

水轮发电机组运行参数在线监测系统开发

郑源¹, 张强¹, 李贤庆¹, 张新珊²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏南京 210098; 2. 乌溪江水力发电总厂, 浙江衢州 314000)

摘要:结合乌溪江水力发电总厂湖南镇电站现状设计, 开发了水轮发电机组运行参数在线监测系统. 该系统主要包括数据采集、状态监测及通讯3部分, 除了可对水轮发电机组运行参数进行在线监测外, 还能进行机组效率试验和甩负荷试验. 整个系统具有实时性强、运行可靠等特点.

关键词:水电站; 水轮发电机组; 运行参数; 在线监测

中图分类号: TV734.2⁺1; TP391

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2003)06-0030-03

水轮发电机组运行参数主要包括上游水位、下游水位、发电机有功功率、机组频率、导叶开度、蜗壳进口压力、水轮机效率、水轮机流量及蜗壳内外侧压差等. 这些参数是评价水轮机运行状况的重要指标, 其中水轮机效率是评价水轮机能量转换性能最重要的指标. 及时掌握与调整这些参数, 有利于充分利用水资源, 对提高电厂的安全经济运行以及优化调度起着积极作用. 目前, 我国大部分水电站对于水轮机组运行参数在线监测还没有一套完整的系统. 笔者研究开发的监测系统结合浙江省乌溪江水力发电总厂湖南镇电站现状, 采用计算机、通讯等技术实现水轮发电机组运行参数在线监测, 可在水轮机运转特性曲线上直接显示运行工况, 并实现机组效率试验和甩负荷试验数据采集等. 该系统运行1年来, 未出现故障.

1 系统结构

系统由数据采集模块、状态检测模块和网络通讯模块3部分组成. 其中数据采集模块由若干差压变送器、分布式数据采集控制系统构成, 完成实时数据采集和发送; 状态检测模块由工作站及实时监测软件构成, 完成整个系统协调管理和机组状态的实时数据处理; 网络通讯模块负责系统内的信息传送和通讯. 系统结构如图1所示.

1.1 数据采集模块

1.1.1 主要参数

系统数据采集的主要参数包括发电机有功功率 N_g , 水轮机流量 Q , 水轮机工作水头 H , 水轮机效率 η 和水电站上、下游水位等.

a. 发电机有功功率 N_g . 发电机有功功率的测

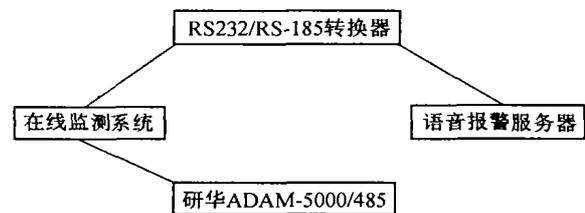


图1 系统构成示意图

量方法有单瓦特表、双瓦特表、三瓦特表和三相有功功率表等. 其中双瓦特表既适用于三相负载平衡的场合又适用于三相负载不平衡的场合. 湖南镇电站采用双瓦特表测量发电机有功功率.

b. 水轮机流量 Q . 水电站水轮机流量的测量方法有流速仪法、水锤法、示踪法、超声波法、蜗壳压差法等, 根据具体水电站实际情况确定测流方法. 其中蜗壳压差法测流具有测量方便、简单、可靠的优点, 而且当测压点选择得当时, 蜗壳流量计具有较高的测量精度. 其测流原理是具有一定流速的水流流经水轮机蜗壳时, 由于蜗壳中心线弯曲, 水流在弯曲流道上产生离心力, 使得蜗壳内、外缘两点产生压力差. 根据伯努利方程, 可推导出通过水轮机的流量:

$$Q = K \sqrt{\Delta h} \quad (1)$$

式中: K 为水轮机蜗壳流量系数, 对于湖南镇水电站, 已通过流速仪法对 K 进行率定^[1]; Δh 为蜗壳压差, 系统通过压差变送器获得.

c. 水轮机工作水头 H . 水轮机工作水头是指水轮机蜗壳进口断面与尾水管出口断面单位能量之差^[2], 可表示为

$$H = Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{a_1 v_1^2}{2g} - \left(Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{a_2 v_2^2}{2g} \right) \quad (2)$$

作者简介: 郑源(1964—), 男, 山东日照人, 副教授, 博士研究生, 从事水力机械及水电站自动化研究.

式中: P_1, P_2 分别为水轮机蜗壳进口断面和尾水管出口断面压强; Z_1, Z_2 分别为水轮机蜗壳进口断面和尾水管出口断面安装高程; v_1, v_2 分别为水轮机蜗壳进口断面和尾水管出口断面平均流速; α_1, α_2 为流速分布均匀系数, 近似取 $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$.

对于湖南镇电站, 根据布置的蜗壳进口、尾水管出口压力传感器中心高程、传感器读数及尾水管出口测量断面平均流速, 利用式(2)可以求出水轮机工作水头。

d. 水轮机效率 η . 水轮机效率^[3]可表示为

$$\eta = \frac{N_g}{9.81QH\eta_g} \quad (3)$$

式中: η_g 为发电机效率, 可通过水轮发电机的效率特性曲线查得。

e. 上、下游水位. 水电站上、下游水位直接通过液位传感器采集。

另外, 机组频率、导叶开度由机组监控系统负责采集, 然后通过监控系统语音报警服务器的串口 1 按广播方式发送数据到本系统。

1.1.2 数据采集控制系统

a. 差压变送器. 蜗壳进口压力、蜗壳内外侧差压两个信号采用 1151 电容式压力及差压变送器采集. 根据蜗壳进口最大压力和最小压力确定蜗壳进口压力的测量范围为: 0.6 ~ 1.6 MPa. 根据蜗壳最小、最大差压确定蜗壳内外侧差压的测量范围为 0 ~ 80 kPa.

b. 分布式数据采集控制系统. 采用研华 ADAM-5000/485 分布式数据采集控制系统通过多通道 I/O(输入/输出)模块实现数据采集、监测、控制等功能. 其主要特点有: 采用硬件自检及软件诊断来监测系统可能出现的问题, 同时有看门狗定时器, 若系统崩溃, 看门狗会自动对系统复位, 网络地址用 DIP(Double In-line Package 双列直插式组装)开关很容易设定; 易于安装在导轨或面板上, 信号连接、网络修改及维护简单快捷; 可在工业环境温度 -10℃ ~ 70℃ 及 10 ~ 30 V 的直流电宽电压范围内工作, 三端(I/O、电源及通讯)隔离方式避免了接地环路并减少电磁干扰的影响。

研华 ADAM-5000/485 系统由基座和 I/O 模块两部分组成. 基座可安装 4 个模块(可达 64 个 I/O 点), 包括一块 CPU 卡, 一个电源调节器, 一个 4 槽底板及通讯端口。

1.2 状态监测模块

1.2.1 工作站

为保证系统的高速稳定运行, 采用了专门的工作站(PⅢ 733 的 CPU, 256M 内存); 为了便于人机交

互, 还配有 26.416 cm(10.4 英寸)的触摸式液晶显示器。

1.2.2 实时监测软件

本软件用 Visual Basic 6.0 进行开发, 能稳定地运行于 Win2000 Professional, 软件具有界面友好、便于人机交互等特点。

1.3 网络通信模块

此模块是将系统采集的数据通过通讯线路及装置送到计算机内进行分析、处理. 因通讯距离比较长, 本系统采用 RS-485 串口通讯方式, 在计算机内插一块多串口扩展卡 CI-134, 扩展出 4 个串口(COM3, COM4, COM5, COM6), COM4 串口用来从网上接收数据, COM3 串口用来与研华 ADAM-5000 通讯, 其余的 COM1, COM2, COM5, COM6 串口留作备用, 以方便以后系统的扩展。

2 系统功能

2.1 运行参数汇总

将机组所有的运行参数汇总到一起, 避免了以往要汇总机组的参数需跑多个地方的弊端. 其显示的运行参数有: 上、下游水位、导叶开度、发电机有功功率、水轮机转速等直接参数、蜗壳进口压力、蜗壳内外压差、工作水头、过机流量、机组出力、机组效率、水轮机效率、累计水量、累计发电量等经过换算后的间接参数, 如图 2 所示。

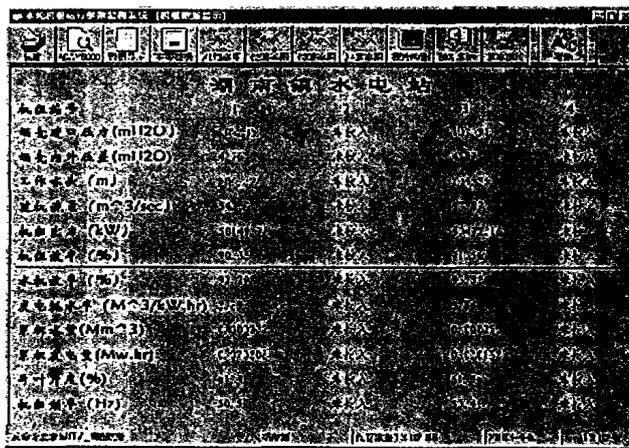


图 2 实时数据总表

2.2 随机制表

可以任意的选择参数(如蜗壳进口压力、蜗壳内外压差、工作水头、过机流量、机组出力、机组效率、水机效率、发电耗水率、导叶开度、转速等)进行历史数据的随机制表, 以方便工作人员随时查询机组历史运行的状况, 见图 3。

2.3 实时显示运行参数

实时显示水轮发电机组的运行参数, 包括发电

机组	流量	水头	效率	出力	耗水率	备注
1#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
2#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
3#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
4#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
5#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
6#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
7#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
8#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
9#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	
10#	10000	100.0	0.95	10000	100.0	

图3 随机列表

机有功功率、水轮机流量、水轮机工作水头、水轮机效率和水电站上、下水位等。同时可在水轮机运转特性曲线上实时显示运行工况点水轮机效率,以便更好地掌握机组的运行特性,见图4。

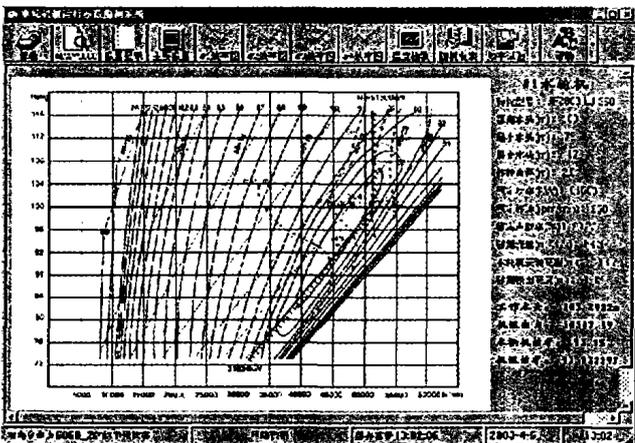


图4 水轮机参数在线显示

2.4 水轮机效率试验

当某台机组进行效率试验时,启动此功能。首先人工设置工况点的大致分布情况,其次再根据每一工况点设置进行试验,采集试验数据,试验完毕后给出原始数据表、试验成果表以及机组出力-效率曲线和机组出力-耗水率曲线。

2.5 甩负荷试验

当某台机组进行甩负荷试验时启动此功能。首先设定调速器关闭时间,并人为设置工况点分布,然后启动试验,最后根据采集的数据来分析甩负荷试验成果,如机组转速升高和蜗壳进口压力升高等。

3 结 语

a. 水电站水轮发电机组运行参数在线监测系统不仅能在线显示机组的主要参数,还可以在水轮机运转特性曲线上实时显示水轮机运行工况点的效率,同时利用该系统还可以很方便地进行水轮机效

率试验和甩负荷试验等。

b. 系统自投入运行以来未发生故障;系统具有成本低、可靠性高、功能较齐全、实时性强等优点。

c. 该系统可提高水电站综合自动化水平和机组安全经济运行水平,对提高电站经济效益有积极作用。

d. 本系统在今后的应用中还有待进一步完善,如增加机组的振动监测、故障诊断等功能,使之成为一个完整的水电机组状态监测系统。

参考文献:

[1] 郑源,李贤庆.利用蜗壳压差测流做原型水轮机效率试验[J].河海大学学报,1997,25(3):101~104.
 [2] 郑源,鞠小明.水轮机[M].北京:中国科学文化出版社,2002.

(收稿日期:2003-04-08 编辑:张志琴)

《红水河》杂志 2004 年征订启事

《红水河》杂志是国内外公开发行的科技期刊,为全国优秀科技期刊、广西十佳科技期刊,也是中国科技论文统计源期刊,《中国学术期刊(光盘版)》入编期刊,《中国科学技术期刊文摘数据库(CSTA,英文版)》入选期刊,并全文入编《中国期刊网》、《万方数据(ChinaInfo)系统科技期刊群》、《中文科技期刊数据库》,在 CODEN 国际刊名中心的代码为 HNGSEK。

《红水河》是水力发电技术刊物,内容丰富、信息量大、实用性强、编辑严谨。主要栏目有“水电规划和动能经济”、“工程地质与勘测”、“水工设计与施工”、“机电设备与金属结构”、“水电站运行”、“试验研究”、“环境监测与环境评价”、“水库移民”、“计算机应用”等,内容涉及高坝建设关键技术研究和高坝快速施工技术,各大、中型水电站建设的新理论、新技术、新材料、新工艺和新型机电设备的研究应用以及经验交流,并开展水电学术理论探讨,推动解决技术难题,提高技术水平。

《红水河》的读者对象主要是从事水电工作的各级管理人员及广大工程技术人员、大中专院校师生。竭诚欢迎各单位及各界人士订阅,每册定价 6 元,全年订价 24 元(含邮费),请直接向《红水河》编辑部订阅。另外本刊亦开展广告业务,欢迎惠顾。

地址:530023 广西南宁市建政路 10 号
 电话:(0771)5699109
 电子信箱:HSHZ@chinajournal.net.cn
 网址:http://HSHZ.chinajournal.net.cn