

ZF6-252 型 GIS 设备的维护技术要点

周多军, 曾德志

(湛江电力有限公司, 广东 湛江 524099)

摘要: SF₆ 气体绝缘金属封闭式组合电器(GIS)虽较传统输配电电气设备减少了大量的检修维护工作,但它并不属于免维护电气装置。对 GIS 的定期维护检查不仅是必要的,而且其技术工艺要求较传统电气设备更高。笔者以 ZF6-252 型 GIS 为例,分析指出:气室水分控制及其抽真空技术的掌控、操作机构维护及其油缓冲器检查等是 GIS 电气设备维护技术的要点,同时也是预防绝缘事故的重要监督内容。

关键词: 气体绝缘金属封闭组合电器; 检修维护; 技术要点

中图分类号: TM595; TM507

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)03-0138-04

Emphases of Maintenance Technology for ZF6-252 GIS Equipment

ZHOU Duo-jun, ZENG De-zhi

(Zhanjiang Electric Power Co. Ltd., Zhanjiang 524099, China)

Abstract: Although the SF₆ gas insulation metal enclosed combinative electric appliance needs quite less overhaul and maintenance compared with the traditional electrical distribution equipment, it is not a maintenance-free one. A regular maintenance with higher technological level is still necessary for the GIS. This paper analyzes the ZF6-252 GIS, and suggests some emphases of maintenance technology for the GIS equipment, including the control of gas room moisture and vacuum-pumping, the maintenance of operating mechanism, and the inspection of oil buffer, etc. These emphases are also the important monitoring items for preventing the insulation accidents.

Key words: combinative electric appliance(GIS); overhaul; maintenance

0 引言

ZF6-252 型 SF₆ 气体绝缘金属封闭式组合电器(GIS)是某高压开关厂于 20 世纪 90 年代引进日立技术设计生产的产品,它由断路器、隔离开关、互感器、避雷器、母线、进出线终端等元件组合而成。其中断路器采用三相单极单断口结构,电动弹簧合闸、气动分闸,可三相联动亦可分相操作,由独立的汇控柜控制操作。GIS 设备较传统电气设备既减少了大量的维护工作又延长了检修周期,但这并不意味着它就是免维护产品。事实上,对 GIS 设备的定期维护不仅是非常必要的,而且其技术工艺要求也远高于传统电气设备的相应要求。下面以 ZF6-252 型 SF₆ GIS 为例,分别从 GIS 气室水分控制、操作机构维护、内部元件检修等几个方面进行一些技术要点的概括与总结。

1 GIS 气室水分控制的技术要点

1.1 水分控制的必要性及其标准

GIS 气室中的绝缘介质为 SF₆ 气体,无论是新

气还是运行中气都含有微量水分,水分大小不仅影响气体的绝缘性能,对整个 GIS 设备的性能、寿命都有相当大的影响,因为气体水分较大时易发生水解反应生成具有较大腐蚀性的酸性物质,并且在电弧作用下会生成一种外观呈白色晶体的毒性氟化物。因此,按气室中电气元件的种类属性分别控制其水分含量不仅非常必要,而且是 GIS 设备的重要维护内容。我国现行电力行业 SF₆ 水分标准(20℃ 时)为:新安装或大修后的,断路器气室 < 150 μL·L,下同),其余气室 < 250 μL·L;运行中的,断路器气室 < 300 μL·L,其余气室 < 500 μL·L^[1]。

1.2 水分控制的正确方法

1.2.1 换气过程中的抽真空处理

由于目前 SF₆ 气体在线处理技术及其设备距离现场的实用要求还有较大差距,当运行中 SF₆ 气体中水分超标严重时就要进行换气或气体离线处理。在这个环节中如果对规程中规定的抽真空工艺认识不足,不认真进行换气前的抽真空处理,则会使最终结果远远达不到预期效果。如某公司对某水分超标的 TA 气室进行换气,处理前后的水分检测记录见表 1。

收稿日期:2008-11-24; 修回日期:2009-01-23

作者简介:周多军(1964),男,高级工程师,技师,从事电气试验与电力设备检修监督管理工作。

表1 某公司对某TA气室换气处理前后的水份检测记录

水份检测时间	温度/℃	A相水分/ ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	B相水分/ ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	C相水分/ ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)
2006-03-16 (运行中)	25.0	950	780	1080
2006-03-20 (换气24h后)	25.5	215	145	260
2006-03-22 (换气72h后)	27.0	426	327	455
2006-04-25 (运行中)	28.0	480	365	523

注: 待充新气水分: $65 \mu\text{L/L}$; 表中数据未进行温度换算。

从表1可以看出,换气后的第4天水分就有大幅度增加,很明显充气前气室中仍有较大水分,那么气室中的水分一般隐含在什么地方呢?其实从微观角度看,绝缘材料、密封部件、金属材料表层都含有水分。运行中气室内的总水分可用如下表达式表示:

$$\text{H}_2\text{O}(\text{气室的}) = \text{H}_2\text{O}(\text{固相:绝缘件、密封件、金属表层及吸附剂中的}) + \text{H}_2\text{O}(\text{气相:SF}_6\text{气体中的})^{[2]}$$

经排查,原来检修人员认为换气时只要把气室内的空气抽出即可,所以真空抽到规定值后几乎没有保持什么时间就转为充气了。结果导致气室内的隐含水分($\text{H}_2\text{O}(\text{固相})$)未被有效抽出,在新气充入后,这些水分就向新气中扩散直至平衡。所以换气24h后的两次检测结果都呈增长趋势。

$\text{H}_2\text{O}(\text{固相})$ 与 $\text{H}_2\text{O}(\text{气相})$ 的比例关系随气室中电气元件类型不同而有较大差别,一般而言,TA、TV、套管、避雷器等气室中 $\text{H}_2\text{O}(\text{固相})$ 相对较大,在充气之前必须进行充分的真空抽取。

1.2.2 抽真空的技术要领

抽真空除水分的原理是利用水分汽化点随真空度的提高而下降的特点,因此,要有效除去水分必须要达到一定的真空度并经过一定的时间(环境温度下)。究竟真空度要达到什么程度以及经过多长时间才适宜,这个问题虽明确但却不统一,电力行业规程DL/T 603-1996及DL/T 618-1997规定133 Pa下抽0.5h以上后,再停泵静观0.5h读取真空度值A,然后再保持5h读取真空度值B,当 $(A-B) < 67 \text{ Pa}$ 就为合格^[3,4];而制造厂有的规定67 Pa下抽4~6h,有的规定40 Pa下抽5h(例如沈阳高压开关厂)^[5]。虽说真空度越高越有利于抽除水分,但相关研究表明:环境温度下,当真空度达到133 Pa后,再抽1h以上就可除去水分。当然具体的除去水分时间与容积、真空泵功率大小有关,同时与被抽真空容器内的固相水分程度有关^[6]。由此可见,国标的规定是适中的,制造厂在此方面对真空度的“严格”,其意义并不大。

抽真空还必须注意以下几点:现场要有人全程监控,所用电源应可靠,真空泵出口应有逆止阀,

禁防断电后真空泵润滑油进入气室内部;读取真空度数值要在停泵并静止稳定后方可读数,避免“假真空度”现象;注意观察相邻气室气压表示值变化,防止在GIS内部气室之间有内漏的缺陷下抽真空,这在相邻气室有一端带电时尤其要注意。

1.2.3 氮气置换的必要性

在抽真空后是否一定要充入高纯度氮气,即使是一些制造厂对此也无明确规定,于是一些检修人员往往完全省略了这一步,并认为水分已通过抽真空除去了,没有再进行充氮除湿的必要。其实进行氮气置换的目的除了带走部分水分外,还可通过检测氮气中水分变化来判断对气室的抽真空是否已达到要求,从而避免直接充入 SF_6 气体后可能因水分检测不合格造成的 SF_6 气体浪费。此外,还可借助充氮后的正压力来判断气室的密封状况,以此作为抽真空负压力检漏的补充手段。因此,在有条件时,充入新 SF_6 气体前最好进行氮气置换,对于TA、TV、避雷器气室,这是必须有的工艺流程。

在氮气置换后还要再按前述要求抽真空(133 Pa下1h以上)后方可充入新的 SF_6 气体。

1.2.4 正确使用吸附剂

GIS气室装有吸附水分的吸附剂,这是一种活性氧化铝(Al_2O_3),吸潮性极强,因此在气室水份超标后进行换气时必须一同更换吸附剂。吸附剂的更换时机应为抽真空前的时刻,待换上的吸附剂一定要经过300~400℃的高温烘干2h以上,然后放于密闭干燥的容器内冷却,当冷却到室温后要尽快装入气室内(气室外空气中暴露时间不得超过10min),装入后要尽快(0.5h之内)密封气室并抽真空。

1.2.5 水分检测判断中要注意温度的影响

气室中各元件所吸附的固相水份与温度呈负相关关系,所以 SF_6 气体中水分的检测结果与温度呈正相关关系。规程中的标准值是在20℃下界定的,在应用标准对检测结果判断时必须考虑温度的影响。不过需要指出的是,有关GIS中 SF_6 气体水分含量的温度修正公式是一定条件下的近似估算,温度对水分检测结果的影响随气室类别有所不同,设备生产厂家一般应给出相应特性(或更正值),用户也可积累总结自己的相关规律。

1.3 GIS密封工况对气室水分的影响

在对GIS气室水分的控制问题上有一种常见错误,即不重视对漏气点的检查和处理,认为少量漏气可通过补气来解决,用不着大动干戈。这种意识错在没有将漏气与受潮联系起来,认为GIS内部气压远高于外部大气压力因而外部潮气不可能进入GIS气室内部。事实上气体间的扩散取决于它的分压力,就水气而言,大气中的水气分压力远高于GIS内的水气分压力(气室内仅有微量水份),从而大气中的潮

气也就会进入压力较高的 SF₆ 气室中了。因此,要想抑制 GIS 气室中的水分增长,就必须尽可能持久地保证 GIS 的良好密封。

2 GIS 断路器操作机构的维护要点

2.1 分合闸回路维护检查

由于该型断路器分闸时有很大的冲击力,因此,对分合闸控制回路应重点检查各接点的紧固性,检查分合闸线圈、顶杆、闭锁部件等位置是否正常。GIS 室内通常弥散有泄漏出的 SF₆ 气体,这些气体具有一定程度的分解性,潮湿环境下或多或少会有腐蚀性,鉴于此,对电气回路各接点的防腐查处是必要的。此外,因设置了两套分闸控制回路并且有两个独立的直流操作电源,故分闸控制较为可靠,但是分闸是以气动系统完成的,所以应检查气体管道、阀门、贮气筒等是否有泄漏。该型 GIS 的气动机构箱的分支压力表装于汇控柜内分支进气阀之前,为防止进气阀不通造成机构贮气筒假压力现象,要特别注意检查分支进气阀的开合状态是否正常(可通过将机构箱贮气筒处的排气阀轻微打开放气,通过观察压力表是否有变化来判断)。

2.2 传动部件的维护检查

轴、销的灵活性、可靠性是传动系统正常运作的重要前提,对其润滑检查、定位紧固是每年都应进行的工作,其中润滑油的补加应严格按厂家说明书要求分别使用相应牌号的机械润滑油。由于分闸振动很大,对传动部件的疲劳性目测判断也是必要的,这需要观察和累积经验。此外,每年应测录一次机构转轴拐臂与垂直轴线间的夹角(需要选好一基准线),以此间接判断断路器的行程状况。动作计数器也应定期记录并检查其是否动作可靠,以便为状态检修提供决策资料。

2.3 对油缓冲器进行重点检查

为了减小分闸时的冲击,吸收分闸终了时的动能,ZF6-252 型 GIS 断路器操作机构每相装有油缓冲器,内装 1.7 kg 变压器油。由于油缓冲器底部有焊缝,可能存在沙眼,千万别忽视这种“小”缺陷,它往往成为断路器内部对罐体外壳放电的主要根源,下面以某个实例来说明。

2006 年 3 月某电力公司 2297 断路器跳闸,初步巡查发现,2297 线路 53 号铁塔处 C 相因一风筝发生接地,故障点似乎很明确了,但是故障录波图上显示:2297 断路器在故障发生后的 42 ms 跳开,跳开后 2297 C 相接地故障电流并未消失,且有增大,直到相应母差动作才彻底切除故障。经分析认为,2297 断路器 C 相受外线故障的触发引发了内部接地放电故障。检查 2297 断路器 C 相气室,发现动触头座对罐体内壁有明显的放电痕迹(有一大片白色

结晶——SF₆ 电弧分解物)。接着对操作机构进一步检查发现了数个相关联的缺陷,见图 1。

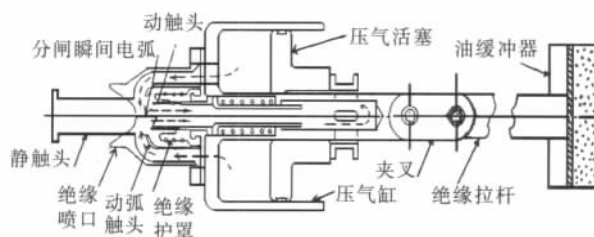


图 1 ZF6-252 型 SF₆ GIS 断路器动、静触头及灭弧示意图

如图 1 所示,装在压气缸上部、喷口内腔的动弧触头断裂,连接绝缘拉杆与压气缸轴的夹叉轴孔被拉长 3 mm,油缓冲器中的变压器油已不足三分之一,其油缸底部焊口有沙眼并有渗油。从这些缺陷现象再结合该断路器“单压、双喷、轴向同步吹弧”的灭弧原理,很容易得出故障的因果关系,即:油缓冲器渗油而油量减少导致其缓冲效果逐渐降低,在分闸时不能有效吸收动作终了时剩余动能,造成运动系统产生很大的冲击和反弹力进而造成动弧触头触指断裂。最终结果导致断路器不能正常引弧和熄弧,电弧长时间燃烧,大量高温气流带着触头金属蒸汽喷向罐体,造成内部接地故障。所以油缓冲器应是该类断路器机构维护检查的重点。

3 GIS 气室内部元件检修的安全技术要点

3.1 安全准备工作

工作人员的服装应选用紧密型长纤维织物并带工作帽的连体服,服装上不能有钮扣及外露毛边,下着电工胶鞋,并准备好医用口罩、医用手套、防毒面具(断路器气室内用)、防护眼镜等^[7]。

工作前确认要工作的气室已停电并且导电部位已可靠接地,明确相邻气室及整个单元回路的工况,做好隔离标志。GIS 室要充分通风。

待检修的气室内气体要充分回收,回收后打开盖子,用风煽或鼓风机向内吹气,使其内部残留 SF₆ 气体充分散发,用氧气表检测气室含氧量应大于 18%。另外,如果气室内部有白色氟化物结晶,则戴好防毒面具、手套等将其清除、收集并按有毒物妥善处理。

3.2 检修中粉尘的控制

临时性检修一般都是针对隔离开关、触头等,这类检修免不了清洗打磨,由于 GIS 气室内部对粉尘杂质特别敏感,少许粉尘、杂质便可引发局放直到放电故障,要尽可能把清洗打磨工作放到气室外进行,难以做到时则要做好内部隔离、防止粉尘扩散的工作,操作完毕后立即用吸尘器对气室内部全面仔细地吸尘,最后再进行清擦(绝缘子表面用无毛纸蘸丙酮,其它可用无毛纸蘸无水酒精)。所有操作应戴上

医用手套。检修完毕或暂停工作时都应立即盖上孔盖,防止空气中粉尘进入。

特别注意的是,检修气室不得使用尖利工具,禁防刮伤气室内表面,工作完毕应全面查看气室内部有无刮痕、毛刺等(相关打磨用具应为1000号细砂纸或油石)。

3.3 更换部件要谨慎选用材料

一般应选用原生产厂家的配件,但即使如此也要谨慎对待。对橡胶制品要充分了解其理化性能,否则后果严重。例如,海南、广东等地近年陆续发生几起GIS的TA气室绝缘击穿事件,其TA皆为同一厂家产品,事后查证该类TA采用了含有零价态硫的耐油橡胶板,它在一定温度下释放含硫气体,进而与电连接体上的FZL-4脂及镀银层产生化学反应,生成黑色具有腐蚀性的硫化银(Ag_2S)粉末^[8]。这些粉末在电场作用下扩散并部分附在TA绝缘盒上,积累到一定量后便发生放电击穿。这虽是产品制造方面的问题,但用户使用维护中应举一反三及时吸取教训,避免类似问题出现。

4 结语

GIS电气设备并非免维护设备,对它维护的工

艺技术要求比传统电气设备更高。一般而言,对GIS维护检查的重点是 SF_6 气体水分控制(特别是换气时的抽真空工艺)、操作机构维护(要特别注重油缓冲器);此外要注意气室元件检修时的粉尘控制,以及内部元件更换时的理化特性相容性问题。这些维护检查、检修内容能否起到有效的作用,既取决于实施中方法、工艺、流程等细节的保证,也取决于检修试验人员对相关规程的理解和执行程度。

参考文献:

- [1] DL/T 596-1996. 电力设备预防性试验规程[S]. 1997.
- [2] 广东电研所粤电生技安监部. 某厂气体水分超标套管运行监督意见[J]. 广东电力技术监督月报, 2007, 60(2): 17.
- [3] DL/T 618-1997. 气体绝缘金属封闭开关设备现场试验规程[S]. 1997.
- [4] DL/T 603-1996. 气体绝缘金属封闭开关设备运行及维护规程[S]. 1997.
- [5] 沈阳高压开关厂. ZF6-220型封闭式组合电器使用手册[K]. 沈阳: 沈阳高压开关厂, 1999.
- [6] 庄晓凤. SF_6 开关设备抽真空作业的探讨[J]. 电力系统装备, 2005, 29(5): 92-94.
- [7] 华东电业管理局. 高压断路器技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [8] 广东电研所粤电生技安监部. 某公司GIS事故处理总结会议纪要[J]. 广东电力技术监督月报, 2007, 60(2): 56.

(上接第137页)

根据调研结果,目前仅发现 LW_{16} 型断路器为旋弧式灭弧原理。新型自能式灭弧原理(热膨胀辅助气自能式)断路器操作功小,机械寿命长,但运行经验较少,难以评价,应跟踪调研运行经验。

3.3 结构方面分析

3.3.1 内附CT分析

内附CT存在的主要问题是CT本身及CT二次引出线绝缘问题,尤其CT二次引出线的绝缘是整个断路器中最薄弱点,一旦CT击穿,断路器本身无法保护自己,只能越跳上一级,甚至将一次高压引入保护盘,威胁运行人员人身安全。据近年来不完全统计(主要是农网数据不全),内附CT问题已造成断路器烧损6台次(ZW_{30} 2台次、 LW_{16} 3台次、 LW_{18} 1台次),其中3台次造成断路器爆炸,1台次一次高压窜入保护盘。如果CT外附,一旦CT发生故障,断路器可及时切除故障。

3.3.2 LW_{18} 型断路器结构分析

LW_{18} 型 SF_6 断路器设计、制造工艺一般。绝缘拉杆、CT二次引出线工艺结构不合理;三相 SF_6 气体在大罐及断路器本体内开放式互相连通,一旦单相内部绝缘击穿放电后易引发三相故障导致断路器爆炸,建议制造厂改进结构。

3.4 特殊开断分析

特殊开断是指切电容器、切并联电抗器断路器。目前真空灭弧室截流值已低于3~5A,标志着真空灭弧室截流过电压水平已经很低,但实际运行中如相间绝缘隔板式真空断路器切电容器时仍多次发生故障,且原因不明。所以目前不推荐相间绝缘隔板式真空断路器做为特殊开断断路器。

4 结语

近几年由于电力工业的迅猛发展,40.5kV真空、 SF_6 断路器采用量迅猛增加,但从故障统计方面分析,目前40.5kV断路器存在的问题较多,制造质量较为粗糙,故障发生率有上升的趋势,多次造成220kV主变掉闸,影响了供电可靠性,所以希望制造厂注重追求产品质量,提高工艺,为电力系统提供运行可靠的、性能良好的40.5kV开关产品。

参考文献:

- [1] 袁大陆, 宋 泉. 二〇〇四年国家电网公司高压开关故障分析[R]. 北京: 中国电力科学研究院, 2005.
- [2] 袁大陆, 宋 泉. 二〇〇五年国家电网公司高压开关故障分析[R]. 北京: 中国电力科学研究院, 2006.