

[微水在线监测]

中压开关柜微水在线监测系统

文/白兵占 辛 超 范 围 张玉友
ABB（中国）有限公司

介绍了一种气体绝缘开关柜内绝缘气体的微水在线监测系统。该监测系统将微水测量模块、压力测量模块和温度传感器与压力表集成在一起，并在该集成装置内设置了自封阀，无论是在制造厂还是客户现场安装都不受环境影响，实现了绝缘气体的在线微水测量，并将微水状况显示在本地或中控室的显示屏上。

在开关柜领域，气体微水是指封闭气室内绝缘气体（如SF₆和干燥空气等）中水蒸气的含量，通常用体积比表示，单位为μL/L，即每升绝缘气体中所含的水分体积。由于水分严重影响绝缘气体的物理性能，绝缘件绝缘劣化，甚至开关柜爆炸导致严重停电事故等，因此国家标准中对水分含量有严格的规定。

气体微水在线检测，仪器结构简单，使用可靠，安装在设备上后，无须停电，不需排放气体就可以进行测量，相对其他测量方法，在线测量可以减少很多烦琐的测量步骤，节省开支，对电力设备的安全可靠运行有重要意义。

微水测量

1. 微水测量的影响因素

影响微水测量的因素有很多，经常遇到的影响因素有以下几种。

1) 气源。气源指封闭气室中充入的来自专业制造厂的气体，如SF₆和干燥空气等。气源微水值一般控制在5 PPMv以内。

2) 管路。在工业生产中，从气瓶到目标气室一般都有管路连接，管路中含有水分，管路需要真空处理后才能向目标气室充气。

3) 气室内零部件。气室内所有零件都含有水分，尤其是塑料件，很难通过一次抽真空过程将水

分控制到需要的水平，尤其在潮湿多雨的季节，水分受环境影响很大。

4) 带微水功能的压力表。无论是在开关柜生产厂还是在开关柜终端用户现场，都会出现将该压力表拆下然后再装上的可能，这时压力表内的水气导致整个系统微水值变大。

5) 密封。气室一般有多处开孔，如防爆装置、压力表安装及观察窗等，因此需要多处密封，只要有密封装置，就有漏气的可能。

6) 干燥剂。开关柜生产厂家一般在封闭气室内预装适量的干燥剂以吸收该腔内的水分。试验表明，干燥剂吸收水分的过程较长，需要十几天到数月不等，微水值才有明显的下降。

2. 微水测量目前存在的问题

高压SF₆断路器和GIS在客户现场一般用露点测试仪进行微水含量测定，在线微水监测有少量客户选用，但不普遍。10~40.5 kV中压开关柜对绝缘气体的微水监测需求更少。公司接到客户的需求后，定制了满足公司环网柜要求的微水在线测量装置。安装测试发现在线测得的微水值变化很缓慢，预知气箱内所充绝缘气体微水值很低，只有不到5 PPMv，气室内零件很干燥，所用充气管路达标。甚至在用露点测试仪进行微水含量对比实验时，测得的微水值不到100 PPMv，但用微水在线监测装置所测得的微水值一直远大于100 PPMv，如8 000 PPMv

甚至更高，该值持续数天几乎无变化。因此无法进行中压开关柜的微水在线监测。

微水测量方案的改进

针对影响微水测量的因素，分析发现在现有的微水在线测量系统中，绝缘气体的流动性很差，基本处于静止状态，微水传感器在气室外侧的压力表处，除非流动测试，否则很难使微水传感器处的数值迅速降下来。但显然正常运行的开关柜无法流动测微水。

为了使微水传感器处的微水一直保持较低数值，另一种方法是保持微水传感器在压力表运输安装甚至更换的全过程中不受外界大气环境影响。

1. 改进方案

图1为开关柜微水系统主要设备。

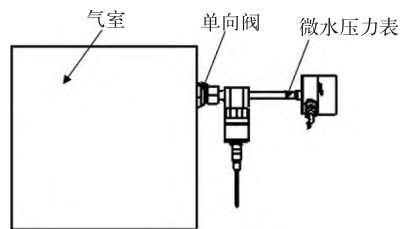


图1 开关柜微水系统主要设备

断路器、负荷开关、接地开关和母线等主设备均密封于气室内。气室内充有一定压力的绝缘气体。绝缘气体通过单向阀与微水压力表相连。

图2为集成了微水、压力和温度传感器的多功能压力表。设计了自封阀结构，可以单独抽真空和事先充与绝缘介质一样的干燥气体，保证该局部系统不受外界环境的影响。

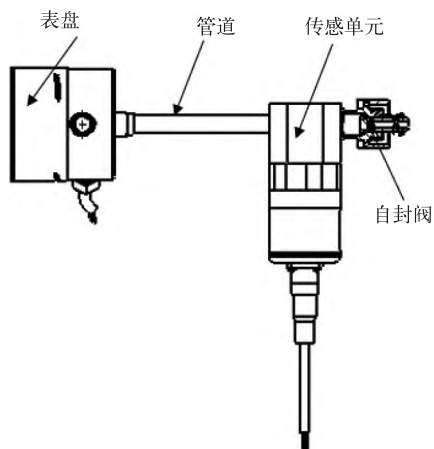


图2 带自封阀的微水压力表

传感器单元中的高精度压力、温度及湿度变送器经过A/D转换成数字量，再经过微处理器进行零点校准、增益回归补偿运算及同步向量测量技术等处理，将采集数据通过RS 485发送到数据采集器中的微水检测单元。

2. 改进前后的试验分析

如图3所示，未加自封阀时值五天时间内测试的微水值从8 864降到8 700，无法使用。改进后五天时间内微水值从522降至231，一个月后，该数值降至20，可以使用。

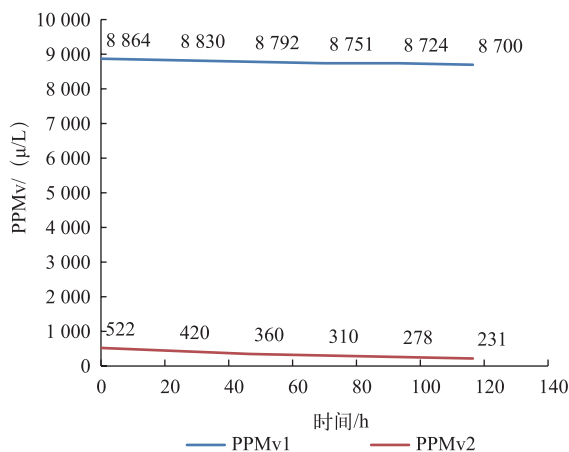


图3 改进前后试验对比

在线监测系统搭建

微水在线监测指在开关柜运行过程中随时监测气室内微水健康状况，由于加装了在线微水监测装置，运行人员无须担心绝缘气体是否异常。正常运行时，运行人员收到微水正常的显示，一旦现场更换零部件或其他原因导致气室内气体微水超标，系统自动发出报警信号，运行人员可以及时发现问题。

1. 微水在线监测系统构成

如图4所示，微水在线监测系统由微水传感器、数据集中器、网关、本地显示器和云平台构成。微水压力表将微水传感器单元采集的数据通过RS 485发至数据采集器，通过算法将湿度值转化成微水值，通过诊断判断微水是否正常，并显示正常、告警、报警及微水值。数据采集器通过RS 485发到本地显示器及网关，即可在本地显示器及与云平台相连的手机或计算机看到微水数据。在云平台还可以看到历史数据。

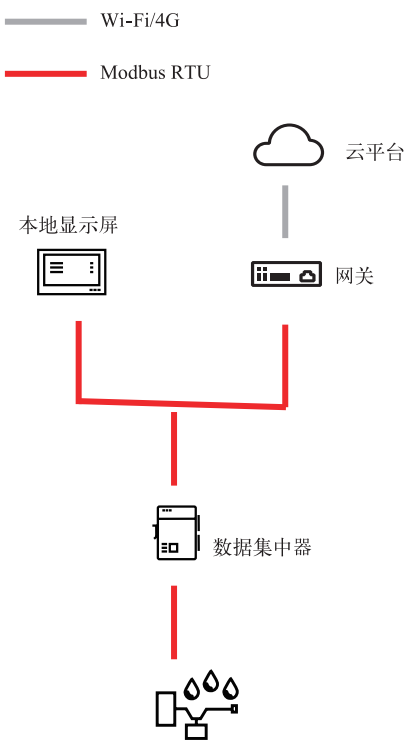


图4 微水在线监测系统

2. 微水在线监测显示装置

人机界面为显示气体密度微水在线监测系统数据的软件界面，用于实时显示开关柜每个气室的气体温度、密度和微水。由于系统已设定预警和报警阈值，因而可实现气体泄漏或者微水超标的自动报警。人机界面可以设置在开关柜上，也可以设置在变电站的监控室或者城市中的变电站监控中心。人机界面的自动告警功能可以让变电站运行人员及时发现和定位问题气室，并可以根据监测数据的实时变化情况判断问题的严重程度。

图5～图7为微水在线状态在MP58B和IP TOUCH 7等显示屏上的显示情况。

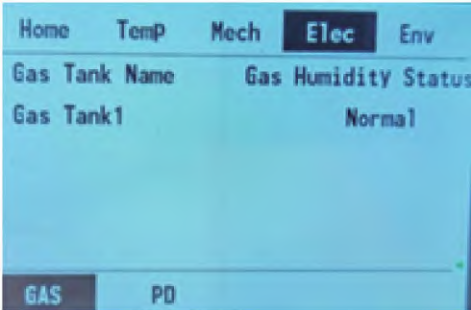


图5 MP58B微水状况显示

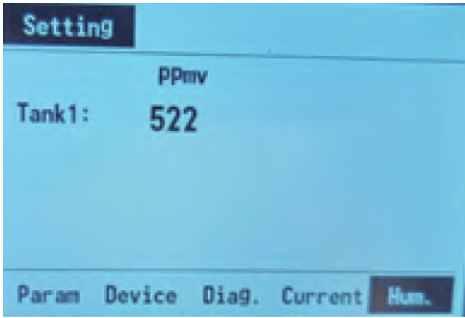


图6 MP58B微水数值显示

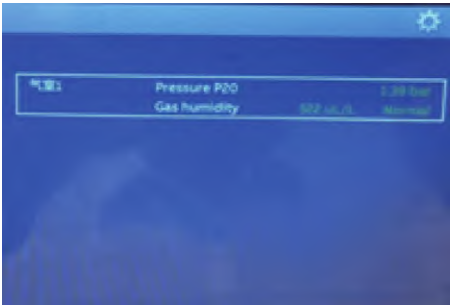


图7 IP TOUCH 7微水在线显示

结束语

本文通过增加自封阀的方式实现了中压开关柜的微水在线测量，介绍了微水在线监测系统的搭建及实现原理，同时呈现了微水界面显示，对电力客户有参考价值。EA

（收稿日期：2023-08-15）

参考文献

[1] 荆锴，冯新岩，曹刚．SF₆气体微水在线检测装置研究[J]．山东电力技术，2012(3)：
 [2] 邬立新，李英俊，冯焘．SF₆微水在线监测系统．内蒙古电力，2012(12)：
 [3] 耿飞，刘露旋，戴本圣 SF₆气体密度微水在线监测系统设计[J]．河南科技，2021(31)：
 [4] 刘兰荣，孙建涛，马斌，等．温度和微水对变压器油及油纸绝缘介电性能的影响[J]．电气应用，2021，40(3)：8-13.