

超声波测试技术在高压开关柜局部放电检测定位中的应用

从超声波检测技术在高压开关柜局部放电检测定位中的重要性入手,阐述了高压开关柜超声波检测技术的应用现状,对一起220 kV变电站35 kV开关柜局部放电的发现、诊断和处理过程进行了深入分析,并提出了详细的预防措施,对高压开关柜局部放电检测分析及处理具有一定的借鉴意义。

孟祥海 王文华 彭 飞/国网山西省电力公司晋城供电公司

0 引言

高压开关柜是电力系统中的关键设备之一,其内部电气元件分布繁多、排列紧密,绝缘裕度很小,易出现局部放电现象,局部放电的日积月累会加剧设备的绝缘劣化,进而造成安全事故和经济损失^[1]。随着状态检修的深入开展,局部放电检测技术在开关柜缺陷诊断中发挥重要的作用。超声波检测技术是通过超声波传感器对电力设备中局部放电时产生的超声波信号进行检测,可有效发现电力设备的潜伏性故障,为高压开关柜的安全运行提供新的技术支撑^[2]。

1 高压开关柜超声波检测技术应用现状

目前,超声波检测技术在电力系统中的应用已非常广泛,发现了大量穿芯套管、穿墙套管等表面脏污引起的沿面放电信号,断路器、隔离开关触头等设备存在金属尖刺时,在高压电场作用下产生电

晕放电信号,紧固螺栓、部件与部件之间连接松动引起的悬浮放电信号。通过超声波检测技术可准确方便地定位高压开关柜中的多种局部放电,为一种及时发现、处理故障的有效手段^[3]。

高压开关柜已广泛用于电力系统的变电站中,是电力系统中不可或缺的重要组成部分。然而,由于环境中湿气、高温、放电和氧化等因素,造成开关柜内电气设备绝缘劣化,最终以局部放电的形式表现且加剧绝缘劣化,进而带来安全事故和经济损失^[4]。因此,对局部放电信号的检测以及定位是发现开关柜故障,并对其进行及时维修的关键。利用超声波测试的技术优势,可及时准确地对开关柜设备内部故障进行判定,并提出科学合理的处置措施^[6]。

2 应用案例

2.1 开关柜局部放电发现过程

2016年2月15日,电气试验人员在对某220 kV变电站进行开关柜暂态地电位、超声波局部放电测试过程中,发现35 kV 2[#]主变压器302开关柜后柜暂态地电压测试数据与其他柜相比整体偏大,最大相对值20 dB,达到标准值20 dB。初步判定柜内设备存在局部放电,放电位置为靠近后柜侧设备,随后开展跟踪检测3次,又发现2[#]主变压器302穿墙套管存在显著超声信号。异常放电严重影响2[#]主变压器302开关柜的正常运行。35 kV 2[#]主变压器302开关柜的暂态地电位、超声波局部放电测试数据如表1所



孟祥海/助理工程师

关键词/Keywords

超声波·
局部放电检测·
高压开关柜·
预防措施·

示。测试现场如图1所示, 2[#]主变压器302开关柜穿墙套管如图2所示。

表1 35 kV开关柜局部放电缺陷统计分析

名称	发现日期	跟踪情况
2 [#] 主变压器 302开关柜	2016. 2. 15	后柜暂态大, 穿墙套管超声 信号23 dB
	2016. 3. 11	后柜暂态大, 穿墙套管超声 信号26 dB
	2016. 3. 24	后柜暂态大, 穿墙套管超声 信号25 dB
	2016. 4. 13	后柜暂态大, 穿墙套管超声 信号25 dB
	2016. 4. 26	后柜暂态大, 穿墙套管超声 信号28 dB
	2016. 5. 20	后柜暂态大, 穿墙套管超声 信号28 dB



图1 测试现场图



图2 2[#]主变压器302开关柜穿墙套管

2.2 跟踪检测情况

2016年1月1日~5月31日, 电气试验人员对220 kV某变电站35 kV2[#]主变压器302开关柜进行跟踪测试, 期间多次邀请省电科院专家、河南博通厂家技术人员提供技术支持。

2.3 诊断分析

(1) TEV背景检测

TEV背景检测时, 北门除湿机、南门除湿机、风机和照明灯全部关闭, 基本排除了内部干扰。北门外为110 kV设备区, 电压等级高, 距离较近,

外部干扰较大。南门外为35 kV电容器组, 电压等级低, 距离较远, 外部干扰较小。配电室东侧为电缆出线, 电压等级低, 外部干扰较小。配电室西为1[#]主变压器、2[#]主变压器, 电压等级高, 但距离较远, 外部干扰较小。TEV背景历次检测如表2所示。

表2 35 kV配电室TEV背景值

序号	检测时间	TEV检测背景/dB	
		北门	南门
1	2016. 2. 15	20	10
2	2016. 3. 11	25	15
3	2016. 3. 24	27	18
4	2016. 4. 13	42	17
5	2016. 4. 26	30	15

35 kV2[#]主变压器302开关柜位于配电室西侧的最南侧, 紧邻南门, 局部放电检测受到外部干扰较小, 因此检测数据与实际值相差较小, 可以真实反映开关柜内局部放电情况。

(2) 局部放电检测数据分析

35 kV2[#]主变压器302开关柜、穿墙套管局部放电检测数据如表3、表4所示。2016年4月22日35 kV II段母线各出线柜TEV测试数据横向对比如图3所示。35 kV2[#]主变压器302开关柜TEV历次检测数据纵向趋势如图4所示, 红外测温 and 紫外检测正常。

表3 35 kV2[#]主变压器302开关柜局部放电检测数据表

检测时间	暂态地电压/dB								超声
	前中	前下	后上	后中	后下	侧上	侧中	侧下	
2月15日	18	18	20	19	17	16	16	12	无
3月11日	26	24	35	35	30	25	26	22	无
3月24日	28	23	35	41	30	28	28	25	无
4月13日	23	20	43	43	40	30	30	23	无
4月26日	17	15	36	36	30	17	23	18	无

注: TEV标准: 正常, 相对值 ≤ 20 dB; 异常, 相对值 > 8 dB且 ≤ 15 dB

表4 35 kV2[#]主变压器302柜穿墙套管局部放电检测数据

测试柜体	检测时间	室内穿墙 套管柜体	室内相别			室外相别		
			A	B	C	A	B	C
2 [#] 主变压器 302	3月11日	52	48	47	50	49	/	52
	3月24日	50	46	45	47	/	/	/
	4月13日	48	18	11	24	48	48	46
1 [#] 主变压器 301	4月13日	38	无	无	无	18	18	9

注: 1. 2016年3月24日及4月22日, 35 kV2[#]主变压器302开关柜穿墙套管室内均可听见明显放电声。

2. 超声标准: 正常时, 无典型放电波形或音响, 且数值 ≤ 8 dB; 异常时, 数值 > 8 dB且 ≤ 15 dB; 缺陷时, 数值 > 15 dB。

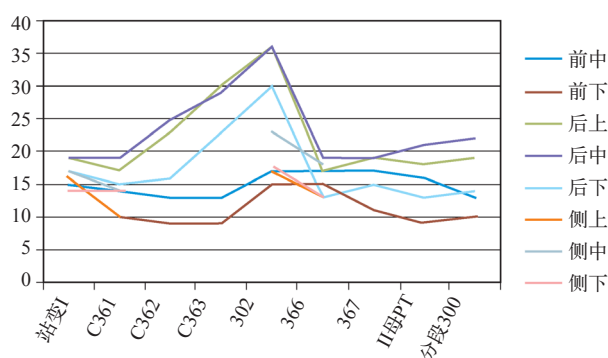


图3 II段母线各出线柜TEV测试数据横向对比图

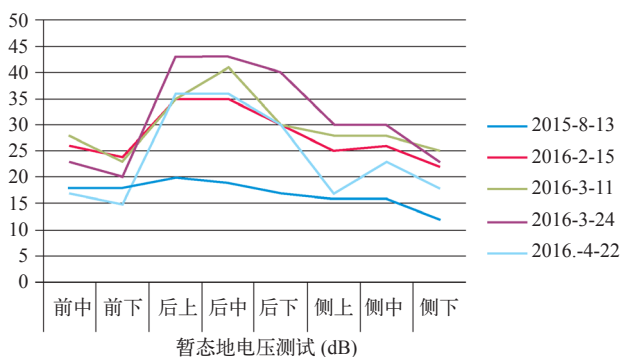


图4 2号主变302柜TEV检测数据纵向趋势图

从表4、表5、图3和图4可以看出，35 kV 2#主变压器302开关柜穿墙套管室内柜体暂态地电压明显偏大，相对值>20 dB，往302开关方向测试值降低。穿墙套管室内外都有超声信号，且可听到放电声，测试值>15 dB。红外测温 and 紫外成像正常。初步判断302开关穿墙套管有金属性放电。

35 kV 1#主变压器301开关柜穿墙套管室内柜体暂态地电压不大，相对值<20 dB，往301开关方向测试值略有增加，301开关柜体暂态信号略有偏大，主要原因为配电室北门干扰较大，且相邻该氏线354开关柜内部局部放电信号影响，穿墙套管室内无超声信号，室外有超声信号，听不到放电声。

35 kV 2#主变压器302开关柜后柜暂态地电压偏大，且有一定增长趋势，相对值>20 dB，后柜无超声波信号，但有特高频信号，放电特征为悬浮放电，放电部位可能为3021隔离开关。

2.4 停电检查

2#主变压器及三侧最近一次例行试验为2015年8月21日，试验结果正常。2#主变压器302开关柜穿墙套管超声信号较大，虽无明显增长趋势，

且略有下降，但在不良工况下可能出现穿墙套管击穿短路等安全隐患。结合厂家及省电科院诊断意见，建议有计划安排停电检查。

2016年6月2日，2#主变压器及三侧停电检修，用工频交流耐压仪加20 kV运行电压下，与运行情况下局部放电情况相似。当电压升到70 kV左右时，三相套管根部均出现明显多条蓝色放电火花，且伴有强烈放电声。放电照片如图5所示。



(a) A相放电照片



(a) B相放电照片

图5 穿墙套管根部放电

变电检修专业对三相穿墙套管进行了更换处理，如图6所示。更换后加压85 kV，穿墙套管根部无蓝色放电火花和放电声，送电后局部放电检测试验数据如表5所示。

表5 更换后穿墙套管局部放电检测数据

2#主变压器02柜穿墙套管超声波/dB											
室内						室外					
接线板			套管根部			接线板			套管根部		
A相	B相	C相	A相	B相	C相	A相	B相	C相	A相	B相	C相
5	5	1	6	4	-3	7	6	-1	4	7	-2

备注：TEV背景为北门29 dB，南门14 dB，302后柜30 dB。

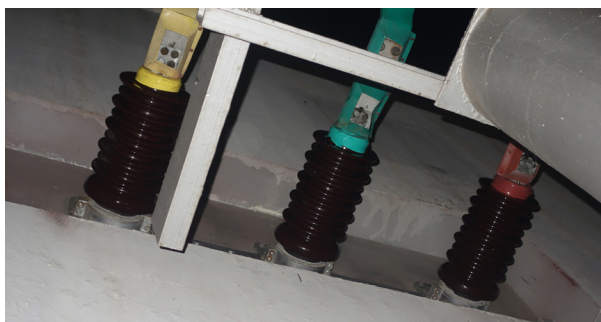


图6 更换后穿墙套管

2.5 解体检查

为了探明原因，对三相套管进行了解体检查，三相解体情况类似，图7为C相穿墙套管解体照片。



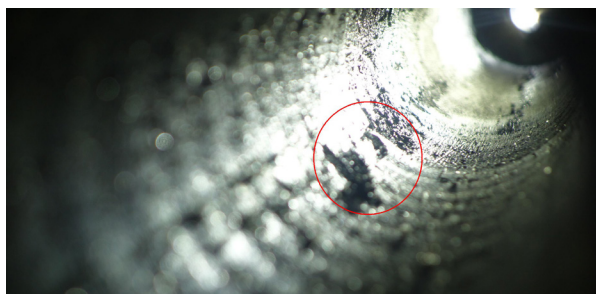
(a) 穿墙套管接线板



(b) 穿墙套管内部铝排



(c) 穿墙套管端部(户外)



(d) 穿墙套管内部



(e) 穿墙套管法兰



(f) 穿墙套管接线板及端部(户外)

图7 C相穿墙套管解体照片

2.6 缺陷原因分析

(1) 接线板异常放电

产生原因可能为套管内进水受潮，内部放电超声信号从接线板处传出。从图7a可以看出；接线板有尖锐棱角；图7b穿墙套管内部铝排严重锈蚀，图7c端部内壁有水 and 氧化铝混合物；图7d穿墙套管内部有放电痕迹；图7f有水 and 氧化铝混合物流出。

(2) 法兰异常放电

由于该设备运行时间过长，且该变电站所处区域雨水较多，套管易受潮进水。套管法兰与接线板之间属于极不均匀电场，在法兰附近电场强度最高，套管根部原来喷涂的一层铝膜，如果剥落不全、积灰严重且有锈蚀，易造成电场分布不

均,从而引起放电。从图7e可以看出,穿墙套管根部有锈蚀和积灰。

3 高压开关柜局部放电预控措施

1) 定期开展开关柜暂态地电压、超声波局部放电信号检测,结合红外测温、紫外成像和特高频检测,运用横向、纵向比较法进行分析判断,可有效检测局部放电缺陷。

2) 对于存在暂态地电压、超声波局部放电信号的开关柜,可采用工频交流耐压试验和开关柜暂态地电压、超声波局部放电信号检测相结合的诊断方法,事实证明该方法简单有效。

3) 应加强穿墙套管局部放电检测,尤其是主变压器穿墙套管,在开关柜局部放电检测过程中容易被忽略。

4) 配电室内安装有大量穿墙套管、穿芯套管,实际检测中存在较多放电缺陷,很多为同厂家或同批次,当发现类似缺陷时应加强排查。

5) 能否准确掌握高压开关柜设备结构原理,对检测人员来说尤为关键,直接关系到检测定位是否精确,检测结论是否详实准确,意见建议是否科学合理,故检测人员应加强对一次设备结构原理的理论学习。

6) 应加强全过程技术监督,以提升设备全过程管理水平。

4 结束语

高压开关柜局部放电现象较为普遍,多发于

穿墙套管、穿芯套管和避雷器等,停电例行试验一般无法检查出设备的此类故障。但长时间的局部放电会造成设备的绝缘劣化,直接影响开关柜内设备的安全、稳定运行。超声波检测技术是一种安全、快速和可靠的局部放电诊断技术,结合暂态地电压、特高频等局部放电检测手段,可大大提高故障检测的安全性和准确性。

参考文献

- [1] 任明,彭华东,等.采用暂态对地电压法综合检测开关柜局部放电[J].高电压技术,2010,36(10):2460-2466.
- [2] 王流火,吕鸿,等.开关柜局部放电检测技术的应用研究[J].高压电器,2014(3):62-67
- [3] 郑云海,方丽妮,等.利用超声波检测法检测开关柜内部局部放电故障[J].电世界,2017,58(2):32-33.
- [4] 骆东松,范鹏飞.超声法在检测高压开关柜内部局部放电的应用[J].电子设计工程,2015,23(12):180-182.
- [5] 王培义,朱伯涛.开关柜局部放电超声波在线检测技术的应用[J].河北电力技术,2010,29(6):26-26.
- [6] 邝文明,李浩.应用超声波局放技术检测开关柜缺陷及处理[J].电工技术,2016(5):41-42.

(收稿日期:2018-08-14)EA



专业专注

时刻关注并推动中国电气技术的发展

《电气应用》是一本拥有光荣发展历程的全国优秀科技期刊。自1982年创刊至今,已走过三十多年艰苦创业、改革发展的光辉历程。其所荣获的“全国优秀期刊、中国期刊方阵‘双奖期刊’和国家期刊奖‘百种重点期刊’、中文核心期刊”等诸多荣誉见证了编辑们的专业与勤奋,也博得了广大读者和业内专家的支持与厚爱,在众多电类专业科技期刊中颇具影响力。