

# GIS 高压组合开关局部放电特高压检测

王建<sup>1</sup> 左滨诚<sup>2</sup> 郭雄<sup>2</sup>

(1 清华大学 北京 100000; 2 中国电力企业联合会科技开发服务中心 北京 100000)

**摘要:** 随着经济的快速发展,人们对电力产品品质的需求也日益提高,同时也对电力系统的安全性提出了更高的要求。密闭气体隔离装置因其体积小、可靠性好而在电网中得到了广泛的使用。从根本上讲,这是一种不需要维修的装置,但是一旦出现了问题,其维修周期较长,会对电网造成较大的损害。因此,必须加强对 GIS 高压组合开关局部放电特高压检测工作的重视。

**关键词:** 高压组合开关;局部放电;特高压检测

## 0 引言

GIS 的安全运行直接关系到整个电网的稳定,如果发生故障,将会造成本地区的停电。由于其是一种大型的封闭式复合结构体系,其维修周期较长,因此在停电检修中需耗费大量的人力、物力,会带来无法估量的巨大损失。因此,在 GIS 系统出现故障前,进行故障类型的识别是十分必要的。

### 1 常见的 GIS 故障类型

GIS 失效的原因在于,在设备中绝缘体的各个部位所受到的电场分布不均匀,从而导致设备内部某些区域的电场强度比平均值要大。在该地区,当电场强度超过该地区的电介质的击穿电场时,将产生放电,而其他部分的电介质仍处于绝缘状态。因此,产生了局部放电。局部放电量逐渐破坏了绝缘材料的绝缘特性,逐渐增大了放电面积,最后造成了整个绝缘体的破裂。所以,在高压装置发生故障之前,局部放电是一个非常重要的信号。为了深入开展局部放电的研究,必须对绝缘缺陷进行归类,并对其特征进行分析。

GIS 常见的故障问题与故障原因有以下几种:

(1) 颗粒和杂质的产生是由于设备的环境比生产环境差,在颗粒和杂质的危害中,最常见的是自由金属颗粒。

(2) 主触头的接触不良主要是因为主触点被烧毁。主要有两种情况:一是金属颗粒粘附在主触头上,使其接触电阻增大,从而造成主触点烧坏;二是 GIS 在长时间使用中受到了电弧的影响。GIS 在使用过程中经常会出现屏蔽层接触不良,这也对设备的绝缘性能造成了很大的影响。该故障的产生主要是由断路器工作的振动引起的。

(3) 湿度对 GIS 的危害主要是由于在气温下降时,由水汽凝结而成的露珠和其他混合物会对介质的导电性能造成一定的影响,从而加速介质的老化,还会导致设

备的失效。

(4) 高压导线上的突起,主要是因为加工不当,或者是机械损坏。

(5) 由于闪电冲击或快速瞬时过电压时,高压导体尖端引起的失效是很普遍的。绝缘子早期出现的孔洞问题是导致绝缘子缺陷的重要因素,在失效原因中占有很大的比重。

(6) 其他原因导致的失效,包括机械设备在运输时受到撞击,或者是被挤压而导致的部件的变形和损坏,以及组装密封不良、马达位置错误等。

## 2 GIS 局部放电在线检测的意义及特点

GIS 在长时间的使用过程中,会出现绝缘裂化现象。在装置运行过程中,如果装置发生了局部放电,则装置的绝缘介质性能就会受到损害。如果发生这种情况,很有可能导致 GIS 的绝缘性能受损,从而导致事故。因此,实时监测 GIS 的工作状况是十分必要的。GIS 在线检测技术具有如下特征:

(1) GIS 在线检测能够实时监控 GIS 内部的绝缘特性,该方法不受设备运行状况、工作时间等因素的制约,能够在设备出现局部放电时,及时发现故障,跟踪、记录,确保电力系统的安全、稳定;

(2) 在装置的工作条件下,对设备的绝缘特性进行在线监测,使其结果更为准确、全面;

(3) 该方法能根据故障发生的历史放电情况来判断故障的严重性和发展趋势,从而实现对设备的检修。GIS 的在线监测是 GIS 系统的重要保证,也是整个电网可靠性的重要保证。

## 3 GIS 高压组合开关局部放电检测的关键技术问题

### 3.1 现场检测干扰识别困难

GIS 设备中的局部放电测试仪器种类繁多,其工作

状态差异很大,现场测试的程序和判别标准也各有不同,给从事现场检验的工作人员造成了很大的麻烦。同时,特高压变电所现场测试环境比较复杂,如何对GIS设备进行准确、高效地识别和判定,以确定其是否有外源干扰,需要有更多的测试人员参与。在超高压变电所GIS设备中,由于周边设备的电压水平较高,所引起的EMI信号种类较多,而且由于干扰信号的幅值比较大,所以在现场进行特高频探测时,很难对干扰进行正确的识别和判断。为了实现对局放信号的精确定位,必须解决系统的抗干扰问题。

### 3.2 内部异常信号定位困难

GIS和绝缘子直径较大,如断路器、隔离开关等结构复杂的零件,其管径与长度之比较大。若把GIS装置看成一条直线,采用一维空间中的两个点之间的直线距离来进行GIS的时差定位,已经不能达到精确的测量精度。同时,针对多路特高频信号的时延自动查找算法,由于其收敛速度快、搜索计算效率较低等缺点,使其实现超高频时差定位的自动解法受到了限制。因此,如何根据GIS设备内的局放信号,实现对现场信号的精确定位,目前尚无成熟、行之有效的管理办法。由于特高压GIS中存在的异常信号难以在GIS中进行定位,需要对其进行三维立体建模和模拟,并将其与空间几何定位相结合。

## 4 GIS局部放电在线检测方法

GIS组合式开关的局部放电会在装置的外壳上形成一种流动的电磁波,使得接地导线上的高频放电脉冲电流通过接地,造成外壳对地的高频电压,并在周边的空气中扩散。同时,局部放电也会导致管道内的气压突然升高,从而在装置的气体中形成纵波和超声波,并在金属壳体表面形成各种声波,如纵波、横波、表层波等。装置中的部分放电还会引起气体的分解和发光,这些物理化学性质的改变对仪器的局部放电探测具有一定的参考价值。所以,对局部放电的检测方法可以分成两类:电力检测和非电力检测。

### 4.1 非电检测方法

#### 4.1.1 探测法

利用压电加速传感器探测因局部放电引起的金属箱体内部的震动,或利用超声探测器来探测其放电所引起的超声信号。长期以来,人们对高压电器中采用的超声探测技术进行了大量的探索,但由于振荡波要穿过金属、绝缘体、气体等多种物质,其传播速率和衰减的幅度不尽相同,必须进行转换和实验验证。因此,准确测量出局部放电的定量分析非常困难,而且最小探测的敏感性也会被噪声所干扰。

#### 4.1.2 化学检测法

采用颜色指示器对瓦片由于局部放电而分解所生成

的气体进行探测。在室内发生局部放电时,瓦片内的气体会发生分解,从而生成多种活跃的气体。用化学方法检测这些被分解的气体,可以检测到其内部是否有部分放电。本发明的实验设备体积小、重量轻、便于携带、便于使用,不会受到机器的电子噪声干扰。目前,离线化验技术已发展成熟,也就是实验室油层析技术,在故障诊断方面积累了丰富的经验。分析的过程比较复杂,需要的时间也比较多。目前,石油色谱在线监测技术已逐渐得到广泛应用。通过实时监控油中氢含量,可以较好地反映出各种气体的动力学特征,从而更好地显示出电器内部的变化。然而,化学检测法只能作为一种定性的检测手段,对早期潜伏性病变的诊断更为敏感,但对突发故障的检测和预报通常是困难的。

#### 4.1.3 光学检测方法

由于局部放电会引起光的照射,所以可以通过内置在室内的光传感来进行测量。通常所用的探测器由一个传感器和一个控制器组成。该传感器安装在一个金属壳体的窗口上,用来探测由局部放电引起的光学信号。采用此方法,必须在封闭的箱体上开一扇窗户,这样会产生背景的干扰。

#### 4.1.4 红外线检测方法

红外测量是基于局部放电点的温度升高,利用红外探测仪的热成像原理实现热点测量。但由于电气设备结构和传热过程复杂,利用热红外成像方法直接检测设备内部的局部放电信号比较困难。

## 4.2 常规的电气检测方法

### 4.2.1 超高频法

超高频局部放电探测技术是近几年发展迅速的一项新技术,用于某些电源装置,例如变压器、电缆、变压器等。目前,电动机的检测方法已被广泛采用。该技术基于高压瓦片的局部放电在很小的区域内产生,因而具有快速的击穿时间。UHF局部放电是通过局部放电的高频信号进行检测和诊断,从而达到对局部放电进行抗干扰的目的。利用超高频局部放电检测技术,能够有效地检测出比常规测量频率更高的局部放电信号,从而达到对电力设备的实时监控和故障诊断。采用超高频法进行局部放电的研究,解决了常规脉冲电流法检测频率较低、频段较窄等缺点,能够对局部放电的性质有一个比较完整的认识。但是由于采用了该技术的天线造价太高,所以其应用并不十分普遍。

### 4.2.2 内部电极法

这种检测方法是通过装置的法兰进行轻微的改装,在法兰的内侧安装一个与其壳体形成的有害电容的金属电极,利用该电容式传感器对局部放电的脉冲进行检测。在利用两个电容器的情况下,器件的局部放电位置可以通过器件的局部放电信号与两个器件之间的时序

差异来决定器件的位置。另外一种内部电极化方法,是将一种电极事先嵌入到盆状绝缘子的地底,从而使其与容器形成灾合性的电容。由于受到客观环境的制约,内电极仅在工厂的制造工艺中预先埋置,难以在野外进行。

#### 4.2.3 EV 检测技术

TEV 检测技术是利用多种探测仪器对探测装置进行瞬时接地电压的测量。在对高压开关柜进行局部放电检测时,若发现绝缘层有放电现象,应使用检测 TEV 技术对其进行相关检验,它可以探测到在一定的频率范围内会产生一种高频的电磁波,振幅一般是 0.1 毫瓦,一般不会超过数伏特。当它是一个连续的屏蔽层时,它的局部放电电量就会在它的地线上产生;而当它是一个连续的屏蔽层时,它的外部探测设备也很难探测到它对应的电信号。当电磁波通过金属外壳和密封垫片传递到设备的外部,当电磁波通过高压开关柜的外部传播时,就会产生瞬变的对地电压。所以,在这种情况下,应该充分加强对高压开关柜的局部放电的探测。TEV 检测技术是一种应用广泛的检测技术,它可以根据外部的电磁波和金属外壳上的电子信号来判断局部放电。这个技术可以快速发现,不过这个过程比较繁琐,但也不能掩盖它的高超技术。

### 5 局部放电特高压检测要点分析

#### 5.1 采集数据以及分析

无论使用何种方法进行测试,都会因为外部环境的影响而造成单一的测试结果错误。但局部放电的探测一定要严格,所以要充分运用统计的有关理论,对测试数据进行全面地分析与探讨,最后得出较为精确的测试结果。通过对高压开关柜进行多次测试,并对其进行分析,发现其局部放电处于活动状态,可以认为该高压开关柜在此时发生局部放电故障。但在多次的探测中,有的时候是处于放电活跃的状态,有的时候则没有处于放电活动的状态。高压开关柜的局部放电检测是一种非常高端的专业技术,它不能单纯按照使用次数来判断,必须严格遵守相关的技术规范,不能仅凭经验和主观判断,否则会造成经济和电力的损失。

#### 5.2 加强状态检修

在传统的检修与保养中,多个检修班组在同一时间进行多个维修工作,不仅会造成大量的人力物力消耗,而且会带来极大的经济利益损失。在电力供应中断的情况下,可以进行预定的维修操作。当前,由于电网规模

不断增大,电网容量不断增大,电力系统的维护费用也随之增加。所以,对高压电器进行状态检查是必要的。状态检修可以对电气设备的状态开展实时监视,能准确、及时地发现电气设备中存在的潜在隐患,及时采取有效措施,不必进行大面积停电,极大地节约了检修维护成本,提高了维护检修工作的针对性。

### 6 结语

高压开关柜在工作过程中,容易受内部元件、环境等各种因素影响,引发故障致使电网无法正常运行。假如使用过程中能完全按照高压开关柜的设计、运行、检修标准执行,改善电网运行环境,利用有效措施降低高压开关柜发生故障的频率,就可以保障电网的稳定安全运行。

#### 参考文献:

- [1] 罗翔.一起基于声电联合检测的特高压 GIS 断路器局部放电缺陷诊断分析与处理[J].电气技术,2022(6):107-111+116.
- [2] 李旭,史恒超,卢鹏,等.特高压 GIS 复合套管局部放电的检测和消除[J].高压电器,2021,57(6):210-215.
- [3] 刘咏飞,赵科,杨景刚,等.一起特高压 GIS 设备绝缘支撑筒局部放电异常分析与处理[J].高压电器,2020,56(7):246-252.
- [4] 罗艳,周秀,唐长应,等.基于声电联合定位法在换流变局部放电检测中的应用[J].变压器,2020,57(1):73-78.
- [5] 马昊,张弛,王伟,等.交流特高压变压器局部放电试验干扰信号排查案例分析[J].变压器,2021,58(4):75-78.
- [6] 张丕沛,王江伟,李杰.GIS 特高频局部放电内置传感器自身放电缺陷分析方法[J].山东电力技术,2021,48(9):28-32+68.
- [7] 马斌,黄炫磊.特高压换流变压器局部放电故障现场定位诊断实例[J].机电信息,2020(14):1-3.

**作者简介:**王建(1983.07-),男,汉族,山西和顺人,本科,科研助理,研究方向:电气工程;左滨诚(1992.09-),男,汉族,海南海口人,本科,研究方向:电气工程;郭雄(1990.07-),男,汉族,北京人,本科,研究方向:电气工程。