

桥巩水电站水轮机调速器的硬件配置及软件实现

刘 翱 赵亚虎

(中国水利水电第七工程局有限公司机电安装分局 四川 彭山 620860)

摘要 介绍桥巩水电站灯泡贯流式水轮发电机组的新型水轮机调速器控制系统,调速器硬件采用处理速度快、运算能力强的 32 位高性能可编程计算机控制器,在软件设计上对控制算法进行有针对性的考虑,以满足大型灯泡贯流式机组对调速器品质与稳定性的要求,可为国内类似灯泡贯流式水轮发电机组的控制提供一定的经验。

关键词 桥巩水电站;可编程计算机控制器;调速器

中图分类号 TM312 **文献标识码** B **文章编号** 1006-7647(2008)S2-0044-02

桥巩水电站安装 8 台单机容量为 57MW 的灯泡贯流式水轮发电机组,是目前我国单机容量最大的灯泡贯流式水轮发电机组。灯泡贯流式水轮发电机组由于水头低、建设周期短,近年来发展比较迅速。但因其转动惯量小、水流惯性时间常数较大、受上下游水位波动影响大等特点,空载时比其他类型机组较难控制,需要调速器具有较快的响应速度和良好的调节性能。过去大型灯泡贯流式机组调速器大多采用国外公司产品,近年来随着灯泡贯流式机组的大力开发,国内对灯泡贯流式机组微机调速器也开始了较多的研究。桥巩水电站灯泡贯流式水轮发电机组安装的就是我国生产的基于 32 位高性能可编程计算机控制器(PCC)的新型水轮机微机调速器。

1 主要功能与技术指标

1994 年奥地利贝加莱公司提出了“可编程计算机控制器”的概念,将计算机的多任务分时操作系统及高级编程语言引入可编程逻辑控制器,从而使可编程计算机控制器既具有 PLC 的高可靠性,又具有计算机快速、多任务和编程通用化的特点。桥巩水电站灯泡贯流式水轮发电机组微机调速器装置采用的是以 CP476 可编程计算机控制器为调节控制核心的新型微机调速装置,配以现代控制理论为核心的控制软件,与水轮机的电液执行机构组成水轮机调速系统。采用双微机系统,双微机系统在电源、输入通道、输出通道上都互相独立,切换控制则采用可编程逻辑器件来实现,内置安全可靠的切换逻辑,可靠

性高,充分发挥了双微机系统互为热备用、互相冗余的优势。采用工业控制计算机液晶显示屏,具有良好的人机界面,基于 Windows/NT 多窗口、多任务、全汉化大屏幕彩色图形界面显示。桥巩水电站灯泡贯流式水轮发电机组微机调速器与其他类型调速器相比,具有可靠性高、可维护性好、性价比高的优点。其主要的自动调节和控制功能包括以最佳过程启动水轮发电机组,启动过程可使机组频率跟踪电网频率,也可以按给定频率启动,保证水轮发电机组稳定运行于单机空载运行、与大电网或地区电网并列运行和手动运行等工况,以最佳过程使机组停机,可根据需要实现分段关闭过程,能够根据机组运行工况、水头、导叶开度等因素实现变结构、变参数改进的并联 PID 自动调节;可以实现轮叶转角与净水头及导叶开度之间的协联关系,提高机组发电效率;可接受监控系统操作指令实现远程操作,也可在现地通过面板操作,能完成手动、自动平滑切换;具有报警功能,还具备容错功能,故障诊断和监控功能,信息显示、智能调试和整定功能,事故记录功能及通信功能。其系统结构为微机调节+电液随动系统,调节规律为变结构、变参数改进的并联 PID 控制,微机采用 32 位可编程计算机控制器,测频方式为数字测频,模数与数模转换分辨率为 12 bit,转速死区不大于 0.03%,接力器不动时间不大于 0.2 s。

2 硬件配置

在选择可编程控制器模块时,选用 CP476 作为调

速器的 CPU 模块,该模块集成 4 个本地插槽,供插入旋入式数字量或模拟量模块,其本身还带有 1 个 RS232 接口和 1 个 CAN 接口。CP476 内部具有时间处理单元 TPU,该处理单元可以利用其内部的计数时钟测录输入脉冲的频率。通信模块 IF321 按照 RS485 方式实现与上位机的通信,其最大波特率可以达到 115.2bit/s。高速数字量输入模块 DI135 具有 4 个数字量输入通道,作为调速器测频输入模块,DI135 的作用就是将整形成方波后的机组或电网频率信号传至 CP476 的 TPU,实现机组和电网频率的测量。模拟量输入模块 AI774 具有 4 个 0~20 mA 的电流输入通道,12bit 数字量转换分辨率,可以实现水轮机导叶开度、桨叶开度、水头和机组功率等信号的测量。模拟量输出模块 AI352 具有 2 个模拟量输出通道,可以输出 $\pm 10\text{V}$ 的电压信号或 0~20mA 的电流信号,12bit 数字量转换分辨率,可以实现水轮机导叶开度控制信号和桨叶开度控制信号的输出。数字量混合模块 DM465 具有 16 个数字量输入通道和 16 个数字量输出通道,可以实现开机令、停机令、分段关闭控制、伺服阀控制等开关量控制信号的输入和输出。

3 软件实现

PCC 采用分时多任务操作系统,整个操作界面可以分成数个具有不同优先权的任务等级,其中优先权高的任务等级有着较短的巡回扫描周期,而且每个任务等级可包括多个具体任务,在这些任务中间可再细分优先权的高低。在这种操作系统的管理下,任务总是按其优先权等级的高低依次执行。这样,可以将比较重要的任务的等级定义得高一些,如测频任务和调节任务等,而将一些较一般的任务的任务等级定义得低一些,如人机接口任务等。这样可使整个控制系统得到优化,具有更好的实时性。对于 CP476,用户可以使用 2 种不同的任务层,即高速任务层(HS)和标准任务层(TC)。高速任务层的任务是由硬件定时器来激发,CP476 模块仅有 1 个高速任务层,高速任务层的优先级高于系统管理器(操作系统)和标准任务层,它可以在一个确切的时刻中断其他任务。由于机组频率和电网频率的测量对实时性要求很高,因此将测频任务设置在高速任务层中。而标准任务层的任务由系统管理器来触发,可以完成数据采样和 PID 控制规律的计算等任务。PCC 在软件设计上的另一个特点是 B&R automation studio 编程系统支持多种编程语言,其中既有面向一般电气工程技术人员的梯形图(LAD)、结构文本(ST)、指令表(IL)、顺序功能图(SFC)等编程语言,又有 B&R automation basic 和标准 C 语言

2 种高级编程语言,这些编程语言均符合 PCC 编程语言的 IEC1131-3 标准。

大型灯泡贯流式水轮机 PCC 微机调速器的软件设计首先要通过测频和 A/D(模数)转换采样机组的各个参数,对采样来的数据进行计算后,机组的状态逻辑变量发生相应的改变,从而确定机组当前的运行状态,然后再调用与机组当前运行状态相对应的控制子程序进行控制计算,最后通过 D/A(数模)转换输出导叶和桨叶的开度控制计算数据,其控制主程序的软件流程如图 1 所示。

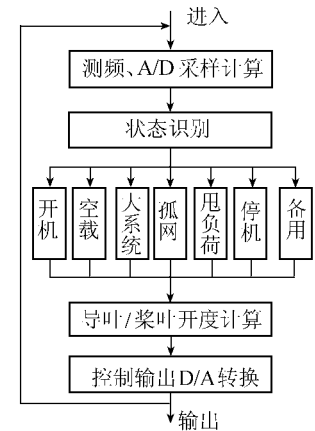


图 1 PCC 调速器控制主程序的软件流程

在故障检测方面,为便于设备维护与故障诊断,对 A/D 和 D/A 转换模块、开关量输入/输出模块、通信模块、测频模块,以及导叶/桨叶位移传感器和导叶/轮叶随动系统伺服环故障均进行实时在线检测,并根据检测结果控制相应控制器的输出,实现双机间控制输出的自动切换。在人机操作接口设计上,充分考虑了电站运行的需要,采用全中文图形人机界面,可实时显示机组当前状态、运行参数及各种故障信息,并可通过菜单修改各种运行参数。友好的人机界面使其操作简单、方便,易于使用。

4 结 语

由于大型灯泡贯流式水轮发电机组的特殊性,在调速器硬件选择上应考虑采用处理速度快、运算能力强的 32 位高性能 PCC 控制器,同时在软件设计上对控制算法进行有针对性的考虑,以满足大型灯泡贯流式机组对调速器调节品质与稳定性的要求。目前,该 PCC 调速器现已在桥巩水电站大型灯泡贯流式水轮发电机组 1 号机上投入运行。现场调速器静特性测试、机组开机、空载和甩负荷等动态试验及实际运行表明该 PCC 调速器完全能满足大型灯泡贯流式水轮机调节控制的要求,为国内类似大型灯泡贯流式水轮发电机组的控制提供了一定的经验。

(收稿日期 2008-12-15 编辑 骆超)