

多种局部放电检测手段诊断开关柜放电缺陷

陆 忠, 朱卫东, 陈桂文, 汪伟军

(上海市电力公司松江供电公司, 上海 201600)

摘要: 介绍了所使用几种局部放电检测手段及其特点, 其彼此间有互补性。对一起35 kV开关柜放电缺陷的发现、复测和诊断过程做了介绍, 并指出局部放电普检对状态检修的重要性, 开关柜常见放电部位, 应加强对间歇性放电源的检测。

关键词: 局部放电; 超高频; 超声波; 开关柜; 在线检测

中图分类号: TM56

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2012)06-0094-05

Diagnosis of Partial Discharge Fault in Switch Cabinet by Different Detection Methods

LU Zhong, ZHU Wei-dong, CHEN Gui-wen, WANG Wei-jun

(Songjiang Power Supply Company, SMEPC, Shanghai 201600, China)

Abstract: Several partial discharge detection methods are introduced. These methods can complement each other. The discovery, remeasuring and diagnosis of the partial discharge faults in a 35 kV switch cabinet are discussed. Moreover, the importance of partial discharge detection to condition maintenance of the switch cabinet is stressed, and the usual partial discharge spot in switch cabinet is pointed out. The sources inducing intermittent partial discharge should be paid much more attention to.

Key words: partial discharge; UHF; AE; switch cabinet; on-line detection

0 引言

高压电气设备的检修方式正向状态检修方向发展, 在线检测和诊断技术是状态检修的重要依据^[1]。局部放电是体现电气设备运行状态的一个重要因素, 且具有不跨越电极, 放电程度和后果由小到大不断积累, 可以实现不影响设备运行的在线检测的特点。所以, 对局部放电进行检测分析是状态检修的一个重要手段。通常, 局部放电所产生的信号可以看成是由一个点源发出^[2]。对局部放电的检测是利用局部放电产生的多种物理、化学现象, 如电荷的变换、电磁波、声波、热、光、产生分解物等^[3], 根据检测到的信号对局部放电的严重程度和位置进行诊断。

变电站或开关站内的开关柜一般是有金属封闭且多个开关柜紧接着排成一排, 这种结构形式使其内部发生局部放电时所产生的电磁波、声波、光波等受到阻碍而发生反射、折射, 并在柜与柜之间传

播形成干扰等过程, 完全封闭时对电磁波、光波将全部屏蔽, 给相应的局部放电检测工作带来困难。但开关柜封闭的金属箱体上有接缝和小的玻璃窗, 局部放电时所产生各种波可以通过它们泄漏出来, 从而在箱体外空间或箱壳表面进行局部放电的检测^[4]。

1 几种局部放电检测手段及其特点介绍

1.1 脉冲电流检测法

脉冲电流法是比较传统的方法, 最常用的是通过将检测阻抗接入测量回路中耦合局放信号, 随着电流传感器性能的改进及滤波和示波器技术的发展, 也有将高频电流传感器套于回路线缆上对局放信号进行耦合^[5]。可应用于变压器^[6]、发电机^[7]和电缆^[8]等设备的局部放电检测。笔者所述即是用高频电流传感器法耦合, 这种方法是检测经线缆传播的局部放电信号, 是较直接的手段, 灵敏度较高, 可以分相进行检测, 且在较远的地方仍可能检测到局放信号^[9]。但这种方法很难对放电进行定位, 且抗电磁干扰的能力不强^[10]。

1.2 超声波检测法

超声波法是通过检测局放产生的超声波信号来测量局放的大小和位置。随着放电的发生,伴随着爆裂状的声发射,产生超声波且向四周介质传播,通过安装在外壁上的1个或多个超声波传感器,将超声波信号转换为电信号,就能对局部放电进行测量和定位^[11]。超声波实质上是一种机械振动波,所以这种方法基本不受电气干扰的影响,并且可以对放电点进行定位,但其灵敏度不高且定位的精度易受外界因素影响^[10-12]。

1.3 超高频检测法

局部放电产生的电磁振动随时间的变化而产生电磁波,它们遵循麦克斯韦的电磁场基本方程^[13-14]。在固体和气体介质中,局部放电脉冲上升沿时间在0.35~3 ns之间,因此,它发出的电磁波超高频分量是相当丰富的,最高截止频率可达数GHz。UHF法有着天然的优势,它的检测频率很高,一般在0.3~1.5 GHz甚至更高^[15-16]。而对于电力设备运行现场,空间电磁干扰频率一般在400 MHz以下,可以避开^[7]。实际应用时,可用2个探头检测局放信号,根据探头检测到信号的时间顺序判断,先检测到的距离放电源较近,再不断改变探头位置,即可逐步判断出

放电源的大致位置;也可用3个(或更多)探头,根据探头检测到局放信号的时间差,列出方程组,解出放电源在三维空间的坐标实现定位。此方法灵敏度较高,抗干扰能力较强,但受被测设备密封结构影响较大,如完全密封则很难实现检测(但如上所述,开关柜上一般都有接缝和小的玻璃窗,这样就为UHF检测提供了可能)^[18]。

综上,几种局部放电检测手段之间具有互补性,可在实际工作中灵活搭配使用。

2 开关柜放电缺陷的发现、复测和诊断

2.1 开关柜放电缺陷的发现

2011年3月14日,在对开关柜局部放电普检时发现文俊站开关柜局放量较大且比前一次增量较大,具体数据见表1和图1,图1中上方折线对应2011年,下方折线对应2010年。其中编号1到5开关柜为二段,6到10开关柜为一段。两段开关柜都为2006年1月投运,厦门ABB生产的型号ZS3.2,额定电压35 kV,开关柜的外部结构见图2。使用的仪器为PDL1型局部放电检测仪器,为便携型设备,可单或双通道检测,其检测带宽3~60 MHz,测量范围0~63 dB,分辨率2 ns。

表1 开关柜局放检测数据

Tab. 1 Data of the PD measurement of the switch cabinet						dB				
开关柜名称	2号站用变	松俊 952	俊正 7206	俊月 7299	35 kV 二段 避雷器	1号站用变	松俊 176	35 kV 备 1	俊月 7294	35 kV 一段 避雷器
开关柜编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2011年测量值	35	35	34	33	33	48	56	62	51	48
2010年测量值	26	26	26	22	22	40	42	44	32	32

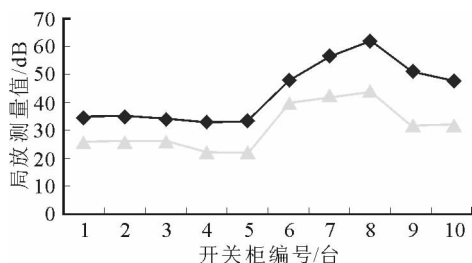


图1 开关柜局放检测数据条形图

Fig. 1 Bar fig of the data of PD measurement of the switch cabinet

从图1可以得到下列结论:①2010年检测数据已偏大,说明该站开关柜去年已有较明显的局部放电存在;②两段开关柜局放量都有增大,说明已有的局部放电已有加重趋势且其相对值和绝对值均较大;③根据局放检测值的分布情况,局部放电源很可能存在于编号7、8即松俊176、35 kV备1开关柜附近。



图2 开关柜的外部

Fig. 2 Exterior of the switch cabinet

2.2 开关柜放电缺陷复测和诊断

2.2.1 3月16日复测情况

上述得出的结果还只是粗略的,根据供电线路

的重要性,必须对放电情况准确判断才可停电处理。于3月16日采用超高频检测设备再次检测。超高频设备用2个传感器探头,传感器获取的信号经调理后输入1台高分辨率示波器进行观察,根据其波头的时间先后来判断放电源离探头的远近,根据波形和时间特点进行放电特征的判断,波形见图3~5。

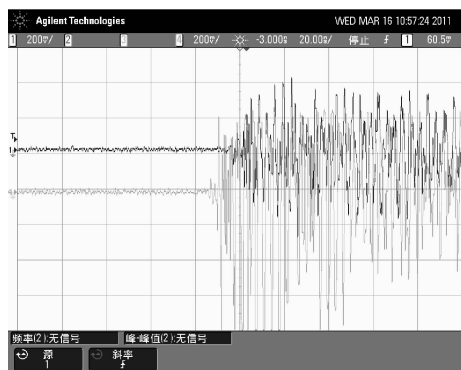


图3 两路超高频信号波头时间顺序

Fig. 3 The sequence of the wave head time of the UHF signal from the two routes

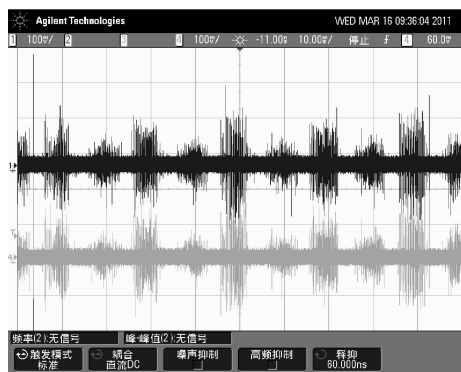


图4 每个工频周期两次放电脉冲簇

Fig. 4 The two impulse clusters in each period of 50 Hz

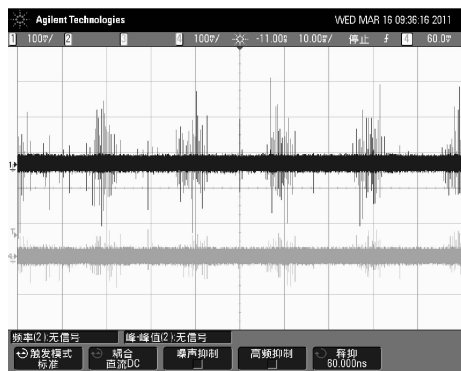


图5 每个工频周期一次放电脉冲簇

Fig. 5 The one impulse cluster in each period of 50 Hz

不断调整2个探头的位置,根据图3显示的两路信号时间上的先后,信号先到的探头距放电源较近,最后判断的结果是放电源的确在松俊176开关柜附近。

在不同的时刻,示波器捕捉到两种放电类型的波形见图4、5,图4、5中横坐标每格对应的时间为10 ms。图4显示在1个工频周期内有两次放电;而图5显示在1个工频周期内只有一次放电。所以,判断放电源应该至少有2个。

2.2.2 3月18日复测情况

于3月18日运用高频电流传感器套于三相电缆,见图6,超声波探头涂硅胶贴于开关柜外壳获取局放的脉冲电流和超声波信号,两路信号经调理后输入同1台高分辨率示波器进行观察分析,波形见图7,图7中曲线1、2、4为高频电流传感器所获A、B、C相电流信号,曲线3为超声波所获信号。



图6 高频电流传感器套于三相电缆

Fig. 6 The HF current sensors circled on the three-phase cables

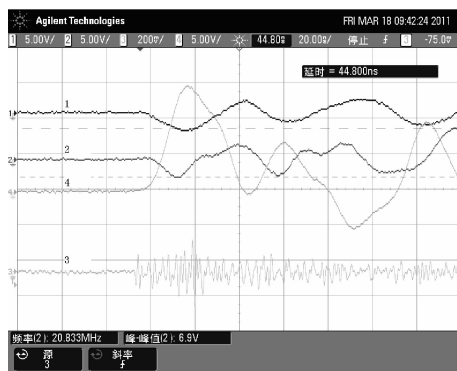


图7 脉冲电流和超声波信号波形

Fig. 7 Waves of the impulse current signal and the AE signal

从图7信号波形可以得出:①脉冲电流和超声波信号是同步的,且在实际检测中该波形比较稳定,说明只有1种放电信号;②C相信号的幅值为其他两相的两倍以上且相位相反,可以判断为C相发生放电。

因为只检测到1种放电信号,所以再次用超高频法检测。但也只获取如图4所示的一种放电信号,即1个工频周期两次放电。由此初步判断另一处放电(假设有两处放电)为间歇性的,但其位置与检测到的放电位置很近。

3 开关柜放电缺陷的确认和消除

3月25日,将文俊站35 kV一段母线调至检修位置,进行停电检查。对A、B、C相母排分别单独模拟运行电压($35/\sqrt{3}$ kV,约20.2 kV)下的交流耐压,同时检测局放水平。试验结果为:A相1 dB,B相3 dB,C相18 dB,再次确定放电位于C相。对松俊176与35 kV 1号站用变开关柜母线仓开箱检查,发现此2台开关柜之间的C相套管均压环内有灰色粉尘,内表面受烧损并形成面积约3 cm²,最深达3 mm的凹坑,均压环连接C相母排的弹簧与母排接触处有放电痕迹且偏向一侧,见图8、9。由此,可得到下面的结论:均压弹簧与母线套管内壁均压环未可靠接触,设备运行后发生悬浮放电并长期累积的结果。这是设备安装质量不良造成,同时制造厂家的设计工艺也有不完善之处。

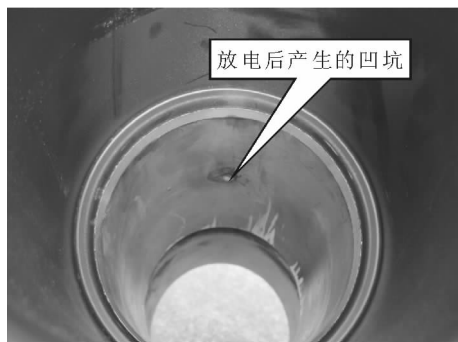


图8 C相套管均压环内灰色粉尘和凹坑

Fig. 8 The grey powder and the concave hole on the equal pressure ring of the C-phase bushing



图9 均压环连接母排的弹簧与母排接触处放电痕迹且偏向一侧

Fig. 9 The deflective spring connecting the equal pressure ring and the generatrix and the PD trail on it

对受损的均压环和连接弹簧进行更换后,为找出间歇性放电源,再次对母排进行上述分相耐压试验,同时检测局放水平。试验结果为:A相2 dB,B相4 dB,C相52 dB。判断确实还有放电源,且还是在C相。因为开关柜已打开,所以通过强度检测法

定位确定其位置为松俊176与35 kV备1开关柜之间的母线套管中,这也验证了前次的判断。开箱检查,发现了与上面类似的放电缺陷,且烧损更加严重,见图10。根据现场观察结果,认为造成放电表现为间歇性特征的原因是细微的振动导致放电点接触时好时坏,因而放电时强时弱或基本没有。



图10 放电痕迹更加严重的均压环弹簧

Fig. 10 The spring on the equal pressure ring with more serious PD trail

再次对受损器件更换后进行交流耐压试验同时检测局放,发现都处于很低的局放水平,确定局放缺陷已消除。

4 结论

1)电力企业对变电站、开关站进行局部放电的普检是有效的,可以及时发现放电隐患,为状态检修提供有力依据。

2)对电气设备的安装质量验收应进行严格把关,特别是母线套管与均压环的位置应保持同心,并测量接触电阻保证接触良好可靠,并进行其他必要的试验确认,杜绝人为安装不善造成的缺陷。

3)针对具体的现场情况,综合运用多种局部放电检测手段,取长补短,或增加诊断的准确性、可靠性。

4)该单位和兄弟单位已发现类似的放电缺陷多起,说明母线与均压环间的连接是较薄弱之处。

5)此类放电可能表现为间歇性,具有一定的隐蔽性,所以实践中应保持严格谨慎的态度,不放过任何一处放电缺陷。还可探索新的方法更可靠地发现间歇性放电源。

参考文献:

- [1] 关永刚,钱家骊.射频法在高压开关柜局放监测中的应用研究[J]. 高压电器,2001,37(5):1-3.
GUAN Yong-gang, QIAN Jia-li. Practical study of radio frequency signal used in on-line PD monitoring of HV switchboard[J]. High Voltage Apparatus, 2001, 37(5): 1-3.

- [2] 邱昌容,王乃庆.电工设备局部放电及其测试技术[M].北京:机械工业出版社,1994.
- QIU Chang-rong,WANG Nai-qing. Partial discharge and the testing technology of electrotechnics equipment[M]. Beijing:China Machine Press,1994.
- [3] 李红雷,李福兴,徐永铭,等.基于超声波的电缆终端局部放电检测[J].华东电力,2008,36(3):43-46.
- LI Hong-lei,LI Fu-xing,XU Yong-ming,et al.Partial discharge monitoring for cable terminals based on ultrasonic[J]. East China Electric Power,2008,36(3):43-46.
- [4] 刘云鹏,王会斌,王娟,等.高压开关柜局部放电 UHF 在线监测系统研究[J].高压电器,2009,45(1):15-17.
- LIU Yun-peng,WANG Hui-bin,WANG Juan,et al. Research on on-line partial discharge UHF monitoring system for high voltage switchboard[J]. High Voltage Apparatus,2009,45(1):15-17.
- [5] 刘少克.局部放电在线监测电流传感器的等效电路及其参数计算[J].国防科技大学学报,2000,22(6):34-37.
- LIU Shao-ke.Equivalent circuit and parameter calculation of current sensor of on-line monitor of partial discharge[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2000,22(6):34-37.
- [6] 赵秀山,工振远,朱德恒,等.在线监测用电流传感器的研究[J].清华大学学报:自然科学版,1995,35(s2):122-127.
- ZHAO Xiu-shan,GONG Zhen-yuan,ZHU De-hen,et al. Research of the curent sensor of on-line monitor[J]. Journal of Tsinghua University:Science and Technology,1995,35 (s2):122-127.
- [7] McDERMID W.Insulation systems and monitoring for stator windings of large rotating machines[J]. IEEE Electrical Insulation Magazine,1993,9(4):7-15.
- [8] AHMED N H,SRINIVAS N N.On-line partial discharge detection in cables[J]. IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation,1998,5(2):181-188.
- [9] 龚杰,杨杜,周力行.变压器局部放电脉冲电流传感器的改进[J].电力科学与技术学报,2007,22(4):68-71.
- GONG Jie,YANG Du,ZHOU Li-xing.Improvement of pulse current sensor for power transformer partial discharge monitoring[J]. Journal of Electric Power Science and Technology,2007,22(4):68-71.
- [10] 白保东,兰云鹏.变压器局部放电射频和超声联合检测[J].沈阳工业大学学报,2009,31(1):11-15.
- BAI Bao-dong,LAN Yun-peng.Combined RIV and acoustic detection for transformer partial discharge[J]. Journal of Shenyang University of Technology,2009,31(1):11-15.
- [11] 唐良.变压器局部放电超声定位原理[J].高电压技术,1991,17(1):35-38.
- TANG Liang.Principle of acoustic location for transformer partial discharge[J]. High Voltage Engineering,1991,17 (1):35-38.
- [12] 裴斌斌,张丽,郭灿新,等.基于超声的局放检测系统[J].电工技术,2009(11):43-44.
- PEI Bin-bin,ZHANG Li,GUO Chan-xin,et al. Detecting system based on ultrasonic[J]. Electrician Technology, 2009(11):43-44.
- [13] VANDEN B A,GHIJSELEN J.EMC Combined di/dt current probe[C]//IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility.[S.l.]:IEEE,2000:569-573.
- [14] ZHAI Xiao-she,GENG Ying-san,Zheng-Xiang,et al.A new method to calculate the frequency characteristics of the rogowski coil based on the high frequency simulation[J]. IEICE Technical Report,2004,104(356):19-23.
- [15] CLEARY G P,JUDD M D.Investigation of partial discharge current pulses in transformer insulating oil[C]//Proceeding of 14th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL2002). Austria:[s.n.],2002:341-344.
- [16] 王娟,律方成,蒋庆云,等.超高频电磁波在变压器中的传播特性[J].华北电力大学学报,2007,34(6):19-22.
- WANG Juan,LÜ Fang-cheng,JIANG Qing-yun,et al.The propagation characteristic of E-M wave emitted by partial discharge in transformers[J]. Journal of North China Electric Power University,2007,34(6):19-22.
- [17] 卢启付,郑晓光,李端姣,等.超高频技术在电力设备局部放电在线检测中的应用[J].广东电力,2008,21(2):28-33.
- LU Qi-fu,ZHENG Xiao-guang,LI Duan-jiao,et al.Appliation of ultra-high-frequency technique to on-line partial discharge detection for power equipment[J]. Guangdong Electric Power,2008,21(2):28-33..
- [18] 丁培,吴旭涛,樊益平,等.超高频局部放电检测在宁夏电网的应用研究[J].宁夏电力,2010(2):1-4.
- DING Pei,WU Xu-tao,FAN Yi-ping,et al.The application research of UHF partial discharge detection technology[J]. Ningxia Electric Power,2010(2):1-4.
- 陆忠(1968—),男,技师,从事变电检修电气试验工作。

~~~~~

**欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎评刊! 欢迎刊登广告!**