

大型水轮发电机组状态监测与故障诊断系统

刘光临 符向前 蒋劲 陈启卷

(武汉大学 动力与机械学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 介绍了一个 CMFD-2000 系统的研究思路及其主要的研究成果, 对系统使用的主要技术方法和构架作了详细的介绍. 系统由两个数据采集工作站、一个数据库服务器和一个 WWW 服务器组成, 构建了实时数据采集、信号分析、状态监测、状态分析、状态评价与预测、故障诊断、实用计算等功能模块. 该系统已经成功地应用在电厂中, 并取得了初步的成果, 在实际应用中得到充实和完善.

关键词: 水轮发电机组; 状态监测; 故障诊断

中图分类号: TM312 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4512(2006)01-0077-04

Condition monitoring of large-scale hydroelectric generating set and its fault diagnosis system

Liu Guanglin Fu Xiangqian Jiang Jin Chen Qijuan

Abstract: Researches of CMFD (condition monitoring and fault diagnosis) system of large-scale hydroelectric generating set are an important field. The idea of CMFD-2000 system and its main achievements were introduced. The main technology of the system and its frame were presented. The system includes two data collection workstations, a data server and a WWW server, which is composed by these modules of real time data collection module, signal analysis module, condition monitoring module, condition analysis module, condition evaluation and forecasting module, fault diagnosis module, practical calculation module. The system was applied to power station and made preliminary achievement. It was improved in the application.

Key words: hydroelectric generating set; condition monitoring; fault diagnosis

Liu Guanglin Prof.; College of Power & Mech. Eng., Wuhan University, Wuhan 430072, China.

1 系统结构

状态监测与诊断系统^[1~17]中的原始数据分别来自机组振摆参数采集系统, 气隙、磁通量、定子线棒振动参数采集系统, 以及实时监控系, 其连接关系如图 1 所示. 各工作站和服务器的软硬件配置及功能如下.

数据采集工作站 1. 硬件为 Dell OptiPlex G1; 软件为 Windows 98, Odyssey (Entek IRD); 功能为负责接收 6600 监测仪表采集到的机组振动、摆度、压力及压力脉动参数, 并将数据实时传

送到数据库服务器保存.

数据采集工作站 2. 硬件为 Dell OptiPlex G1; 软件为 Windows 98, ZOOM 3.1, ZOOM 数据载入程序; 功能为负责接收 ZOOM 系统检测到的机组气隙、磁通量、定子线棒振动参数, 将数据实时传送到数据库服务器保存. 可显示各参数值及其变化趋势.

数据库服务器. 硬件为 Dell PowerEdge 2300; 软件为 Windows 2000 Server, SQL Server 7.0 和监控系统数据接收程序; 功能为负责监视、接收、处理、保存来自监控系统、Entek 系统、ZOOM 系统的数据.

收稿日期: 2005-01-26.

作者简介: 刘光临(1946-), 男, 教授; 武汉, 武汉大学动力与机械工程学院(430072).

E-mail: glliu@whu.edu.cn

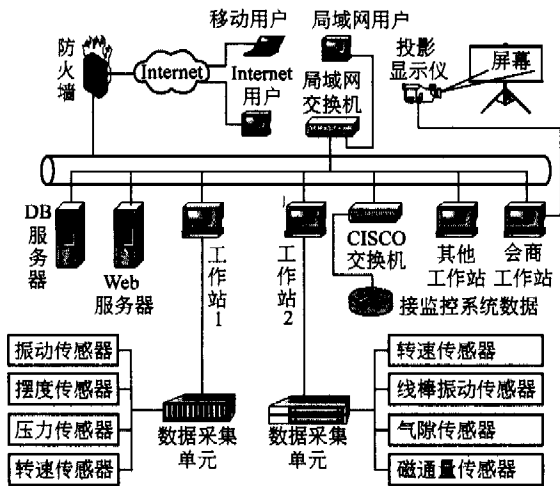


图 1 系统结构

WWW 服务器。硬件为 Dell PowerEdge 1300;软件为 Windows 2000、Apache+Tomcat+J2SE;功能为负责实时监测数据的数值和图形显示,以及机组状态分析和故障诊断结果查询。是最终用户端与服务器间的数据通信的桥梁。

上述系统结构具有如下特点:a. 充分利用先进的计算机网络技术;b. 2)采用分层分布全开放式结构;c. 可与水电厂 MIS 系统交换信息;d. 网络发布功能。可通过网络对数据进行远程传输,以便特殊情况下,充分发挥专家作用,做到状态判断正确、维修决策合理,保证机组的安全稳定运行。

2 信号采集

2.1 数据采集工作站 1

该工作站采集信号包括 4 点定子铁心 X, Y 方向水平、垂直振动;6 点上机架、下机架和顶盖 X, Y 方向垂直振动;1 点上机架 X 方向水平振动;6 点上导、下导、水导 X, Y 方向摆度;1 点顶盖压力脉动;1 点尾水管压力脉动。

2.2 数据采集工作站 2

该工作站采集信号包括 8 点发电机气隙、12 点定子线棒的振动、1 点磁通量。

2.3 来自监控系统的数据

发电机负荷、励磁电流、出口开关状态、轴承及线圈温度、水头、流量、效率、转速、导叶开度等从监控系统读取。

3 系统软件简介

系统软件设计充分采用结构化、模块化思想进行,使该软件具有很好的稳定性、开放性和可扩展性。系统软件主要由数据库和各子模块构成,本

系统数据库采用 MS SQL 构成,系统的主要功能模块有:系统设置模块、状态监测模块、信号分析模块、状态评价与状态趋势预测模块、历史趋势模块、故障诊断模块、实用计算模块、在线帮助模块。系统的主要软件功能如图 2 所示。

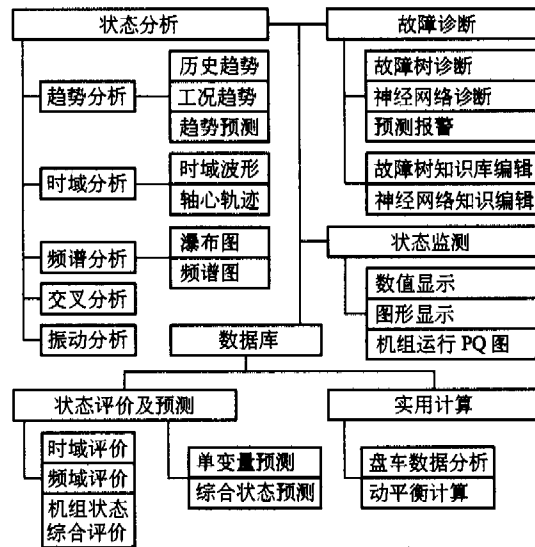


图 2 系统主要的功能图

3.1 数据库

状态监测与诊断系统的数据库接口采用 ODBC 动态数据链接技术,可以与多种大型数据库如 Oracle, MS SQL, Sybase 等进行无缝链接,采用 MS SQL 关系数据库查询语言。软件设计中采用的标准插件技术,可以方便地对系统数据库进行浏览和维护。

状态监测与诊断系统数据库包括设备所有预测维修信息。

econfig 库;Entek 系统配置数据库。保存 Entek 配置数据。

Entek 库;Entek 系统实时数据库。保存 Entek 采集到的实时数据,系统定时将数据处理后保存到 Gzsd 库中。

Gzsd 库;故障诊断实时数据库。保存所有实时数据。数据保存期暂定为 1~6 个月可选。

Gzsd_his 库;故障诊断历史数据库。保存历史数据。数据保存期暂定为 3~5 年可选。

Gzsd_cha 库;故障诊断特征数据库。保存从实时库中提取的特征数据。

3.2 状态显示功能模块

状态显示采用数值、图形、趋势等的综合方式,以展示机组全局或局部的状态。越限报警分为正常、失效、一级报警、二级报警等级别,分别以各种颜色信号灯来显示,在信号设置的窗口中预先设置和定义。

3.3 信号分析与处理功能模块

信号分析与处理是诊断的基础,系统集成了信号处理领域的多种分析方法,借鉴了国内外大型监测诊断系统的诸多分析功能,结合了水力机组的特点,提供了趋势分析、时域波形、自相关分析,频谱图,功率谱图,阶比图,幅值倒频谱图,瀑布图,波德图,极坐标图,轴心轨迹图,振动与负荷的关系,振动与转速的关系,振动与励磁电压及磁场电流的关系,各工况下各种参数的综合分析等。

3.4 诊断功能模块

系统诊断功能模块含振动分析、神经网络诊断、故障树诊断等三部分,针对水轮发电机组的特点,设计了水轮机组的诊断系统,诊断功能模块有以下特点:

a. 故障树诊断知识表达直观、简易,可以进行知识库的编辑和扩充,具有良好的与用户交互的功能,诊断结果以时序存放于数据库中,并给出明晰的诊断推理过程及推理后的专家处理意见。程序以后台的方式运行。

b. 神经网络诊断采用相对独立的几个子网络,便于更准更快地推断出各自的结论。神经网络可以方便地编辑子网络,输入输出结点、进行样本训练。神经网络诊断可以自动诊断或预定义诊断。

c. 振动分析提供一个对当前的机组振动状态进行简单分析的工具,能分析出当前振动的主要频率,以便确定引起振动的主要原因。

4 系统特点

全面采集反映水轮发电机组特点的摆度、机组振动、定子线棒振动、压力脉动、气隙、磁通量等各种参数和变量;通过监控系统读取温度、功率、转速、水头、接力器行程等运行状态量以及各种开关状态量;借助巡检系统获取机组辅助设备的主要参数,并考虑了水电机组的低频、随机特性,保证了监测信号的准确性和可靠性。

系统采用了可靠的数据存储方案及数据挖掘技术,建立了实时数据库、历史数据库和特征数据库,并建立了可靠的数据存储规则,保证了数据库的访问速度,达到了有效压缩存储的要求,为状态分析与诊断提供了可靠依据。

系统可绘制振动负荷曲线、振动转速曲线及任意相关参数曲线,并包含了常规趋势分析、频域分析及具体工况下的参数趋势分析等;各种状态信息显示清晰、图形美观、画面直观、操作方便,机组运行特性一目了然。

系统能对调速器和励磁系统进行状态监测、维护决策和参数的整定优化。

系统对盘车数据分析、动平衡试验分析等建立了实用的分析模块,使用灵活方便。

采用专家系统与神经网络相结合的方法建立诊断模型,在知识的表述、推理的方法、系统的扩展、人机接口界面等方面,都具有很大的灵活性,基本实现了机组的故障诊断,系统的专家知识库具有开放、透明、可维护及自学习功能的特点,为诊断系统的进一步完善提供了途径。

在广泛吸收国内外水电机组运行状态评价技术,收集国内外大电厂事故和故障案例的基础上,结合隔河岩电厂的实际运行经验,建立了机组运行状态评价的专家知识库,应用数学模型和特征提取方法,对当前机组运行的状态进行了评价,为实现电厂无人值班及状态维修提供了技术支持。

通过 Internet 发布状态监测和诊断系统的实时信息,使电厂管理人员和工程技术人员能及时了解机组的运行状态,以便对机组的异常情况采取应急措施,确保机组运行安全,同时通过 Web 论坛,对机组的状态、趋势及维护方案进行讨论,可优化维护方案,实现经济运行。

本系统已投入运行。

参 考 文 献

- [1] 刘光临,程宏举.大型水轮机组故障诊断的神经网络方法研究[J].水力发电学报,2001(2): 23-26.
- [2] 刘光临,蒋 劲,符向前.水轮发电机组状态监测与诊断系统研究[J].华中电力,2001, 14(4): 16-19.
- [3] Liu Guanglin, Hu Niansu, Zhao Yu, et al. Parameter simulation in performance monitoring system of steam turbine unit for a fossil-fuel power plant[C]// Proceedings of the First International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Beijing: [s. n.], 2002.
- [4] Chen Qijuan, Jiang Jing, Liu Guanglin. Study on condition monitoring and diagnosis system of hydroelectric generating set[C]// Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation. [s. l.]: WCICA, 2002: 2 940-2 943.
- [5] Chen Qijuan, Li Youping. Condition information processing of hydroelectric generating set[C]// Proceedings of the International conference on Sensors and Control Techniques (ICSC 2000). [s. l.]: ICSC, 2000.
- [6] Chen Qijuan, Chen Tichua. Application of fuzzy clustering to vibration fault diagnosis of hydroelectric generating set[C]// Proceedings of the 29th Annual

- Congress of the International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR). [s. l.]: IAHR, 2001.
- [7] 陈启卷,赵大胜,李友平,等. 水电厂运行设备巡视数据库系统研究[J]. 水力发电, 2002(5): 67-68.
- [8] 张雪桂,陈启卷. 大型水电厂设备状态监测及诊断系统[J]. 水力发电, 1998, 11: 23-24.
- [9] 李友平,陈启卷. 基于灰色理论与不变性矩的水电机组轴心轨迹自动识别[J]. 电力系统自动化, 2001(5): 19-22.
- [10] 蒋 劲,程宏举,符向前,等. 混合专家系统在水轮机组状态监测与故障诊断中的应用[J]. 水利水电工程理论研究及技术应用, 2002(4): 23-25.
- [11] Fu Xiangqian, Liu Guanglin, Jiang Jing, et al. Automatic identification of axis orbit based on both wavelet moment invariants and a neural network[C] // Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Spatial Information System. [s. l.]: ICCGISIS, 2002.
- [12] 符向前,刘光临,蒋 劲. BP 神经网络在水轮发电机组状态监测与诊断系统中的应用[J]. 武汉大学学报:工学版, 2002, 35(1): 24-28.
- [13] 符向前,刘光临,蒋 劲. 隔河岩水轮发电机组状态监测与诊断系统[J]. 水电自动化与大坝监测, 2002(3): 26-28.
- [14] Xie Danmei, Liu Guanglin, Wang Jianmei. Reconstruction of the gland sealing system of a 300 MW steam turbine unit[C] // Proceedings of International Conference on Energy Conversion and Application (ICECA 2001). [s. l.]: ICECA, 2001.
- [15] Xie Danmei, Liu Guanglin, Liu Xianfei, et al. Research on on-lined fuzzy diagnosing system for steam turbine-generating unit rotor faults[C] // Proceedings of the 2nd International Symposium on Fluid Machinery and Fluid Engineering. [s. l.]: ISFM-FE, 2000.
- [16] Xie Danmei, Liu Guanglin, Wang Jianmei, et al. Research on peak-modulation and load-distribution of a 300 MW unit[C] // Proceedings of the 5th International Conference on New Energy Systems and Conversions. [s. l.]: ICNESC, 2001.
- [17] Qi Juan, Li Youping. Axis orbit automatic identification of hydroelectric generating set[C] // Proceedings of 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2002). [s. l.]: SCI, 2002.

我校承担的一项国家软科学计划项目通过科技部验收

华中科技大学公共管理学院王炎坤、危怀安和科技部基础研究管理中心刘燕美等共同承担的国家软科学计划项目“国家重点实验室运行分析与发展报告研究”于 2005 年 12 月 22 日在北京顺利通过科技部组织的专家验收。

验收专家组通过听取课题组作的研究报告和发展报告,在认真审议验收材料的基础上,经过研究和讨论,形成如下验收意见:课题组通过大量的资料收集、广泛座谈、调研等,采用了科学的研究方法,对国家重点实验室 20 年的建设、运行和管理进行了系统研究,分析了国家重点实验室的建设历程,从管理体制、运行机制和管理办法三个方面,就建设、管理、成就和经验等总结了国家重点实验室的成就和管理经验,指出了国家重点实验室发展中面临的困难和问题,提出了对策建议,对进一步加强国家重点实验室的建设和发展提出了展望,对发挥国家重点实验室的作用,构建国家研究实验基地体系具有重要的意义。