

智能变电站状态监测技术及应用

金逸¹, 刘伟², 查显光², 费益军²

(1. 江苏省电力公司, 江苏南京 210024; 2. 江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏南京 211103)

摘要:变电设备智能状态监测是实现变电站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化的必要条件,并可根据需要支持电网实时自动控制、在线分析决策、协同互动等高级功能,实现与相邻变电站、电网调度等互动。电力设备智能状态监测不仅可以掌握电力设备当前的运行情况,还可以根据其专家系统利用其运行状态数据库对电力设备进行综合诊断,电力设备智能状态监测系统是实现智能变电站的基础。文中针对目前变电站设备的监测技术,结合近年来该领域的现状和智能电网的发展方向,对变电站智能状态监测系统进行了综述。

关键词:状态监测(在线监测);智能变电站;变电设备

中图分类号:TM732

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2012)02-0012-04

变电站作为智能电网的核心组成部分,其建设获得了越来越多的关注。根据现行的标准,变电站一次设备智能状态监测是指采用先进、可靠、集成、低碳、环保的传感系统,以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求,自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能,并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能,实现与相邻变电站、电网调度等互动的变电站^[1]。电力设备智能状态监测系统是保证电力设备正常工作,有效开展状态检修,并预估设备的损耗以建立全寿命周期管理体系,电力设备智能状态监测系统是实现智能变电站的基础。因此以设备的状态监测为基础的状态检修成为实现智能变电站并最终建立智能电网的核心技术之一,该技术近年来获得越来越多的重视。电力设备智能状态监测不仅是设备状态检修模式的基础,也是智能变电站综合自动化正在实施的电气运行模式的需要。无论是智能变电站还是无人值守变电站在其监控系统中都需要增加一个在线监测及故障诊断专家系统,用以作为辅助决策手段,进而提高监控能力。要想实现真正的无人值守,必须加入电气设备在线监测和故障诊断的内容,这样变电站综合自动化才更加完善和更有效。所以在测量、控制、保护和远动等综合自动化的基础上,融合电力设备状态监测系统必将推动变电站综合自动化向前发展^[2]。

电力设备智能状态监测不仅可以掌握电力设备当前的运行情况,还可以根据其专家系统利用其运行状态数据库对电力设备进行综合诊断,为设备检修提供辅助决策。为了解决电力设备故障诊断中所遇到的主要技术难题,需要突破常规方法进行故

障诊断的局限,结合神经网络理论、灰色轨迹理论、数据库技术、模糊理论模型等各种算法,对电力设备实行故障诊断。利用各种数学模型从实现原理上进行比较分析,研究出多种改进的学习算法,实现变电站内电力设备故障诊断模型。

1 电力设备智能状态监测系统组成

电力设备的状态监测是指通过传感器、计算机、通信网络等技术,及时获取设备的各种特征参量并结合一定算法的专家系统软件进行分析处理,对设备的可靠性做出判断,对设备的剩余寿命作出预测,从而及早发现潜在的故障,提高供电可靠性。电力设备状态监测大大降低维修周期内的设备故障率,为设备状态检修提供技术依据,并及时发现设备缺陷和异常征兆,确保设备安全运行,从而提高供电可靠性。由于变电站内电力设备种类繁多、结构各异,状态监测的类型也千差万别,但是,不论什么类型的监测系统,都需要经过3个步骤:采集设备数据信号;对数据进行传输;分析处理数据及诊断。

变电站内电磁环境复杂,所采集到的模拟信号在传输的过程中不免受到外界的各种干扰而产生信号失真,为了解决模拟信号在长距离传输后所导致的失真问题,现在倾向于将微弱的模拟信号就地模拟转换,采用现场总线技术,由主机进行循环检测及处理。依据 IEC 61850 关于变电站功能、变电站通信网络以及整体系统建模的分层设定,智能变电站分为三层结构:过程层、间隔层、站控层。如图1所示。分层(级)分布式的结构采用模块化设计和现场总线控制技术。它由安装在变电站内的数据采集及处理系统和安装在主控室内的数据分析和诊断系统,再通过网络,把若干个变电站的监测数据汇集到相关管理部门的数据管理诊断系统,实现对多个变电站的电气设备状态的实时状态监测。

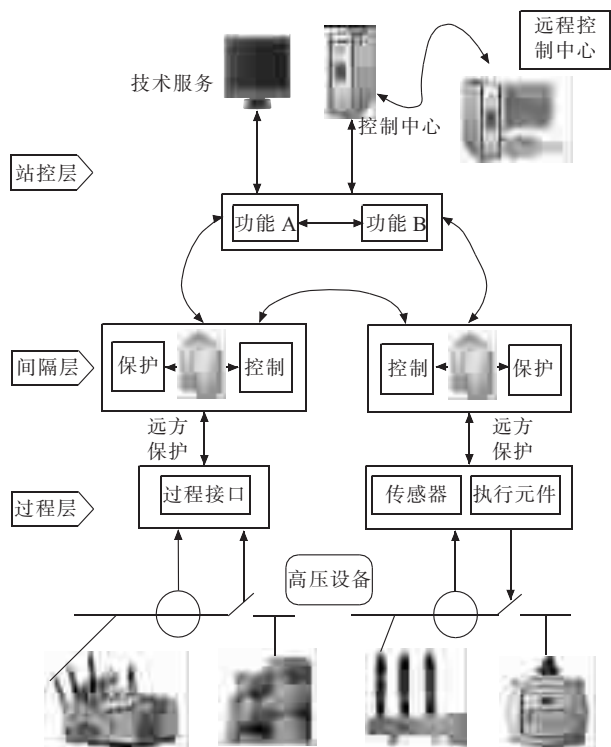


图1 变电站系统架构示意图

分层(级)分布式系统采用总线式结构,增加或减少监测设备和监测项目均不需要改变系统结构,可根据需要在通信总线上挂接以不同类型及数量的智能组件,就可实现不同高压电气设备、不同项目的连续状态监测,因而系统的开放性较好。所有的数据处理在就地完成,主控计算机仅完成通信控制和故障诊断,减轻了主机的负担。所有的智能组件均应具备严格的自检功能,测量数据全部采用光纤通信方式传输,克服长距离传输模拟信号所导致的波形失真问题,并且可及时反映出就地模块自身的工作状况,提高监测结果的可信度。而且,即使某个节点出现故障,也不影响整个系统的正常运行。即使通信光缆故障或主机故障,还可使用便携式设备就地进行检测。以国内首座 220 kV 智能变电站无锡西泾变为例,其智能状态监测系统结构如图 2 所示。

2 电力设备智能状态监测系统设计

由于状态监测系统是一个跨部门、跨系统的大型综合管理信息系统,如无锡供电公司西泾智能变电站状态监测系统涉及到的部门有生产技术部、调控中心、安监部、监控中心等各主要生产部门;涉及到的系统有 PMIS, SCADA, EMS 等;涉及到的装置有变压器综合管理平台、GIS 局放监测装置、断路器监测装置、避雷器检测装置等^[3,4]。所以在设计状态监测系统的功能模块时,除考虑自身的相对独立性和开放性以外,还得重点考虑与其他已有系统模块的集成。

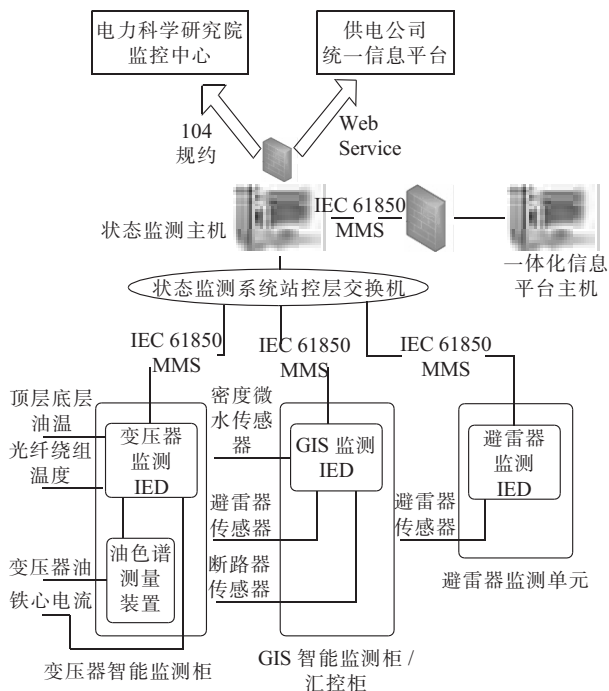


图2 无锡西泾智能变电站系统架构图

一次设备状态监测系统的主要功能模块结构如图 3 所示,该功能框图涵盖了常见一次设备的状态监测项目。

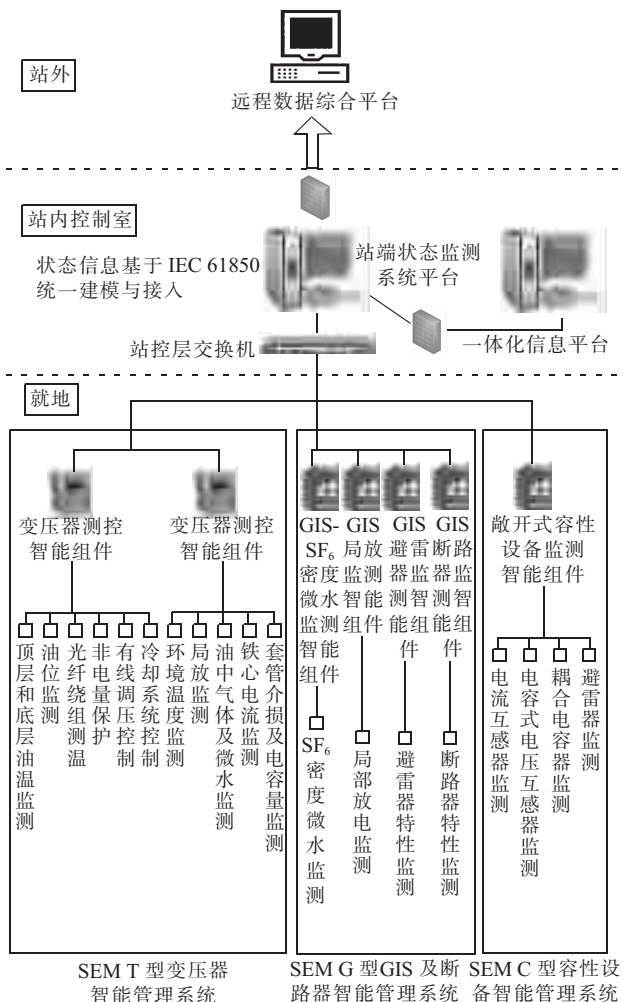


图3 变电设备状态监测系统框架图

3 电力设备智能状态监测专家系统

专家系统(Expert Systems)是人工智能中的一个重要分支,是关于问题求解的一种智能软件。它是一种在相关领域中具有专家水平能力的智能程序系统。它能利用领域内专家多年积累的经验与知识,模拟人类专家的思维过程,求解需要专家才能解决的困难问题。专家系统通过知识进行推理,在问题所在的领域内推导出满意的答案,即“专家系统=知识+推理”,这区别于常规计算机程序“程序=数据结构+算法”的一般模式,以达到“智能监测、智能判断、智能管理、智能验证”的目的。

变电站故障诊断专家系统主要是根据电气设备如断路器、变压器、避雷器和容性互感器等一次设备进行开发和研究。专家系统主要包括:数学模型和专家评估模型两大块。

数学模型是指利用改进的数学模型,把历史数据库中的监测数据进行推理分析,诊断出运行电力设备的健康状况。专家评估模型是指利用知识库和推理机诊断运行电力设备的故障情况,也可以采用人机交互诊断混合推理策略,对运行电力设备提出维护方案。

变电设备专家诊断系统作为状态监测的核心技术和最终目标,需要依托监测技术和计算机技术,目前仍处于研究发展阶段。

4 智能变电站综合告警系统

智能状态监测系统按照站内信息高度集成共享的原则,一次设备状态监测平台的信息量,除了常规的四遥信息外,还融入了大量设备的状态信息、动态PMU信息等。信息的高度融合与共享,对现有的变电站监测系统,如果按照传统的报警信息分类和组织模式,当变电站发生事故时,监控报警信息窗中将充斥着成百上千的提示、预告信息及事故信息,出现滚屏刷屏现象,监控值班员眼花缭乱,无所适从,很难抓住重点,很容易遗漏重要告警信号,延误处理使变电站运行值班人员无法在短时间内准确判断事故原因,不利于事故的及时处理。智能变电站实现了基于IEC 61850技术实现了变电站全景数据的高度整合,但如何实现基于变电站告警信息的综合分析和变电站运行异常处理专家系统,为变电站值班人员进行事故处理提供辅助决策,是提高变电站运行和管理水平以及智能化程度的重要标志之一。

智能状态监测系统融合了报警信息综合展示、变电站异常信号分析与处理辅助决策系统,构建对变电站运行设备状态的监视功能,并将变电站所有

故障信号进行分类管理,建立多重故障推理模型,从而实现事故异常的辅助决策。

5 电力变压器故障诊断专家系统诊断实例

变压器异常现象往往是从变压器外表暴露出来的,如听到异常声音、闻到异常气味、瓦斯继电器动作报警、油温升高等,所有这些故障现象均是由变压器内部故障波及到外部的结果^[5]。

测试实例:某主变气相色谱分析的结果如表1所示。

表1 变压器油中溶解气体含量表 $\times 10^{-6}$

气体	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	CO	CO ₂
含量	4.41	6.12	9	0.25	1.4	476.33	1512.6

基于变压器油中溶解气体的监测数据,利用变压器故障诊断专家系统中油中溶解气体大卫三角形分析方法可知,可能是由低能放电所引起的乙炔气体超标,如图4所示。

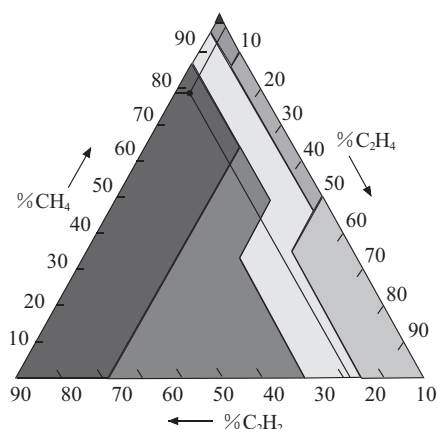


图4 油中溶解气体分析界面

查询变压器局部放电监测数据,发现有轻微的局放信号发生。根据变压器油中溶解气体的含量变化,在主变故障诊断专家系统中输入表征故障现象,进行初步判断。综合局部放电信息,再结合其他运行和试验数据,分析验证输出故障原因。专家系统初步给出故障原因为金属异物悬浮放电、开关接触不良放电、将军帽悬浮电位放电和油流放电等。故障后对主变压器吊芯检查,发现套管均压球松动,产生悬浮放电故障。

6 结束语

变电设备智能状态监测技术还处于发展起步阶

段,根据其现状及特点,提出以下建议:

(1) 将成熟的监测技术引入电网一次设备,提高智能一次设备的监测有效性和准确性。智能一次设备已成为明确的发展方向,只有进一步提高智能一次设备实用性,才能保证其良性发展。

(2) 促进智能一次设备状态监测技术与传统二次技术的融合,真正实现测、计、控、检、保五大功能于一体,其信息共享畅通、功能融合良好、运行操作可靠。

(3) 进一步开发智能一次设备的综合分析系统,实现状态评价、寿命预估、故障诊断的高级应用功能。使得智能组件的设备状态综合评价结果与专业技术人员的评价结果基本一致,智能化水平明显提升。

(4) 加强智能设备入网的检测、检定工作。智能设备尚处于发展阶段,产品不成熟,只有建立健全入网检测、检定工作,将该工作体系化、常态化、标准化、专业化,才能保证产品质量,切实提高一次设备智能化水平。

参考文献:

- [1] 冯军. 智能变电站原理及测试技术[M]. 北京:中国电力出版社,2011.
- [2] 王风雷. 电力设备状态监测新技术应用案例精选[M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [3] 严璋. 电气绝缘在线监测技术[M]. 北京:中国电力出版社,1995.
- [4] 王乃庆. 绝缘在线监测技术的实用性、经济性和可靠性[J]. 电网技术,1995,23(8):65-67.
- [5] 吴立增. 变压器状态评估方法的研究[D]. 保定:华北电力大学博士学位论文,2005.

作者简介:

- 金逸(1978),男,江苏南京人,工程师,从事电力调度、科技管理工作;
- 刘伟(1980),男,江苏盐城人,工程师,从事高电压绝缘、智能电网技术研究工作;
- 查显光(1985),男,安徽池州人,工程师,从事高电压试验、状态监测技术研究工作;
- 费益军(1978),男,江苏无锡人,高级工程师,从事高电压绝缘、状态监测技术研究工作。

The Technology of State Monitoring System and its Application in Smart Substation

JIN Yi¹, LIU Wei², ZHA Xian-guang², FEI Yi-jun²

(1. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China;

2. Jiangsu Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: Intelligent state monitoring of substation equipment is an essential factor to realize digitalization of substation information, networking of communication platform and standardization of information sharing. It can also support real-time automatic control, online analysis and decision, cooperative interaction and other advanced features, thus to realize interaction with neighboring substation and dispatching center when necessary. Intelligent state monitoring of electrical equipment can not only ensure proper operation of electrical equipment, but also realize electrical equipment integrated diagnostics using its run state database based on its expert system, so it is the basis of the smart substation. Focused on the present technology of equipment monitoring in substation and combined with the status in this area and the development direction of smart grid in recent years, this paper gave summary of intelligent condition monitoring system for substations.

Key words: state monitoring (on-line monitoring); smart Substation; substation equipment

下 期 要 目

- UHVDCA 多信号直流调制提高系统暂态稳定性的研究
- 基于小波熵和 BP 神经网络的孤岛检测与扰动辨识
- 基于组合决策的孤岛检测技术在微电网中的应用
- 太阳能电池接 Boost 电路 MPPT 控制仿真分析
- 测量用电流互感器数字补偿算法
- 电动机热过载保护研究
- 状态监测系统中实时数据库的研究
- 500 kV 主网电压集中控制模式下的调压方法