

SF₆绝缘电气设备分解产物在线监测系统研制与应用

唐倩¹, 史会轩², 刘晓波², 刘晓丽²

(¹遵义供电局 贵州遵义, 563000)

(²国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司 武汉, 430074)

摘要: 针对SF₆绝缘电气设备运行和维护中存在的问题, 在对SF₆绝缘电气设备异常状态下气体分解产物分析的基础上, 提出了SF₆绝缘电气设备分解产物在线监测方法, 研制了SF₆绝缘电气设备分解产物在线监测系统, 实时监测SF₆纯度及SO₂含量, 实现了SF₆绝缘电气设备健康状况远程监测功能。系统试验和应用证明, 该在线监测系统测量精度能够很好的满足SF₆绝缘电气设备分解产物在线监测的需求。

关键词: SF₆绝缘电气设备; SF₆纯度; SO₂含量; 在线监测

Abstract: Based on the analysis of SF₆ decomposition in electrical devices under fault states, the methodology of on-line monitoring SF₆ decomposition in electrical devices is proposed in order to resolve the problems during the operational maintenance of electrical devices. And an on-line monitoring system of SF₆ decomposition is developed via detecting SF₆ purity and SO₂ content. Furthermore, the condition of electrical devices can be monitored in remote. It is proved via tests and on-site application that the system can meet the requirements of the operational maintenance of electrical devices.

Key words: SF₆ electrical devices; SF₆ purity; SO₂ content; On-line monitoring

中图分类号: TP393

文献标识码: B

文章编号: 1001-9227 (2013) 05-0105-03

0 引言

SF₆绝缘电气设备因其结构简单、运行维护工作量小而受到运行单位的青睐。随着SF₆绝缘电气设备的大量投入运行, SF₆绝缘电气设备状态在线监测技术逐渐引起相关部门的重视。

SF₆电气设备的稳定性及可靠性完全取决于SF₆气体的纯度, 如果SF₆气体中混有杂质, 达不到规定的标准, 那么它的灭弧和绝缘特性就会大大下降^[1], 对SF₆气体的纯度进行实时监测可以直接判断SF₆绝缘电气设备当前的绝缘状况, 以及判断运行时间很长的SF₆绝缘电气设备是否要进行更换和维修。同时, 为判断SF₆绝缘电气设备已发生的故障类型、潜在的故障隐患^[2-3], 为此, 有必要对SF₆气体的分解产物同时进行监测, 从而综合判断SF₆绝缘电气设备的绝缘状况。

本文主要针对SF₆绝缘电气设备现有在线监测技术的不足, 提出一种新的在线监测方法, 研制一种SF₆绝缘电气设备绝缘状态在线监测装置, 通过对SF₆气体纯度和SO₂含量在线监测, 实现SF₆绝缘电气设备绝缘状态的实时评估, 及时发现异常, 避免恶性故障的发生。

1 SF₆分解产物监测方法分析

现有的适合在线测量SF₆纯度的方法主要有紫外线电离法、红外检测法、光声光谱法^[4-7], 其中红外检测法所用到的红外传感器经内部电路的修正、补偿, 其输出线性度好, 精度高, 并且外部结构也更适于高频电场环境下的测量, 相比光声光谱和紫外线方法, 其成本低, 技术发展比较成熟。因此, 本

文利用高精度的红外传感器来实时检测SF₆绝缘电气设备中SF₆气体的纯度。

SF₆气体主要分解产物中较为稳定的有SO₂和HF, 研究表明, 当设备发生比较小的故障时不会产生HF气体。因此, 本装置选择通过检测SF₆气体分解物中的SO₂含量以及SO₂的产生速率, 实现对SF₆绝缘电气设备内部存在的放电故障类型的判断。目前, 可用于SO₂的在线监测方法主要有红外法、紫外荧光法和电化学法^[8-11], 其中电化学法发展成熟, 测量精度高, 但是由于其反应过程需要少量氧气, 目前只被广泛的用于GIS设备的离线监测。

根据实际运行经验和试验分析, SF₆绝缘电气设备中O₂含量通常都大于100ppm, 根据SO₂反应原理可知, 理论检测SO₂含量可达200ppm, 因此, 本系统通过充分利用SF₆绝缘电气设备中的氧气, 实现了电化学传感器的在SF₆绝缘电气设备分解产物在线监测中的应用。

2 SF₆绝缘电气设备分解产物在线监测系统设计

2.1 系统结构

考虑到系统的扩充性, SF₆绝缘电气设备绝缘状态在线监测系统采用分层部署, 积木式结构设计, 如图1所示。在该结构模式中, 一台现场监测单元可以同时与多个变压器单元通讯, 一台后台机可以与多个现场监测单元通讯, 最后将各后台机数据汇总并传送到位于局方监测系统的远程维护中心, 实现全部变电设备的状态评估。其中变压器单元与现场监测单元通讯、现场监测单元与后台机通讯采用RS485总线方式, 后台机预留了串口和以太网口与远程维护中心通讯。

收稿日期: 2013-06-04

作者简介: 唐倩(1986-), 女, 助理工程师, 大学本科, 主要从事电力设备油、气分析工作。

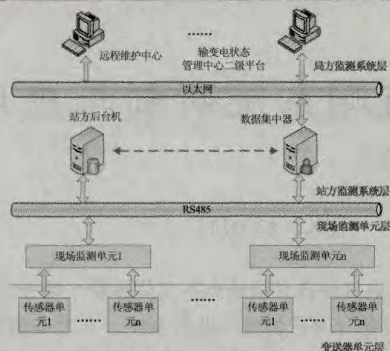


图1 监测系统拓扑结构图

2.2 系统功能

本文所设计的SF₆绝缘电气设备绝缘状态在线监测系统主要包括以下功能：

(1) 长期连续监测和记录SF₆绝缘电气设备中SF₆纯度、SO₂含量、压力和温度及其它相关数据；

(2) 数据分析与故障诊断，根据国家标准设置阈值进行故障判断，同时，计算SF₆气体浓度和SO₂含量及其产生速率，进行分级报警；

(3) 设备自诊断功能，SF₆电气设备是否漏气不仅会危害设备性能，同时也会影响巡检人员身体健康，因此，SF₆绝缘电气设备绝缘状态在线监测系统安装了测漏传感器，辅以气路部分的压力传感器和温度传感器，实现设备的漏气自诊断和定位分析；

(4) 数据实时显示，主要包括实时数据显示、实时曲线显示和报警显示；

(5) 趋势分析，可以根据用户的需要进行趋势分析，生成趋势分析报告；

(6) 传感器标定，为了提高测量的准确性，需要对传感器进行标定，因此，软件中设计了传感器标定功能。

(7) 数据通讯，主要包括变送器单元与现场监测单元通讯、现场监测单元与后台机通讯以及后台机与远程维护中心通讯接口。

SF₆绝缘电气设备绝缘状态在线监测系统功能结构如图2所示。

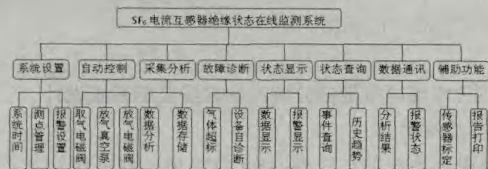


图2 系统功能结构图

2.3 抗干扰技术

由于所设计的监测设备将被用于110kV及以上高压，强电场的环境下，需要考虑到可能受到的电磁辐射、电磁脉冲、静电感应和谐波等干扰的影响。为了增加设备的可靠性，应采取一系列抗干扰的措施，抗干扰设计主要涉及硬件和软件两方面。

(1) 硬件抗干扰设计

a) 在电路板子设计中，为了减少电源干扰，在电源的输入端都跨接了电解电容器，为减少板间的干扰，在关键部位都配置了去耦电容，并且设置了许多用于消除噪声用的钽电容，采用了光电耦合隔离，有效防止外部对内部电路的信号干扰。

b) PCB板子的绘制

在绘制PCB电路板子时，尽量使器件之间的连接路径尽可能的短，从而降低由于连线引起的干扰，印刷板的正反面的布线尽量横竖交叉分布，采用较粗的电源线和大面积铺铜的方法来减少电源线和地线上面产生的线损压降。绘制单片机最小系统PCB时，尽量使时钟电路、晶振电路、PLL电路等靠近接地线远离I/O口，以减少辐射噪声。

c) 屏蔽

本装置所设计的变送器单元和现场监测单元分别采用钣金材料制作的金属外壳进行单独封装，利用屏蔽金属，消除两点路之间由于寄生电容而产生的干扰，吸收和反射周围的电磁场，并且将金属壳用导线进行接地保护。

d) 信号传输

现场监测单元和变送器单元进行通信的RS485总线采用双绞线进行信号传输，比起同轴电缆，波阻抗比较高，能消除各个小环路中存在的电磁干扰，具有较强的抗共模噪声能力。

(2) 软件抗干扰设计

单纯靠硬件抗干扰措施还不可能完全消除干扰的影响，因此需要结合软件抗干扰技术，使得系统不能正常运行时，能够跳出异常运行状态，恢复到正常运行状态。具体软件抗干扰措施如下：

a) 看门狗技术

为了防止程序陷入“死循环”状态，设计中采用了程序监控技术，即利用16位的看门狗定芯片，监视程序循环运行时间。

b) 采样信号的处理

信号采样时，为了提高采样数据的准确度，对采集数据进行了滤波。本系统采样所用到的滤波技术主要有算术平均滤波和限幅滤波。

在对SF₆纯度、SO₂浓度、压力、温度、SF₆泄露等实时数据进行采样时，采用了均值滤波法，提高数据的稳定性和抗干扰能力。

3 系统试验与应用



图3 实时监测界面

(下转第109页)

控,并在整个企业网络中传递信息。基于组件技术的Dynamic-s™还包括了高性能的批次控制组件,软逻辑控制组件,及基于Internet功能组件。所有组件能无缝地集成为一体,实时、综合的反映复杂的动态生产过程。

图2、图3分别液氨储存控制流程图、液氨蒸发控制流程图。

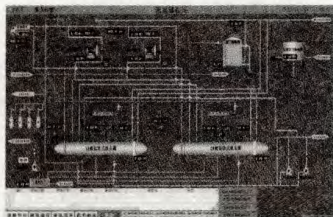


图2 液氨储存控制流程图

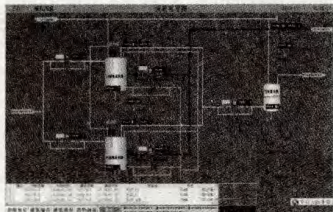


图3 液氨蒸发控制流程图

(上接第106页)

监测系统在进行测量前,需要分别完成红外传感器和电化学的传感器的标定,以保证测量数据的精确度。详细的监测结果由现场监测单元液晶屏显示,呈现出的实时数据监测界面如图3所示,其中实时数据主要以曲线和列表两种方式显示。界面上面的白色区域显示出了四条数据曲线,分别是蓝色的SF₆实时数据曲线,红色的SO₂实时数据曲线,绿色的温度实时数据曲线和紫色的压力实时数据曲线,左右两侧分别是与之相对应的纵向坐标轴。同时把每一次数据采集作为一个事件,以列表的方式显示,记录了每个事件的状态,根据设置不同的报警阈值可以把事件状态分为正常、轻度超标、严重超标,通讯中断,并分别以不同的颜色进行提示。在进行实验时,装置所设定的SF₆的轻度超标和严重超标的阈值分别为97%和95%,SO₂轻度超标和严重超标的阈值为分别为1ppm和2ppm,从图3的监测界面看出,所测量的气体中SO₂有轻度超标现象。如果发生通讯中断事故,则相应的事件状态会显示“通讯中断”提示。左侧列出了当前时刻所测量的具体数据。测量SF₆气体的纯度和SO₂气体的含量,测量精度分别可达1%和1ppm。为了让用户对整个监测过程中的测量数据有个宏观把握,在界面的下方统计出了时间段内所发生的严重报警个数和轻度报警事件以及发生通讯中断事件的个数。

该系统已经在遵义变电站一台SF₆电流互感器和一台SF₆断路器上成功运行,运行稳定可靠,为实时监测SF₆绝缘电气设备健康状况提供了良好的平台。

4 结论

目前,SF₆绝缘电气设备分解产物分析主要依靠离线试验实现,实时性差。针对这一问题,研制了SF₆绝缘电气设备分

5 应用总结

该控制系统投入运行以来,整套系统一直运行正常。监控系统操作方便快捷、工作稳定、抗干扰能力强、系统安全可靠;各控制回路、智能控制回路工作正常、智能化程度高。控制系统具备优化生产工艺、在线控制、合理利用资源和降低运行费用等优越性。

参考文献

- [1] 张强. 燃煤电站SCR烟气脱硝技术及工程应用[M]. 北京:化学工业出版社,2007,7.
- [2] 西安热工研究院. 火电厂SCR烟气脱硝技术[M]. 北京:中国电力出版社,2013,1.
- [3] 夏怀祥,段传和等. 选择性催化还原法(SCR)烟气脱硝[M]. 北京:中国电力出版社,2012,9.
- [4] 徐斌,郑阿奇. 施耐德PLC应用技术[M]. 北京:电子工业出版社,2011,2.
- [5] 薛迎成,舒锋,王瑞臣. 工业组态技术基础及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2009,6.

解产物在线监测系统,实时监测SF₆的纯度及分解物状况,为及时掌握SF₆绝缘电气设备的健康状况提供了依据,可防止因SF₆绝缘电气设备器故障,导致气体泄漏、停电等事故的发生,具有重大的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 陈晓清,彭华东,任明等. SF₆气体分解产物检测技术及应用情况[J]. 高压电器,2010,Vol46, No.10.
- [2] 王永序. 气体绝缘开关(GIS)中的s及其分解物的处理(上)[J]. 宁夏电力,1993, No.3.
- [3] 王永序. 气体绝缘开关(GIS)中的s及其分解物的处理(下)[J]. 宁夏电力,1993, No.4.
- [4] 黄春. SF₆气体分析系统的研制[D]. 郑州大学硕士学位论文,2006.
- [5] Fearn, T., Hindle, H., Practical NIR spectroscopy with application in food and beverage analysis, New York: Longman Scientific & Technical, 2002, 99-141.
- [6] 曹通,魏庆农,刘世胜等. 基于红外光谱吸收原理的SF₆浓度检测系统研究[J]. 计算机测量与控制,2010, Vol18, No.9.
- [7] 郭小凯,郑炎. 基于光声光谱技术的SF₆泄露检测技术[J]. 高压电器,2010, Vol46, No.6.
- [8] 鲜跃仲,薛建,张文等. 新型二氧化硫气体电化学传感器的研究[J]. 高等化学学报,2000, Vol21, No.9.
- [9] 潘进. 监测大气环境二氧化硫浓度的硅传感技术研究[J]. 重庆大学硕士学位论文,2003.
- [10] 张军. 炼油厂换热器泄漏监测系统[J]. 四川兵工学报,2011(8): 103-105.
- [11] 李丽,王道,刘显武. 有机敏感材料梳状电极电容SO₂传感器研究[J]. 第六届全国气湿敏传感器技术学术交流会议论文集,2000.
- [12] 文常保,朱长纯,巨永锋等. 碳纳米管聚苯胺薄膜SAW SO₂传感器的实验研究[J]. 压电与声光,2009, No.2.