

大庆热电厂 2 号机组故障诊断专家系统的研究

张国斌 张嘉钟
(哈尔滨工业大学)

[摘要] 本文介绍了大庆热电厂 2 号机组 (200 MW 汽轮发电机组) 故障诊断专家系统的设计思想、总体结构和功能、主要特点和具体实现方法, 并给出诊断实例。

关键词 故障诊断 专家系统 汽轮发电机组
分类号 TP277

0 引言

在我国, 汽轮发电机组是电力工业的主力, 也是电厂生产的关键设备, 一旦发生事故, 会给国家财产造成重大损失。为保证机组运行安全可靠, 大致可分为两种: 一是生产厂家在产品的设计和制造上不断完善和优化; 二是已有设备的合理运行。前者的实现周期长、难度大, 而后的实现周期短、难度较小, 正在日益受到人们的重视。同时, 对设备的运行进行实时状态监测、分析和诊断也是非常重要的。国家在“八五”期间投入了大量的资金, 确立了“多台 200 MW 机组状态监测、故障诊断系统设计技术及分析诊断专家系统的研究”这一科技攻关课题。本文作者参与了此项课题的研究, 并将研究的成果应用于大庆热电厂 2 号机组, 取得了很好的效益。

1 系统的设计思想及特点

1.1 系统的设计思想

故障诊断专家系统是利用知识和基于知识的推理过程模拟领域专家解决问题的方式对诊断对象存在的故障进行诊断。我们的主导设计思想是: 一方面达到使系统结构、推理过程以及控制策略在宏观上能够模拟领域专家进行故障诊断的效果, 并从实用性出发, 集故障诊断、规则解释、处理意见于一体, 既能自动诊断, 又可人工干预; 另一方面, 尽可能从通

用性考虑, 又要有效地保证系统诊断结果的正确性。

1.2 系统的主要特点

1.2.1 可以用于在线或离线诊断, 并根据用户需要进行自动或对话诊断。

1.2.2 在知识表示方面, 采用框架、规则和过程表示相结合的形式来表达多样和层次化的诊断知识, 增强了知识的表达能力。

1.2.3 在诊断方法上, 把模糊模式识别、符号推理与数值计算技术有机地结合起来, 并采用正向推理、反向推理和元级推理等多种推理控制策略, 从而极大地增强了系统解决问题的能力。

1.2.4 程序采用软件工程中数据流思想进行设计, 有利于系统开发工作的组织、管理和协调, 提高了系统的可靠性和可扩充性, 并且是保证系统可以通用的一个有效途径。

1.2.5 采用目前国际上最流行的软件操作环境 Windows 3.1 作为开发平台, 利用 Borland C++ 语言实现, 保证了系统的先进性。

1.2.6 用户界面友好, 主要使用菜单驱动方式, 利用鼠标器进行操作, 简便易行, 且界面信息全部汉化。还可以对诊断知识库进行多级维护。

2 系统的总体结构和功能

基于上面介绍的系统设计思想, 我们初步实现

一个 200 MW 汽轮发电机组的故障诊断专家系统。图 1 是该系统的总体结构,它由三个库、五大功能模块、一个黑板、一个主控模块和人机接口组成。分别介绍如下:

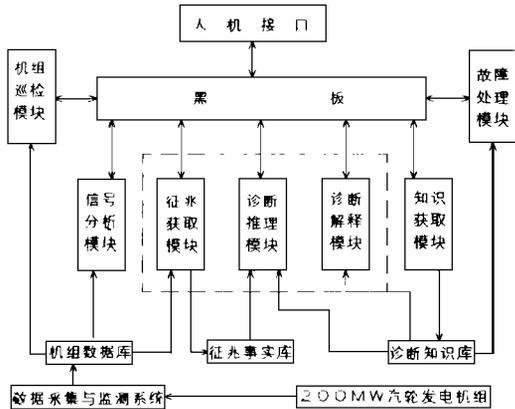


图 1 系统的总体结构框图

2.1 机组数据库: 用于存放数据采集系统通过安置在机组上的传感器采集到的各种特征信息,包括机组的振动数据、温度和压力信号等。它是故障诊断的主要信息来源。

2.2 征兆事实库: 用于存放系统推理过程中需要的和过程中产生的所有征兆事实,它与机组征兆库中的征兆相对应。征兆事实获取的一般过程如图 2 所示。

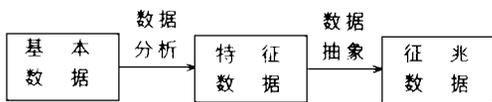


图 2 征兆事实获取的一般过程

2.3 诊断知识库: 用于存放领域专家和其它知识源对于汽轮发电机组的各种诊断以及与诊断有关的知识。它是故障诊断专家系统的核心。

2.4 机组巡检模块: 依次对机组各个通道的信号进行连续的幅值或变化率巡检,同时将巡检结果写入“黑板”并显示。主控模块根据“黑板”的内容确定是否需要执行诊断任务。

2.5 信号分析模块: 完成从机组数据库中的基本数据到特征数据的转换。它主要包括趋势分析模块、稳态分析模块和瞬态分析模块,后两者则主要采用时域和频域的分析方法。图 3 是信号分析模块的功能结构。

2.6 故障诊断模块: 以征兆事实为依据,利用诊断知识库中的知识,完成汽轮发电机组的故障诊断任务,并对诊断过程提供解释。它主要包括征兆获取模块、诊断推理模块和诊断解释模块。

2.7 知识获取模块: 负责管理和维护知识库中的知识,由词典管理模块、知识管理模块和知识维护模块组成。

2.8 故障处理模块: 根据系统的最终诊断结果,利用决策知识,给出对于特定故障的处理意见。

2.9 黑板: 用来记录系统的运行过程,存放各个功能模块的中间运行结果、数据或状态,同时使各种不同类型的知识能够协同工作,并为解释模块的解释工作提供依据。

2.10 主控模块: 负责诊断系统各个功能模块的调用、切换和协调。主控程序借助于黑板中的任务安排表,而且基本上与诊断系统所完成的领域任务无关。

2.11 人机接口模块: 用于用户、领域专家或知识工程师与诊断系统的交互作用。通过人机接口模块,我

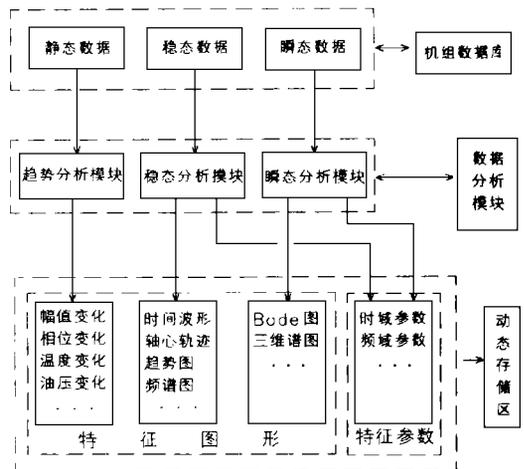


图 3 信号分析模块功能结构框图

们可以干预诊断系统的运行,以及以计算机内部表示形式或拟自然语言的形式组织知识、数据的输入与输出。

3 诊断实例

3.1 不平衡故障的诊断

1995年3月25日14时50分,大庆热电厂2号机组3瓦水平振动突然由 69_m 升高至 130_m ,其它各瓦振动峰值均在 80_m 以下,启动故障诊断专家系统得出的结论是不平衡故障,可信度为0.9。观察3瓦水平方向的时域波形,无强杂波干扰,属基本正常波形。在频谱图中,一倍频为 118_m ,略显偏大,而低频成分及高频成分都相对很小。3瓦轴心轨迹图略显呈椭圆形。所有这些都验证了不平衡故障。依据此结论,再加上现场振动严重超标,工厂停机检修,进行动平衡调整。经现场动平衡后,重新启机运行,3瓦水平振动恢复正常。因此,避免和预防了事故的发生。

3.2 不对中、蒸汽振荡故障的诊断

1995年6月16日13时50分,大庆热电厂2号机组2瓦垂直方向轴振由 71_m 升高到 176_m ,且时间波形有很大的低频成分干扰,使波形杂乱无章。启动故障诊断专家系统得出的结论有4条,观察此时的频谱图,低频成分最高者是 31.25 Hz ,其振动值达到 77_m ,是一倍频振幅 43_m 的约1.8倍,而二倍频振幅也达到 22_m ,超过了一倍频的50%。轴心轨迹图无规律。根据“轴相对振动二倍频较大,且

振动逐渐增大”这一条不对中故障的诊断规则,及“如果带负荷运行过程中,2号瓦轴振较大,且以 $21-32\text{ Hz}$ 低频分量为,且机组存在不对中故障,则蒸汽振荡”的规则,可以断定是不对中和蒸汽振荡的混合故障,其余的不平衡和轴承松动是此故障引起的次要故障。依据此结论,工厂再次停机检修,采取调整对中度、调整隔板汽封间隙等措施。在7月3日再次启机后消除了此故障。

4 结束语

我们将这一故障诊断专家系统应用于大庆热电厂2号机组。自投入使用后的一年时间里,相继预报和诊断出不平衡、不对中、蒸汽振荡、转子径向碰磨等故障12次。其中较严重程度的故障4次。一方面防止故障的进一步扩大,保障安全生产;另一方面使现场维修有一定针对性,缩短大修时间,节省维修费用,为工厂带来了可观的直接和间接效益。

参 考 文 献

- 1 何贵新.知识处理与专家系统.北京:国防工业出版社,1990年5月
- 2 张游祖,施维新.汽轮发电机组振动及转子找平衡.北京:水利电力出版社,1986年1月
- 3 杨叔子,郑晓军.人工智能与诊断专家系统.西安:西安交通大学出版社,1990年6月

作者简介 张国斌 男 1964年生,助理研究员,现工作在哈尔滨工业大学18系,主要从事计算机专家系统研究。曾完成过大庆热电厂2号机组在线监测与故障诊断专家系统工作,及国家“八五”项目:多台 200 MW 汽轮发电机组状态监测与故障诊断专家系统。(通讯处 150001 哈尔滨工业大学 137信箱)

1997年热能动力工程杂志已扩版

欢迎广大读者踊跃投稿、订阅

Power. -1997, 12(2) -136~ 138

UG-75/5.3-M₃型循环流化床锅炉点火时存在的问题 = Some Problems Occurring During the Ignition of UG-75/5.3-M₃ Circulating Fluidized Bed Boiler and Countermeasures Adopted [刊,中] / Li Zhiwang (Electric Power Testing Institute of Heilongjiang Province), Wang Weidong (Affiliated Thermal Power Plant of Harbin Gasification Works) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1997, 12(2) -139~ 141

大庆热电厂 2号机组故障诊断专家系统的研究 = A Study on the Expert System Used for the Fault Diagnosis of No. 2 Turbine Generator of Daqing Thermal Power Plant [刊,中] / Zhang Guobin, Zhang Jiazong (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1997, 12(2) -142~ 144

This paper briefly describes the design philosophy, general structure, main features and functions as well as the specific implementation method of an expert system employed for the fault diagnosis of a No. 2 200 MW turbogenerator set of Daqing Thermal Power Plant. Some specific diagnosis examples are also given. key words fault diagnosis, expert system, turbine generator

单片计算机系统断电监测及数据保护 = Power Interruption Monitoring and Data Protection of a Monoboard Computer [刊,中] / Cui Yongyi, Li Meng, Cui Xinyan (Heilongjiang Provincial Statistics Bureau) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1997, 12(2) -145~ 147

应用价值分析原理降低锅炉成本的方法 = The Application of Value Analysis Method for Lowering the Fabrication Cost of Boilers [刊,中] / Lu Yiping, Wang Yanbin (Harbin University of Science & Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1997, 12(2) -148~ 150

Based on the principle of value analysis the authors analysed the fabrication cost of SHW6-1.25-All steam boiler and made some proposals aimed at lowering costs and increasing profits. key words boiler, value analysis, cost

Edited and Published by Harbin 703
Research Institute and Editorial Staff
of this Journal

Fax (0451) 5662885

Post Code 150036

Printer Printing House of Harbin Institute of Technology

Periodical **Registration**
ISSN 1001-2060
CN 23-1176/TK

Address P. O. Box 77, Harbin China

**Distributed by China International
Book Trading Corporation,
P. O. Box 399, Beijing, China**

Tel (0451) 5650888- 2092