

水轮发电机组振动故障诊断技术综述

侯 晋

(贵州乌江水电开发有限责任公司思林发电厂,贵州 思南 565100)

摘 要:水轮发电机组振动故障诊断技术的研究具有重要意义。通过概述振动故障诊断的国内外研究现状,详细介绍了目前应用于水轮发电机组振动故障诊断中的几种主要技术方法,并指出了水轮发电机组振动故障诊断技术的未来发展趋势。

关键词:水轮发电机组;振动;故障诊断;智能诊断

中图分类号:TM312

文献标识码:A

文章编号:2095-980X(2015)05-0018-02

An Overview of Vibration Fault Diagnosis Technology for Hydrogenerator Set

HOU Jin

(Silin Power Plant Guizhou Wujiang Hydropower Development Co.,Ltd.,Sinan,Guizhou 565100,China)

Abstract:It is significant to research the vibration fault diagnosis technology for hydrogenerator set.This paper summarized the research status of vibration fault diagnosis technology at home and abroad,and introduced several main technology and methods currently applied to diagnose the faults of the vibration of hydrogenerator set and point outed the developing tendency of vibration fault diagnosis technology for hydrogenerator set in future.

Key words:hydrogenerator set;vibration;fault diagnosis;intelligent diagnosis

1 概述

水轮发电机组是水电厂最关键的主设备,它的安全运行是水电厂确保安全、优质、经济发供电的根本保障,直接关系到电网的安全稳定运行,决定着水电厂的经济效益和社会效益。研究表明,水轮机内部湍流脉动诱发的水力稳定性问题是决定机组运行稳定性的最主要因素。事实上,水电机组在运行过程中除因水力不稳产生振动外,也经常由于机械和电气等方面的原因而产生振动。据统计,水电机组约有 80% 的故障或事故都在振动信号中有所反映。所以,研究水电机组的故障诊断方法和对水电机组的振动故障进行智能诊断,对提高我国水电机组故障诊断水平,缩小与国外同类技术的差距都具有十分重要的意义。

2 水轮发电机组振动故障诊断的国内外研究现状

最早开展故障诊断技术研究的是美国,他们首先是针对航空航天系统从事故障机理、检测、诊断和预测的研究和开发,然后发展到电厂汽轮发电机组,美国从事电厂故障诊断系统工作的主要公司有:西屋公司、ENTEK 科技公司和 BEI 公司。西屋公司从 1976 年开始电站在线诊断工作,1981 年进行电站人工智能专家故障诊断系统的研究,后来发展成大型电站在线监测诊断系统(AI)。近两年,加拿大 VIBROSYSTEM 公司推出了专为水电机组设计的 ZOOM

状态监测系统。德国 SIEMENS 公司为广州抽水蓄能电厂安装的 SCADA 常规监控系统,可用于机组的振动保护。

我国针对水电机组振动的故障诊断是从 20 世纪 80 年代才开始的,但发展非常迅速,国内许多高校和科研机构都开展了这方面的工作,并取得了丰硕成果。20 世纪 90 年代中后期以来,国内一些高校开始与企业合作,联合研制了一批振动监测系统。如华中科技大学与葛洲坝电厂联合开发了以工控机(80386)为核心的振动摆度在线监测及信号分析计算机测试系统;清华大学与福建省电力试验研究院和池潭水电厂南泰公司联合开发的我国首套水电机组状态监测分析诊断系统。同时,一些业内科研院所也开始这方面的工作并推出了产品。如水利水电科学研究院的 H9000 水电厂监控系统、华科同安开发的 TN-8000 机组状态监测与诊断系统、南瑞自控公司的 NC2000 和 EC2000 的计算机监控系统等等。

3 水轮发电机组振动故障的主要诊断方法

3.1 传统故障诊断方法

(1) 故障树诊断法。故障树分析法(Fault Tree Analysis)由美国贝尔电话研究所的 Watson 和 Mearns 于 1961 年首次提出并应用于分析民兵式导弹发射控制系统。故障树分析法主要包括故障树的建立与简化、故障树的定性分析和故障树的定量分析。故障树定性分析的主要目的是分析系统出现某种故障有多少可能性。国内有许多学者研究了故障树诊断法,也取得了一些成果。姜周曙等利用故障树分析法对溴化锂吸收式制冷机进行诊断,

收稿日期:2015-03-15

作者简介:侯晋(1980-),男,四川安岳人,工程师,主要从事水电厂设备运行维护管理工作。

能够找出典型故障(顶事件)所有可能发生模式,找出系统中的最薄弱因素(重要度分析),并计算出该故障的发生概率。

(2)因果分析诊断法。因果诊断分析方法就是利用被诊断系统的故障和故障征兆之间因果知识进行诊断的一种方法。它也是最原始和最常用的方法之一,比较直观,尤其是融汇了大量的实践经验,容易被现场技术人员掌握,在经验积累和反复试验的基础上,常常可以得到较好的效果。国内一些学者进行了因果分析法的应用研究,取得了一些成果,但由于因果分析法是建立在经验和试探基础上的,受人为主观因素影响较大,因此因果分析法只能是一种离线的后发性诊断工作,无法实现实时在线诊断。

3.2 智能故障诊断方法

(1)专家系统诊断法。专家系统是一种基于“知识”的人工诊断系统,它能够模拟人类专家解决复杂问题的思维方式,是利用大量人类专家的知识和推理方法求解复杂的实际问题的人工智能程序。专家系统的结构主要包括知识库、综合数据库、推理机、解释机、知识获取子系统、人机交互子系统等。完整的故障诊断专家系统还应包括故障征兆采集和识别子系统。从水轮发电机组振动故障的特点看,采用专家系统被认为是一种有效的解决方法。国内部分水电专家开展了专家系统诊断法在水轮发电机组振动故障诊断方面的应用研究。邓正鹏等以水轮发电机组为研究对象,对故障诊断专家系统知识库的建立从理论和方法上进行研究,建立了基于C++的产生式知识库系统,该法已应用于实际水电站运行中取得了良好效果。

(2)模糊诊断法。模糊集合理论(Fuzzy Sets)由美国加州大学L.A.Zadeh教授于1965年提出,其实质就是在描述复杂系统时,当精确性和有效性无法兼顾时可以进行模糊处理。模糊诊断法是利用集合论中的隶属度函数和模糊关系矩阵的概念解决故障与征兆间的不确定关系。在模糊故障诊断中,构造隶属度函数是实现模糊故障诊断的前提。许婧等将模糊技术应用于水轮发电机组振动故障诊断,并验证了模糊诊断方法具有一定可行性。陈铁华等提出了在应用模糊诊断方法进行水轮发电机组振动故障诊断过程中,动态建立模糊关系矩阵的新见解。模糊诊断方法的优点在于模糊变量表示可读性强,模糊推理逻辑严谨,类似人类思维过程,易于理解,能很好地解决水轮发电机组振动故障诊断中遇到的模糊性问题。但由于模糊关系较难确定、模糊数(隶属度)转换及模糊诊断知识获取困难等,模糊诊断方法对水轮发电机组的某些故障机理研究尚不透彻,缺乏系统性和综合性,在故障诊断率和诊断准确率、系统的稳定性等方面还存在问题。

(3)神经网络诊断法。神经网络的知识推理是通过神经元之间的相互作用实现的,在知识获取上,不需要由知识工程师整理、总结以及消化领域专家的知识,只需要用领域专家解决问题的实例或范例来训练神经网络,其知

识获取具有更高的效率。同时它是自适应的、可训练的、容错的,而且具有可联想记忆、学习推理和自我修改的能力,具有进行大规模并行处理的能力。因此,神经网络诊断法在水轮发电机组故障诊断中日渐得到重视和应用。陈林刚等针对现有水轮发电机组状态监测系统功能不完善、不够智能化的缺点,开发了基于神经网络的水轮发电机组智能故障诊断系统;戴志超采用RBF神经网络对预处理后的故障信息进行训练和诊断,仿真结果表明,所提出的水轮发电机组故障诊断方法的有效性和优越性。但在水轮发电机组振动故障诊断应用中,神经网络诊断法亦存在如下缺点:①系统诊断性受所选训练样本集限制,若训练样本集选择不当或训练样本数量少,均会导致诊断系统归纳推理能力变差;②基于神经网络的诊断系统是隐式的,其推理过程、推理依据及其存储知识的意义难以理解,对诊断结果缺乏解释能力。

(4)其他诊断法。遗传算法(Genetic Algorithm)是模拟达尔文生物进化论的自然选择和遗传学机理的生物进化过程的计算模型,是一种通过模拟自然进化过程搜索最优解的方法。近几年,遗传算法亦被用于水轮发电机组振动故障诊断中。王荣荣等将粗糙集理论和遗传算法引入水轮发电机组故障诊断中,发现在水轮发电机组故障诊断中具有较高的可行性和有效性。支持向量机(Support Vector Machine, SVM)是Corinna Cortes和Vapnik等于1995年首先提出来的,它在解决小样本、非线性及高维模式识别中表现出许多特有的优势,并能够推广应用到函数拟合等其他机器学习问题中。邹敏等将支持向量机引入水轮发电机组故障诊断研究,为水轮发电机组故障诊断提供了新的方法和思路。

4 结语

设备故障诊断以可靠性理论、信息论、控制论为理论基础,已发展成为一门独立的跨学科的综合信息处理技术。众多文献表明,水轮发电机组故障诊断技术的发展是与当代前沿科学相融合的,智能化和网络化则是其未来的发展趋势。

参考文献

- [1] 罗兴镒.水力机械转轮现代设计理论及应用[M].西安:西安交通大学出版社,1997.
- [2] 王海.水轮发电机组状态检修技术[M].北京:中国电力出版社,2004.
- [3] 马剑泽,隆元林.水电厂的状态检修和故障诊断技术[J].四川电力技术,1999,(1).
- [4] 姜周曙,胡亚才,屠传经.FTA在溴化锂吸收式制冷机故障诊断中的应用[J].浙江大学学报(工学版),2001,35(2):209-213.
- [5] 邓正鹏,韦彩新,刘利娜,等.水轮发电机组故障诊断专家系统中知识库的设计[J].华中科技大学学报(自然科学版),2003,31(9):45-49.
- [6] 许婧,黄斌,高峰等.模糊技术在水轮发电机组振动故障诊断中的应用探讨[J].云南水力发电,2002,18(2):65-68.