

应用于低环温下GIS设备六氟化硫气体状态监测系统的探讨

刘焱涛 刘 婷 赵 静 吕万中 葛伟青

河南平高电气股份有限公司 河南平顶山 467000

摘要: SF₆气体因其良好的绝缘和灭弧性质特点,被广泛应用于特高压GIS设备中。同时这种气体的物理状态及性质,对特高压GIS设备的可靠性产生着至关重要的作用。在特高压工程大规模建设中,会出现一些电站常年处于低温环境中,这种环境会导致SF₆气体液化,而SF₆气体液化会降低其绝缘和灭弧性能,增大内部放电风险,导致放电故障,对电网的安全运行产生影响。本文基于不同媒介热平衡理论和一定工况下气体状态方程,通过对低环温下特高压GIS设备SF₆气体状态监测系统开展探讨研究,为特高压GIS设备安全稳定运行提出参考建议。

关键词: SF₆气体; 绝缘; 特高压GIS设备; 监测系统

2013年以来,我国电网建设高速发展,多个地区的特高压工程相继投运,现如今的特高压电网,在我国的电网中已经成为骨干网架,为国民的生产生活提供有力支持。在特高压GIS设备当中,其功能正常稳定,是确保电网稳定运行关键保障。尤其是如今随着用电量的提升,为加强电能输送效率,大量建造的极低温电站中,SF₆气体在此环境中有易液化特质,一旦特高压GIS断路器气室中的气体发生液化,必然会造成设备闭锁的情况发生,进而出现严重的电力事故。不仅如此,在低温状态下,GIS设备内部放电故障风险同步提升,这对电网稳定运行严重影响。为此对SF₆气体状态进行监管,设置预警管控功能,这对提高特高压GIS设备的可靠性和稳定性有积极作用。在本文中提出的检测方式,是通过基于红外温度采集系统,结合电化学传感器等技术手段等实现的对SF₆气体状态进行监管的管理系统。通过这一监管系统,对特高压GIS设备内部SF₆气体的各项数据指标进行监控^[1]。

一、监测系统工作原理及技术特点

在低温环境当中,系统会通过启动监管设备,对SF₆气体温度实时测量,随着温度的变化,当温度低于预警值时,系统会自动相应,通过加热系统,对SF₆气体进行自动加热。与此同时对高压GIS设备内部SF₆气体的各项数据指标进行监控,通过这种方式,实现对的特高压GIS设备当中,SF₆气体的状态进行实时监控,起到扫除早期潜伏性故障预警的作用,为GIS设备的稳定运行提供保障。

1. 低环温下SF₆气体红外温度采集

在运行状态中,特高压GIS内部会因为负载电荷的

效应发热,散发出的热量,会通过内部中心导体热,以扩散的方式,与导线外壳以及外界环境之间进行热交换,其模型如下图所示。

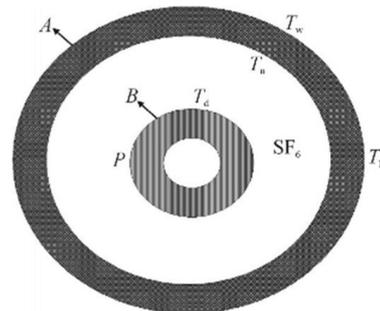


图1 GIS热物理模型

在上图当中:A是GIS的外壳,B是内部导体,A和B之间的环形空腔中,是具有一定压力的SF₆气体。在此之后在哪个,主要是内部导体B散发热量,是高温场区。其中外壳A的温度要低于B,是低温区域。由热力学定律可得其平衡方程为:

$$Pdt = KTA \tau dt + cmd \tau$$

在此之中,由于GIS外壳为铝合金材质,其材料具备优良的导热性能,因此外壳上,其内外壁的温度差异很小,可以忽略。所以可设定 $T_n \approx T_w$,在此条件下,可以采用非接触式的红外采集技术,对温度进行检测,通过检测外壳温度,实现对内部气体温度的检测,避免内部SF₆气体温度达到液化的温度的阈值,出现液化现象。

2. 设备工作压力下气体湿度测量

对设备运行湿度状态的测量采用采用冷镜露点法,其优点在于精度较高,十分适合应用在在线监测当中。在同一设备当中,由于设备的管道处于联通状态,因此

内部水蒸气的含量，与内部气体压力之间是成正比关系的。随着设备内部压力的提升，由此会导致露点的温度随之升高。与此同时带来的影响是，SF₆气体液化点温度也随之提升，造成气体更容易液化虽然SF₆气体液化对测量有影响，但在具体应用中，采用该方法对气体湿度继续测量，是符合电力行业关于检测报警点的需求的，以此在在线检测系统当中，这种检测方式是可以满足需求的^[2]。

3. 微量气体电化学检测及微积分分析技术

通过抽取输变电设备内部极微量气体的方式，通过电化学检测的手段，对结合微积分分析技术，对其中的微量气体进行检测，监测SF₆气体分解产物中SO₂特征组分。通过气路连接到方式，将SF₆气体导出到测量单元，通过传感器响应信号结合微积分计算方法，对其体内的组分进行计算。在检测时，要秉承最大限度节省气体用量的前提。

(1) 分解产物的电化学检测

如果设备出现故障，在放电过热等条件下，SF₆气体会发生化学反应，分解成其他物质。在此之中，主要的产物有SO₂F₂、SO₂、CF₄、HF等。SO₂F₂和CF₄等气体需要在实验室当中进行检测，才能实现对其分析的效果。在这些气体中，HF具有强腐蚀性，对其检测的技术手段有限。在现场的检测中，主要是针对其中产生的SO₂、H₂Si以及CO等气体节能型检测。通过生产实践数据和实验数据相结合，明确这些气体的检测指标，采用电化学传感器法对带电设备进行分解产物实时监测。如果其中的某一成分含量异常，则需要结合其他的可检测气体含量，对现场情况进行综合分析。

(2) 微量气体微积分分析技术

为对气体成分含量的分析，需要消耗一定量SF₆气体。在此要秉承节俭的原则，更高效的使用内部气体。因此采用微量气体的微积分分析技术，降低对SF₆气体的需求量，并且同时达到测量精准高效的目标。在进行检测时，通过启气路控制电磁阀，释放少量气体到检测单元中，在此之后立即关闭电磁阀。相应传感器会自动对气体成分进行分析，结合不同的分解产物浓度，会产生不同的信号变化，这些变化最终会体现在电流或电压大小的波动，A/D转换器将这些模拟量转变为数字量，实现对检测值的量化。通过中央处理器当中的程序，通过微积分计算方式进行分析，能得出分解产物的浓度，实现对气体含量的检测^[3]。

二、SF₆气体状态管理系统设计

1. 气体成分等检测模块

在对气体湿度进行检测时，采用的时冷镜露点法。其原理是，在镜面温度降低时，气体中的水蒸汽成分会在镜面上凝结为霜层。在检测时，通过检测镜面的光反射效果，根据接收的反射光强度减弱，对其中水蒸气含量进行检测。微处理器通过结合这一数据表现，通过改变冷泵的制冷电流的大小，实现对温度的控制。气体纯度检测采用热导传感器技术，气体浓度的变化，会体现在热系数变化，因此通过这一变化，来实现对气体浓度的检测。气体分解产物检测采用电化学传感器技术，其中主要根据分解产物中可检测的成分，通过其浓度标准结合生产标准，来实现对浓度的监测。通过微积分分析技术的联合运用，来实现提高检测精度的目标。

2. 实现的应用功能

在本系统当中，通过结合多种检测方式，以此对特高压GIS设备的工作状态进行检测，对其基于SF₆气体电气设备故障，具有一定的辅助分析功效。结合故障案例数据库，可是实现针对性的对故障类型进行判定的功能。为特高压GIS设备的运行状态检测，提供评估数据基础。通过系统接口进行拓展，与生产系统等进行连接，能在一定程度上实现自动管理的功能。通过低环温预警及自动测量，对SF₆气体加热环带进行控制，能实现对SF₆气体温度动态调整的功效。

三、结束语

在本文中，首先针对低环温下SF₆气体状态以及分解产物对设备的影响进行了简要的分析，并且结合具体的检测指标，提出了相应的检测方法，简单的阐述了检测原理。通过对气体各项变化和材料等因素的影响进行分析，对方案的合理性进行了简单的论证。对相关的研究具有参考意义。

参考文献：

- [1]田阳，刘颖，兰剑，崔博源，王宁华，技术应用 低环温下特高压GIS设备SF₆气体状态管理系统研究.，电力行业商务年鉴，2020-2021，207-211，年鉴。
- [2]企业概况 应用设备状态监测技术提升设备管理绩效——莱芜天元气体有限公司.李卫玲主编，中国通用机械工业年鉴，机械工业出版社，2016，129-131，年鉴。
- [3]张健，徐国政，关永刚，陈迁，刘强，刘潜.GIS在线状态监测与故障诊断综合管理系统[J].高压电器，2002（06）：7-9。