

超临界火电机组在线性能监测系统研究

叶向前¹, 韩玲², 方彦军²

(1 广东电网公司电力科学研究院, 广州 510600; 2 武汉大学 自动化系, 武汉 430072)

摘要: 该文提出一种基于嵌入式系统的机组在线性能监测系统, 实现了火电机组的在线性能监测。研究并设计了基于51单片机系统的机组在线性能监测装置的硬件体系结构, 搭建了DCS系统与机组在线性能监测系统的通讯平台, 并为机组在线性能监测系统编制了机组热经济性计算软件模块。在某超临界机组实验室DCS仿真环境下的运行结果表明, 该机组在线性能监测系统能够满足电厂生产现场的在线性能计算需要。

关键词: 火电机组; 热经济性; 耗差分析; 数学模型

中图分类号: TP274 **文献标志码:** B

Research of Online Performance Monitoring System of Upercritical Thermal Power-plant

YE Xiang-qian¹, HAN Ling², FANG Yan-jun²

(1. Electric Power Research Institute of Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510600, China; 2. Department of Automation, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: An online unit performance monitoring system based on embedded control system was proposed and the real-time monitoring of power-plant unit has been realized. The device of unit online performance monitoring system based on 51 MCU system was studied and its hardware architecture was designed. The communication platform was built between DCS system and the unit online performance monitoring system, and the calculation software module of unit's thermal economy was compiled for the unit online performance monitoring system. In a laboratory DCS simulation environment of a supercritical unit, the operation results shows that the unit online performance monitoring system able to meet the computing needs of power-plant production site in the paper.

Key words: thermal power unit; thermal economy; energy-loss analysis; mathematical model

以煤作为主要燃料的火力发电厂既是一次能源的消费大户, 也是节能减排的重点目标企业, 需要在我国履行节能减排承诺的过程中发挥重要的作用^[1]。据美国电力研究协会(EPRI)的研究表明, 目前的火电厂依然有不小的节能潜力可挖^[2-3]。对火电

机组的性能监测能够提高机组运行效率, 减少煤耗, 保证机组的安全运行^[4-6]。目前国内所研发的性能计算系统主要可分为两种: 一种是基于 MIS 或 SIS; 一种为基于外挂 PC 机。但前者的缺点在于只能读取现场数据, 而无法实时处理数据, 参与在线控制。后

收稿日期: 2012-09-18; 修订日期: 2012-11-19

基金项目: 国际自然科学基金(61201168); 中央高校基本科研业务费专项资金(121031)

作者简介: 叶向前(1963—), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为火电厂热工测量及自动化领域; 韩玲(1988—), 女, 硕士, 研究方向为过程控制; 方彦军(1957—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为先进控制技术的应用。

者则需要外挂 PC 机,改变了原有的硬件接线体系,投入比较大,额外加入的控制计算机对获取数据的实时性有着很大影响,降低了整个系统的实时性,并且计算结果只能作为辅助参数显示给机组运行人员,难以满足在线优化控制需求。

为了解决这一问题,本文所做研究都是建立在 DCS 在线计算的基础上,以 Ovation DCS 系统为平台,开发基于 51 单片机系统的机组在线性能监测装置,该装置实现了与 DCS 系统的一体化,所需运算数据直接从 DCS 系统中获得,数据双向传递,保证系统能够实时有效的运行^[7]。此外,计算结构能够参与 DCS 控制,为运行人员提供指导方案^[8-10]。

1 系统硬件结构

针对 Ovation DCS 系统提供 485 通讯接口,设计一种基于 51 单片机系统的机组在线性能监测装置。整体电路框图如图 1 所示。

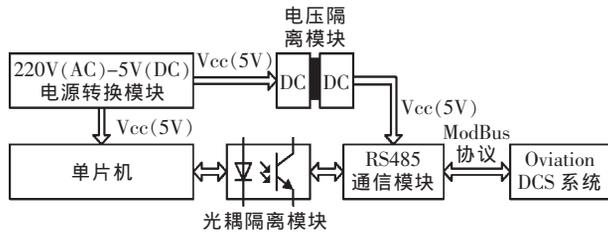


图 1 基于 51 单片机系统的机组在线性能监测系统装置图
Fig.1 Diagram of online performance monitoring device for the unit based on 51 single-chip system

单片机通过 ModBus 协议与 Ovation 系统进行通信,获取所需数据,然后进行机组在线性能计算并依据系统给出的读取指令,将相应的计算结果传给 Ovation。外挂电路板包括单片机最小系统、RS485 通信电路和供电电路。其核心为 51 内核单片机,时钟频率为 24 MHz, RAM 为 4352B, ROM 为 64 KB。为了减少相互间的干扰,在单片机与 RS485 通信模块之间设置了光耦隔离并且使用隔离的电源网络对 RS485 通信模块供电。下面就本系统的单片机最小系统和通信电路进行说明。

1.1 单片机最小系统

考虑到在线性能计算程序对数据存储区大小的要求,本方案最终决定采用 STC90C516AD 单片机作为微控制器。

STC90C516AD 是宏晶科技生产超强抗干扰、高速、低功耗的单片机,指令代码完全兼容传统 8051

单片机采用 STC90C516AD 单片机作为微控制器,其时钟频率为 24 MHz,可以工作在 6T 和 12T 模式下。其程序存储器(ROM)容量为 64 KB,数据存储区(RAM)容量为 4352B,工作电压为 5.5 V~3.3 V,通用异步串行口(UART),还可用定时器软件实现多个 UART,工作温度范围:-40~+85℃。其构成的单片机最小系统如图 2 所示。

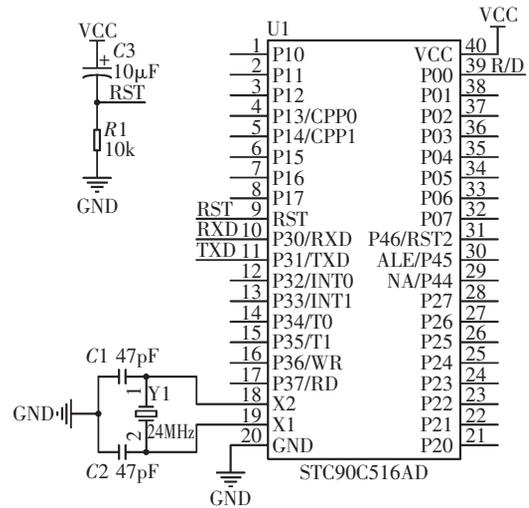


图 2 单片机最小系统图

Fig.2 Diagram of MCU minimum system

1.2 通信电路

RS-485 通信电路采用 SP485R 芯片,单片机通过该电路与 Ovation DCS 系统进行 ModBus 通信。如图 3 所示是本在线性能计算模块采用的 RS-485 通信电路。

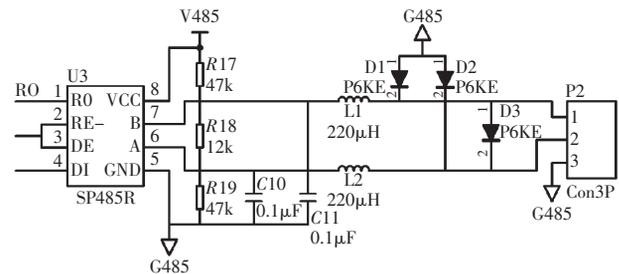


图 3 RS-485 通讯电路图

Fig.3 Diagram of RS-485 communication circuit

SP485R 芯片是由业内专业的通讯接口器件厂商 Sipex 公司设计生产的高性能 RS-485 收发器,能够替换通用的 RS-485 收发器,并在许多方面有所增强。另外,由于应用环境的各不相同,RS-485 接口电路的附加保护措施也是必须考虑的环节。

2 系统软件结构

2.1 系统概述

所设计在线性能监测系统从 DCS 实时数据库中读取数据,将数据送入后台计算并将计算结果返回数据库,供监测、显示及打印等使用。系统由数据采集输入、计算分析、在线监测、运行指导、数据存储等部分功能模块组成,某些部分又由几个相对独立的模块组成^[11-14]。系统总体结构图如图 4 所示。

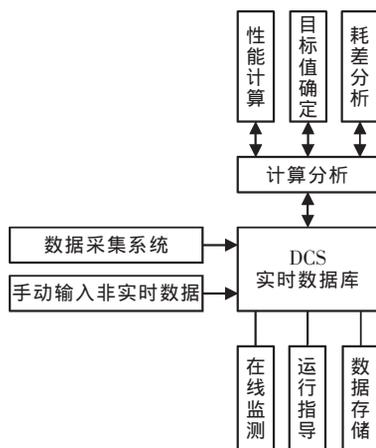


图 4 在线性能监测系统结构图

Fig.4 Structure diagram of online performance monitoring system

2.2 机组热经济性指标

本文所设计的火电机组在线性能监测系统,可以对机组的主蒸汽流量、主蒸汽压力、再热蒸汽流量、给水流量、凝汽器真空、过热蒸汽减温水量及锅炉系统等多个参数进行实时监测并显示,实时计算出机组的主要运行指标(如表 1 所示),并可对其进行耗差分析,准确具体地反映出机组的能损分布情况,为运行人员优化运行提供有利的指导,提醒运行人员不断改善操作,提高运行人员的运行水平和质量,为发电厂节能降耗发挥重要作用,并最终实现对机组进行实时优化控制^[15-16]。

表 1 机组热经济性指标

Tab.1 Unit thermal economic indicators

模块名称	计算内容
机组/全厂性能	厂用电率、功率因数、机组热效率、机组供/发电煤耗、全厂供/发电汽耗率、全厂供/发电率热耗率、全厂供/发电率煤耗率等
锅炉性能	锅炉效率、锅炉热损失、锅炉热负荷、锅炉排污率等
汽轮机性能	高/中/低压缸效率、汽轮机汽耗率等
凝汽器性能	凝汽器过冷度、循环水升温等
给水加热器性能	加热器端差、给水温升、抽汽量等
空气预热器性能	空气进/出口温度、含氧量、空气预热器效率等

2.3 VC 编程模块

程序的具体设计采用模块化设计的理念,这样可以降低程序复杂度,使程序的设计、调试和维护等操作简单化。机组性能监测软件模块设计结构图如图 5 所示。

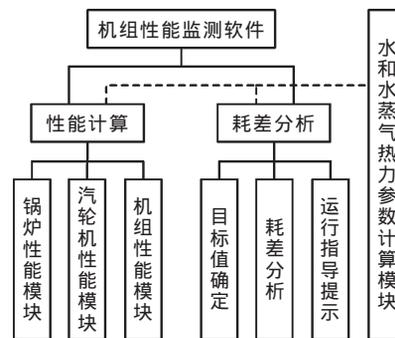


图 5 机组性能监测软件模块设计结构图

Fig.5 Structure diagram of unit online performance monitoring software module design

软件主要包括以下几个模块:

(1) 水和水蒸气热力参数计算模块

可以通过参数的温度、压力值计算对应的焓值或其它参数,也可根据任意两个参数计算其它参数。该计算模块主要包括五个区域的计算:过冷水区、过热蒸汽区、临界区、饱和线及低压高温区。

(2) 锅炉性能计算模块

根据所采集的排烟温度、排烟含氧量数据,以及手动输入的飞灰含碳量、煤的低位发热量等运行参数,计算出锅炉的排烟热损失 Q_2 、化学不完全燃烧热损失 Q_3 、机械不完全燃烧热损失 Q_4 、散热损失 Q_5 和灰渣物理热损失 Q_6 , 并利用反平衡法计算得到锅炉效率。

(3) 汽轮机性能计算模块

利用获取的主蒸汽流量、再热蒸汽流量,以及根据热平衡计算的中压缸进汽流量、低压缸排汽流量,调用水和水蒸气热力参数计算模块相关函数计算出高、中、低缸的热效率以及汽轮机的热耗率。

(4) 机组性能计算模块

在锅炉性能计算模块和汽轮机性能计算模块求得机组锅炉效率和汽机效率的基础上,得出发电热耗率、煤耗率及供电煤耗率等总体性能指标。

(5) 目标值在线确定模块

初始目标值一般采用设计值或者大修后热力试验参数拟合值进行确定,变工况运行时需要实时运算,针对不同类型的参数分别适用不同种类的计算

方法,并对初始数据加以更新。

(6)耗差分析模块

把监测计算得到的当前效率和热耗与相应工况条件下的目标值比较,利用与参数相应的耗差系数,分别计算该运行参数对煤耗的影响。

(7)运行优化指导模块

通过对数据进行在线分析,根据参数实际测量值与目标值的差别,找出耗损的位置,确定出各因素对运行指标的影响大小,提醒运行人员进行调整。

3 程序流程

本文所提出的火电机组在线性能监测系统,其工作流程如下:首先机组发出运算指令,然后进入机组性能计算程序,计算各类机组热经济性指标以及机组总体热耗,最后进入运行优化指导模块,判断机组是否安全运行,如果是,则输出运算结果,否则发出报警。程序流程如图6所示。

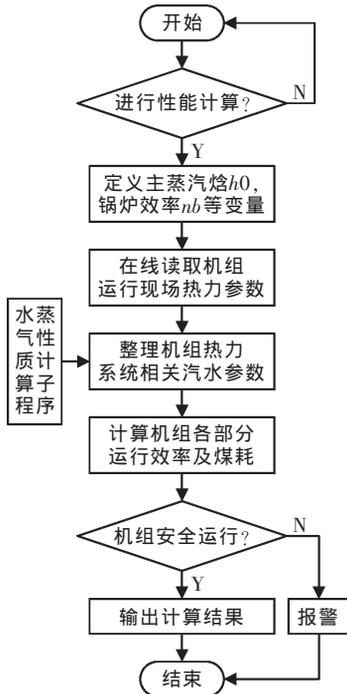


图6 机组在线性能计算程序流程图

Fig.6 Flow chart of unit online performance calculation procedures

4 实例分析

沙角C电厂于2008年底对2号机组进行了大修,广东电科院大修前后分别对其进行了热力性能试验。现在分别对大修前与大修后的主要运行可控

参数进行耗差分析,结果如表2和表3所示。其中,表2为2008年10月630MW工况下的耗差分析,表3为2009年4月660MW工况下的耗差分析,耗差值的计算针对不同参数分别采用锅炉效率法和汽机热耗法。

表2 大修前耗差分析计算(630MW工况)

Tab.2 Analysis and calculation of energy-loss before the overhaul(630MW working condition)

参数	实际值	目标值	参数偏差	耗差/(g·(kWh) ⁻¹)
主蒸汽压力/(MPa)	17.078	17.3	-0.222	1.18
主蒸汽温度/(°C)	527.1	535	-7.9	5.75
再热汽温/(°C)	530.5	535	-4.5	3.72
真空/(kPa)	5.12	4.84	0.28	0.76
给水温度/(°C)	267.4	268	-0.6	-0.13
排烟温度/(°C)	130.7	127	3.7	0.64
排烟氧量/(%)	3.62	3	0.62	0.21
飞灰含碳量/(%)	1.1	1.5	-0.4	-0.32
厂用电率/(%)	6.5	5.4	1.1	0.93

表3 大修后耗差分析计算(660MW工况)

Tab.3 Analysis and calculation of energy-loss after the overhaul(660MW working condition)

参数	实际值	目标值	参数偏差	耗差/(g·(kWh) ⁻¹)
主蒸汽压力/(MPa)	17.053	17.5	-0.447	2.28
主蒸汽温度/(°C)	533.1	537.8	-4.7	3.23
再热汽温/(°C)	538.2	540	-1.8	1.36
真空/(kPa)	5.03	4.84	0.19	0.56
给水温度/(°C)	267.6	269	-1.4	-0.39
排烟温度/(°C)	126.1	127	-0.9	-0.15
排烟氧量/(%)	3.24	3	0.24	0.08
飞灰含碳量/(%)	1.09	1.5	-0.41	-0.31
厂用电率/(%)	6.2	5.4	0.8	0.74

由表2可知,主汽温偏低是造成煤耗偏大的最大原因,再热汽温偏低、主蒸汽压力偏低也对整体经济性造成了很大影响。厂用电率和排烟温度也是需要调整的对象。

由表3可知,主汽温仍然是影响煤耗的最重要因素,主蒸汽压力与再热蒸汽温度也对机组热经济性有着一定的影响。但是相比大修前,机组的整体性能已经有所提升。

5 结语

本文首先研究了Ovation DCS系统的特性,设

计了 Ovation 系统平台下的机组在线性能监测装置的硬件结构,该装置基于 51 单片机系统,能够满足数据读取实时性的要求,并且计算结果能够参与 DCS 控制方案。在此基础上提出了机组在线性能计算及耗差分析数学模型。其中,主要介绍了锅炉、汽轮机及全厂热经济性指标的计算模型,对耗差的分析引入了耗差系数的概念。从计算结果看,所提出的性能计算及耗差分析数学模型基本符合生产实际,在电厂中有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 中国电力企业联合会.2009 年全国电力工业统计年报数据[EB/OL].2010.

[2] Kruger,Paul,Roberts,Vasel. 1985 EPRI survey of electric utilities[C]//Geothermal Resources Council,1985(9):145-149.

[3] Golden,Dean M. EPRI research on management of coal combustion wastes[C]//Proceedings of the American Power Conference,1986(48):122-127.

[4] 林万超.火电厂热系统节能理论[M].西安:西安交通大学出版社,1994.

[5] Smith,Douglas J. Plant performance monitoring leads the way to higher efficiency[J]. Power Engineering,1987(91):14-20.

[6] Verda Vittorio,Serra Luis,Valero Antonio. The effects of the control system on the thermoeconomic diagnosis of a power plant[J]. Energy,2004(29):331-359.

[7] 罗坤,方源,方彦军.基于美国 ABB 公司 DCS 的火电机组在线性能计算研究与实现[J].热力发电,2011,40(5):39-41.

[8] Rosen,Marc A,Dincer,*et al.* Exergy economic analysis of power plants operating on various fuels[J]. Applied Thermal Engineering,2003(23):643-658.

[9] Bhatt M Siddhartha;Rajkumar N. Performance enhancement in coal fired thermal power plants. Part II:steam turbines [J]. International Journal of Energy Research,1999(23):489-515.

[10] C H Liu,Sue J Lin,Charles Lewis. Evaluation of thermal power plant operational performance in Taiwan by data envelopment analysis[J]. Energy Policy,2010,(38):1049-1058.

[11] 张勇胜,马晓斌,刘永刚.锅炉热效率测试的不确定度分析[J].热力发电,2008,37(1):31-34.

[12] 杨玉婷,刘长良.汽轮发电机组实时能损监测及分析系统[J].华北电力大学学报,2000,27(4):49-53.

[13] 张燕平,韩守木,黄树红,等.单元机组能损实时分析[J].热力发电,1999,28(2):35-38.

[14] Kwangjin Lee,Sungeun Kim,Sangmin Choi,*et al.*Performance evaluation of an oxy-coal-fired power plant[J]. Journal of Thermal Science and Technology,2009(4):400-407.

[15] 卢勇,徐向东.锅炉变工况运行优化监控系统的实现[J].动力工程,2003,23(2):2325-2328.

[16] 徐广震.基于耗差分析理论的火电机组运行优化指导系统研究[D].北京:华北电力大学,2008.

2012 中国节能服务产业年度峰会在京召开

2013 年 1 月 15-16 日,“2012 中国节能服务产业年度峰会”在北京国际会议中心举行。来自国家发改委、工信部、财政部、住建部等政府节能减排主管部门的领导;国家发改委能源研究所、第三方认证机构、标准研究制定机构、科研院所及世界银行、法国开发计划署、北京银行、兴业银行、华夏银行、中投保等金融机构代表以及用能单位、节能服务公司、媒体代表共 1000 余人参加了会议。

国家发改委、工信部、财政部有关领导讲话,就国家节能减排、合同能源管理政策、财政奖励与税收优惠政策进行了解读,对产业发展提出了更高的要求。国内节能减排领域知名专家,结合党的“十八大”报告、国际国内能源及节能减排形势、政府近年来推出的相关政策、法规标准等内容,在峰会上进行了精彩的主题演讲。

中国节能协会节能服务产业委员会(EMCA)主任吴道洪结合产业普查结果,代表 EMCA 向外界发布了《2012 年度中国节能服务产业发展报告》(以下简称《报告》)。《报告》显示,2012 年,我国节能服务产业队伍稳步增长。截止 2012 年底,全国从事节能服务业务的企业达 4175 家,比上年增长 7%;其中,国家发改委、财政部备案节能服务公司 2339 家,工信部推荐节能服务公司 122 家。从业人员突破 40 万人,达到 43 万人,比上年增长 14%。

节能服务产业总产值从 2011 年 1250.26 亿元增长到 1653.37 亿元,增长 32.24%。其中,共实施合同能源管理项目 3905 个,投资总额为 505.72 亿元,比上年增长 22.62%,实现的节能量达到 1774.46 万吨标准煤,相应减排二氧化碳 4430 多万吨。

《报告》同时指出了产业发展面临的机遇与挑战,对“十二五”及未来一段时间的发展,提出了对策及思路,对引导产业健康发展具有重要的指导作用。峰会主席、国家发改委能源研究所副所长戴彦德作了总结性发言,对产业发展给予了肯定,对未来发展提出了希望。

转自中国电力新闻网