

220 kV 组合电器主回路直流电阻增大的原因分析

梁明生

(山东鲁能恩翼帕瓦电机有限公司, 山东 济南 250300)

Causal Analysis of Main Circuit DC Resistance Increasing in a 220 kV
Gas-insulated Metal-enclosed Switchgear

LIANG Ming-sheng

(Shandong Luneng AE Power Systems Co. Ltd., Jinan 250300, China)

摘要: 针对 220 kV GIS 在安装试验、现场交接和设备检修时,曾发生的测量主回路电阻值不稳定,且超过了产品技术条件规定值 20% 的异常现象,根据实例对主回路电阻值不稳定的主要相关因素进行了原因分析,并提出了解决方案。

关键词: 气体绝缘金属封闭开关; 隔离开关; 主回路; 直流电阻; 接触压力

中图分类号: TM56

文献标识码: B

Abstract: In view of installing experiment, living contact or overhauling equipment, 220 kV GIS once occurs the abnormal phenomenon that resistance value of main circuit of measure not to be unstable, also exceeds the speified value by 20%. According to the example, this article analyzes main factor of resistance value of main circuit of measure not to be unstable, and proposes the solution.

Key words: gas-insulated metal-enclosed switchgear(GIS); disconnect switch(DS); main circuit (of a switchgear); DC resistance; electric contact pressure

0 引言

220 kV 气体绝缘金属封闭开关(GIS)在安装试验和现场交接时,均要测量主回路电阻值,相关标准规定:主回路电阻测量值不应超过了产品技术条件规定值的 20%。现场交接试验时,一般依据产品出厂测量值为基准。主回路的接触电阻增大,在运行中将会造成接触点温升升高;接触点温升升高又将导致接触电阻增大,恶性循环的结果将会导致动静触头在正常工作电流下过热烧坏。因此上述异常必须彻底查清原因并进行处理,以防患于未然。现就一起隔

离开关(DS)在低气温状态下触指接触电阻增大而且分散范围也较大的现象,经对相关因素进行调查分析认为,导致上述异常的原因与触指的接触压力、弹簧的设计拉力、280G 导电膏(电力复合脂)、导体表面镀银及环境温度等因素有关。以下是对几个主要因素的原因分析。

1 接触压力对直流电阻增大的影响

由于接触电阻增大与 DS 的结构、弹簧的负荷(P_1)、触指枚数多少、接触压力的大小有直接关系,接触压力偏小或变小将会导致直流接触电阻增大,针对接触压力的相关因素调查如下。

1.1 调查的对象及结果

针对图 1 的隔离开关进行调查,调查的对象为:导电杆,触指,弹簧,导体;调查结果为:导电杆、触指及导体表面镀银良好,几何尺寸符合图纸要求;弹簧尺寸:282~284 mm;拉力试验:在 $L_1=305$ mm 时, $P_1=70\pm 5\%$ N;结论为合格。

接触压力试验:按图纸要求安装 43 枚触指后,

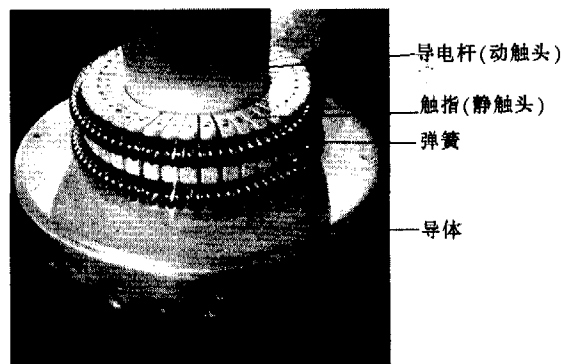


图1 隔离开关动、静触头结构示意图

收稿日期:2006-09-08

作者简介: 梁明生(1952-),男,山东省济南市人,工程师,硕士研究生,主要从事大型电力变压器、高压组合电器制造工艺、管理体系和产品质量管理等工作。

触指与导体的接触有明显的松弛现象,用3个手指能轻松旋转,说明触指与导体之间的接触压力明显偏小,部分触指触点与导体接触表面接触不良。建议将触指改为42枚进行测量和压力试验,测量和试验结果见表1。

表1 不同枚数的触指结构安装后的测量和试验记录

项目	43枚	42枚
触指安装后内径/mm	φ58.2(有椭圆)	φ56.5
安装后触指间的间隙	无	有
安装后旋转触指	能轻松旋转	旋转不动
导电杆插入触指后接触良好的数量	31枚	33枚
插入触指后旋转导电杆	触指随导电杆旋转	触指不随导电杆旋转
导电杆插入触指后的拉力/kg	15.8	18.2

试验结论:安装43枚触指时,触指与导体的接触表面处有接触不良的可能性。

1.2 接触压力的计算

(1) 每根弹簧对每枚触指向心力的计算:

$$F_{K0}=2K\pi(\pi D_2-L_0)/n$$

式中: F_{K0} 为每根弹簧的向心力,N; K 为弹簧刚度,N/mm; L_0 为弹簧自由状态长度,mm; D_2 为装入触头后弹簧圈中心线直径,mm; n 为触指枚数。

(2) 当弹簧根数为2根时,每个接触点接触压力的计算: $F_k=2F_{K0}/2=F_{K0}$

(3) 实例计算

以220kV GIS中的DS触指弹簧为例:

① 当 $K=3.333$ N/mm; $L_0=284$ mm; $D_2=97$ mm; $n=43$ 枚时;根据计算公式得出: $F_{K0}=2\times 3.333\times 3.1415(3.1415\times 97-284)\div 43=10.08$ N;每个接触点的压力: $F_k=2F_{K0}/2=F_{K0}=10.08$ N。

② 当 $K=3.333$ N/mm; $L_0=284$ mm; $D_2=97$ mm; $n=42$ 枚时;根据计算公式得出: $F_{K0}=2\times 3.333\times 3.1415(3.1415\times 97-284)\div 42=10.32$ N;每个接触点的压力: $F_k=F_{K0}=10.32$ N

根据《SF₆高压电器设计》提供的产品设计及试验的经验,通常梅花触头每个触点的接触压力 F_k 设定在20~30 N。DS每个触指的设计接触压力为10.08 N(1 kgf),根据上述参数,DS每个触指的设计接触压力只有推荐设计压力的1/2~1/3。经过对其他类型的触指结构进行计算,接触压力在15~17 N,从而说明该结构的产品的的设计接触压力有明显的偏低现象;根据接触压力和接触电阻的变化曲线,当接触压力小于20 N时,接触电阻的分散范围较大而且易发生阻值变化。显然,接触压力偏低将是接触电阻不良或发生变化的主要原因。

2 导电膏在低温状态下对接触电阻增大的影响

2.1 导电膏的作用及性能

280G导电膏是涂抹在动静触头之间的润滑剂,已有30年的使用历史,但是在产品出厂后接触电阻增大实属不多见。在对现场第1批、第2批GIS产品接触电阻增大的处理过程中发现,在动静触头之间涂抹的280G,经试验动作200多次以后,触指表面形成点状油膜,导体表面形成黑色的条状油膜,油膜的黏度较大(比刚刚涂抹的280G要黏的多),经用酒精清理后重新再涂少量280G进行试验,接触电阻恢复正常,试验结果说明,接触电阻增大的主要原因与280G的黏度变化有关。分析原因之前,先对导电膏的作用和性能简述如下:

(1) 280G导电膏的作用。在GIS装配过程中,导电膏主要用于可滑动的电接触部位,用于滑动电接触点或面的良好接触和润滑,以减少摩擦系数,延长滑动电接触点或面的使用寿命。

(2) 280G导电膏的主要理化性能。导电膏的型号:HITALUBE 280G;主要化学成分:石墨5%,矿物油81%,石蜡(增稠剂)14%;主要理化性能:比重0.934,滴点(融化点)120℃,蒸发率<1%。

2.2 环境温度及涂抹方式的影响

石墨的电气性能表明,它在800~900℃时电阻值最小,温度越低阻值越大,280G中的石墨成分在5~10℃时,电阻值会变化到接近最大。受环境低温的影响,280G中的石蜡成分在5~10℃时黏度增大,在两导体之间形成黏膜会导致电阻值增大。真空中280G的油膜会发生1%蒸发,使280G的油膜黏度增加。

280G导电膏的涂抹方式也对接触电阻的增大有一定影响。经观察分析,形成动静触头之间的油膜,与280G导电膏涂抹较多有关。根据通常的经验,对于接触电阻增大的弹簧触点,连续滑动几十次或几百次后,接触电阻的数值会恢复到接近初始值,但是假如280G涂抹较厚,油膜在真空挥发和在低气温状态下形成黏度增加,在接触压力偏低的状态下,触点和导体之间形成了一层油膜,油膜属于半导体物质,因此在测量接触电阻时会有变化。要想将变化的接触电阻在不拆卸的状态下恢复到原始数值,则需要连续动作几十次或几百次,使动静触头恢复到有良好的镀银面接触,接触电阻才能恢复到原始数值(在大型电力变压器生产中,有载调压开关动静触头的接触电阻发生变化时,就是这样处理的)。

3 导体表面镀银对接触电阻增大的影响

经过对导体表面镀银的调查分(下转第474页)

综上所述, SF₆产品整体烘干温度设定在45℃~55℃, 烘干时间为24h, 可使产品出厂试验时的水分含量大大降低, 由以前夏季水分含量的300~500 μL/L, 现在轻松降至80 μL/L左右, 生产效率明显提高。SF₆高压电器产品整体烘干, 是降低产品内部水分含量的一种有效方法。

(5) 产品的出厂试验

产品装配质量的好坏, 最后还必须用先进的设备和方法加以验证。作为SF₆高压电器产品的专业制造企业, 产品出厂前必须按有关国家标准对产品内部SF₆气体水分含量进行测试及试验。为了保证产品质量, 在国家标准要求的SF₆高压电器水分含量不高于150 μL/L的基础上, 作为内控指标, 产品水分含量不大于12 μL/L时方允许出厂。

2 运行中产品内部水分超标原因分析

SF₆高压电器产品在运行中, 往往会发生其内部水分超标的现象, 经过调查发现, 该现象多发生在产品安装投运前。对这一问题进行深入分析, 认为有如下几种可能:

(1) 由于SF₆高压电器产品在运输中, 其SF₆气体的充气压力大都在0.02~0.05 MPa之间, 产品到现场试验验收前, 需对产品补充SF₆气体至额定压力。补气的操作程序不当, 如充气管路过长、漏气、充气接头没有经干燥处理等, 都会造成产品水分含量升高。

(2) 补充的SF₆气体本身水分含量超标。循环使用的SF₆储气瓶, 由于使用后气瓶内压力过低, 造成气瓶内部水分含量超标, 如果处理不彻底, 就会造成SF₆气体本身水分含量超标。

(3) 由于SF₆产品的壳体结构较复杂, 有的采用铸造件, 材料的致密性与同种材质的板材相比较差; 起密封作用的密封圈由于本身缺陷或老化, 造成产品漏气等。大气环境水蒸汽的压力一般情况下是SF₆产品内部水蒸汽压力的20倍左右^[1], 因此水分会通过金属材料疏松的组织或密封薄弱环节向产品内部

(上接第471页)析, 表面镀银不良和镀银表面氧化虽对接触电阻增大有一定影响, 但是电阻值的变化一般为3~7 μΩ, 电阻值的变化分散范围较小。

4 结论

经过多次试验、检修以及研究分析认为, 造成接触电阻变大的因素是多方面的, 但是主要原因是触点的接触压力偏低、触指与导体侧接触不良、280G导电膏涂抹较多以及低温现象等综合因素形成的。采取的纠正措施如下:

(1) 将触指枚数由43枚改为42枚, 避免触指枚数过多导致触指与导体接触表面的接触不良, 虽然

渗透, 从而引起产品内部水分含量增高。

(4) 产品在出厂前进行水分处理时, 由于烘干温度高且时间短, 只将零部件表面吸附的水分处理掉, 而零部件内部吸附的水分经过较长时间的向外扩散, 也会造成水分含量在运行一段时间后增加。

针对现场SF₆产品水分超标问题, 由于受现场实际工作条件的限制, 如环境温度、湿度、设备和工具等, 相比制造厂的条件要差。但用一些必需的工具和设备, 按下述程序处理产品, 同样能使产品达到国家标准要求的SF₆高压电器产品内部水分含量的规定。①现场产品维修不要在阴雨天进行; ②尽量少用或不用酒精(汽油)擦拭零部件; ③将吸附剂用烘箱烘干后迅速装入产品; ④产品装配后保持抽真空的时间在2h以上; ⑤充高纯N₂气体并保持2h; ⑥④~⑤的步骤重复进行4~5次。

3 结语

SF₆高压电器产品内部水分的处理问题, 是制造厂家必须面对的主要问题之一, 也是用户非常关心的问题。就产品内部水分处理而言, 如果按规定的程序与步骤认真进行水分的处理, 则比较容易达到国家标准的要求, 并满足SF₆高压电器设备安全稳定运行; 如果不按要求进行SF₆产品内部水分的控制与处理, 其内部水分含量一旦超标, 将会对设备的安全运行构成威胁。

参考文献:

- [1] 黎 斌. SF₆高压电器设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] 许洪春, 牛群领, 夏亚林. 六氟化硫气体的危害与预防[J]. 今日电气, 2004, 2(1): 24-28.
- [3] 曹华实. 高压开关出厂与现场试验[M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
- [4] GB 7674-1997. 72.5 kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备[S].
- [5] 邵臻哲, 郝力军, 汪卫国. SF₆断路器几个问题的探讨[J]. 高压电器, 2003, 39(3): 64-67.

减少了一枚触指, 但是按照每片通流能力I₀=100 A计算, 额定最大通流能力I_{n,max}=100 A×42=4 200 A, 仍能大于额定电流I_n=4 000 A的结构设计要求。

(2) 适当改进触指结构的弹簧拉力, 增大动静触头的接触压力, 使触指的接触压力在42枚触指时由10.32 N改进为15 N以上, 以确保动静触头有良好的接触压力

(3) 改用280润滑脂替代280G导电膏, 以减少280G中的石墨成分在低温下电阻值变大的影响。

(4) 安装导体时, 适量涂抹极少280润滑脂。

上述措施逐步实施后, 没有再次发生接触电阻测量值变化异常的现象。