第1卷 第1期
2007年3月

材 料 研 究 与 应 用
MATERIALS RESEARCH AND APPLICATION

Vol.1, No.1
Mar. 2007

文章编号:1673-9981(2007)01-0051-04

基于智能PCC的水轮机调速器的设计

陈华星，廖力清

(中南大学信息科学与工程学院，湖南 长沙 410083)

摘 要：分析比较了PCC和PLC的功能和特点，并着重介绍了基于PCC的水轮机调速器的硬件设计以及控制策略.该系统具有可靠性高、实时性强等优点，应用触摸屏使得操作界面设计灵活、操作简单.

关键词：水轮机调速器；测频；触摸屏

中图分类号：TP272　　**文献标识码**：A

电力系统频率的稳定取决于系统内有功功率的平衡.由于电力系统的负荷是不断变化的，存在着变化周期从几秒到几十分钟的负荷波动，其幅值可达系统总容量的29%～39%，并且电力系统的负荷波动是不可预见的.因此，水轮机调速器的基本任务就是，根据负荷的变化不断调节水轮发电机组的有功功率输出，并维持机组转速在规定的范围内.

目前，主要的微机调速器有基于工业控制计算机(IPC)、单片机和可编程控制器(PLC).其中，基于工控机的微机调速器和基于单片机的微机调速器都存在着设备成本高、运行可靠性低等缺点.尽管PLC本身的可靠性很高，但其应用于测频装置时还是通过单片机来实现，因而同样存在可靠性较低的问题.PLC的升级产品是可编程计算机控制器(PCC).PCC就是在PLC中加入了某些工业控制机的思想，是PLC与IPC及计算机集散控制系统相互融合的产物.PCC具有较强的分析运算能力和智能分布式控制思想及有基于标准化的兼容性、开放性和通用性好.基于PCC技术的水轮机调速器已经投入了实际运行，并取得了良好的效果.

1 系统设计

1.1 PCC的特点

PCC作为新一代的控制设备，较PLC有了很大的改进.PCC以多任务操作系统代替了PLC采用的单任务操作系统，PCC不仅具有PLC的梯形图和指令表，而且还可用B&R Automation Basic和标准C语言等高级语言编程.另外，PCC支持多个CPU同时工作.由于具有专门的时间处理单元(TPU)，能够对与时间相关的程序进行及时地处理且不影响主CPU的运行，所以很好地解决了PLC测频的不足之处，保证了调速器的高可靠性[1].

PCC由中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)接口及电源等部分组成.它的工作方式是一个不断循环的顺序扫描过程，每次循环所用的时间称为扫描时间，也称为扫描周期或工作周期.

1.2 水轮机调速器的功能及原理

水轮机调速系统的主要任务就是通过调整水轮发电机有功功率的输出，使机组的转速维持在规定的范围，保证发电机正常发电以及电力系统的安全运行.

水轮发电机组在正常运行时，主要有单机带负荷运行和并网运行两种工况.在单机带负荷运行时，调速系统的主要作用是调节系统的频率，根据负荷的变化，调节水轮发电机组的有功功率输出，以维持

收稿日期:2006-08-02
作者简介:陈华星(1982-)，男，湖南株洲人，硕士研究生.

机组的频率(转速)在规定的范围.当动力矩和阻力矩不相等时,转速(频率)出现偏差,这时通过调节器快、稳、准地消除偏差,使机组在新的平衡状态下稳定运行.在并网运行时,多数机组带负荷运行,此时水轮机调速器频率控制的作用相对降低,主要是控制有功功率的输出.

1.3 PCC 调速器的硬件设计

图 1 是 PCC 调速器硬件设计框图.图 1 中 CPU 模块的作用是负责系统的运行、多任务调度、接收开/停机指令、增/减蝶阀开度或输出功率及接收来自断路器的并网信号、给步进电机脉冲信号和完成与中控室的监控系统通信.

模拟量模块的作用是给直线电位器供电,并采集直线电位器的位置信息.电网频率与机组频率经测频后,再经过信号调理电路调制后送入 PCC 的 TPU.

触摸屏的应用是本设计的一大特色.触摸屏具有坚固耐用、反应速度快、节省空间、易于交流、界面设计灵活等优点.触摸屏实际上是由 CPU、内存、总线控制器等组成的简单的计算机.这种计算机可以通过接口与各种类型的 PCC 连接,实现实时通讯.触摸屏的操作方便、简单,适合工业现场使用.

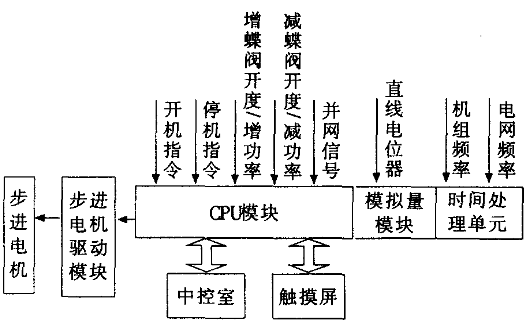

图 1 PCC 调速器硬件设计框图

Fig. 1 Hardware design diagram of hydroturbine governor based on PCC

1.4 PCC 调速器的控制策略

1.4.1 模糊 PID 控制

PID 控制因具有结构简单和强鲁棒性的特点而被广泛应用于水轮机调速系统中.常规的 PID 控制器是线性的,在用于控制具有多种不确定性、时变性和非线性系统时很难获得满意的控制品质.为了弥补常规 PID 控制的缺陷,提高系统的性能,将具有一定智能的模糊推理应用于 PID 参数自整定,在常规 PID 调节器的基础上加入模糊自整定 PID 参数控制器,根据运行状态和响应要求,从系统的稳定性、响应速度、超调量和稳态精度等方面来考虑 PID 参数的在线自整定,构成水轮机调速系统的模糊自整定 PID 参数的串级调节系统,这样使其不但具有常规 PID 控制的结构简单,易于实现和强鲁棒性的特点,而且还可用于时变性和非线性系统,是控制系统的发展方向[2].

由于在本系统中不同的输入位移和负载所需要的 I 参数和 D 参数也不同,而常规 PID 控制器只能手动调节 I 参数和 D 参数的值,所以应将模糊控制与常规控制有机地结合起来.用一组模糊校正规则实时地对水轮机调速系统中的电液随动系统的 PID 参数进行在线调整,使 PID 控制器能根据输入位移和负载的变化作变参数调节,提高系统对时变性和不确定性等因素的处理能力和控制.利用 Matlab 6.5 用试凑法对 P,I 和 D 参数寻优,得到由在不同输入位移和负载下的 P,I 和 D 的值构成的模糊控制表(表 1).表 1 中的数据作为模糊控制律的输入变量,利用 Matlab 仿真,可以得到仿真结果.

表 1 模糊 PID 算法模糊控制表

Table 1 Table of fuzzy PID algorithm

位移/mm		负载/kN						
		0	10	20	50	80	120	200
		NB	NM	NS	ZR	PS	PM	PB
1	P	20	20	20	20	20	21	21
	I	0	8	24	42	60	77	112
	D	0	0	0	0.05	0.1	0.1	0.1
5	P	20	20	20	20	20	21	21
	I	0	1	4	9	16	20	35
	D	0	0	0	0	0	0.03	0.08
10	P	20	20	20	20	20	21	21
	I	0	0.5	2.3	4.8	8	11	17
	D	0	0	0	0	0	0	0
50	P	20	20	21	21	21	21	21
	I	0	0.1	0.4	0.9	1.2	1.7	3.0
	D	0	0	0	0	0	0	0
100	P	20	21	21	21	22	22	22
	I	0	0	0.24	0.4	0.8	1.0	1.8
	D	0	0	0	0	0	0	0
150	P	21	21	22	22	22	23	23
	I	0	0	0.15	0.3	0.6	0.8	1.1
	D	0	0	0	0	0	0	0
200	P	22	22	23	25	25	26	27
	I	0	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
	D	0	0	0	0	0	0	0

1.4.2　频率自动调节

当机组空载运行时，调速器运行在自动工况，调速器的指令信号为给定频率 f_g. 该给定值与机组频率相减后的偏差经模糊 PID 调节，通过步进电液随动系统驱动导水机构（如碟阀），改变驱动水轮机的流量，直至机组频率等于 f_g，工作原理见图 2.

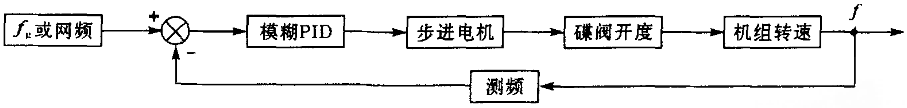

图 2　频率自动调节原理图

Fig. 2　Principle diagram of frequency self-regulation

1.4.3　功率调节

当调速器处于并网运行方式时，在发电状态下（断路器闭合）调速器受电网频率及功率给定值 P_g 的控制，采用双闭环控制，内环是功率环，外环是频率环. 机组频率经测频后与 50 Hz 比较，若差值不在人工失灵区，则进行频率调节. 并网后，将转差系数（bp）置整定值，实现有差调节，导叶的开度根据整定的 bp 值随着频率差的变化而变化，并入同一电网的机组按各自的 bp 值自动分配功率. 当中控室或机旁的增加/减少按钮发出增/减指令时，调节器将调整 P_g，功率调节原理图如图 3 所示.

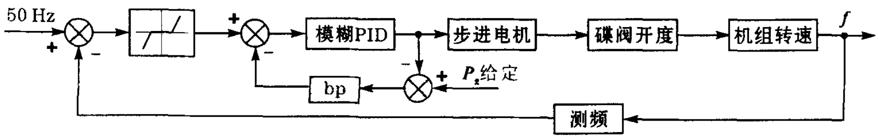

图 3　功率调节原理图

Fig. 3　Principle diagram of power self-regulation

1.5　软件实现

调速软件分为 PCC 和触摸屏两大部分. 触摸屏部分采用专用界面软件 EasyBuilder 500 编程. EasyBuilder 500 可在 Windows 操作系统下运行，利用窗口图形界面和对象向导提供快速简便的规划方式，可以很容易地设计出适合各种操控的画面. PCC 部分是采用 B&R 公司的 AS 高级语言编制. 根据水轮机调速器的要求及 PCC 的特点，将调速器程序划分为 5 个任务. (1) 测频，循环扫描时间设为 1 ms; (2) 步进电机脉冲，循环扫描时间设为 1 ms;

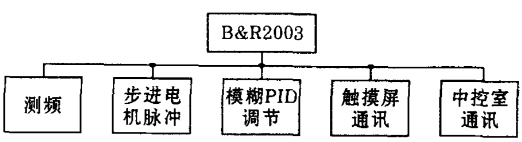

图 4　PCC 调速器软件结构图

Fig. 4　Software design diagram of hydroturbine governor based on PCC

(3) 模糊 PID 调节，循环扫描时间设为 20 ms; (4) 触摸屏通讯，循环扫描时间设为 100 ms; (5) 中控室通讯，循环扫描时间设为 100 ms. 软件结构图如图 4 所示.

2　试验结果

用 Simulink 仿真，在输入位移 1 mm、空载和负载 100 kN 时的仿真结果分别如图 5 和图 6 所示.

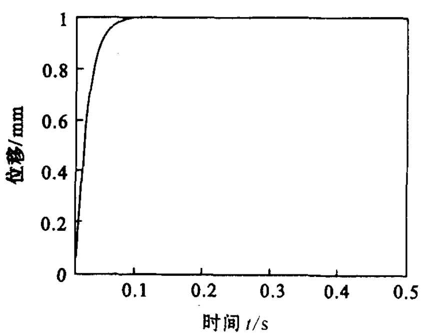

图 5　空载仿真结果

Fig. 5　The simulation result on no-load

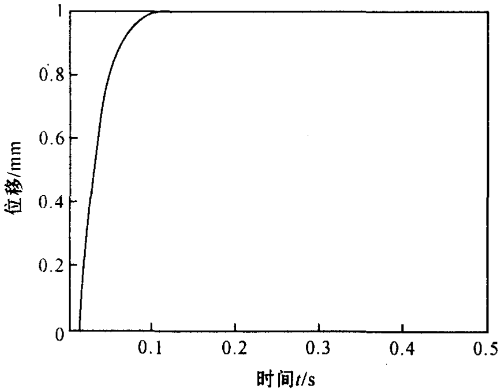

图6 100 kN仿真结果

Fig. 6 The simulation result on 100 kN load

3 结 论

(1)智能PCC调速器支持多个CPU同时工作，使主CPU的资源得到了合理的利用，系统的响应速度快.多任务分时操作系统，将整个系统划分成若干个不同优先级的任务，可为每个任务设定不同的扫描时间，使整个系统得到优化且有较好的实时性.利用高级语言编程，使编程更方便，更利于实现复杂的编程思想.

(2)测频装置和可编程计算机控制器配以软件完成测频功能，取代单片机及PLC测频装置，提高了系统的可靠性和动态品质.

(3)触摸屏体积小、节省空间、人机界面简单明了，界面的设计和修改方便，操作界面更加友好，是本系统的一大特色.

参考文献:

[1] 南海鹏.水轮发电机组PCC控制[M].西安:西北工业大学出版社，2002.

[2] 田少强.水轮机调速器的控制软件在PCC上的实现[D].南京:河海大学，2005.

[3] 太军君.全数字水轮机调速器电液随动系统的设计与仿真[D].保定:华北电力大学，2003.

[4] FASOL H, HOPPE M. Simulating and improving hydro plant control[J]. Water Power & Dan Construction, 2002(5):73-78.

The design of hydroturbine governor based on intelligent PCC

CHEN Hua-xing, LIAO Li-qing

(*School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha* 410083, *China*)

Abstract: In this paper, the functions and features of PCC and PLC are given and compared, then the design of hydroturbine governor based on PCC is presented in detail. This system has a character of high reliability, real-time. The application of touch screen make the design of man-machine interface flexible and the operation easy. So the system has a good practicability.

Key words: hydroturbine governor; frequency measurement; touch screen