

Concept and Current Situation of Power System Equipment Condition Monitoring

Kun Zhang

The Third Installation Company of Shangqiu Tianyu Electric Power Engineering Co., Ltd., Shangqiu, Henan, 476000, China

Abstract

Faced with the challenges of reducing operating costs, increasing the utilization of transmission equipment, and improving power quality and customer service, it is urgent to adopt power system condition monitoring technology. Condition monitoring allows maintenance to be scheduled only when needed, minimises power outages, reduces costs, and extends equipment life. This paper introduces the concept, function and general method of power system condition monitoring, expounds the research status and development trend of power system condition monitoring, and points out that condition monitoring will develop into an important emerging research field in power systems.

Keywords

condition monitoring; predictive maintenance; trend prediction; fault diagnosis

电力系统设备状态监测的概念及现状

张坤

商丘天宇电力工程有限公司安装三公司, 中国·河南 商丘 476000

摘要

面对降低运行成本、提高发电设备的利用率及改善电力质量和用户服务的挑战, 迫切需要采用电力系统状态监测技术。状态监测可使维护只在需要时才安排, 使停电时间最短, 降低成本, 延长设备的使用寿命。论文介绍了电力系统状态监测的概念、作用和一般方法, 阐述了电力系统状态监测的研究现状和发展趋势, 并指出状态监测将发展成为电力系统中的一个重要的新兴研究领域。

关键词

状态监测; 预测维护; 趋势预测; 故障诊断

1 引言

状态监测实际上并不是一个全新的概念和技术, 它首先在机械设备的状态评估和维护上得到应用。在机械工程领域, 由于操作人员很接近正在运转的机械, 因此根据经验, 他们可以对这些机械的状态的好坏点接作出评估。然而, 随着机械设备结构复杂程度的日益增加以及自动化水平的提高, 这种靠操作人员进行的状态监测已不能适应工程应用的需要, 从而提出了各种不同的状态监测技术, 研究开发了众多的状态监测系统, 这些系统在工程中已得到了成功应用, 取得了显著的经济效益和社会效益^[1-3]。

近年来, 状态监测在电力系统中越来越受到有关管理、科研、运营和工程技术人员的重视。主要有以下几方面的原因: ①由于电力设备的故障, 不仅会造成供电系统意外停电而导致

电力公司经济效益减少, 且可能造成用户的重大经济损失和抱怨, 因此迫切需要做到有计划的维护和停电; ②电力部门希望尽量延长电力设备的维护间隔、缩短维护时间, 从而缩短停电时间, 减少因停电维护而造成的影响, 增加经济效益; ③尽可能延长电力设备的使用寿命, 以增加经济效益。这些因素促使电力系统采用状态监测技术。可以肯定地说, 广泛采用状态监测技术是电力系统发展的必然趋势。

2 状态监测的概念、作用及一般步骤

所谓状态监测或条件监测 (Condition Monitoring, CM), 与预测维护 (predictive maintenance) 或基于条件的维护 (condition-based maintenance) 以及检测维护 (detective maintenance), 其思路都是一致的。状态监测可定义如下, 即一种利用设备在需要维护之前, 存在一个使用寿命的这种特点

的预测方法,充分利用整个设备或者设备的某些重要部件的寿命特征,开发应用一些具有特殊用途的设备,并通过数据采集以及数据分析来预测设备状态发展的趋势。借助于电厂或电力设备的状态监测,使得维护只需在需要时才安排,这样,适时的维护避免了盲目的维护,也就延长了维护间隔,从而有效地避免了因设备故障产生的意外停电。因此状态监测的使用,可使停电时间缩短,降低维护费用,延长设备使用寿命,还可避免因维护中的疏忽而产生的故障。

电力系统状态监测的对象主要是电厂以及电力系统的重要电力设备,如变压器发电机电动机电缆断路器以及其他电气机械等。

电力系统状态监测与故障测距、继电保护有一定的关系,但也有重要区别,故障测距是在故障后,通过对故障数据的分析计算来确定故障的位置,以便及时、准确地排除故障。继电保护则是当故障发生时,通过对故障前后数据的分析、比较,作出跳闸、报警并快速切除故障,以免造成系统或设备的进一步损坏。而状态监测则是在故障发生前,通过对表征电厂或电力设备状态的数据进行分析、判断,来确定设备的状态,并判别和指出设备状态发展的趋势,从而确定是否需要安排维护作业,起到防患于未然的作用,并为有计划的维护提供了信息。

一般地说,状态监测可分为3个基本步骤:①数据采集;②数据分析及特征提取;③状态评估或故障诊断及分类。对于不同的步骤,根据不同的监测对象,可采用不同的方法。例如,对于变压器的状态监测,可以利用不同的方法或传感器来采集振动信号、油中气体、油中湿度、温度、电流电压等原始信号;然后可采用频谱分析方法、小波变换方法、神经网络方法和其它方法来完成对这些信号的分析 and 特征提取。这样再采用神经网络,专家系统模糊逻辑和其它有效的方法对所提取的特征进行判断、推理,从而判定变压器是否存在局部放电和绝缘老化程度如何等,以达到变压器状态监测的目的。在电力系统状态监测中,已经提出了许多不同的监测方法,如振动分析法、油中气体分析法、局部放电检测法、油/纸的酸性/湿度分析法、绝缘恢复电压法、低压脉冲法等。这些方法各有特点,可根据不同的监测要求,采用其中一种或综合多种方法来完成任务。在以上基础上,再充分利用状态监测提供的数据,结合各种智能的推理方法,为操作和维护人员提供辅助决策的功能,这就是状态监测的方向之一——智能状态监测。如图1所

示,是以智能电厂监测系统为例,说明了状态监测的任务、步骤和结果方式。

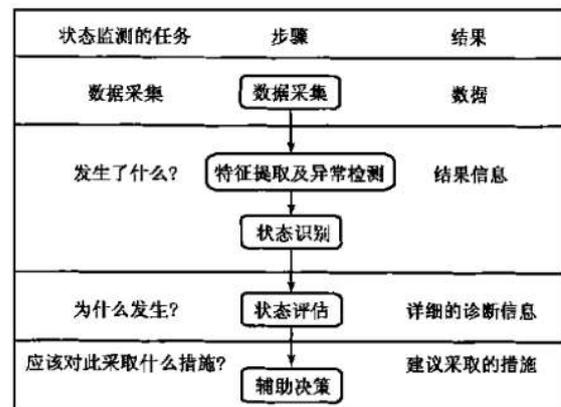


图1 智能电厂状态监测的任务、步骤及结果

3 电力系统状态监测的研究现状及发展方向

3.1 电力系统状态监测的研究现状

目前电力系统中的一些技术和装置,实际上或多或少地已涉及状态监测,尤其是一些在线监测系统和故障诊断系统。虽然这些系统能起到一定的状态监测的目的,但还不能完全满足状态监测的要求。在国际上,状态监测已成为非破坏性检测(Non Destructive Testing, NDT)下属的一个活跃的新分支。从1989年起,已举行了多届有关状态监测的国际会议,每年都有大量的研究报告、学术论文发表。在电力系统领域,状态监测也已受到电力部门管理科研运营和工程维护人员的日益重视并逐渐成为国际性的前沿研究课题和研究热点。

针对不同的电力设备,已经提出了众多状态监测方法,其中有许多是通用的,如振动分析法、油中气体分析法、局部放电检测法、绝缘恢复电压法等。

在正常运行条件下,电力设备具有一个固有的自然振动水平。当紧固螺钉变松或出现变化,或由于短路、绝缘老化等造成绕组或引线结构的偏移、扰动时会导致设备振动的加剧,振动分析法就是一种广泛用于监测这种故障的有效方法。为了监测设备的振动水平,常采用声学传感器和加速计来采集设备的振动信号,然后对振动信号的强度和振动模式进行分析和判别,从而达到对设备状态监测的目的。

油中气体分析法是含油设备(如变压器)绝缘监测最常用的方法之一。由于设备内部不同的故障会产生不同的气体,如电弧会产生乙炔气,而过热的纤维将产生碳氧化物,因此,通过分析油中气体的成分、含量和相对百分比,就可达到对设

备绝缘诊断的目的。几种典型的油中气体如 H_2 、 CO 、 CH_4 、 C_2H_6 、 C_2H_4 和 C_2H_2 ，常被用作分析的特征气体。在检测出各气体成分及含量后，常采用特征气体法和 / 或罗杰斯比值法来对变压器的内部故障进行判别，如局部放电、火花放电、过热等。

局部放电 (Partial Discharge, PD) 既是设备绝缘系统老化的征兆，也是造成绝缘老化的一个重要机理。油中气体分析法可以从一个方面反映局部放电，而专门对局部放电进行测量也是设备状态监测的一个重要方面。常用的局部放电检测方法有声学检测、光学检测、化学检测、电气测量等方法。一种常用的局部放电检测法是声学检测法，该方法是将一个高频声学传感器阵列附在变压器箱的外部。这些传感器对局部放电或电弧放电产生的暂态声音信号非常敏感，而对振动和一般噪声不敏感。这种方法采用时间间隔定位法来确定具体的放电位置。

恢复电压法是一种根据总的绝缘系统状态来评估绝缘设备寿命的监测方法，也就是广为采用的大家熟知的界面极化法 (interfacial polarisation)。这种方法是利用一个直流电压对绝缘器或绝缘系统 (如变压器) 进行充电，到一个预定的充电时间后将电路短路，进行部分放电。短路时间为充电时间的一半。然后再开路，这时在电极两端会建立起一个恢复电压。该恢复电压的最大值正比于绝缘材料的极化能力，而初始斜率则正比于极化的传导率，即材料用的时间越长、退化越严重，则响应的初始斜率越大。

频率响应分析法也是一种用于检测变压器绕组或引线结构偏移的有效方法。绕组机械位移会产生细微的电感和电容的改变，而频率响应法正是通过检测这种细微的改变来达到监测变压器绕组状态的目的。该方法通过对分离的绕组进行扫频测试，然后经频谱分析仪的分析来获得响应的转移函数。

低压脉冲响应测试 (Low Voltage Impulse Response, LVIR) 也被认为是一种有效的变压器状态监测方法，并且已经成为用于确定变压器是否能通过短路试验的公认方法。

3.2 电力系统状态监测的发展趋势

由上可见，状态监测在电力系统中已得到广泛重视。随着社会的发展，电力系统面对的经济压力会越来越大，而用户对电力质量的要求却越来越高，这必将促进状态监测技术的进一步发展和应用。将来电力系统状态监测技术发展的趋势及需要重视的问题，将具体体现在以下几个方面：

(1) 越来越多的电力设备被纳入状态监测的范畴。

(2) 随着传感器技术的发展，可以监测的状态量将越来越多，而计算机技术的发展，使允许处理的数据量越来越大，因此多功能、多状态的在线监测系统将得到发展。

(3) 由于可获得的数据量的增大，常规的数据处理方法会遇到更大的困难，因此，智能状态监测系统将得到进一步研究和应用，尤其是神经网络技术知识系统、模糊逻辑等会得到更广泛的应用。

(4) 一些新的数学工具，如小波变换，将得到进一步研究。

(5) 状态监测系统与其它系统的联网和集成问题将得到进一步研究。状态监测系统与继电保护将有机地结合起来，尤其在分布式的监控系统中，如分布式的变电所综合自动化系统。

(6) 对如何根据检测到的数据作出相应的判断，以及对新的更有效的检测项目和检测方法等方面的基础研究将得到进一步加强，专家经验的积累也将得到更多的重视和加强。

此外，系统的标准化问题也应得到足够重视。为促进状态监测系统的健康发展，应尽早制定有关状态监测系统的技术标准，以规范系统的设计安装调试，运行和维护。

4 结语

电力系统的状态监测是近年来得到迅速发展并受到电力系统有关运营、管理、科研等部门工程技术人员日益关注的一个新的研究领域，是目前国际上的一个研究热点。它的发展和采用，对电力系统的安全运行具有重要意义，具有明显的经济效益和社会效益。

随着传感器技术、计算机技术、通信技术、智能技术等相关领域技术的发展以及状态监测技术本身的发展，越来越多的新技术将在状态监测中得到应用。其中，小波变换、神经网络、专家系统将得到特别的重视。

可以预见，状态监测将发展成为电力系统中不可或缺的一部分，状态监测技术本身也可能发展成为一个新的交叉学科。同时，状态监测也将是一个巨大的市场，对状态监测系统的开发研究也具有巨大的经济上的吸引力。

参考文献

- [1] 陈伟荣. 电力系统设备状态监测的概念机现状 [J]. 电网技术, 2011.
- [2] 王晓英. 电力系统设备状态监测的概念机现状 [J]. 煤炭技术, 2008.
- [3] 苏鹏声. 电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析 [J]. 电力系统自动化, 2008.