[GIS]

局部放电监测在GIS设备状态评价工作中的应用研究

文/深圳供电局有限公司　吴小力　李自力　唐　峰
上海警备区61分队　梁宝钢

GIS设备在电网中作用关键，对其运行工况进行状态评价是有着重要意义。但GIS设备结构及运行环境相对复杂，规模相当庞大，使得有效开展状态评价和运行维护压力异常艰巨。通过将GIS设备的主要状态监测手段灵活结合起来，利用各种手段的特点，运用专家经验和神经网络模型排除外部环境干扰，提升状态评价结果的可靠性，提高设备运行维护水平。

GIS在电网中应用越来普及，同时其全密封结构使故障的定位及检修比较困难，因此寻找有效评价其内部状态的方法显得尤为重要,目前国际上主要通过局部放电的检测得以实现。局部放电是反映GIS绝缘性能的重要手段之一，它是高压设备绝缘劣化的征兆和表现形式，又是绝缘进一步劣化的原因。所以检测GIS局部放电能发现其内部早期的绝缘缺陷，并进行及时的故障诊断与状态评价，以便采取措施，避免其发展。

状态评价工作

状态检修有两个主要特点：一是不影响设备运行的情况下，及时发现设备缺陷，并分析处理；二是为主设备的运行管理提供方便，为检修提供依据，减少人力、物力的浪费。状态评价是状态检修工作的关键环节，状态评价可根据设备的状态数据和设备的基本信息对设备的状态进行评价，进而得到设备的故障概率；需要的外部数据包括设备台账、巡检、工况、历史缺陷、家族性缺陷、离线试验和在线监测7大类数据。结合状态检修的两个主要特点及状态评价方式分析，离线检测试验、在线监测数据是及时发现设备缺陷，并分析处理的重要方法。

为提高检修工作的针对性和有效性，合理降低检修成本，实行设备状态评价变得尤为迫切。离线试验规程是电力系统绝缘监督工作的主要依据；在线监测可以提高高压电器设备的利用率,有助于向状态检修的转变，因此需要将离线试验与在线监测有效结合起来，以便更好地开展状态评价工作。

GIS设备状态监测

状态评价的基础工作是状态监测，监测到的数据，提供给专家分析、制订检修方案。如监测数据准确，有针对性地反映了设备缺陷、故障，将大大提高检修工作效率。监测数据的正确性直接影响检修的结果，如状态监测数据不准确，轻则增加检修工作量；重则遗漏缺陷点，导致故障发生。目前GIS的状态监测主要包括：在线监测、离线检测两种模式。据经验统计表明：60%以上的GIS内部局放故障是可以预先检测的，因此采用先进的GIS现场试验及在线故障诊断技术，可以预先发现，及时进行处理。

1．在线监测

在线监测传感器安装在GIS设备上，在不影响设备运行的条件下，对设备的状况进行持续监测，提供完整数据。但电网设备数量庞大，只有极少数设备存在隐患，如所有设备安装在线监

测，不仅投资过大，且日常维护工作量也较多。

2．离线检测

离线检测传感器安装在GIS设备上，在不影响设备运行的条件下，一段时间内对设备的状况进行的检测。离线检测装置的优点是便于携带，实施方便，可对不同变电站的同一设备进行检测。但如果被检测设备的异常信号是非连续性的、且强度较小，则难以及时发现设备缺陷。

3．局部放电源检测技术研究

局部放电源的准确定位及类型识别是目前局部放电检测研究的关键点。

研究GIS中局部放电源的准确定位可显著缩短维修时间，对于降低GIS的维修成本具有重要意义。目前常用的局部放电源定位方法是时间差方法，即根据放电信号到达不同传感器的时间差及信号传播的速度来定位(距离定位)。但是该方法对工作人员的技术水平、传感器灵敏度及其分析仪器等的要求很高。

目前行业内大量采用了神经网络以及波形分析等技术来识别局部放电源类型；但是如何选择最优的神经网络及合适的输入参数还待长期的经验积累。

4．现场综合实施方式

状态监测是以准确收集设备局部放电信号为依据，确定局部放电类型，定位局部放电部位，开展设备状态评价，主动实施状态检修工作。但电气设备的各种故障，无论是电气的、机械的还是绝缘材料等的故障与其征兆之间的关系是千丝万缕、错综复杂的，一般都具有非线性及不确定性，这就需要总结各方面专家的经验，综合模糊数学，人工神经网络等技术判断关系，进行推理的方法来确定设备的状态。

在实际工作中通常做法有两类：一是首先选用离线检测装置，定期对辖区内变电站的GIS设备进行检测。如发现异常信号，再制订监测计划，提高检测频次，记录分析数据；必要时安装在线监测装置，开展24 h持续在线监测。二是在线监测装置安装在重要负荷、有历史缺陷或家族缺陷的设备上，对其进行持续监测；如发现异常信号，再使用离线检测装置进行确认及进一步分析。具体实施过程中还离不开专家经验的分析决策。

在线监测和离线检测相结合的案例分析

在某220 kV变电站中，其220 kV GIS设备安装内置式局部放电在线监测单元、110 kV GIS设备安装外置式局部放电在线监测单元。220 kV侧的GIS设备的盆式绝缘子处为全封闭结构。通过在线监测和离线检测的配合使用，并通过专家经验分析等方法对局部放电（PD）信号进行了成功排查。

GIS设备运行中，两套GIS局部放电在线监测单元均监测到明显的PD信号,有持续报警。为确认GIS局部放电在线监测单元报警信息，使用便携式GIS局放检测仪，对110 kV侧GIS设备进行反复检测与定位。检测过程中，首先使用便携式离线检测仪传感器进行110 kV侧空间背景干扰测试，测试中发现一个周期为12~14 s的尖峰信号；在当检测仪传感器离开GIS设备本体时，测试中依然采集到一个周期性的尖峰信号；最后将GIS设备盆式绝缘子用屏蔽布缠绕，测试中PD信号幅值虽大幅减小，但是依然采集到这样一个周期性的尖峰信号。

为确认该信号是否为外部干扰信号，决定采用时差定位法进行判别。先将一只便携式离线检测仪传感器放置在110 kV侧GIS盆式绝缘子处，同时将另一只便携式传感器采集空间背景的信号。经多处采集比对后发现，其中一个方向的空间背景PD信号总是先于110 kV侧GIS盆式绝缘子处的信号到达示波器。而在GIS设备另一侧方向测试的结果正好相反，由此判断此信号为外部干扰。同时对该信号进行了分析，盆式绝缘子处采集到的信号如图1所示。每隔12 s左右会有一组干扰信号，信号持续时间为500 ms左右。

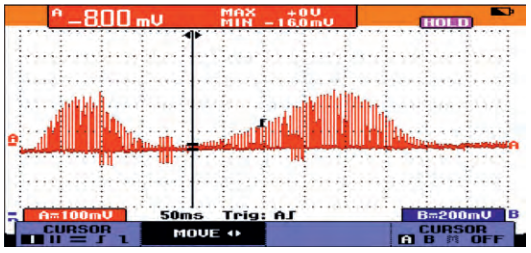

图1　每组干扰谱图

在缩短采集时间间隔后干扰波形如图2所示。每个干扰信号的间隔大约5 ms，各干扰信号之间未采集到其他信号。同时，采集到的干扰信号周期为14 s左右，有可能是定向的雷达。雷达波属于电磁波，是波长较长频率较小的电磁波。一组雷达波是一串高频波，查阅相关雷达技术资料可知其波形如图3所示。每个雷达波又是由很多单个高频

波组成，具体波形组成如图4所示。

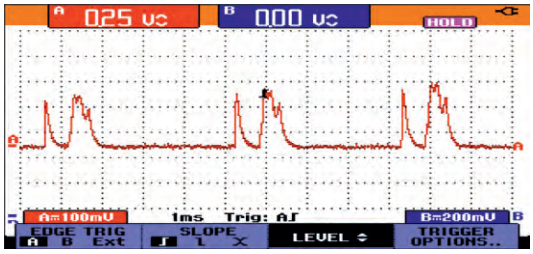

图2　缩短采集时间间隔后干扰波形谱图

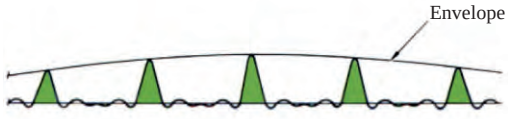

图3　雷达波波形图

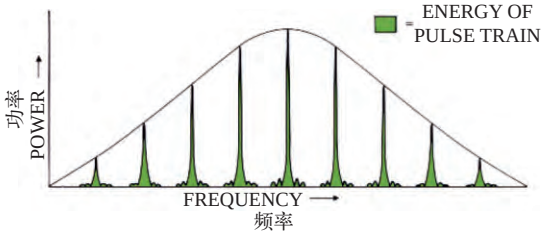

图4　雷达波组成波形图

由于雷达具有很强的方向性，所以只有雷达扫描到变电站时才有干扰信号。同时，变电站的面积有限，只能够接收到2组雷达信号。这与检测结果相吻合，所以可判断为外部雷达干扰信号。

在使用便携式离线检测仪检测，并用时差定位法发现并排除雷达干扰信号的同时，还存在另一个PD信号源。对GIS设备盆式绝缘子外露处进行屏蔽处理后该信号仍然存在，所以判断为外部信号干扰。为进一步确认该外部干扰信号，决定仍采用时差定位法进行判别。同时用两个传感器进行采集，两路传感器采集到的信号基本为同一时间，所以证明外部干扰源为一个干扰源。两路采集信号波形对比如图5所示。

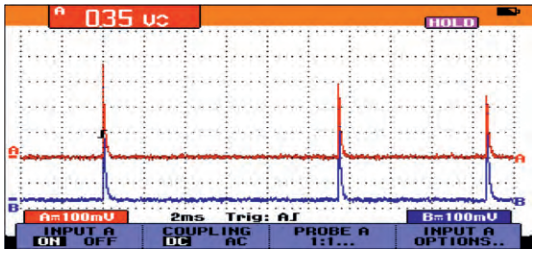

图5　两路采集信号波形对比图

由于示波器显示的两路高频信号随传感器位置变化，而波头时间刻度也不同；所以通过改变两路传感器的位置并利用示波器进显示PD检测信号，对外部PD信号干扰源进行定位查找。

经不断变换传感器检测位置，并对比检测波形，最终确定外部PD信号源位置在变电站1#主变出线A相的第四个线夹处。PD信号源如图6所示。

图6　PD信号源

220 kV侧GIS主设备的盆式绝缘子处为全封闭结构，便携式局放检测装置取不到局放信号，故此未对220 kV侧GIS设备进行检测。

结束语

GIS设备在正常运行工况下，均可采用监测方式评价设备的运行工况，及时预警和消除设备缺陷和隐患，提高设备可用率和供电可靠性。局部放电在线监测与离线检测在GIS设备状态评价工作中有良好的应用前景，但也存在以下需要继续深入研究的方面。

1）将在线监测与离线检测有机结合在一起，优势互补，测试数据相互印证，提供准确数据，得出正确的评价结果，主动进行风险评估工作。

2）研究局部放电信号在GIS内部结构及外部环境传播特性。鉴于GIS内部结构复杂性，外部干扰信号多样性，研究局部放电信号的传播特性对于排除外部干扰，提高GIS在线监测及离线检测技术具有重要意义。

3）用不同的神经网络结构识别局部放电源。常用的局部放电源定位方法是时间差方法，即根据局部放电信号到达两个传感器的时间差及信号传播的速度来定位(距离定位)。

4）规范在线监测和离线检测传感器的接口。在实际工作中，各生产厂家的监测接口互不通用，导致一个厂家的在线监测传感器的接口与其他离线检测厂家的检测设备无法进行复测，造成无法检测或者影响检测数据的可信度。如规范各型号在线监测和离线检测装置的通用技术要求，满足共同检测验证、相互对比印证的要求，可提高检测数据的可信度，进一步发挥在线监测装置在状态评价中的作用。EA

（收稿日期：2015.07.03）
（编辑：刘群喆）