

[GIS]

GIS局部放电检测技术的研究与应用

文/河南石油勘探局水电厂 黄红宇 王勇焕

在GIS制造、运输、安装、运行等过程中可能造成GIS内部存在各种缺陷，这些缺陷在GIS的运行过程中会产生局部放电，对GIS进行局部放电检测能够及时发现这些缺陷。介绍了GIS的超声波局放检测技术、特高频局放检测技术、局放源类型识别技术，并介绍了这些技术在河南油田110 kV GIS局放检测中的应用情况，基本掌握了油田110 kV GIS的绝缘状态，为110 kV GIS设备的运行和维护提供了指导。

实际故障的统计分析表明，绝缘故障是影响设备正常运行的主要原因。而局部放电是造成绝缘劣化的主要原因，也是绝缘劣化的主要表现形式，与设备绝缘的劣化和击穿过程密切相关，能有效地反映设备内部绝缘的故障。因此，对电力设备进行有效的局部放电检测对于电力设备的安全稳定运行具有重要意义。

GIS内部的缺陷种类

局部放电既是绝缘劣化的原因，又是绝缘劣化的先兆和表现形式。GIS内场强很高，当设备内部由于制造工艺或运行的原因出现缺陷时就会产生局部放电现象，GIS内部的缺陷主要有以下几种。

- 1) GIS设备内残留金属碎屑或金属颗粒等自由导电微粒。
- 2) GIS设备内的主触头、屏蔽罩等导体接触不良。
- 3) GIS设备中的导体表面存在毛刺、尖角等突出物。
- 4) GIS设备中固体绝缘材料内部存在气隙、杂质等。

GIS设备局放检测技术

局部放电检测是以发生局部放电时产生的电、光、声等现象为依据，来判断局部放电的状态，包括定位和放电的程度。GIS局放常用的检测方法主要为超声波和特高频检测联合检测法。

1. 超声波检测法

GIS设备发生局部放电时，放电使通道气体压力骤增，在GIS内部（气室）气体中产生压力声波，以纵波的方式传播到GIS外壳。超声波检测是通过设置在GIS设备金属外壳上的声传感器，来检测、识别和定位局部放电缺陷。超声波法检测范围相对较小，需要与被测设备的表面实施完全接触，适合定位测量，主要用于检测套管、终端、绝缘子的表面放电，对于其他放电类型不敏感。

2. 特高频检测法

运行中的GIS内部充有SF₆气体，其绝缘强度和击穿场强都很高。当局部放电在很小的范围内发生时，将产生很陡的脉冲电流，脉冲向四周辐射出的特高频电磁波。

GIS有许多法兰连接的盆式绝缘子、拐弯结构和T形接头、隔离开关及断路器等不连续点，特高频信号在GIS内传播过程中经过这些结构时，可以通过这些盆式绝缘子透射出来。如图1所示的体外

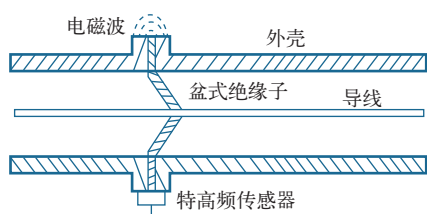


图1 GIS特高频法测试示意图

检测方式，利用外置式特高频局部放电检测传感器，可以接收到从这些部位泄漏出来的特高频电磁波信号。

3. 超声波和特高频联合检测法

特高频法检测范围较大，并且对所有的放电类型都比较敏感；超声波法检测范围小，可用于故障的精确定位。因此，这两种方法联合使用能起到取长补短的作用，且可以互相确认，消除误判断的可能。在进行GIS局部放电检测时，首先利用特高频法确认被测设备是否存在局部放电的缺陷，若发现有疑似放电点，利用超声波法进行确认并精确定位。

GIS设备局放源类型识别技术

GIS局放源类型主要有自由颗粒放电、尖刺放电、沿面放电和气隙放电。每种放电类型放电幅值特征、放电相位等不同，在特高频图谱上所显示出的特点也不同。下面简单介绍各放电类型图谱的主要特点。

1. 自由颗粒放电图谱的特点

1) 在图谱中表现为中间较密集，上下都有一些小信号，但是相对比较稀疏。

2) 局放多发生在过零点附近，且相位较为固定。

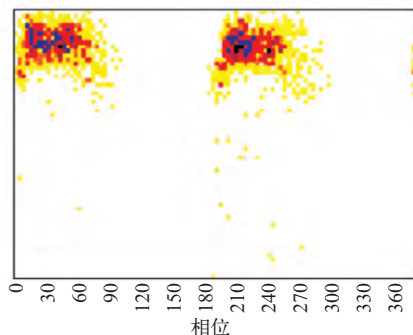


图2 自由颗粒放电典型图谱

2. 尖刺放电图谱的特点

1) 可能是一簇或者两簇。若在图谱上只有一

簇放电，则是尖刺放电。若出现两簇放电，两簇放电集中在正负峰值附近时则为尖刺放电。

2) 尖刺放电的小信号较多，图谱显示下部较密集。分为两簇时，两簇的幅值分布极不对称，一簇信号较大，另一簇则表现为小而宽。

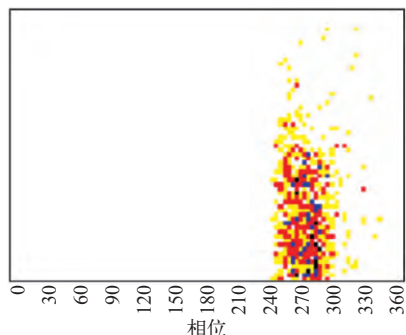


图3 尖刺放电典型图谱1

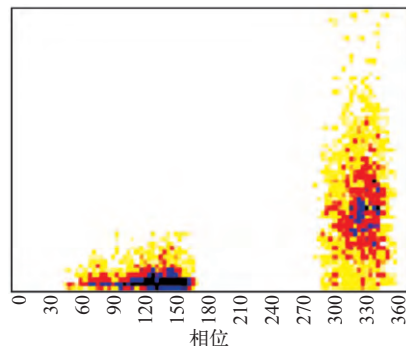


图4 尖刺放电典型图谱2

3. 沿面放电图谱的特点

1) 从相位分布来看，沿面放电分为两簇，且分别出现在第一、第三象限。

2) 小信号居多，在图谱上表现为下部较为密集。两簇之间幅值特征较为接近。

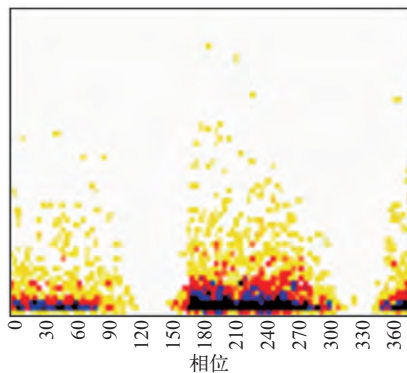


图5 沿面放电典型图谱

4. 气隙放电图谱的特点

1) 放电点密度很大。

2) 分为两簇，分布在一、三象限，且两簇形

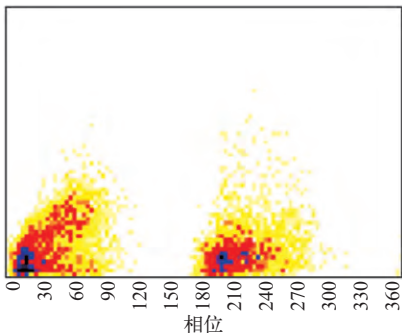


图6 气隙放电典型图谱

状基本相同，与沿面放电极为相似，区别是气隙放电的放电点密度更大，且两簇的对称性更强一些。

油田110 kV GIS局放检测

局放检测须被检测GIS设备间隔运行或带电，测试前对电网运行方式进行调整，通过母线使非运行GIS设备带电。

通过对魏变、江变、五变110 kV GIS局放检测，五变只有个别气室存在轻微放电信号，但不具有大的故障风险，其余气室均无局放信号；江变102间隔存在稍大放电信号（1 300 mV），个别气室存在轻微放电信号，其余间隔绝缘状态良好。魏变110 kV GIS存在大范围的疑似放电，且放电信号幅值较大（许多检测点放电信号幅值都在2 000 mV以上）。

表4 魏变局放检测结果

序号	间隔名称	监测点位置	信号幅值大小/mV	健康状态	风险等级	建议
1	3#主变压器	出线	930	轻微放电	3	从检测结果来看，该站GIS存在大范围疑似放电，且放电信号幅值相对较大，建议密切观察设备运行状态，如后台检测的CT、PT数据等；建议增加检测次数，也有必要结合其他检测手段对设备运行状态进行进一步的确定
		出线与Ⅲ刀开关间	800	轻微放电		
		Ⅲ刀开关与CT间	2 700	放电信号较大		
		CT与开关间	2 750	放电信号较大		
		开关与CT间	1 800	放电信号较大		
		CT与南母线间	2 500	放电信号较大		
		北母	2 000	放电信号较大		
2	2#主变压器	出线	400	轻微放电	3	
		出线与Ⅲ刀开关间	300	轻微放电		
		Ⅲ刀开关与CT间	1 200	放电信号较大		
		CT与开关间	1 700	放电信号较大		
		开关与CT间	1 400	放电信号较大		
		CT与南母间	450	轻微放电		
		北母	2 100	放电信号较大		
3	麒魏线	进线	2 400	放电信号较大	4	
		进线与Ⅲ刀开关间	2 500	放电信号较大		
		Ⅲ刀开关与CT间	2 700	放电信号较大		
		CT与开关间	2 000	放电信号较大		
		开关与CT间	1 700	放电信号较大		
		CT与南母间	1 900	放电信号较大		
		北母	1 800	放电信号较大		
4	唐江线	进线	1 750	放电信号较大	3	
		进线与Ⅲ刀开关间	1 800	放电信号较大		
		Ⅲ刀开关与CT间	2 300	放电信号较大		
		CT与开关间	2 150	放电信号较大		
		开关与CT间	1 400	放电信号较大		
		CT与南母间	2 000	放电信号较大		
		北母	1 850	放电信号较大		
5	北母PT	北母	2 600	放电信号较大	3	
		北母与刀开关间	1 800	放电信号较大		
		刀开关与PT间	2 000	放电信号较大		
		北母PT	1 500	放电信号较大		

(续)

序号	间隔名称	监测点位置	信号幅值大小/mV	健康状态	风险等级	建议
6	南母PT	南母	1 600	放电信号较大	4	
		南母与刀开关间	2 300	放电信号较大		
		刀开关与PT间	2 700	放电信号较大		
		南母PT	2 000	放电信号较大		
7	母联	北母	2 400	放电信号较大	4	
		北母与刀开关	2 550	放电信号较大		
		刀开关与CT间	2 150	放电信号较大		
		CT与开关间	2 200	放电信号较大		
		开关与CT间	2 000	放电信号较大		
		CT与南母间	2 300	放电信号较大		
		南母	2 700	放电信号较大		
8	唐魏II线	进线	2 250	放电信号较大	4	
		进线与Ⅲ刀开关间	2 500	放电信号较大		
		Ⅲ刀开关与CT间	3 450	放电信号较大		
		CT与开关间	3 700	放电信号较大		
		开关与CT间	1 950	放电信号较大		
		CT与南母间	2 100	放电信号较大		
		北母	2 400	放电信号较大		
9	1#主变	出线	2 450	放电信号较大	4	
		出线与Ⅲ刀开关间	2 250	放电信号较大		
		Ⅲ刀开关与CT间	1 700	放电信号较大		
		CT与开关间	2 450	放电信号较大		
		开关与CT间	1 800	放电信号较大		
		CT与南母间	1 600	放电信号较大		
		北母	2 200	放电信号较大		

各站具体测试情况如下。

1. 魏岗变电站

(1) 检测结果

风险等级分为5级，1~5风险由低到高，风险等级的处理建议如表5所示。

表5 各风险等级处理建议

风险等级	处理建议
1	属正常情况，稍加注意即可
2	存在放电风险，在日常巡检时要注意观察设备运行状态，可适当增加局放检测频率
3	
4	存在放电风险可能性较大，在日常巡检时要着重留意，增加局放检测频率并使用多种检测手段和设备进行联合检测
5	

(2) 魏变检测结果综合分析

1) 检测概述。本站检测到的信号幅值大、分布范围广，遍布整个GIS的每个气室，而且具有很强的局部放电特征。

测试前，首先对测试环境进行了检测。结果显示有比较大的放电信号，且具有局部放电信号

特征，环境图谱如图7所示。

但GIS设备许多检测点的信号幅值都大于环境中测得的信号幅值，并且信号与环境中测得的信号相位特征相同，说明环境中的放电信号是来源于GIS内部。图8所示为103上CT与103开关间测试图谱。

为排除临时投运断路器（因唐江3、母联110、101间隔的断路器正常运行方式时未运行）可能会对检测结果准确性造成的影响，第二天对该站进行了复测；复测结果与第一次检测相比没有大的变化，各个检测点的信号幅值可能略有不同，但是放电特征依然明显。

2) 放电类型分析。对图谱进行分析，并与典型图谱比对后，判断放电类型是自由颗粒放电，主要原因可能是存在自由颗粒或污秽。

3) 局放源定位。从测得的图谱来看，每个检测点信号幅值没有明显的大小增减规律，且分布范围很广，几乎遍布所有间隔的所有气室，但是从相位分布来看具有很强的一致性，因此预测放

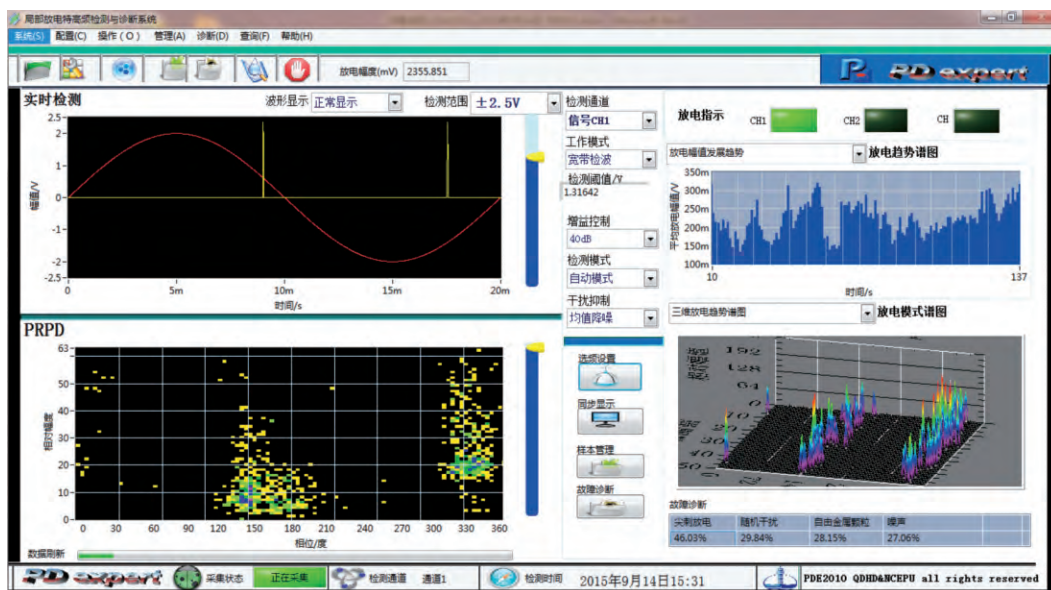


图7 魏变测试环境图谱

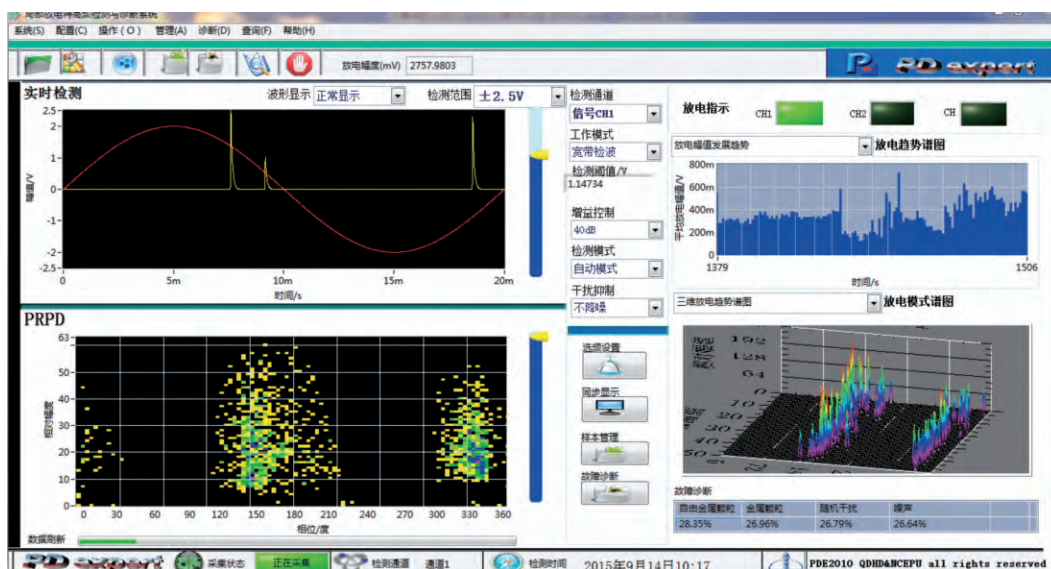


图8 103上CT与103开关间测试图谱

电点很可能出现在母线上，且很可能存在很多放电点。由于信号幅值没有明显的大小增减规律，所以很难精确定位故障点的位置。

2. 江河变电站

(1) 检测结果

江变110 kV GIS整体状态较好，除2#主变间隔放风险等级为3级外，其余都在3级以下。下面对有疑似放电的间隔和气室进行具体分析。

(2) 2#主变102间隔测试分析

该间隔的几乎所有检测点都存在或大或小的放电信号，且与标准放电图谱对比，可以看出该位置的信号与标准尖刺放电模型很相似。

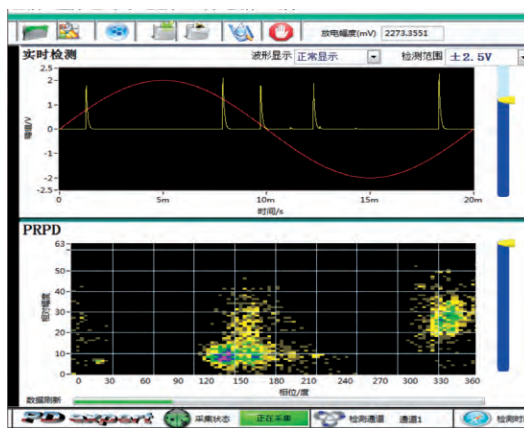


图9 唐江线Ⅲ刀开关与CT间测试图谱

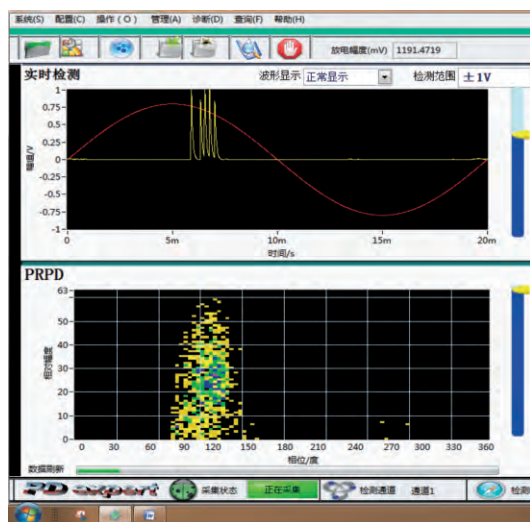


图10 2#主变上CT与开关间测试图谱

原因可能是GIS盆式绝缘子表面或刀开关、开关等动作机构存在金属毛刺，导致出现尖刺放

电；用超声法进行放电点确认和定位，因放电信号不大，未发现明显异常。但从各检测点信号幅值大小来判断，存在上CT与开关附近的可能性大，建议密切观察，必要时跟踪复查。

3. 五里岗变电站

五变110 kV GIS整体状态较好，局放风险等级均在3级以下，这里不做阐述。

结束语

在GIS局部放电检测中，超声波法和特高频法联合检测是非常有效的检测方法，能够及时发现GIS内部的缺陷。通过在油田110 kV GIS中的应用这种检测方法，基本掌握了油田110 kV GIS的绝缘状态，为110 kV GIS设备的运行和维护提供了指导。**EA**

(收稿日期：2017.05.30)

(编辑：刘群彦)

(上接第75页)

短路电流的要求时，动稳定电流一般都能满足要求。但在实际选择中，还是要注意电流互感器铭牌短路电流持续时间对结果的影响。电流互感器额定短时热电流的交流分量应从下列数值中选取(kA)：3.15, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100。

短路持续时间应在下列数值中选取(s)：1, 2, 3, 4, 5。

电流互感器短时热稳定电流、一次电流、二次负荷的选择示例

在10 kV及以下电流互感器的设计中，互感器一次和二次绕组导线截面是由短时热电流决定的，同时一次与二次绕组导线的匝数又与互感器的二次输出的容量直接相关，若要求一台电流互感器既要保证一定值的二次输出容量，又要保证其短时热电流时，此时的短时热电流就是一个很敏感的技术参数。

在10 kV及以下配电系统中，互感器的短时热电流（通常所说的热稳定电流）用户一般从断路器的开断电流来选择。这种选择对于额定电流较小的情况，互感器要满足其要求会有些困难，其原本也不是这样选取的。例如在10 kV系统中，

额定电流小于100 A，断路器开断电流40 kA/1 s或2 s、3 s、4 s，常规互感器很难满足。对于这种情况，可以将互感器额定电流比实际所需的额定电流选的大一些来解决。例如，对前者选取额定电流为200 A，为不影响测量精度，可将测量级由0.2改为0.2 s级来弥补。选用0.2 s级200 A比0.2级100 A的测量准确基本相当，甚至更好。提高了额定电流后，实际降低了短时电流倍数，穿过二次绕组的总的一次导线截面可减少，以致互感器的尺寸较小，且可做产品的短路电流就变大了。这种提高互感器额定电流的方法也是过去常用的办法，特别对于发电厂厂用变回路，其额定电流小而短路容量大是常见的，往往采用这种方法则可以得到满意的结果。提高额定电流的具体数用户可以跟制造厂沟通而定。

另外，还有一个方案就是将同一台互感器中的保护级绕组电流比选取得比测量级绕组的电流比大，一般情况下是2倍关系为宜，如测量级是0.2 200/5 A；而保护级为5P 400/5 A，这样也提高所要生产的互感器的短路电流，这也是比较常用的方案。在实际工程中也需与用户进行实际验算、确认。**EA**

(收稿日期：2017.06.18)

(编辑：白文亭)