

真空灭弧室内部气体压力的在线诊断系统

李卫国¹, 邓本再², 罗日成², 苏盛²

(1. 上海电力学院, 上海 200090; 2. 长沙电力学院, 湖南 长沙 410077)

On-line Diagnosis System of Internal Gas Pressure of Vacuum Interrupter

LI Wei-guo¹, DEN Ben-zai², LO Ri-cheng², SHU Sheng²

(1. Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China;

2. Changsha University of Electric Power, Changsha 410077, China)

摘要: 考虑到工频电场变化和电晕导致的高频电场变化两种情况,对运行中真空灭弧室的内部气体压力变化进行了在线诊断。各探测点与主机之间用光纤网络连接,巡回检测。采用高速数值采集和软件数字信号处理以提高准确度。电场信号采集部分和信号传输部分采用电气隔离,可耐受系统工频电压和过电压。

关键词: 真空断路器; 内部气体压力; 在线诊断

中图分类号: TM561.3

文献标识码: A

Abstract: Considering two cases, one the power frequency electric field varying, the other the high-frequency electric field varying caused by corona, this paper realizes the on-line diagnosis on the variation of internal gas pressure of vacuum interrupter in service. The optical fibre network is used to connect the measured points with the host computer. Each point is checked in series. The accuracy is improved through adopting high-speed sampling board and digital signal processing technology. The acquisition section of electric field signal is isolated from the section of signal transmission electrically, which can withstand the rated power-frequency voltage and other overvoltage.

Key words: vacuum circuit breaker; internal gas pressure; on-line diagnosis

1 引言

对运行中真空断路器的内部气体压力变化实现在线诊断,能有效诊断真空断路器内部的隐性故障(潜伏性故障)或故障的前兆现象。根据诊断结果确定是否需要预防性试验,提高电气设备安全可靠运行的程度和管理的自动化水平。分层分布式微处理器结构,光纤网络连接,组网方便、灵活、可靠、适应性强。投入或退出基本不改变原有的现场设备,也不影响它们的工作状态。

2 诊断机理、问题及对策

在正常的情况下,真空断路器的金属导杆和触头与屏蔽罩之间相当于一个电容器,真空断路器的屏蔽罩对地也相当于一个电容器^[1]。内部气体压力的升高将导致离子电导的加大,其效果就相当于在金属导杆和触头与屏蔽罩之间的电容上并联了一个电阻,从而引起真空断路器周边电场强度的变化。在内部气体压力开始变化时,这种变化不是很明显,但到一定值时电场变化变得十分明显,然后又趋于缓和,其变化曲线类似于低通滤波器^[2]。因此利用这一曲线可以较好地判断内部气体压力的变化趋势。

当内部气体压力进一步升高时,金属导杆和触头主要通过导电气体对屏蔽罩充放电。由于屏蔽罩对地的电容很小,少量的电荷堆积即可大幅度减小触头附近的电场强度,因此难以形成稳定的导电性通道,而可能在触头的边缘形成电晕。该电晕使得屏蔽罩上的电位周期性出现高频脉冲。检测屏蔽罩周边的电场能检测到这种高频脉冲的存在。

由安装在真空断路器现场的电场传感器检测到屏蔽罩周围的电场变化和微弱的高频脉冲电场,通过信号输送通道和相应的滤波、放大以及转换器件将相关数据送达工控机,进行数据处理、分析比较和计算,给出运行中真空断路器内部气体压力升高的结论。

由于真空断路器中的电晕放电和周边的电场与真空断路器现场的干扰噪声信号处于同一数量级的电场环境之中,因此必须从硬件和软件上采取抗干扰措施,保证“系统”有很强的抗干扰性能,使“系统”获得有效可靠的故障真实信号。为此,电场强度采集元件必须尽可能安放在屏蔽罩的附近;在硬件的各个环节上必须采用屏蔽、隔离、滤波、放大、选择合适的频带等措施避开干扰噪声的频谱;传输通道采用光纤,既有良好的绝缘性能,又具有很好的抗干扰性能;在软件上采用数字滤波等措施加强抗干扰性能。

目前内部气体压力的在线检测方法主要有:真空断路器开断后检测放电电流^[3]、检测周边电场^[2]、检测波纹管变化^[4]。

3 数据采集和系统构成

为满足目标和功能要求,整个系统分成3个部分,即智能信号单元(从机)、光纤数据交换机和主机。

3.1 智能信号单元(从机)

智能信号单元由探头、控制器和光纤接口组成。

3.1.1 探头

电场测量元件感应电场变化情况和高频脉冲电场,运算放大器隔离放大后,将其转换为光信号。通过安放在柱式绝缘子内的光纤传递到光电接收及信号调理组件。为了避免信号阻塞,探头各部分电路的增益可以通过控制器加以控制。电场测量及光电转换组件的增益控制信号亦通过光纤施加。尽管探头没有与高压直接相连,柱式绝缘子仍然要考虑承受系统电压及过电压的能力。电场测量及光电转换组件与光电接收及信号调理组件之间不能有任何电气连接,见图1。因此,电场测量及光电转换组件的电源采用特殊的方式提供。通过精选器件及采用1阶模拟高通滤波器对信号调理,探头的通频带大于100 kHz,满足电晕测量的需要。

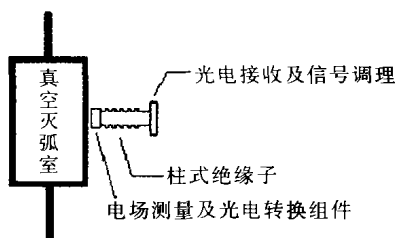


图1 探头安装示意图

3.1.2 控制器

控制器以单片机为核心组成,控制3个探头(三相)和自校正电路。控制器接收主机发出的控制信号,判断主机是否呼叫该从机,如果呼叫则启动测量,并接通模拟信号上传通道,将探头检测到的信号通过光纤数据交换机传到主机。

3.1.3 光纤接口

光纤接口由三路上传的模拟信号接口和一路下传的模拟信号接口组成。模拟信号接口满足电晕放电的频带要求。为了降低成本,部分就地安装的智能信号单元采用电气接口。

智能信号单元将信号转变成数字信号,再传递到主机,这在理论上和经济性上都更为合理,可以避免模拟信号的长距离传递,节约在模拟光纤通道上产生的大量费用。

3.2 光纤数据交换机

光纤数据交换机由一组光纤上行接口、一组电气上行接口、控制器和四组下行光纤接口、一组电气

下行接口组成,见图2。每组上行接口由三路模拟量发送和一路数字量接收接口组成,每组下行接口由三路模拟量接收和一路数字量接收接口组成。控制器决定哪一路下行接口组与上行接口组相连,或采用广播模式连通所有数字通道。所有模拟量接口均要满足信号对通频带的要求。



图2 光纤数据交换机示意图

3.3 主机

主机由工控机、A/D采集卡、打印机、机柜、仪用电电压互感器等组成。其中仪用电电压互感器用于测量母线电压。要能采集到高频脉冲波形,必须采用采样频率满足要求的快速A/D采集卡,由于数据量大,处理速度要快,应采用高档微机。

3.4 系统连接方案

以23块真空断路器屏为例,见图3。其中:虚线表示电气连接;实线表示光纤连接。电气连接用于连接距离很短的场合。1号GJ-2001放置在主机柜内,其它放置在虚线连接的开关柜中。

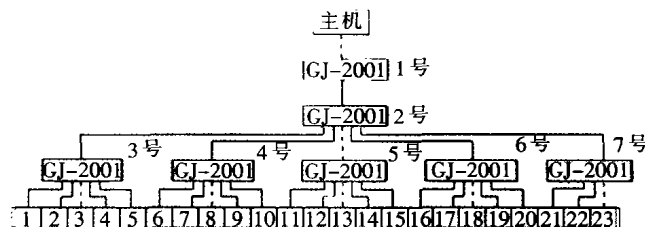


图3 系统连接方案

4 干扰及判据

针对工频电场强度变化的测量,设置一个数字滤波器,滤除工频以外的谐波,再求出有效值。如果真空灭弧室在监测系统调校前已用仪器进行了检测,符合要求,则用该有效值作为基准值。若在线监测中测量得到的有效值逐步偏离基准值,则可怀疑真空灭弧室慢性漏气。电场强度相对变化率达5%时^[2],可认为内部气体压力有严重问题,需要停电检修。

电晕放电脉冲一般发生在峰值附近,因而可将工频过零值附近采集到的高频脉冲看成干扰脉冲,利用这些干扰脉冲的特征对采集的信号进行简单的数值处理,可以去除大部分背景干扰。另外,初期确定真空灭弧室为良好时采集到的高频干扰可作为背景干扰。如果采集到的高频脉冲的能量大于初始情况下的高频背景噪声能量,则可考虑真空灭弧室是否有电晕产生。电晕的大小与系统电压和过电压有直接的关系,判定时要结合系统电压来考虑,若系统电压正常,且周边电场相对正常时有明显的变化,此时的高频脉冲能量增大,有可能是(下转第217页)

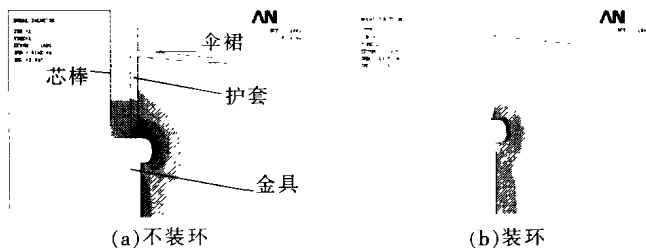
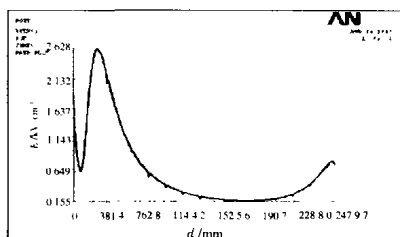
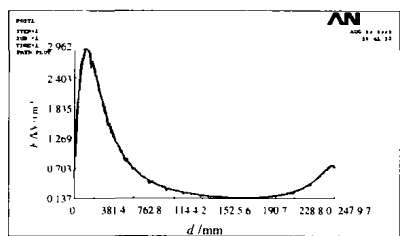


图6 高压侧场强分布云图

图7是装设不同均压环时沿整个绝缘子串表面的电场分布曲线(其中(a)为4号环,(b)为3号环)。计算与实测最大值^[3]见表3。显然装设4号环时的最大场强相对要小些,这与4号环的环径大有关。



(a)4号环



(b)3号环

图7 计算得出的绝缘子沿面场强分布

表3 绝缘子沿面最高场强

均压环	实测值/(kV·cm ⁻¹)	计算值/(kV·cm ⁻¹)	相对误差/%
3号环	2.53	2.962	17.0
4号环	2.20	2.628	19.4

图7计算的沿面场强分布曲线与实测曲线的变化趋势吻合^[3],这说明计算模型的简化方式是合理的,也说明采用 ANSYS 软件对悬式复合绝缘子进行

(上接第214页)

内部气体压力升高引起的。

如果突发明显的放电重复率 $N \geq 1000$ 次/s 的脉冲,属于危险信号,但要看在上升速率以及延续时间及其发展趋势。

上述综合判断分析后,给出是否需要检修的结论。

5 结论

内部气体压力的在线监测对真空断路器的安全运行有重要的作用。笔者提出的监测装置不能准确地测量内部气体压力,而只能大致判断内部气体压力的变化趋势,旨在发现运行中的真空断路器是否出现异常,提出检修建议。另外,该装置在探头上采用常规电子元件和高压电气隔离措施,有效降低了

场强分析的方法可以为绝缘子结构设计提供依据,特别是在优化设计方面可提供较大的帮助。同时,ANSYS 有强大的后处理功能,可以准确而方便地输出不同结构中任意关心点处的电位和场强,这是实际测量所做不到的。

表3中的数据表明,计算值和实测值存在一定的误差,计算值比实测值大,且均压环的环径大时,误差也大。误差的原因主要有以下几个方面:①伞形大小与实际测量的偏差;②计算没有考虑塔和导线的影响;③测量本身具有一定的偏差或误差。

4 结论

(1)用 ANSYS 软件采用二维轴对称计算模型的计算结果与实际测量结果较为吻合,说明采用计算的方法可以替代部分实际测量的工作,这为产品优化设计提供了快捷和方便的方法。

(2)330 kV 绝缘子线端高压侧必须装设均压环。均压环的环径大,对场强分布的改善明显。

(3)绝缘子杆塔接地侧装与不装均压环对电位分布均无明显影响。

参考文献:

- [1] CIGRE Working Group 03 of Study Committee 22. Use of Stress Control Rings on Composite Insulator[J]. *Electra*, 1992, 143(8): 68-71.
- [2] 谢恒堃. 电气绝缘结构设计原理(下册)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [3] 毛凤麟, 王雪松. 复合绝缘子均压环对电场分布的影响[J]. *高压技术*, 2000, 26(4): 40-42.
- [4] Zhao Tiebin. Calculation of Electric Field and Potential Distribution along Nonceramic Insulators Considering the Effects of Conductors and Transmission Towers[J]. *IEEE Trans. on Power Delivery*, 2000, 15(1): 313-318.

作者简介:江 汛(1972-),男,安徽旌德人,工程师,在读工程硕士,从事产品开发和有限元分析计算的研究。

造价,使得项目的推广具有可行性。该装置已在多个厂站投入运行。

参考文献:

- [1] 周承基, 张俊才. 真空断路器及其真空度监测技术 [J]. *江西电力*, 1992, 16(3): 8.
- [2] 段雄鹰. 真空灭弧室真空度在线检测的实验研究 [J]. *高压电器*, 2000(4): 30-32.
- [3] 赵智忠. 几种测量电网中真空开关真空度的方法 [J]. *辽宁工学院学报*, 2002(4): 4-5.
- [4] 严金城. 真空开关真空度在线检测技术的原理与应用 [J]. *江苏电器*, 2002(1): 36-38.

作者简介:李卫国(1954-),男,教授,博士生导师,长期从事高压绝缘检测和电工基础理论的研究。