基于Web的电厂远程/本地专家分析平台

赵海波[1]，陈 胜[1]，郑楚光[1]，黄勇理[1]，向隆刚[2]，阮曙东[1]

(1. 华中科技大学煤燃烧国家重点实验室，湖北省武汉市 430074)

(2. 华中科技大学达梦数据库多媒体技术研究所，湖北省武汉市 430074)

摘要：介绍了一种利用Internet技术和数据库技术构建的电厂专家分析平台。该平台包括实时监视、实时经济性分析和专业智能搜索引擎，可以在电厂本地或远程安装运行。实时监视子系统能实时远程监视电厂现场运行状况；实时经济性分析子系统能在不同工况下诊断热力系统各设备能量损失以及整个热力系统的经济指标；专业智能搜索引擎能搜索出众多电厂运行参数之间的相关关系，可用于故障诊断系统的知识获取等。各系统以Web页面的形式为远程/本地用户提供服务。文中提出了该套系统的浏览器/服务器/数据库三层结构总体框架，并介绍了几个子系统的设计实现和应用实例。

关键词：发电厂；专家分析平台；Web；实时监视；经济性分析；智能搜索引擎

中图分类号：TM73；TP182

0 引言

目前，很多电厂在分散控制系统(DCS)(例如INFI90系统)和内部局域网的基础上建立了火电机组微机在线经济性诊断和检测系统(ESDS)[1]等。但是，这些系统大多建立在客户/服务器模式下，并且不能支持异地监控、远程数据分析(性能分析和经济性分析)、远程调度、远程系统的仿真和运行工况的远程诊断等，这显然不能满足现代电力生产和电力市场发展的需要。

采用先进的浏览器/服务器/数据库三层结构模式，建立远程/本地实时运行海量数据库，以Web技术为核心，搭建远程/本地电厂专家分析平台，可以实现远程专家分析等优点。本地专家分析平台实际上可视为远程专家分析平台的简化版本。

本文主要介绍远程专家分析平台，该系统已经应用于某电厂300 MW机组和华中科技大学热能与动力工程学科教学平台。

1 系统总体结构

该专家分析平台把最新的计算机信息技术和复杂的专业知识紧密结合起来。为了保证系统的可行性，首先在一个开放的框架内采用UML语言对系统进行建模，严格按照软件工程的思想组织系统的开发，并充分考虑系统的功能扩展和模块化结构。

收稿日期：2003-06-17；修回日期：2003-10-13。

面向21世纪教育振兴行动计划资助项目(教技司[2001]215号)。

该系统设计为服务器/数据库/浏览器三层结构模式。数据库包括实时库、历史库、故障库、电厂配置库、输入参数库以及计算结果库等，是远程专家分析平台的数据基础。服务器包括应用服务器和Web服务器。应用服务器包括专家分析平台中的实时监视、经济性分析、专业智能搜索等专业模型和算法，将它们做成ActiveX控件或COM组件，安装到Internet信息服务器(IIS)上，成为组件，从而实现应用服务器与Web服务器的融合。用于专家分析的各种组件调用数据库中的数据，进行相应的分析计算后，把结果送回计算结果库。Web服务器对外提供Web服务，客户通过Web浏览器连接Web服务器，友好而可视地得到远程专家分析平台的各种服务[2~4]。

系统总体结构和基本流程如图1所示。

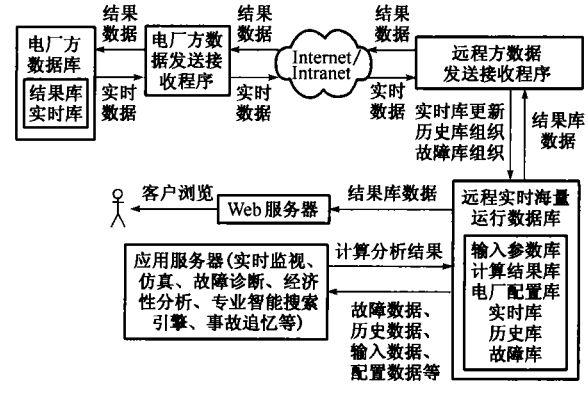

图1 电厂远程专家分析平台系统总体结构框架

Fig. 1 Whole structure of professional analysis-flat system for power plant

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

实际上，有些电厂因为安全运行等考虑，可能并不愿意把电厂实时运行数据传送到厂外。该系统充分考虑了此种要求。如果不安装数据发送接收程序，直接在电厂实时运行数据库的结构上组织历史库和故障库，通过数据重组构建电厂本地运行海量数据库，把远程方的Web服务器和应用服务器移植到电厂局域网内部，就可以在电厂本地构建此套海量数据库和专家分析平台，能够实现电厂本地的实时监视、经济性分析等。这样，因为不需要通过数据的Internet传输过程这一环节，系统的响应将更快。但是，电厂的运行状况不能接受厂外专家远程的实时指导和分析。

2 实时监视子系统

实时监测子系统较完整地重现现场监测状况，其实时性能受数据采集和网络传输过程等技术条件的限制。它把电厂机组分为不同的子系统，例如给水子系统、高中压缸子系统、磨煤机子系统等，以系统图、趋势曲线、棒图、表格等形式，把各个子系统中各个测点参数的实时值、历史值利用浏览器以Web方式可视化地呈现给用户。

3 经济性分析子系统

经济性分析子系统主要针对300 MW和600 MW凝汽式机组，在不同工况下诊断热力系统各设备能量损失以及整个热力系统的经济指标，为电厂优化运行提供一种方便快速、具有理论性的分析手段。数学模型采用等效焓降法[5]。其在线经济性分析的软件构架如图2所示。

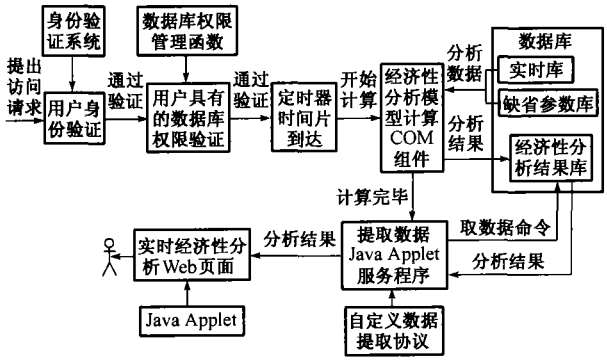

图2 远程在线经济性分析系统构架

Fig. 2 Framework of remote economic analysis subsystem

该系统设计为每1 min计算1次，不需要输入参数，自动提取实时数据库和自造缺省参数数据库中需用于分析的数据，自动调用经济性分析模型计算的COM组件在后台进行计算，分析结果自动保存在经济性分析结果库中，用户通过各种严格的验证后可以进入经济性分析的结果页面，查看经济性分析结果。

该系统利用Web页面的方式，通过饼图、直方图、表格、系统图和曲线图等形式，友好而可视地显示经济性分析结果，其计算结果每1 min刷新一次。它把影响机组效率比较大的几个因素，例如换热器端差损失、抽汽压损等通过图形方式可视地呈现给用户，从而可以直观地看出机组哪一部分是使效率降低的瓶颈。例如，本系统投入某电厂300 MW机组后，发现在抽汽压损饼图中，2号高加在总抽汽压损中所占比例最大，这明显与设计值不符合，因此判定2号高加存在效率问题，为该机组下一步的节能改造提供了指导。

4 专业智能搜索引擎

电厂运行数据库的信息非常丰富，这些参数之间表面上孤立，但是实际上，某些参数之间隐藏着强烈的相关关系。例如，电厂机组的某些部分发生故障时，往往检测到很多参数都发生异常，有些参数的异常是原始的，有些参数的异常则是由其他参数的异常所引起的，而且变化趋势存在着差异，找到这些参数之间的相关关系，对于准确地进行故障诊断具有很好的指导作用。同时，利用真实的电厂实时运行数据，找到参数之间在特定条件下的一些隐藏关系，对于科学研究具有重要的帮助，能够验证或者指导某些模型的建立。

专业智能搜索引擎利用数据库中的数据挖掘和知识发现技术[6]，专门用于发现电厂历史数据库中运行参数之间的相关关系，包括同相相关、反相相关、提前相关和滞后相关。图3为专业智能搜索引擎的软件结构。

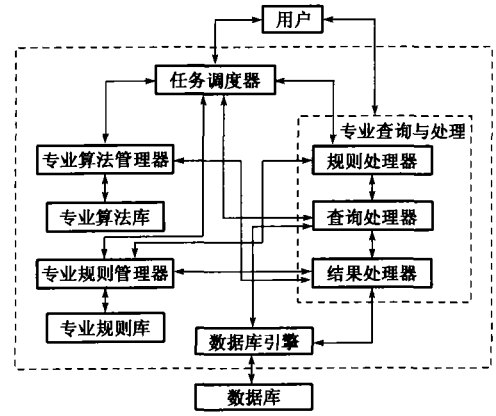

图3 专业智能搜索引擎体系结构

Fig. 3 Framework of the professional intelligent search engine

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

应用专业智能搜索引擎对某电厂300 MW机组的主系统进行智能搜索，结果表明，汽包压力与主蒸汽压力、省煤器入口给水压力之间存在强同相相关关系，汽包压力与烟气含氧量之间存在强反相相关关系。在锅炉运行过程中，即使在锅炉负荷显著加大(时间点为2002-01-12T12:03:27附近)和锅炉负荷波动的过程中，汽包压力的变化趋势与主蒸汽压力、省煤器入口给水压力的变化趋势都是一致的，存在着明显的同相相关关系；而汽包压力的变化趋势与烟气含氧量的变化趋势则相反，存在着明显的反相相关关系；汽包压力的变化趋势与炉侧主蒸汽温度、主蒸汽流量、炉膛压力的变化趋势在所考虑的时间段内却并不一致或者相反，也不存在提前或者滞后的相关关系(虽然在某一小段时间窗口内可能存在这些相关关系)，它们之间挖掘不出指定的相关关系。可见，专业智能搜索引擎成功地挖掘出了某些参数之间的相关关系。

利用专业智能搜索引擎所发现的相关关系，经过广泛性验证之后，作为专业规则存入专业规则库中。该专业规则库可以作为故障诊断系统的规则库和知识库的一部分。

上述搜索实例可形成如下规则：

a. 若汽包压力上升(下降)，则主蒸汽压力上升(下降)，置信度为0.98；

b. 若汽包压力上升(下降)，则省煤器入口给水压力上升(下降)，置信度为0.90；

c. 若汽包压力上升(下降)，则烟气含氧量下降(上升)，置信度为0.88；

d. 若汽包压力上升(下降)，则炉膛压力上升(下降)，置信度为0.21；

e. 若汽包压力上升(下降)，则主蒸汽流量增大(减小)，置信度为0.15；

f. 若汽包压力上升(下降)，则炉侧主蒸汽温度增大(减小)，置信度为0.08。

规则的置信度的值取自引擎所计算出的不同运行参数之间的相关系数，这些规则可用于模糊故障诊断专家系统和基于规则的诊断系统中。可见，专业智能搜索引擎可以作为故障诊断专家系统中知识获取的一个有效渠道。

5 结语

本文介绍的电厂专家分析平台采用浏览器/服务器/数据库三层结构模式，具有很大的通用性和可移植性。该系统可以安装于高校、科研单位等作为电厂远程专家分析平台，一方面对电厂的安全经济、高效稳定运行提供远程技术支持，另一方面利用本系统进行教学、科研；也可以安装于省网等电力主管部门作为远程监视、调度和效益评估平台，为电网网局的领导和管理人员提供决策支持；还可以安装运行于电厂本地作为本地专家分析平台，为电厂的安全高效运行服务。该系统的构建和开发是一项系统工程，仍然有许多工作需要进一步完成和细化，计划进一步开发和完善远程故障诊断子系统和远程仿真子系统等。

感谢华中科技大学能源与动力工程学院黄树红教授对项目开发的先期指导。

参考文献

1 严俊杰，张春雨，李秀云，等(Yan Junjie, Zhang Chunyu, Li Xiuyun, et al). 火电机组微机在线经济性诊断与检测系统(On-line Economic Diagnosis and Monitoring System for Steam Power Units). 华北工学院测试技术学报(Journal of Test and Measurement Technology of NCIT), 1999, 13(4): 190～194

2 吴明光，张玉润，金建祥，等(Wu Mingguang, Zhang Yurun, Jin Jianxiang, et al). 工业控制实时数据库的研究(Research of Industrial Control Real Time Database). 控制与决策(Control and Decision), 1995, 10(3): 238～243

3 程正群，钱积新(Cheng Zhengqun, Qian Jixing). 一种分布式过程实时数据库的设计(A Design of Distributing Process Real Time Database). 化工自动化及仪表(Control and Instruments in Chemical Industry), 1999, 26(5): 36～38

4 尹朝万，祝中华，李 贵(Yin Chaowan, Zhu Zhonghua, Li Gui). 远程数据库访问系统客户/服务器体系结构模型的设计与实现(Design and Implementation of Remote Database Access Client/Server Architecture Model). 软件学报(Journal of Software), 1995, 6(8): 455～462

5 刘继平，严俊杰，陈国慧，等(Liu Jiping, Yan Junjie, Chen Guohui, et al). 等效焓降法的数学理论基础研究(The Mathematical Theory of the Equivalent Heat Drop Method). 西安交通大学学报(Journal of Xi'an Jiaotong University), 1998, 32(5): 68～71

6 廖志伟，孙雅明(Liao Zhiwei, Sun Yaming). 数据挖掘技术及其在电力系统中的应用(Data Mining Technology and Its Application on Power System). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(11): 62～66

赵海波(1977—)，男，博士研究生，研究方向为电厂自动化与控制技术和多相湍流反应流体力学。E-mail: kelisiman@mail.hust.edu.cn

陈 胜(1977—)，男，博士研究生，研究方向为电厂仿真及LB方法。

郑楚光(1945—)，男，博士生导师，研究方向为燃烧流体力学及电厂控制。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

A WEB BASED REMOTE/LOCAL PROFESSIONAL ANALYSIS PLATFORM FOR POWER PLANT

Zhao Haibo, Chen Sheng, Zheng Chuguang, Huang Yongli, Xiang Longgang, Ruan Shudong
(Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper introduces a professional analysis platform for power plant based on Internet and database technologies. The platform consists of the real-time monitoring subsystem, economic analysis subsystem and professional intelligent search engine, and can be installed and run at a local power plant or remote terminals. The remote real-time monitoring subsystem can tele-watch the operating status of the plant. The remote economic analysis subsystem can diagnose energy losses of various facilities of the thermal system and economic status of the total thermal system under different conditions. The professional intelligent search engine can mine for given correlations of the numerous parameters from the database, which can be used in "knowledge acquisition" of the fault diagnosing system. The above subsystems serve local/remote clients by Web pages. Furthermore, the paper puts forward the Browser/Server/Database framework of the flat, and presents the design and application of some subsystems.

This work is supported by Action Scheme of Strengthening Education Facing 21st Century of MoE (No. [2001] 215).

Key words: power plant; professional analysis-flat; Web; real-time monitoring; economic analysis; intelligent search engine

(上接第53页 continued from page 53)

加以弥补。在后续工作中,除了对算法进行修正外,还考虑将高阻接地判据设计成如本文判据类似的"嵌套判据",进一步完善振荡中的自适应开放判据。

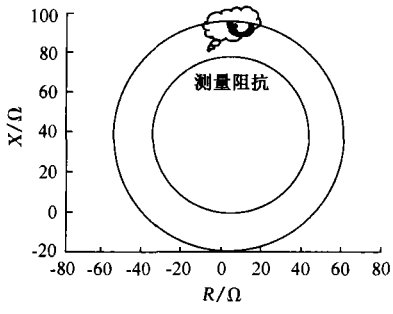

图12 线路90%处发生三相故障后测量阻抗在R-X平面的变化

Fig. 12 Variation of the apparent impedance in the R-X phase plane after a three-phase fault occurring at the 90% line length near side M

3 结语

本文探讨了在各种可能的系统工况和振荡模式下,采用"圆套圆"判据时,测量阻抗在内圆停留的时间与跨越时间之比的最大值。在此基础上提出了适应工程要求的完整的自适应振荡闭锁新策略。EMTP仿真试验证明:在各种系统振荡的情况下,本判据均具有足够的安全性,当振荡中发生区内故障时,只要过渡电阻不大,使得测量阻抗落在动作圆内,其灵敏度在各种现有判据中最高。另外,本判据的不足可以通过与其他判据进行配合而得到弥补。

参考文献

1 林湘宁,刘 沛(Lin Xiangning, Liu Pei). 自适应振荡闭锁判据的理论基础(Theoretical Fundamentals of the Self-adaptive Blocking Criterion of Power Swings). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2004,28(6)

2 林湘宁,刘 沛,程时杰(Lin Xiangning, Liu Pei, Cheng Shijie). 电力系统振荡中轻微故障识别的小波算法研究(Researches on Fault Identification During Fast Power Swings with Wavelet Transform Based Algorithm). 中国电机工程学报(Proceedings of the CSEE),2000,20(3):39~44

林湘宁(1970—),男,博士,副教授,研究方向为现代信号处理技术在电力系统中的应用、电力系统继电保护与控制。E-mail: clint0774@sina.com

刘 沛(1944—),女,教授,博士生导师,研究方向为继电保护及变电站综合自动化。

IMPLEMENTATION OF THE SELF-ADAPTIVE BLOCKING CRITERION OF POWER SWINGS

Lin Xiangning, Liu Pei (Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper investigates the possible maximum rate of the time of the apparent impedance locus staying in the inside circle and the time difference when the locus passing through the concentric circle in the condition of possible system operation and power swing modes. Based on the result of the investigation, a complete self-adaptive power swing blocking strategy is proposed. Furthermore, the effectiveness of the proposed novel scheme is verified through the results of EMTP simulations.

Key words: distance protection; self-adaptive power swing blocking; EMTP; power swing model

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net