从科技进步看水电厂的状态检修及故障诊断研究

张 兆 春
(宝珠寺水力发电厂, 四川 广元 628003)

摘 要: 从近几年科技进步在水电厂实现状态检修方面的研究和发展情况, 论述了要实现状态检修应用的方法和理论基础, 以及水电厂实现状态检修的目的和意义。

关键词: 监测技术; 神经网络; 专家系统; 状态检修
中图分类号 TV 738; TV 737 **文献标识码**: B **文章编号**: 1001-2184(2000)04-0090-03

在步入 21 世纪的今天, 科学技术进步也从各个方面充分体现了它带给人类的巨大变化, 从电力行业来看, 水电厂的检修作业已经进入了第三次变革阶段, 即以诊断监测为前提的状态检修阶段。开展状态检修及故障诊断分析系统研究这一课题, 从根本上说, 对于改变我国现行电厂检修制度的模式, 实现水电厂运行管理从"常规倒班制"到"无人值班(少人值守)"和检修管理从"计划检修"到"状态检修"的过渡, 具有划时代的意义, 是水电站技术的重要变革和重大进步, 也是符合当前水电站技术发展要求的。它的经济和社会综合效益是不言而喻的。

1 传统的检修方式

发电厂的设备检修以往一直遵循的是原电力部颁发的《发电厂检修规程》规定的"到期必修, 修必修好"这一原则按周期计划进行的。而周期计划检修的判据是进行一系列的各种现场预防性试验来了解设备运行状况。在这种方式下, 设备的运行状况必须在停机、停电或取样后进行各类现场或实验室的周期试验并进行综合分析试验数据后才能得到。这样, 在设备运行时不但不能获得实时性的数据, 且试验复杂、费用昂贵(如发变电设备的局放试验)、试验设备笨重、数量多, 即耗工又耗时, 甚至对电气设备的绝缘有一定的损害(如电气设备的耐压试验), 还要承受停电带来的巨大的经济损失。对于像变压器这样的设备, 有些形成很快的事故或故障的征迹用油色谱的周期试验法并不是轻易能捕捉的, 而一旦这些事故形成, 则大多数是恶性的。对于日益发展的电网, 其经济损失更是不可避免的。

预防性计划检修为不管设备处于什么状态, 有无缺陷, 到期一律停电进行检修。尤其对于那些机组台数比较多的电厂, 每到检修期, 检修工人都要按照检修工序, 逐个环节地连轴转, 甚至还要加班加点地大拆大装, 不但工期长, 用工、用材、工器具都不可避免地造成很大的浪费, 有时还会把设备拆坏了。而那些设备状况比较好的设备因为到了计划检修期, 也要停下来检修; 也有个别设备因为未到计划检修期, 带病运行, 甚至造成缺陷扩大, 从而变成扩大性检修或被迫性检修。

预防性计划检修造成的盲目性, 得到的结果是该检修的得不到检修, 状况好的不能继续发挥效用, 甚至恶化设备状态, 扩大检修量, 造成人力、物力和财力的浪费。

2 实现状态检修的条件

要实现水轮发电机组及变电设备的"状态检修"这一目标, 首先, 要掌握设备设计、制造、安装的有关情况, 甚至了解和掌握制造工艺, 最好能得到设备生产厂家满足设计要求运行的不检修年限保证, 并根据安装竣工报告和安装技术规范了解安装质量, 掌握设备的原始状况和初始条件; 其次, 必须重视积累设备运行和检修维护和历史记录数据, 统计主要的运行参数, 以便发现一系列的潜在故障和确定故障的部位, 并对每一次故障的机理进行认真深入的研究分析, 掌握设备的运行规律, 获得设备的运行状况; 第三, 要具备先进的监测手段, 加强对设备运行状况进行实时性的、有针对性的监测和诊断, 并有判别其健康状况的参照标准。从而决定这些设备是否应该检修? 检修那些部位?

为了实现这一目标, 技术人员针对前述设备的很多事故或故障往往在发生前都有一些征兆这一点, 开始对运行设备进行在线监测的研究, 并试图研制一种既不需要停电, 又有良好性价比的在线连续监测设备, 同时可进行诊断及智能分析, 以达到保证设备能可靠运行, 又可减少停电损失的目的。微电子技术和计算机技术的发展, 给人们带来了以"预知性

收稿日期: 1999-05-19

(状态)检修”代替“预防性检修”的希望和机遇。

3 实现状态检修的基础

(1)利用高新技术材料开发的多通道、宽频、高灵敏度的各类传感器,经适当布置并与常规测量结合,就能有效地测取设备的各种电量和非电量、正常和非正常、动态和稳态时的运行参数,就有可能在监测过程中观察到并非瞬间发生的故障先兆。如水轮发电机组的振动摆度、发电机的局部放电和变压器的油色谱在线监测等。然后通过二次仪表和数字转换仪器及信号分析仪、高灵敏度放大器等硬件,将这些运行参数进行放大识别、抑制干扰,判别故障类型并报警显示。这就是信号采集、处理并进行特征抽取的过程。特征的抽取应能正确反映设备运行的状况以及供下一步分析利用。当具备此条件后,机组及变电设备在运行中的在线监测和故障诊断就完全有可能实现了。

(2)经过采集和处理后的实时信号即可进行状态识别或进行故障诊断。故障诊断的研究经过若干年的发展,已进入到多学科的交叉应用。现阶段的故障诊断多采用人工智能技术结合模糊识别理论,利用人工神经网络来实现。基于神经网络的预测功能、模糊推理功能、目标自动识别功能、图象处理技术、信号处理技术以及它的自适应能力、自学习能力和任意逼近连续函数的能力,尤其对处理电力系统故障中大量的非线形问题得心应手。神经网络识别法,从结构上说是模拟人类神经系统传输、处理信息过程的一种人工智能模式,是在现代神经生物学和认知科学对人类大脑信息处理过程的研究成果基础上发展起来的。它的分布式存储和大规模并行模拟处理能力,可以避开模式识别中的建模与特征提取过程,消除由于模型不符和特征选择不当带来的影响,实现实时自动识别,提高识别系统的性能。神经网络的结点为神经元,人工神经网络就是由大量神经元(处理单元)广泛互联成的网络,人工神经网络可根据识别对象的复杂程度组成单层或多层的拓扑结构,多层可以多到三层或四层。多层是在单层的基础上,通过中间模式层连接输入(特征值)层和输出(故障模式)层,中间模式层也是隐含层,可表征更深层的特征量或变换模式。在实际应用中,常常是在多层前馈网络的基础上,利用改进了误差反传训练算法(BP 算法),它无需十分清楚特征数字表达及逻辑关系。各种特征值对故障模式的影响是通过互联权重来描述的,可通过指定与实验相结合的方式来实现权重及阈值的调整,以求得目标函数的最小值。此种 PB 模型各层神经元数固定,易于硬件实现,用于信号检测和模式分类非常适于实时处理,可以完成任意非线形变换,具有很强的自学习功能和容错能力,可以代替复杂耗时的传统算法,使信号处理更接近人类的思维活动,以实时地实现用计算机都难以实现的最优信号处理算法。

(3)人工智能技术作为计算机一个新兴应用分支学科,为发挥计算机的作用提供了又一个技术条件。它所面向的对象及环境的程序设计方法,既有知识表示结构,又有并行推理机制,能够针对具体问题具体分析,具有并行计算的语言编译或硬件支持的解释器,以开放和通用为特征,促进了具有大型知识库的专家系统的研究。人们利用它找一条从初始状态到目标状态最优最好的路径,然后用人工智能搜索技术求解,以代替和发挥专家的分析推理作用。

这就是在在线监测的基础上,结合运行、检修的经验,运用人工神经网络的理论,开发研制出的具有人工智能分析能力的计算机自动综合分析诊断专家系统。通过该专家系统可直接明确地告诉人们,哪类故障正在形成?故障点位于设备的什么部位?为状态检修提供依据。

(4)专家系统用知识表达方法进行信息处理,而不是用数学描述方法,它可以将专家的经验、手册及规则、数据用到基于知识的数据库里存储,再用人工智能的逻辑推理技术进行专家水平的推理。

专家系统最重要的部分是知识库的建立。系统包含有实时数据库和诊断知识库。实时数据库包括检测设备的状态(动、稳态)参数、结构参数、时域信号以及设备运行的试验数据和设备管理的原始参数。如实时监测的幅值、频率、相位、波形、相关变化、空间分布、稳定性等特征参数。数据库还包含分析结果数据库,标准数据库,图谱库,设备档案库,分析条件库,并能根据需要进行各种数据库查询和检索。诊断知识库是专家诊断系统的核心部分,它的知识容量和质量决定了专家系统的性能、水平和工作效率。它主要由专家经验建立的知识库和规则库组成,含有被监测设备的有关标准、规程、导则和有关设备性能指标的规定,技术说明书,设备运行历史数据和事故参数以及收集的国内外诸多专家分析判断设备故障的权威经验等。

其次是专家系统的推理功能,又称控制策略,它类似于人类专家解决实际问题的思维,控制整个专家系统的运行。实际上就是利用诊断知识库的知识,根据设备运行状态的征兆,对设备的历史数据进行比较、推理和诊断以求解策略,这是专家系统的关键。由于水电厂运行设备的结构特点和故障的特殊

性, 即某一故障可以是多个或是多层次并相互交错的等原因所致, 需要用多种规则进行判别(而许多规则又不是独立的, 是相互制约的)。为避免在递归搜索中增加结论的复杂性, 系统除能进行正向推理和反向推理外, 还可进行正、反向混合推理和不精确推理, 可针对稳态特征和动态特征的历史记录进行趋势分析, 利用专家经验实现诊断树的剪枝, 避免盲目搜索, 可将选取的最重要的、根源性的监测值报警显示出来。可根据设备运行工况的标准进行判断及分析, 判断不能仅凭某一信号, 而是对所有信号进行相关分析, 根据某一信号确定故障部位, 再根据相关信号确定故障的原因。而且在推理过程中, 系统能修正自己的知识, 将推出的新知识加入动态知识库中, 当以后再遇到相同的情况时, 可直接得出结论, 不再重复推理。即利用已经建立的知识库对整套设备的运行状态进行综合评价, 诊断出设备运行的状态及发展趋势, 并提出运行技术措施等。

同时, 系统具有跟踪解释功能。旨在对系统所用到的知识和运行情况, 根据不同的推理机制, 向用户作出不同的、通俗易懂的解释, 从而达到为用户服务的目的。

除此之外, 系统应是实时的、开放的、透明的和自适应的并行多任务处理网络, 可后台工作。具有自学习功能和编辑管理维护功能。当学习完成后, 它就具有了一定的泛化能力、容错能力, 可进行人工干预, 保证可随着标准、规程及导则中有关内容的更新, 经验的不断积累和增加, 诊断知识库可以随时修改、扩充、更新、查询和整理以及根据异常情况修正判定条件。使系统保持高度的可扩充性、冗余性、一致性和完整性, 不断增强专家系统的诊断能力和决策能力, 使分析结果更加准确可靠。

(5) 计算机技术的飞速发展为采用最新操作系统及最新的开发软件提供了良好的平台, 为开发故障诊断智能分析软件、状态检修智能分析软件、计算机通讯软件和人机交互及报表打印软件等具有人工智能分析能力的计算机诊断专家系统, 并运用数据信息处理技术形成多参数处理网络提供了条件。

这就是近几年来多学科的基础理论发展和许多成熟的先进技术为发电厂实施"状态检修"创造的契机, 提供的保障。因此, 目前国内外许多科研单位都争先恐后地在研究并已开始付诸实施。但笔者在实际工作中的切身体会是: 开展水电厂的状态检修和故障诊断研究是一项庞大、复杂的系统工程, 需要如人工智能、神经网络、机器学习、决策支持、计算机技术、专业技术等多学科知识的交叉应用和密切配合, 需要掌握有关理论的研究人员与具有丰富运行、检修经验的专家们共同努力才能使之付诸实施。

4 结 语

开展状态检修的目的是为检修管理提供依据, 以便有针对性地、根据不同的检修内容(如计划检修、事故抢修、临时性检修、状态检修等)采取不同的检修方式, 进行一系列的优化组合, 修改检修工作计划, 推迟预防性检修, 降低运行、检修和维护成本, 改善运行状态, 延长设备使用寿命, 充分提高发电设备可利用小时数, 以增加发电量。

状态(预知)检修可改变原检修方式的盲目、保守和浪费, 增强检修管理的科学性。将走出现有的发电厂检修模式——以预防性试验作为检修判据的计划性周期检修, 提高对设备的监测技术水平。特别是针对国内目前大多数水电厂的基地都远离发电现场的事实, 可为国家节约大量的人力、物力, 增加发电效益, 减小停电损失, 并将大大地提高水电站的安全经济运行和现代化管理水平。

作者简介:
张兆春(1954 年-), 女, 湖北武汉人, 宝珠寺水力发电厂高级工程师, 从事水电工程科技管理工作

《中国水力发电工程》出版发行首发式在京举行

适逢 20 届国际大坝会议在京召开, "九五"国家重点图书、水电学术专著《中国水力发电工程》(共八卷)出版发行首发式 9 月 19 日在北京国际会议中心举行。水利部部长汪恕诚, 长江三峡开发总公司总经理陆佑楣, 水利部副部长张基尧, 国家电力公司副总经理周大兵, 中国工程院副院长、两院院士潘家铮, 中国版协副主席伍杰等领导参加了首发式。参加首发式的还有水电专家陈赓仪、张光斗、陆钦侃。

《中国水力发电工程》共分八卷, 分别为工程水文卷、规划经济卷、移民环保卷、工程地质卷、水工卷、机电卷、施工卷、运行管理卷。该部水电专著系统反映了中国特色的水电工程技术和江河治理开发规划思想, 总结了建国 50 年来水电建设的成就、经验和教训, 特别是"六五"至"九五"期间国家科技攻关成果中一些具有推广价值的新理论、新技术和新工艺, 全面展示了水电各学科的发展, 忠实记录了半个世纪我国水电建设伟大实践和科学技术创新的成果, 对 21 世纪的水电开发起到参考、借鉴和指导作用。该套专著以其资料的系统全面性、数据的准确权威性, 可称为"中国水电技术大全, 中国水电事业史鉴。"

《中国水力发电工程》由中国水力发电工程学会、国家电力公司水电发展部、水电水利规划设计总院、中国水利水电工程总公司、中国电力出版社等单位共同组织, 潘家铮、何璟两位著名水电专家任主编, 在有关单位的大力支持下, 经全国 200 余名水电专家 3 年多时间的精心编写, 完成了该部多达 500 余万字的专业巨著, 该书 2000 年 8 月由中国电力出版社发行。