum_{j=1}^n (a_i X_j + b_i) / n \quad (4)$$

式中 Y_i 为第 i 个模拟量通道的数据处理结果; X_i 为从传感器读取的第 i 个模拟量通道的初始值; a_i, b_i 为对应该通道的参数; n 为平均次数,程序中一般取 20 次。

模拟量处理模块部分程序如下:

```
int AnalogueFilter(unsigned int No,int AValue)
{
    IValue = AValue*ACoefficientA[No]+
    ACoefficientB[No]; // 最小二乘法滤波
    IValue = FlatFilter (No,IValue,1); // 平均值滤波
    if((IValue >= AValueMin[No]) && (IValue <=
    AValue Max[No]))
    {EValue = EValue + ALog[No][i];
    FValue = (EValue + IValue) / 20; }
}
```

2.2 通信程序设计

LCU 与外部设备如电量仪等的通信基于帧驱动器。帧驱动器是一种介于应用程序和硬件接口之间的软件工具箱,它使帧以字节流的形式进行发送与接收,无需驱动器对这些帧进行操作^[7]。

a. 初始化。通信开始时,通过帧命令 FRM_xopen (enbale, device, mode) 初始化端口,其参数定义了接口设备、接口参数以及数据传输状态等。

b. 数据发送与接收。函数 FRM_xopen() 初始化完成后返回缓冲区的地址及其长度,然后调用 memcpy() 将数据写入缓冲区,并将数据发送出去。数据接收的过程与发送基本相反,帧驱动器首先调用 FRM_read() 读取 1 帧数据并把它放在缓冲区中,然后由 memcpy() 读出该缓冲区的内容。

通信模块部分程序如下:

```
void OpenComPortProc(void) // 端口初始化
{strcpy (StringDevice, "SL3.SS1.IF2"); // 3 号槽
的子模块上的第 2 个接口
strcpy (StringMode, "RS 485, 9600, N, 8, 1");
// 通信参数
FramexOpenStruct.device = (UDINT)StringDevice;
FramexOpenStruct.mode = (UDINT)StringMode;
FRM_xopen (&FramexOpenStruct);
Ident = &FramexOpenStruct.ident; }
```

3 上位机监控实现

3.1 OPC 服务器

上位机监控功能是借助 OPC (OLE for Process Control) 服务器为桥梁实现上位机组态软件对机组数据信息的共享的。OPC 是一个工业标准,它为不同厂商的硬件设备、软件和系统定义了公共的接口,使

① 贝加莱工业自动化软件及硬件技术手册, 2003.

过程控制和工厂自动化中的不同系统、设备和软件之间能够互相连接、通信、操作。监控系统采用 OPC 协议与其他现场设备通信的优点在于:不管硬件设备是否使用标准的通信协议,制造商只需要提供 1 套 OPC 服务器,就可以支持大部分的监控等软件,也不需要将自己的通信协议细节提供给软件商^[8]。

OPC 服务器软件主要分为 OPC 服务器对象模块、服务器界面模块和 OPC 驱动程序模块,3 个模块通过同一块主内存数据区共享数据,通过线程的同步和互斥等技术的使用,可解决共享数据的保护问题。在该系统中,上位监控计算机启动后,系统自动加载一个被 B & R 称之为“PVI”的系统模块,同时 PVI 启动同封装在 PCC 操作系统中的 OPC 服务器的通信(在本系统中基于 TCP/IP 协议)。PVI 的核心部分为“PVI manager”,在“PVI manager”中用户可根据需要选择性定义从 OPC 服务器传输的数据。B & R PVI 的基本构成(见 B & R 2005 User's Manual, 2004)如图 3 所示。

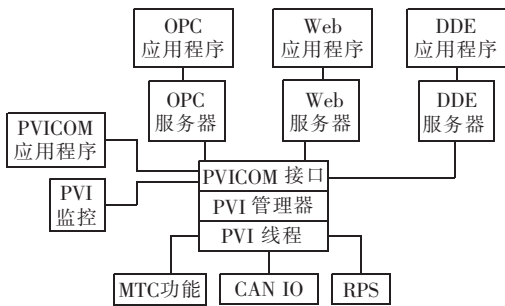


图3 PVI基本构成

Fig.3 The construction of PVI

3.2 组态程序设计

该系统的组态程序采用北京亚控“组态王 6.03”设计。“组态王 6.03”有比较完善的报警和事件系统、报表系统及支持 Windows 标准的 Active X 控件,同时全面支持 OPC 标准,可以通过 PVI 很方便地实现同 PCC OPC Server 的数据共享,完成诸如开关量监视记录和事件顺序记录、事故追忆和故障录波、自动发电控制(AGC)、自动电压控制(AVC)等监控功能。

4 结语

本文结合发展迅速的 PCC 技术,介绍了一种新型高效的水电站计算机监控系统。该系统基于 B & R 2005 系列 PCC,在以最小二乘法对机组模拟量进行滤波的基础上,实现了机组的各种控制与保护功能,并基于帧驱动器以及 OPC Server 实现了 PCC 控制系统同外部智能设备及上位机的通信,组成了一个较先进的适用于中小型水电站的开放式监控系统。该监控系统自现场安装调试完毕至今,已安全可靠地稳定运行了将近 1 年。PCC 可能将会依靠其强大的性能逐渐取代 PLC,成为水电厂自动化改造中不可或缺的一部分。

参考文献:

- [1] 侯代平,潘启俊. 格强水电站计算机监控系统设计[J]. 广西水利水电,2005(3):69-71.
HOU Dai-ping,PAN Qi-jun. CSCS design for Geqiang hydropower plant[J]. **Gx Water Resources & Hydro-power Engineering**,2005(3):69-71.
- [2] 汪军,郑冬梅,方辉钦,等. 第3代水电厂计算机监控系统及其在水口电厂的应用[J]. 水电自动化与大坝检测,2004,28(2):13-16.
WANG Jun,ZHENG Dong-mei,FANG Hui-qin,et al. The third-generation computerized monitoring and control system and its application to Shuikou hydropower plant[J]. **Hydropower Automation and Dam Monitoring**,2004,28(2):13-16.
- [3] 杨君. 基于 PCC 的步进式水轮机双调整调速器的研制[D]. 西安:西安理工大学,2004.
YANG Jun. Development of a PCC based stepping motor driven dual control governor for hydraulic turbine [D]. Xi'an:Xi'an University of Technology,2004.
- [4] 官贵朝. 白水峪电站计算机监控系统改造[J]. 水电自动化与大坝检测,2005,29(5):14-16,39.
GUAN Gui-chao. Reformation of computer monitoring and control system of Baishuiyu hydropower station [J]. **Hydropower Automation and Dam Monitoring**,2005,29(5):14-16,39.
- [5] 伍奎,李润方,蒋卫,等. 水电站计算机监控系统的模糊 PID 功率调节[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2004,27(5):17-20.
WU Kui,LI Run-fang,JIANG Wei,et al. Fuzzy PID power adjustment of computer monitor and control system for hydropower station [J]. **Journal of Chongqing University:Natural Science Edition**,2004,27(5):17-20.
- [6] 李润求. 基于 Matlab 的离散模型参数识别[J]. 兵工自动化,2005,24(1):62-64.
LI Run-qiu. Parameter identification of discrete model based on Matlab [J]. **Ordnance Industry Automation**,2005,24(1):62-64.
- [7] 齐蓉,陈杨,樊惠芳,等. 可编程计算机控制器教程[M]. 西安:西北工业大学出版社,2002.
- [8] 余峰,喻道远. Kingview 6.5 的报表功能在远程监控系统中的应用[J]. 自动化技术与应用,2005,24(8):39-41.
YU Feng,YU Dao-yuan. The report function of King-view 6.5 and its application [J]. **Techniques of Automation and Applications**,2005,24(8):39-41.

(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:

徐惠攀(1982-),男,河南新密人,硕士研究生,主要研究方向为自动控制理论及自动化技术(E-mail:huipan.xu@gmail.com);

王典洪(1957-),男,湖北仙桃人,教授,博士研究生导师,主要研究方向为计算机图像处理以及计算机应用;

孔令彬(1962-),男,辽宁沈阳人,教授,主要研究方向为微光学及红外热成像技术;

章 潞(1962-),男,湖北武汉人,高级工程师,主要研究方向为水电厂自动化。

Design and realization of monitoring system of hydraulic power plant based on PCC

XU Hui-pan¹, Wang Dian-hong¹, KONG Ling-bin¹, ZHANG Lu²

(1.China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2.Wuhan Dongxing Automation Technology Company Co.,Ltd., Wuhan 430077, China)

Abstract : A hydraulic generator local control system is designed based on B&R 2005 series PCC (Programmable Computer Controller). The PCC, which has high processing ability and strong communication capability, is adopted as the control core. The control program is developed with ANSI C, and the analog variables are filtered by the least square method. Functions of start-stop control, analog variable acquisition, fault alarm and so on are realized. Communications between control system and kinds of intelligent devices or computer is implemented by frame driver, thus the data from monitored units are processed and transferred to the superordinate supervision system and human-machine interface for both remote and local control. The system structure and software design are introduced. It has been applied in practice, and its reliable performance verifies its feasibility.

Key words: programmable computer controller; time-sharing and multitask system; the least square method; frame driver; PVI; OPC