

小水电站多功能测控一体机的研制与开发

曾 敏¹,姜 波¹,朱启晨²

(1. 北京理工大学 化工与环境学院,北京 100081;

2. 北京四方利水自动化设备有限公司,北京 100085)

摘要: 为提高我国小水电站的自动化技术水平,实现小水电站无人或少人值班的要求,提出了一种集发电机保护、综合测控、励磁控制、同期控制、顺控、远程通信等功能组合的智能一体机。该一体机采用多 CPU 的硬件模式,由于一体机内部的运算量大,实时性要求高,主控制器采用 DSP56F807,内部各功能模块采用 CAN 总线相连,一体机与上位机之间采用工业以太网相连,通信快速可靠、抗干扰性强。该机结构紧凑,便于安装使用,在现场可独立运行及操作,在多机系统联合运行时又可根据需要配置上位机,构成水电站监控系统。

关键词: 测控装置; DSP; CAN 总线; 小水电自动化

中图分类号: TM76

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)01-0070-03

0 引言

我国河流众多,蕴藏着丰富的水能资源,其中小水电资源的开发潜能非常大。总体而言,我国目前的小型水电站,装备水平及自动化程度低,机电设备陈旧老化,先进技术应用少,因此存在运行水平低、经济效益差、事故频繁、工作人员多等问题^[1]。随着单片机及数字通信技术的高速发展,集发电机测控保护、励磁控制、同期并列、顺控、远程通信等功能组合的智能一体机是一个经济可行的技术方案^[2],可提高我国小水电站的自动化水平,减少小型水电站的值班人数或实现无人值班,将成为小水电综合自动化未来发展的趋势。

1 主要功能与实现

通过查阅相关资料,包括我国与加拿大政府共同研发的 TCM-20/30 小水电自动控制系统^[1],水利水电科学研究所研制的分布式小水电综合参数微机监测系统^[3],重庆大学研发的小型水电站组合智能发电系统^[2],武汉大学提出的一种简洁的水电站综合自动化^[4]的体系结构和设计方法以及对小水电站电控设备优化设置的探讨^[5],借鉴较成熟的设计思想,弥补这些系统存在的不足,提出了多功能测控一体机的主要功能与实现方法。

测控一体机集机组保护、励磁控制、转速测控、温度巡检、电量采集、非电量采集、同期控制、顺序控制、人机对话、通信于一身,各模块采用高速现场总线 CAN 相连,通过 CAN 通信完成生产过程控制、设

备状态监测、设备参数整定、运行参数监视、装置自诊断故障显示等功能。一体机可以在现场独立运行及操作,在多机系统联合运行时也可以根据需要配置上位机,构成水电站监控系统,统筹实现现场控制功能、站级操作监控维护和运行管理功能、远程图象监视功能、远方调度管理功能。

1.1 主要功能

测控一体机的主要功能结构框图如图 1 所示,各功能模块采用 CAN 总线相连,并备有远程通信接口,在多机联运时可与上位机相连。

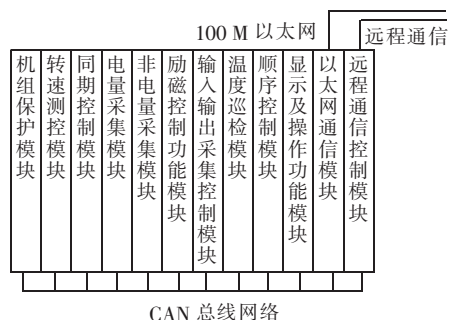


图 1 多功能测控一体机的主要功能结构框图

Fig.1 Main functions of multi-functional measuring and control device

一体机主要由 11 个功能模块组成。

a. 机组保护模块: 实现差动主保护及复合电压过流、负序过流、过电压、过负荷、负序过负荷、调相失压、调相失磁、定子转子接地、逆功率、过功率等后备保护功能。

b. 转速测控模块: 用于测量机组转速,转速测量值和转速告警信息通过现场总线 CAN 网直接传送到顺控模块。

c. 同期控制模块:用于发电机和系统并网,采用最优算法对合闸相角差进行预测,对被同期对象的电压、频率进行变参数调节,提高同期精度及速度。对待并发电机自动调压、调频,以恒定导前时间发出合闸脉冲(命令),并完成并列操作。

d. 电量采集模块:完成机组、开关站、公用单元电量采集,包括机端三相电流、机端三相电压、母线电压、线路电流等,通过计算获得有功功率、无功功率、功率因数,并将所有信息通过 CAN 总线传送给顺控模块。

e. 非电量采集模块:采集 8 路非电量信号,接入方式有 4~20 mA,0~5 V,0~10 V,采集量包括励磁电流、励磁电压、压力、流量等信号。

f. 励磁控制功能模块:控制励磁调节器的输出,包括增励、减励。

g. 输入输出采集控制模块:分为信号采集板、电度采集板和控制输出板。其中,信号采集板完成 64 路信号量采集,带事件顺序记录功能,带 GPS 对时;电度采集板完成 8 路电度脉冲的采集,包括有功电度脉冲、无功电度脉冲;控制输出板完成 16 路接点输出,实现生产过程中顺序控制功能。

h. 温度巡检模块:适用不同温度传感器输入,最大可测量 64 路。温度测量信息通过 CAN 总线传送给顺控模块。

i. 顺序控制模块:该模块采用 DSP 数字信号处理芯片,结合现场情况,用可视化组态编程逻辑下载至 DSP 控制程序,对不同的机组模式进行顺序控制。

j. 显示及操作功能模块:采用 2 个大液晶屏幕和光字牌进行显示,其中一个屏幕以图形的形式显示机组的工作状态,动态显示主要参数的值和开关位置、开停机过程、同期过程的同期角变化等;另一个屏幕以字符的形式显示电压电流等值、设定参数、指示图形切换等。光字牌从 CAN 网得到指令,点亮相应的信号灯,并发出音响报警信号。按键操作设置成 6 按键的键盘进行菜单选择、参数设定等人机交互操作。

k. 通信模块:一体机内部各模块之间采用现场总线(CAN 总线)进行通信,一体机和上位机之间采用工业以太网通信。而 CAN 网络与以太网的数据交换则由通信管理模块实现。

1.2 功能实现

多功能测控一体机在结构上分为 3 层,分别为综合测控层、PLC 顺控层和机组保护层。

综合测控层实现温度巡检、电量采集、励磁控制、I/O 采集、同期、通信控制和图形液晶显示。这些功能主要由 4 块 CPU 板实现,1 块 CPU 板实现温度巡检、电量采集、开关量采集、SOE(事件顺序记录)输入,1 块 CPU 板实现自动准同期功能,1 块 CPU 板实现通信管理功能,1 块 CPU 板实现液晶屏的动态显示。该层采集来自水轮发电机的导油槽、轴瓦、定子线圈、定子铁芯等的温度并进行显示和超限报警,采集来自发电机端的三相电流、三相电压、

母线电压信号。由采集的电量信息,通过合理的判断实现同期合闸,与上位机给定的有功、无功比较,可发出励磁增减、转速增减的调节信号。

PLC 顺控层实现顺序控制、转速测量、非电量采集、光字牌声光报警等。这些功能主要由 2 块 CPU 板实现,一块 CPU 板实现顺序控制、转速测量、非电量采集,另一块 CPU 板实现光字牌声光报警。该层采集水库、水轮机、发电机、变压器、操作台、机组保护和温度采集发出的各种开关信号,非电量模拟信号,转速信号,根据预置的逻辑关系,给水库、调速器、水轮机、励磁机、发电机、变压器、断路器发出相应的控制命令,实现机组的顺序控制。

机组保护层实现差动保护、后备保护和一点接地保护等,由 1 块 CPU 板实现。该层从发电机取得中性点电流、机端电流、后备电流、逆功率电流、机端电压、接地电流、接地电压、励磁电压,从变压器取得高压侧电流、高压侧电压以及重瓦斯等本体信号。经可靠有效的保护算法,发出跳高压侧开关、低压侧开关、装置异常等控制信号。

2 主控制器的硬件选型

本设计中,主控制器 CPU 选用 Motorola 公司推出的高性价比的数字信号处理器 DSP56F 807,主控芯片的选择取决于测控一体机的功能要求。

测控一体机采用多 CPU 的硬件模式,各主要功能模块由独立的控制芯片完成。其中,很多功能的实现都要求有很高的实时性,例如其中准同期功能的合闸时机捕捉、发电机保护的動作出口等,并且测控一体机中的电量采集等需要用到傅氏算法,运算量非常大,所以主控制器需要选用运算速度快、抗干扰性能好的 CPU 芯片,而 DSP56F 807 正是一款具有上述优点的芯片。DSP56F 807^[6]具有多总线和流水线结构,指令的执行速率快,并且 DSP 内部有硬件乘法器,可以在 1 个指令周期内完成乘法,运算速度快。

测控一体机内部的各 CPU 模块采用 CAN 总线通信,而 DSP 芯片上就集成了控制器局域网模块 CAN2.0A/B^[7],因此不需要另外配置专门的 CAN 总线芯片,降低成本、简化硬件电路,这也是主控制器选用 DSP56F 807 的另一原因。

选用 DSP56F 807 开发方便,因为 Motorola 提供了非常有力的软件开发工具——Code warrior 集成开发环境,它是一种可靠的用于交叉汇编、交叉 C 编译、链接和调试的开发工具。调试时不需要仿真器,而是通过芯片的 JTAG/OnCE 程序调试接口,将程序直接下载到 DSP 芯片中,在系统设计过程中可对软件进行实时调试,开发非常方便。

3 通信

测控一体机内部的各模块既要独立地完成自身的功能,也要相互通信从而传输数据,以最优的状态

工作,各模块之间采用 CAN 总线通信。而整个一体机与上位机之间采用工业以太网通信,便于构成水电站监控系统。

CAN 是一种具有很高可靠性、支持分布式、实时控制的现场总线网络^[8],最初是由德国的 Bosch 公司为汽车制造的监测、控制系统而设计的,非常适用于工业过程测控设备的互连,被公认为几种最有前途的现场总线网络之一。因此,考虑到 CAN 总线独特的设计思想、极高的性能和可靠性,将 CAN 总线应用于一体机内部各模块之间的通信。DSP 56F807 芯片上集成了 CAN 网模块,不需要购买专门的 CAN 控制器,只需通过驱动芯片 82C 250,DSP 就可方便地挂接在 CAN 总线上。

在测控一体机内部有 7 个 CPU 模块,分别用于综合测控、自动准同期、液晶显示、通信管理、PLC 顺控、光字牌声光报警和机组保护。

图 2 为一体机的通信结构图。

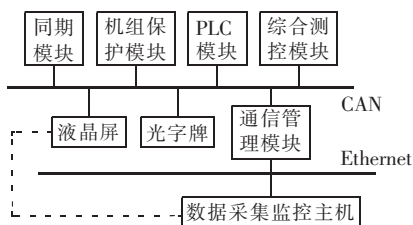


图 2 多功能测控一体机通信结构图

Fig.2 Communication structure of multi-functional measuring and control device

在 CAN 总线上,通信管理模块、液晶屏和光字牌是 3 个主节点,其余 4 个模块作为从节点。主节点与主节点之间可以建立通信,从节点与从节点之间没有通信,每个主节点与每个从节点之间可建立通信。一体机通过通信管理模块与上位机通过工业以太网通信,工业以太网采用 UDP+组播方式进行通信,这样既能利用 UDP 通信的灵活性,也不会对网内的其他机器产生影响。采用此通信模式,通信速度快,可靠性高,抗干扰能力强。

4 结语

小水电站的综合自动化^[9],重点是实现基本的控制、操作和保护的功能,并在此基础上提高可靠性、可维护性,降低造价,简化操作。本文开发研制的多功能测控一体机正是适合小水电站自动控制的这一特点,在外观上各功能模块都在 1 个机箱内,结构紧凑,便于安装使用,在功能上可以实现综合测控、PLC 顺控和机组保护。由于一体机内部各模块采用 CAN 总线相连,使各模块之间的数据交互快速可靠、抗干扰性强,在现场可独立运行及操作,在多台系统联合运行时又可以根据需要配置上位机,构成水电站监控系统,该机可实现小水电站的少人值班或无人值班,具有很好的实用价值和经济效益,有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 缪秋波,罗高荣. 小水电数控技术应用的进展[J]. 中国农村水利水电,2002(9):58-60.
MIAO Qiu-bo,LUO Gao-rong. The progress of digital control technology on small hydropower[J]. **China Rural Water and Hydropower**,2002(9):58-60.
- [2] 张太勤,黄选发,唐昆明. 小型水电站组合智能发电系统[J]. 小水电,2003(4):19-22.
ZHANG Tai-qin,HUANG Xuan-fa,TANG Kun-ming. Combined intelligent system of generating and transforming electricity for small hydropower[J]. **Small Hydropower**,2003(4):19-22.
- [3] 万中田,张从新,赵德正,等. 小水电综合参数微机监测系统的研制[J]. 武汉水利电力大学学报,1998,31(4):90-95.
WAN Zhong-tian,ZHANG Cong-xin,ZHAO De-zheng,et al. Development of a microcomputer monitoring system for general parameters of small hydropower system[J]. **J. Wuhan Univ. of Hydr. & Elec. Eng.**,1998,31(4):90-95.
- [4] 杨辰,周洪,贺剑锋. 水电站无人值班综合自动化系统[J]. 自动化博览,2001(5):18-19.
YANG Chen,ZHOU Hong,HE Jian-feng. Integrated automation system without people for hydropower system[J]. **Automation Panorama**,2001(5):18-19.
- [5] 黄宝南,李葆武. 小型水电站电控设备优化设置探讨[J]. 水力发电,1999(5):51-54.
HUANG Bao-nan,LI Bao-wu. Discussion on optimized setting of electric control device for small hydropower system[J]. **Water Power**,1999(5):51-54.
- [6] 邵贝贝,龚光华,薛涛,等. Motorola DSP 型 16 位单片机原理与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [7] 李静岚,王平. 基于 Motorola 嵌入式控制器 DSP56F805 芯片的 CAN 总线通信[J]. 电气传动,2004(2):48-51.
LI Jing-lan,WANG Ping. CAN bus communication based on Motorola embedded controller DSP56F805[J]. **Electric Drive**,2004(2):48-51.
- [8] 陈实. 一种很有发展前途的现场总线网络 CAN[J]. 兵工自动化,1997(3):38-41.
CHEN Shi. A promising fieldbus net CAN[J]. **Ordnance Industry Automation**,1997(3):38-41.
- [9] 陈光大,蔡维由,刘海峰. 小型水电站综合自动化系统的模式探讨[J]. 中国农村水利水电,2001(12):30-32.
CHEN Guang-da,CAI Wei-you,LIU Hai-feng. Discussion on mode of comprehensive automation system for small hydropower stations[J]. **China Rural Water and Hydropower**,2001(12):30-32.

(责任编辑:戴绪云)

作者简介:

曾 敏(1982-),女,江西南昌人,硕士研究生,研究方向为测控技术、智能仪器设计、总线技术在电力自动化中的应用(E-mail: zengmin82124@bit.edu.cn);

姜 波(1953-),女,黑龙江密山人,副教授,研究方向为测控技术、智能仪器设计、总线技术在电力自动化中的应用。

Research on multi-function measuring and control device for small hydropower station

ZENG Min¹,JIANG Bo¹,ZHU Qi-chen²

(1. Beijing Institute of Technology of Chemical & Environment, Beijing 100081, China;

2. Beijing Sifang-Lishui Automation Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: A measuring and control device, integrating the functions of generator protection, measuring and control, excitation control, synchronization control, sequential control and remote communication, is brought forward to improve the automation of small hydropower stations and realize unmanned operation. It adopts multi-CPU mode and choose DSP 56F807 as master controller for real-time multi-functional operation. CAN bus is used to connect the inner functional modules, and Ethernet is used for reliable communication between device and PC. With compact structure, it is easy to stall. It can run independently or communicate with PC to form a monitoring and control system as multi-machine system.

Key words: measuring and control device; DSP; CAN bus; automation in small hydropower station