

文章编号: 1001-4179(2005)12-0033-02

# PCC 水轮机调速器与 PCC 励磁研究及应用

潘熙和<sup>1</sup> 齐耀华<sup>2</sup> 严国强<sup>1</sup> 雷玉波<sup>1</sup>

(1. 长江水利委员会 长江科学院, 湖北 武汉 430010 2. 南水北调中线水源有限责任公司, 湖北 丹江口市 442700)

**摘要:**提出了一种计算机硬件平台,作为可编程计算机控制器(简称 PCC)的水轮机调速器和同步发电机励磁装置。PCC 不仅具有可编程序控制器(简称 PLC)的高可靠性,同时还具备 PC 机的大容量和高速性,特别是它具有多任务分时操作系统的特点。用 PCC 研发调速器和励磁,可靠性高,各项性能指标达到或优于国标和部标要求。可以预见,PCC 水轮机调速器和 PCC 励磁装置在机组辅机行业中具有广阔的推广应用前景。

**关键词:**PCC; 水轮机调速器; 同步发电机励磁; 测频的精度与实时性; 移相触发  
**中图分类号:** TP39 **文献标识码:** A

由于可编程序控制器具有设计环境是工业现场,设计对象是工业控制,设计原则是高度可靠,并且其硬件和软件具有易学易懂等特点,特别是它的高度可靠性,使得 PLC 在水电站控制领域越来越受到用户的欢迎;在 PLC 被推广应用的同时,工业 PC 机(简称 IPC)由于其特有的大容量和高速性倍受工控用户的青睐。武汉长江控制设备研究所(简称长控所)研制的 PCC 调速器和 PCC 励磁装置是充分考虑了 PLC 和 IPC 两种机型的优点,充分发挥可编程序计算机控制器的技术特点而研制的一代新型机组辅机控制设备。

## 1 PCC 的特点

可编程序计算机控制器是一种全新的控制概念,它集成了 PLC 的标准控制功能和工业计算机的分时多任务操作系统等功能,除具备 PLC 的高可靠性外,还具有 PC 机的高速性和大容量等特点。

PCC 最大的特点在于它具有类似于大型计算机的分时多任务操作系统,与常规 PLC 采用的单任务时钟扫描方式有所不同。PCC 采用分时多任务机制构筑其应用软件的运行平台,这样应用程序的运行周期由操作系统的循环周期来决定,而与程序的长短无关。由此,它将应用程序的扫描周期同真正外部的控制周期区别开来,满足了实时控制的要求,而且这种控制周期可以在 CPU 运算能力允许的前提下,按照用户的实际要求任意修改。

基于这样的操作系统,PCC 的应用程序由多任务模块构成,这样给项目应用软件的开发带来了很大的便利。因为这样可以方便地按控制项目中各部分不同的功能要求,如数据采集、报警、PID 调节运算、通信控制等,分别编制出控制程序模块(任务),这些模块既相互独立运行,而数据间又保持一定的相互关联,这些模块经过分步骤的独立编制和调试完成之后,可同时下载至 PCC 的 CPU 中,在多任务操作系统的调度管理下并行运行,共同实现项目的控制要求。

此外,PCC 还具有多样化的应用软件设计风格。除采用常用的梯形图编程外,PCC 还可以采用高级语言编写复杂的程序。

PCC 在远程通信方面提供了灵活多样的解决方案。系统除全面支持 ETHERNET、PROFibus 和 CANbus 等标准网络或现场总线协议外,还为用户提供了创建自定义协议的串行通讯帧驱动器(FRAME DRIVE)工具,由于具备这样的技术优势,PCC 常常能解决许多常规 PLC 无法实现的通信难题,轻松实现了各种不同产品、不同通信协议之间的互联。

PCC 在工业控制中的强大功能优势,使它在越来越多的应用领域中,正日益显示出不可低估的发展潜力。

PCC 还有如下具体技术特性:

(1) 具有比常规 PLC 更高的可靠性。平均无故障时间达 50 万 h,即 57 a。

(2) 公用 PCC 全系列软件开发工具 Automation Studio。利用该软件可实现显示、控制、驱动和通讯等任务的配置和编程,开发手段十分方便。不象 PLC 与 IPC 工控产品,操作界面与调节控制需用不同的开发软件。

(3) PCC 多数为 32 位 CPU,具有高速的智能处理器 TPU,TPU 功能可使系统响应时间达到微秒的范围,而 CPU 不需作任何加载。

(4) 具有良好的电磁兼容能力和现场总线全面支持技术,体现着世界工控领域的发展方向。

## 2 PCC 水轮机调速器

### 2.1 调节器构成

PCC 调速器由于其硬件本身的可靠性很高,一般采用单机结构,应用户的特别要求也可以提供双机。调节器由 PP41 控制机、4 路模拟量输入模块 AI354、2 路模拟量输出模块 AO352、10 路开关量输入模块 DI138、用于与监控系统进行通讯的 RS232 接口模块 IF311 或 RS485/RS422 接口模块 IF321 组成。值得一提的是,PP41 内部还提供两个备用模块扩展槽,以便扩展功能,提供

收稿日期:2005-02-24

作者简介:潘熙和,男,长江水利委员会长江科学院控制设备研究所副所长兼总工程师,教授级高级工程师。

10路开关量输入接口 X2, 8路晶体管输出接口 X3。此外, PP41 本体提供一个 PC 机开发 PCC 程序用的 RS232 接口和一个远距离网络通讯用的 CAN 现场总线接口(见图 1)。

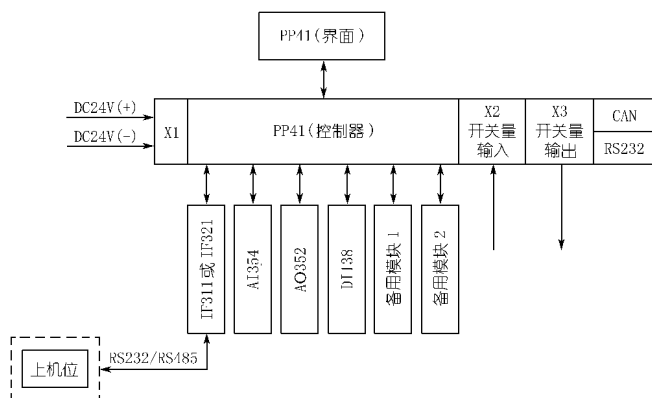


图 1 PCC 调速器调节器构成

## 2.2 测频问题

测频环节是水轮机调速器最重要的前置环节,是调节器的计算基础,一旦出错或故障,自动调速器就会崩溃。因此,无论是什么类型的调速器,测频问题是大家最关心且费脑筋的。为了提高测频可靠性,FLC 调速器废弃了用单片机或其它数字电路的传统测频方法,而在 FLC 本体测量上花了很多心思,为了提高 FLC 本体测频的精度和实时性,引入了静态测频值和动态测频值的概念;IPC 调速器的测频,有的仍然采用单片机测量,通过串口或总线并口送给 IPC,也有的采用 IPC 系统的高速计数器模板在 IPC 的 CPU 中通过相应的操作系统(开发环境)来求取,IPC 调速器的测频可能会因为单片机的可靠性问题带来不可靠,也可能会因为操作系统的病毒感染、重新启动或死机问题带来不可靠。

PCC 调速器的测频环节是一个硬件和软件都简单易行的过程,具有如下特点:

(1) 测频通道多。PP41 本体的 X2 开关量输入接口中有 10 路 DI 输入,其中前 4 个通道具有 TPU 功能,用来处理测频。它可以同时测量 4 路频率,即机组频率 3 路和电网频率 1 路。包括机组残压测频主通道 1 路,机组残压测频备用通道 1 路,机组齿盘测频通道 1 路,电网残压测频通道 1 路。

(2) 测频过程简单。相对于 FLC 测频和 IPC 测频,PCC 测频的软件部分显得更加简单且具有规范化。对应于 4 路专用测频通道,PCC 有专用的测频语句。更重要的一点是,PP41 中携带有测频程序的专用功能块。使用者只需要将频率的数字方波信号接入测频通道端口,然后按照规范稍作软件上的通道设置,通过调用测频功能块和运行测频程序,就可以获得频率的数值。

这种测频方法对使用者没有很高的要求,而且简单、容易操作。

(3) 测频精度高、实时性强、可靠性高。水轮机调节系统的速动性和稳定性,要求频率测量有较高的精度和较强的实时性。

PCC 调速器的测频时钟为 6.3 MHz,而一般的单片机或 IPC 测频时钟为 1~4 MHz,因此 PCC 调速器较其它类型的调速器有更高的测频精度。

PCC 调速器的残压测频硬件接口回路中,只有正弦波的隔离和方波整形环节,不需要分频,因为 PCC 测频环节测量的是方波的上升沿和上升沿之间的时间,不存在传统的计算机测频采用测量脉冲宽度的方法,由于正弦波信号的不对称性,必须进

行分频才能保证测量精确,因此,PCC 测频比传统的计算机测频实时性提高了 1 倍。PCC 的齿盘测频接口回路中,为了保证和传统的计算机测频一样的精度(假设时钟相等),分频的次数缩小 1 倍,即实时性也提高了 1 倍。

PCC 调速器测频的可靠性从以下 3 方面得以体现:残压测频不需要分频,方波形成回路简单可靠;6.3 MHz 的计数时钟为 PCC 内部时钟,不需要外部制作硬件回路,时钟回路可靠;提供残压 2 路、齿盘 1 路共 3 路机频测量回路,软硬件冗余,互为热备用,充分保证测频的可靠性。

## 2.3 试验及现场运行

PCC 水轮机调速器已成功投产和投运于广东的英德波罗水电站、福建的黄塘甲水电站等 10 多台机组。调速器的整机特性与电机转换器的选择、电液随动系统构成有着密切的联系,就同类系统方案将 PCC 调速器与 FLC 调速器作过对比,前者的整机可靠性至少等同于后者,前者的静态动态性能指标明显优于后者。

## 3 PCC 同步发电机励磁

### 3.1 调节器构成

PCC 励磁调节器一般采用单机结构,应用户的特别要求也可以提供双机。当采用单机时,提供一个 80C196 微机手动调节通道。调节器硬件配置如下:由 PP41 控制机、一个 4 路模拟量输入模块 AI354、一个 10 路开关量输入模块 DI138、两个 4 通道数字量输出模块 DO135、一个用于与监控系统进行通讯的 RS232 接口模块 IF311 或 RS485/RS422 接口模块 IF321 组成。而且 PP41 内部还提供了 10 路开关量输入接口 X2, 8 路晶体管输出接口 X3。此外,PP41 本体提供一个 PC 机开发 PCC 程序用的 RS232 接口和一个远距离网络通讯用的 CAN 现场总线接口。

从 PCC 励磁调节器的构成可以看出,其硬件配置与 PCC 调速器相近,只是将调速器的 AO352 模数转换模块换成励磁的 DO135 用于移相触发的数字量输出模块;风格相同,都采用 PP41 控制器系统,系统调节用编程软件和人机界面用组态软件一样采用一体化系统软件;相同的工作平台,方便与计算机监控的接口和通讯组网,更便于用户成套选择机组的辅机产品。

### 3.2 软件移相的实现

在微机励磁的发展过程中,为了提高调节器的可靠性,人们尝试着开发 FLC 励磁。目前可编程励磁装置大多数是采用 FLC 来实现励磁操作、数字给定、PID 调节,但移相触发等对 CPU 速度要求很高,实时性要求更强的功能就没法利用 FLC 本体完成了。作为励磁调节器的最后结果,移相触发是 FLC 的最大难点,几乎不可能实现。目前 FLC 励磁最常用的是将 FLC 的调节输出用外部的模拟电路(如 TC787 或线性集成电路)转换成触发脉冲。

移相触发是励磁调节器中最核心的部分,对于移相触发功能的实现,PCC 相对于 FLC 而言具有无可比拟的优势。利用 PCC 的 TPU 功能能够简单、可靠地实现移相触发。触发角是频率的函数,且与同步点有关,我们在高速任务中作频率测量,确定同步信号点,然后就可以得到触发角。

由于频率的测量、同步信号的确定,触发脉冲的实现都是在高速任务中实现,这样就保证了调节过程的实时性,而且 PP41

(下转第 46 页)

## 4 结论

和平广场滑坡堆积体是堆积于长江及其支流苕溪河北岸台地上,以崩滑堆积为主,坡积、河流冲积等为辅的混合成因的松散堆积体。通过滑坡堆积体分布高程与长江阶地高程的对比、滑带土绝对年龄测定、滑坡堆积体河流冲积层物质分布高程和新构造运动分析,证实和平广场滑坡堆积体形成的地质时间为中更新世中期( $Q_2^3$ )至中更新世晚期( $Q_3^3$ ),即30万~20万a。和平广场滑坡堆积体经历了多序次的长江河床下切与物质堆积过程。同时说明万州地区长江斜坡动力改造与三峡地区新构造是

同步进行的。

### 参考文献:

- [1] 唐贵智. 长江三峡地区新构造、地质灾害和第四纪冰川作用与三峡形成图集. 武汉:湖北科学技术出版社,2001.
- [2] 孙云志,苏爱军,王军怀等. 万州和平广场滑坡堆积体剪裂面特征分析. 人民长江,2002,33(6):14~15.
- [3] 孙云志,苏爱军. 三峡库区万州和平广场滑坡成因与防治对策研究. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2003,(12):433~435.
- [4] 孙云志,苏爱军. 三峡库区万州和平广场滑坡水文地质特征及工程意义. 成都理工大学学报(自然科学版),2004,(8):853~855.

(编辑:赵凤超)

(上接第34页)

的晶振为6.3M,足以保证系统的调节精度。PCC的内部软件触发功能取代常用的PLC外部模拟电路触发,减少了自制外部回路,提高了系统的可靠性,有利于系统的维护。

### 3.3 试验及现场运行

长控所的PCC同步发电机励磁目前已成功投运于云南的挖窖河、四川的交脚河等水电站的10多台机组。目前同步发电机励磁以自并励磁方式为主,PCC励磁以自并励产品进行了试验,可靠性明显高于普通微机励磁,静态、动态性能明显优于PLC励磁。

## 4 PCC调速器与励磁调节器的特点

PP41自身带有控制器和显示操作面板,因此PCC调节器电柜和PCC励磁的调节器显得结构简单、节省空间,图文丰富、功能完善,且具有很好的性价比。

PP41的显示面板上带有14.5cm的LCD显示区,包括数字键在内的多种功能按键以及指示灯,结合软件可以完成切换画面、设置密码、修改参数、显示工况、数据列表、辅助试验等多种功能。非常人性化的工作平台,充分体现以人为本的设计理念。

(1) 可以设置多级密码。持有密码的级别越高,对系统行使的权力就越大。在本调速器产品中,只用到了二级密码。在不输入密码的情况下,操作者只能观察到一幅画面(初始画面)中的数据;当输入一级密码后,操作者可以通过切换按键观察到各个画面的数据;当输入二级密码后,操作者除可以观察各个画面之外,还可以通过数字键修改调节系统参数。

(2) 功能模块有很好通用性。如AO352为两路模拟量输出模块,可通过模块开关设置为0~10V电压输出或4~20mA电流输出,电压或电流输出无需更换硬件模块。

(3) 对时变测量数据有绘图打印处理功能。通过上位机,PP41除能够在线监测、显示各参数外,还可以描绘各时变数据的曲线并通过打印机打印出曲线和图形来。

(4) 屏幕保护功能。通过软件设置,显示面板在无人操作的情况下保持一定的点亮时间后会自动变成黑色背景,以保护屏幕,延长寿命。敲击PP41上任一按键,显示面板可以恢复点亮状态。

(5) FLASH数据保存。存贮介质既不是常用的小空间存贮器,也不是容易磨损、怕振动的磁盘,而是采用先进的FLASH存贮技术。程序保存在FLASH ROM中,永远不会消失,修改的整定参数放在FLASH RAM中,掉电可以保持(锂电池)。

(6) 故障指示和报警。当系统发生故障时,PP41会根据不

同类型的故障,以不同的速度闪烁相应的指示灯,以提示操作人员注意并处理。当系统级故障时,故障报警接点吸合,告之上位机监控系统。

(7) 编程语言高级化。调节器的编程语言为类似如C语言的贝加莱自动化公司Automation Basic语言,程序简单、可读性强,易掌握。

(8) 辅助试验功能。通过操作面板上的功能键和显示屏,可以很方便地完成空载摆动和静态特性测试等辅助试验功能。

(9) 可靠、丰富、高精度、高实时性的测频功能与精确、及时的软件移相触发脉冲功能(前面已阐述)。

(10) 改善和提高调速器与励磁系统的性能指标。

PCC可以将整个调节控制分成数个具有不同优先权的任务等级(TASK CLASS)。不同的任务等级,优先权越高,其扫描周期越短;优先权越低,其扫描周期越长。充分利用PCC的多任务分时操作系统资源,将主循环和一般性的判断处理程序放在普通任务层;将导叶开度、水头、有功、无功采样等放在普通高速任务层;定子电压、转子电流、PID运算、D/A、位控输出等实时性要求更高的程序放在最高级别的高速任务层;将测频和软件移相触发等利用PCC本体所特有的TPU功能和TPU功能模块来实现,从而改善和提高整个调节系统的性能指标。

## 5 结语

近10a来我国在水轮机微机调速器和励磁装置的研究十分活跃,也积累了丰富的经验。现在市场上比较畅销的产品主要是PLC调速器和IPC调速器,它们在某些方面确实代表着水轮机调速器和励磁调节器的方向,符合水电厂无人值班、少人值守和综合自动化的要求,且深得用户的欢迎。PCC调速器和励磁调节器就是在综合以上两种机型优点而开发的一种新型产品。

作为调速器产品,具有测频回路多、信号源可选,测频软硬件能冗余、容错,测频回路简单可靠,测频精度高、实时性强,丰富的串口、网络和现场总线接口,方便用户操作和管理的操作口令,非常人性化的人机界面,辅助试验和试验过程曲线的记录与打印等。这些优越的硬件特性和丰富的软件功能使得PCC水轮机调速器有着非常广阔的市场空间。

可编程计算机控制器用于励磁调节器的开发具有精确、及时的软件移相触发脉冲功能,更进一步提高了励磁装置的可靠性,同时保证了调节品质和性能指标优良。

(编辑:徐诗银)