

小论变压器油中溶解气体在线监测技术

宋海华, 黎文安

(武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

Discussion on the On-line Detection Technology of Gas Dissolved in Transformer's Insulation Oil

SONG Hai-hua, LI Wen-an

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

摘要: 以 Dog-1000 型油中溶解气体在线监测装置为例, 对油中溶解气体在线监测技术进行了系统介绍。

关键词: 变压器; 油中溶解气体; 在线监测

中图分类号: TM401 **文献标识码:** B

Abstract: Taking type Dog-1000 on-line detection device as an example, this article systematically introduces the on-line detection technology of gas dissolved in insulation oil.

Key words: transformer; gas dissolved in insulation oil; on-line detection

1 引言

随着电网向高度自动化方向发展和国计民生对供电可靠性的要求越来越高, 迫切需要对现行的设备维修体系进行变革, 以在线监测及故障诊断技术为基础的状态维修体系逐渐取代预防性维修体系或用来追踪监视故障的发展趋势已经明确^[1]。

由于常规的油中溶解气体分析方法对充油电气设备故障诊断已成为国内外诊断充油电气设备故障的一种最为有效的手段。虽然常规的离线色谱分析方法^[2]因周期长、费时等原因而不能实时或定时监视电气设备故障的发展趋势和预测可能发生的故障, 但可以不停电取油样分析, 使以油中溶解气体分析为特征量的在线监测及故障诊断结果与离线检测及故障诊断结果具有可比性, 容易得到运行部门的接受。因此, 油中溶解气体在线监测自然成为电气设备绝缘在线监测及故障诊断高新技术领域首选的研究及开发项目, 也是近几年来电气设备在线监测及故障诊断技术研究成果中推广应用最为出色的新技术。

从运行部门来考虑, 采用变压器油中溶解气体在线监测装置的目的是实时或定时监视电气设备的运行状态, 判断是否运行正常, 诊断电气设备内部已存在的故障性质、类型、部位、严重程度并预测故障的发

展趋势, 指导运行部门对变压器的管理和维修^[3]。

2 Dog-1000 型油中溶解气体在线监测装置

Dog-1000 型油中溶解气体在线监测装置采用一种耐油、耐热的透氢高分子分离膜, 使氢气分子透过该膜直接从油中分离出来。该膜是一种特制膜, 主要成分为聚芳杂环的高分子, 机械强度较高, 厚度为 0.020~0.025 mm。当气室容积为 10 mL, 油温为 70℃时, 膜两边氢气浓度达到平衡的时间约为 15 h。对于每日检测一次的在线监测, 这个透氢速度是足够的。这种膜对氢有较好的选择性, 其透氢量与透过一氧化碳和甲烷的量相比, 分别为 80 倍和 100 倍。因此, 在检测中很少受到除氢以外的其他组分的干扰。

高分子聚合物分离膜安装在上盖和底座之间, 用两个 O 型圈密封和一块补强板支撑。气室上盖有 3 个孔, 其中两侧的孔为空气进、出口, 中间孔是氢气标定时用的进样口。固定了气室的分子膜, 油中溶解氢气才能及时透过膜进入气室, 以备检测。

该装置采用载体催化敏感元件构成检测器。载体催化敏感元件^[4]是在铂丝表面上涂上由铂、钯烧制而成的催化剂构成的可燃性敏感元件, 并和补偿元件组成一对。载体催化敏感元件的敏感机理是: 在一定温度下, 通过铂、钯等催化剂的催化作用, 氢气在载体表面发生无烟燃烧, 发出热量 Q , 并加热了元件的铂丝线圈, 使其温度升高 Δt , 于是铂丝的电阻值升高 Δr 。当把元件连接在桥路中时, 原来平衡的电桥便产生了一个电压变化 Δu , Δu 正比于敏感元件的温度变化量 Δt , 而 Δt 又正比于氢气燃烧时放出的热量 Q , 故桥路输出的变化量 Δu 正比于被燃烧的氢气量, 其原理可用数学公式表示为:

$$R=R_0(1+\alpha\Delta t) \quad (1)$$

式中: α 为常数; R_0 为元件初始电阻; R 为元件变化后的电阻元件初始电阻。因此, 可以用桥路的输出量

Δu 求所燃烧的氢气浓度。

该装置框图见图1。测试过程^[5]为:开动空气泵,产生空气流,同时开通桥,空气经过过滤器后经电磁阀1进入电磁阀2,直接进检测器后排空,检测器没有信号产生。3 min后开始检测,两个电磁阀同时打开,经过过滤器的空气经电磁阀1进入气室,并携带气室中的氢气经电磁阀2进入检测器,在检测器内催化燃烧后排空时检测器有电信号输出,电信号经放大处理后在面板上显示出氢气浓度数值($\mu\text{L/L}$),即完成了一次检测。每次测试开机时间5~7 min。

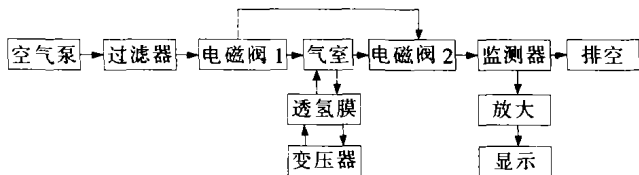


图1 流程框图

3 油中溶解气体在线监测及故障诊断技术应用前景

油中溶解气体分析色谱法与目前所有的离线检测方法相比,最大的优点在于无需停运变压器,而且在变压器发生故障的初期就可以查明发展中的内部故障。由于机械劣化最终转化为过热或放电故障,而油中溶解气体分析的色谱法对过热故障和放电故障又特别敏感而有效;气相色谱分析仪器只要基线稳定,有足够的灵敏度,对油中溶解气体各组分的最小检知浓度满足表1的要求,则易于普遍开展油中溶解气体分析检测项目;以油中溶解气体组分含量和特征气体比值法等为基础的模糊数学、神经网络、灰色系统、粗糙集等诊断及专家系统都可用于离线色谱分析中^[6]。同时,更重要的是国内外已积累了丰富的故障诊断经验,不断在总结油中特征气体组分含量与故障性质的关联性和改良以三比值诊断故障类型、性质以及故障发展趋势的方法,使目前的故障诊断准确度达90%以上。由此可见,在今后的预防性试验及离线诊断变压器故障中,油中溶解气体分析色谱法将会继续发挥重要作用。

表1 色谱仪的最小检知浓度

气体组分	C_2H_2	H_2	CO	CO_2
最小检知浓度 / ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤ 0.1	≤ 5	≤ 20	≤ 30

在变压器油中溶解气体在线监测及故障诊断系统中,故障诊断系统虽然仍以油中溶解气体组分含量为特征量和以其比值为基础,但近几年来,国内外在硬件与软件相结合的抗电磁干扰技术,以模糊数学、神经网络、灰色系统等理论为基础的综合智能化诊断及模式识别^[7]等方面的研究中取得了很大的进展,以及在对故障的预测等研究中也取得了一定成果,并且已将这些研究成果应用于变压器油中溶解气体在线

监测及故障诊断装置(或系统)中(见图2),对提高充油电力变压器运行的可靠性已起到了重要作用。

可以预测,油中溶解气体在线监测及故障诊断技术在充油电气设备的离线诊断、在线诊断及寿命预测领域将有巨大的潜力和良好的应用前景。

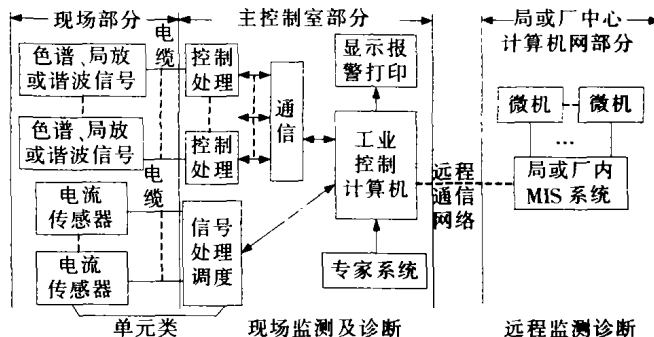


图2 DZJ系列面向对象的集中控制式变电站电气设备绝缘多参量多功能在线监测及故障诊断系统原理框图

4 结语

油中溶解气体的在线监测技术至少可以提供变压器故障的初步信息,对发现有故障的变压器,再进一步利用色谱分析等方法进行二次诊断。目前虽然不能完全代替现有的色谱分析等试验手段,但对于具有多功能的油中溶解气体在线监测及智能诊断装置,经运行部门的多次反复对比,如果确实监测数据绝对值可比,趋势一致,诊断结果又比特征气体法和三比值法等常规诊断方法准确率高,则将逐步取代常规的离线油中气体色谱分析。

参考文献:

- [1] G Belanger, M Duval. Monitor for Hydrogen Dissolved Transformer Oil [J]. IEEE Trans. on Electrical Insulation, 1977, EI-12(5): 334-340.
- [2] H Tsukioka, K Sugawara. New Apparatus for Detecting Transformer Faults [J]. IEEE Trans. on Electrical Insulation, 1986, EI-21(2): 221-229.
- [3] SJ Ferrito. A Comparative Study of Dissolved Gas Analysis Techniques; the Vacuum Extraction Method Versus the Direct Injection Method [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1990, 5(1): 220-225.
- [4] Y Inoue, A K Sukanum. Development of Oil-dissolved Hydrogen Gas Detector for Diagnosis of Transformers [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1990(5): 226-232.
- [5] 孙才新. 电气设备油中气体在线监测与故障诊断技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [6] 贾瑞君. 关于变压器油中溶解气体在线监测的综述 [J]. 电网技术, 1998(5): 50-55.
- [7] 孙才新. 变压器油中溶解气体的在线监测研究 [J]. 电工技术学报, 1996(4): 12-15.

作者简介: 宋海华(1977-),男,硕士研究生,研究方向为计算机监测、监控在电力系统中的应用。