

二滩水电站 500 kV GIS 设备运行分析

卢毅¹, 杨永洪²

(1. 二滩水力发电厂, 攀枝花 617000; 2. 锦屏水力发电厂, 西昌 615000)

摘要: 笔者通过对二滩水电站 500 kV GIS 设备 12 年来发生的缺陷进行分类统计与分析, 归纳出 500 kV GIS 设备缺陷发生的主要类型及发生率, 并有针对性地提出了可行性预防措施, 比如尽量采用技术成熟、免维护的设备, 提高设备检修工艺和质量等。同时, 对如何有效发现设备缺陷和减少设备缺陷发生率的方法进行了探讨, 提出了开展群众性缺陷分析与研究等一些可行的办法, 起到了指导检修和减少缺陷的作用。

关键词: GIS; 缺陷分析; 运行稳定; 缺陷管理

中图分类号: TM622 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1609(2012)09-0108-04

Analysis of 500 kV Gas Insulated Switchgear Defects for Ertan Hydropower Station

LU Yi¹, YANG Yong-hong²

(1. Ertan Hydropower Plant, Panzhihua 617000, China; 2. Jinping Hydropower Plant, Xichang 615000, China)

Abstract: According to the statistics and analysis of the defects of Ertan Hydropower Station's 500 kV gas insulated switchgear (GIS) occurred in the past 12 years, the main types of the defects and their incidences are summarized. Accordingly, some preventive measures are provided, such as adopting advanced and maintenance-free equipment, improving maintenance process and quality of equipment, and so on. In addition, the methods for effectively finding defects and reducing defect incidence are discussed.

Key words: gas insulated switchgear; defect analysis; stable operation; defect management

0 引言

二滩水电站安装 6 台 550 MW 水轮发电机组, 水库库容 57.9 亿 m³, 属季调节水库, 设计多年平均发电量 170 亿 kWh, 保证出力 1 000 MW, 年利用小时数为 5 162 h。电站作为川渝电网的骨干电源点, 处于川渝电网末端, 送出通道共 5 回 500 kV 线路, 其中, 二普断面通过二普 1、2、3 线, 经普提变电站与四川主网相连, 在普提侧加装串联电容器补偿; 二石断面通过二石 1、2 线与攀枝花电网相连。

二滩水电站 500 kV 电气设备由 500 kV GIS、500 kV 高压电缆和 500 kV 出线及其附属设备组成。500 kV GIS 由断路器、刀闸、地刀、母线、CT、PT 等组成, 除二石二线线路断路器 5041 及其附属设备、二石二线出线刀闸及其附属设备由新东北电气公司提供外, 其余 GIS 设备均由日本三菱公司提供。由三菱提供的 500 kV GIS 断路器、刀闸与地刀的操

作能源为压缩空气, 其气源取自三菱提供的压缩空气系统。断路器采用弹簧合闸、气动分闸方式, 隔离刀闸与地刀采用气动分合闸方式。由新东北电气提供的 500 kV GIS 断路器 5041 操作机构为 ABB 公司的 AHMA-8 型液压弹簧操动机构, 可以实现断路器的分合闸。AHMA-8 型液压弹簧操动机构能量的储存靠一个蝶形弹簧组来完成。分(合)闸操作时, 分(合)闸线圈电信号通过内置分(合)闸一级阀转为油压信号控制操动机构, 再通过分(合)闸二级阀控制液压油流入(流出)工作缸, 带动工作活塞实现断路器的分(合)闸。

1 500 kV GIS 设备缺陷统计

通过 BFS++ 生产管理系统以及相应的设备检修台账, 对 1998-2009 年 500 kV GIS 设备及其附属的保护、监控、电源等装置的缺陷情况进行了查询与汇总, 总计查询到 63 条记录(更新改造设备未统计在内)。其中 500 kV GIS 设备的缺陷有 18 条, 经过分

类归纳,这些缺陷可以大致分为以下几类:GIS 设备异音、按钮失灵、螺丝松动、计数器显示错误、漏气等。缺陷类型比例图见图 1,缺陷数量与年份分布图见图 2。

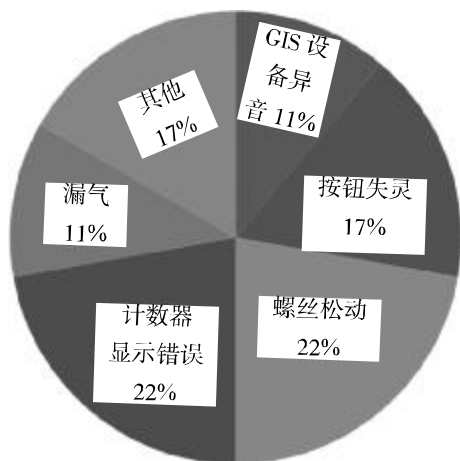


图 1 GIS 设备缺陷类型分布图

Fig. 1 Defect type scattergram of the GIS

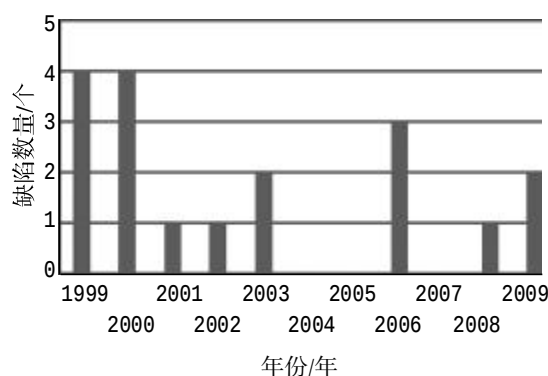


图 2 GIS 设备缺陷数量分布图

Fig. 2 Defect numbers scattergram of the GIS

通过图 1、2 可以发现,500 kV GIS 设备整体上运行稳定,缺陷类型主要集中在机械方面,而且从时间分布上看,大部分集中在投运初期以及投运将近 6 年后。

2 500 kV GIS 设备缺陷分析

2.1 漏气

GIS 设备漏气现象总共出现过两次,一次是 1998 年刚投入使用半年后,GMM101 气隔的 50332 隔离刀闸 B 相气罐在与进线隔离刀闸的联接母线段接地板固定处有漏气现象^[1]。因漏点在隔离刀闸气罐的接地板处,如果对该气罐进行更换处理,至少将拆除部分母线(A、B 两相)、B 相断路器靠该隔离刀闸侧的波纹管。在处理期间 GIS 需解环运行,运行的可靠性将降低且 4 号机必须停机。如果采用密封胶进行堵漏,将造成该位置接地板的接触性差。如果采

用对漏点进行补焊,必须回收该气隔中的气体,且 4 号机也必须停机。补焊过程中危险性很大,工期也较长。因此,综合考虑后对该漏气点进行如下处理:加工一块形状相同的接地压板,根据漏气点的具体位置,在接地压板上铣出一个圆形密封槽,槽深为密封圈直径。根据密封圈密封法,将漏气点完全置于密封圈内进行密封。处理时应将压板涂专用导电脂,并在接地板的对端联接处垫上另一块压板,使接地板仍保持水平状态,保证电气接触面,然后再用接地压板将接地板固定。该处理过程在设备带电情况下完成。通过上述方法处理气隔的漏点,保证了接地板具有充分的电气接触面,满足接地的要求。经处理后用检漏仪进行检测未发现泄漏现象。

另一次是 2006 年,漏气点同样是在 50332 隔离刀闸上,这次是 50332 A 相气罐的支管部有漏气点^[2]。经专业人员检查后认为,漏点接近盆式绝缘子,补焊时焊点的温度高达 1 000 ℃左右,由于金属导热快,焊接时的高温可能会损伤 O 型密封圈和盆式绝缘子,导致法兰面密封和固体绝缘材料被破坏。由于二滩电厂的 GIS 工作压力不高,漏点又很小,即使 GIS 罐体内部略带一点气压,采用密封胶也可以堵住漏点。为了防止罐体内外压差过大,密封胶渗透到罐体内部,因此,就决定在 GIS 罐体内气压略低于外部气压时,用密封胶封堵漏点。经处理后检查,发现该处理方法效果良好,砂眼不再漏气。经过检查确认,发生在 50332 气隔上的两次漏气均是由于隔离刀闸安装时候便存在的砂眼造成的。

从以上两个缺陷可以看出,虽然 GIS 设备制造工艺要求较高,但是也不排除会有缺陷的存在。而且该类缺陷对设备的正常运行危害较大,容易使断路器或者隔离刀闸因气压过低拒动,造成事故。而且当压力降低太多时,SF₆ 气体将失去应有的绝缘作用,如不及时处理将会引起 GIS 断路器等设备的高热,容器内压增大,有开裂和短路爆炸的危险发生。因此,该类缺陷要引起重视。巡检中要多注意观察压力表和听声音,及时做出正确的判断,防范于未然。

2.2 GIS 设备异音

GIS 设备异音的缺陷出现过两次,均是在 1999 年。一次是 5033 断路器 C 相本体发出电磁声;另一次是 5021 断路器 B 相有较大异常的电磁声音,并带有轻微振动^[3]。声音类似于变压器的电磁声音,且在发出声音时出现突大突小,间或消失的现象,这 2 台断路器在出现电磁声时所处的运行方式为断路器在断开状态和断路器两侧带电,在完全投入运行时该电磁声音完全消失。对于 5021 断路器,专家使用

重力加速仪分别对断路器 3 个部位:两断口处、中部传动机构处进行了检测。检测结果为 5021 测试的最大值为 203 μg , 远远大于标准值 100 μg , 但波形没有突变, 为较平滑的正弦波, 因此可判定设备内部没有出现局放现象, 有可能是机械振动引起的声音。就 5021 而言, 当导体中流过很大电流时, 电磁力与静电力都很大, 当传动机构有元件紧固不完全、不对称时, 该元件将发生电磁振动。声音在 SF_6 中传递并反射, 从而使声音的幅值增大, 造成在断路器外界有很大的电磁声。

对于 5033 断路器, 该断路器在安装过程中因内部短导体出现问题而对所有短导体进行过更换处理。因此在短导体联接段屏蔽罩盖紧固不完全、不对称(该处使用的力矩为 480 $\text{kgf}\cdot\text{cm}$)的可能性较大。各触指、屏蔽等元件紧固不完全的可能性也存在。这些元件在电磁力的作用下发生电磁振动。传动机构的元件, 特别是传动机构屏蔽罩, 当其频率与这些振动源的频率相同时将产生共振现象, 使振幅达到最大, 从而发出很大的电磁声音。当 5033 断路器完全投入运行时, 使断路器振源的频率发生了改变, 从而电磁共振现象消失, 断路器的电磁响声也就消失了。

2.3 按钮失灵

按钮失灵缺陷出现过 3 次, 且 3 次都是 5032 断路器重合闸装置上的 DISPLAY 按钮失灵, 其中一次在 1999 年 10 月 8 日, 另外两次分别在 2000 年 3 月 14 日和 5 月 25 日。其原因因为按钮接触不良或者老化、损坏。因为还有别的方法可以查看断路器重合闸显示, 因此此缺陷不影响正常运行。通过对比其他缺陷看出该缺陷的出现只是个例, 并不存在普遍性。

2.4 螺丝松动

螺丝松动现象出现过 4 次, 4 次缺陷发生在不同的断路器和隔离刀闸上。分别是 2000 年两个隔离刀闸限位螺钉与拐臂间间隙超过允许范围; 2002、2003 年两次断路器操作机构箱上的固定螺钉脱落和松动。通过紧固螺丝缺陷得到消除。螺丝松动造成断路器或者隔离刀闸限位螺钉与拐臂间间隙超过允许范围这个问题不能忽视, 因为该间隙的大小直接关系到触头接触的程度, 如果长期接触面积过小, 会造成直流电阻增大, 触头发热, 严重的可导致断路器或者隔离刀闸烧毁。分析认为: 由于 500 kV 断路器分合闸时震动巨大, 部分未完全紧固的螺丝可能会因为这种剧烈的震动而松动。针对这一问题, 应该加强监视, 定期检查、维护, 提高检修质量, 以保证设备的正常运行。

2.5 显示错误

该类缺陷主要发生在计数器上, 总共出现过 4 次, 分别在 2006 年 2 次, 2008 年 1 次, 2009 年 1 次, 都是最近几年出现的缺陷, 4 次都是不同断路器、隔离刀闸、地刀的动作次数计数器显示错误。这类计数器都是机器计数, 计数器显示错误缺陷也是因为计数器上的拐臂螺丝松动引起, 经紧固螺丝后, 计数器能够正确对每一次分合闸计数。分析认为: 由于 500 kV 断路器分合闸时震动巨大且检修时没有对其进行维护, 造成螺丝松动引起计数器不能正常计数。因此断路器检修时也应该注意该类问题。

2.6 其他原因

除去以上所述类型的缺陷, 另外 3 个缺陷分别是设备标识不对, 刀闸操作把手指示灯损坏和断路器空气压力表显示偏高。设备标识不对是由于人为原因造成, 如果不注意, 会造成运行人员走错间隔, 发生误操作事故。该类问题虽不属于设备自身固有缺陷, 但是仍然要引起重视, 在设备安装时期要严格核对相应标识, 以免为以后埋下隐患。其他两个缺陷均是设备使用年限过长导致老化和损坏, 属于偶发缺陷, 只是个例, 不影响设备正常运行。减少此类缺陷需要在平时巡检多加注意即可。

3 500 kV GIS 设备运行情况评价

通过二滩水电站 GIS 设备 12 年以来的缺陷统计分析结果可以看出: GIS 设备自身结构布局合理, 灭弧系统先进, 制造工艺精细, 在运行人员和检修人员的精心维护和保养下, GIS 设备的运行状态十分稳定。基于以上的原因, GIS 设备检修周期长, 维修工作量小, 而且由于小型化, 离地面低, 日常维护更加方便, 缺陷的发生率就更小。更多要做的是对这些设备进行持续的观察和维护, 及时发现缺陷和隐患并消除。总体说来, GIS 设备本身运行的可靠性和运行检修人员的精心维护, 是其能够长期安全稳定运行的保证。

4 减少缺陷的措施

对二滩水电站 GIS 设备运行状态进行统计分析的同时, 对如何有效发现设备缺陷和减少设备缺陷发生率的方法也进行了探讨, 归结出以下几点意见:

1) 巡视、检查是发现缺陷的最有效手段。相应部门要制定合理而且全面的巡检计划, 指明巡检重点区域或设备。员工要认真履行巡检计划, 踏踏实实地做好设备巡检工作, 仔仔细细地观察好每一个细节, 记录好每一个数据, 不能走过场、注形式, 特别是对

重点区域和设备更要仔细检查。巡检过程严格做到“六到,一不漏”,不放过任何一个报警信号和危险点。

2)严把设备入库检查、现场安装和调试关。设备自身的可靠性低是导致缺陷产生的第一因素。一方面在设备进入安装之前要做好详细的检查,确认设备没有硬件问题再签收;其次在配合厂家进行设备安装的时候,要求厂家在施工过程中要精益求精,注重细节,确保安装质量;另一方面当设备进入调试阶段时,检修和运行维护人员要认真负责,对调试中发现的问题做到早发现、早处理,防患于未然。前面说到的隔离刀闸存在砂眼导致漏气、断路器标识出现错误均是因为入库检查不严、安装不仔细造成的。

3)在电厂以前设备缺陷管理方法的基础上,把设备缺陷分析和统计扩展到检修班组,开展群众性的缺陷分析和统计,形成全厂上下共同参与。通过这种形式,将设备缺陷管理的目的从设备缺陷及时消除引导到以控制设备缺陷的发生、最大限度地减少缺陷并及时消除缺陷这一目的上面来。

4)检修人员要不断完善检修工艺,提高设备检修质量。消缺人员对处理缺陷的检修工艺不能一成不变,要根据情况对检修工艺进行不断的改进和完善。

5)对技术已经相对落后的或者老化的设备进行技术改造升级或者设备更新,可以大大降低设备缺陷的发生,避免一些不安全事件的发生。

5 结语

通过对二滩水电站 500 kV GIS 设备运行情况

的分析,不难看出,从本质安全角度出发,在条件允许和满足安全的前提下,尽量选择工艺先进、安全性高、维护方便的设备。同时,在设备使用过程中,运行人员和检修人员要对其精心维护和保养,开展设备定期巡检和试验,选择合理而有效的消缺方法,及时消除潜在隐患,可使设备运行更加稳定、可靠,为电厂的安全稳定运行提供有力保障。

参考文献:

- [1] 李有春.二滩电厂隔离开关气隔(GMM101)漏气处理[J]. 水电站机电技术,2005,28(1):60-61.
LI You-chun.Disconnector(GMM101) leakage treatment of ertan hydropower plant[J]. Mechanical & Electrical Technique of Hydropower Station,2005,28(1):60-61.
- [2] 高 祥.500 kV GIS 开关站隔离开关泄漏处理[J]. 水电厂自动化,2009,30(2):50-51.
GAO Xiang.Disconnector leakage treatment of 500 kV GIS switch station [J]. Hydropower Plant Automation,2009,30(2):50-51.
- [3] 魏 东.500 kV GIS 开关站特点及维护[J]. 四川电力技术,2004(1): 60-62.
WEI Dong.The features and maintenance of 500 kV GIS switch station[J]. Sichuan Electric Power Technology,2004(1): 60-62.

卢毅(1984—),男,工学学士,助理工程师,从事水电站运行管理工作。

杨永洪(1986—),男,工学学士,助理工程师,从事水电站运行管理工作。

简 讯

中国特高压直流输电技术不断跃升

“该工程在输送容量、技术水平等方面再次刷新世界纪录,再次创造国际领先水平,是±800 kV 直流输电技术的标准化工程。”2012 年 7 月 28 日,在溪洛渡左岸—浙江金华±800 kV 特高压直流输电工程开工动员大会上,国家电网公司副总经理舒印彪的这番话吸引了各方关注,也表明国家电网公司一步一个脚印,推动特高压直流输电技术逐渐成熟,不断跃升。

国家电网公司自 2004 年年底启动特高压直流输电技术研究以来,经过多年探索和实践,取得了举世瞩目的成绩:已建成的向家坝—上海±800 kV 特高压直流输电示范工程,目前已安全稳定运行两年,性能指标优良;在建的锦屏—苏南±800 kV 特高压直流工程进展顺利,已经试运行,计划年内投运;在建的哈密—郑州±800 kV 特高压直流输电工程,将输送容量从 700 万 kW 级提升至 800 万 kW 级,技术经济性更高;刚刚开建的溪洛渡左岸—浙江金华±800 kV 特高压直流输电工程,是国家电网公司建设的第四回特高压直流工程,工程输送容量更大,技术水平更先进,国产化水平更高,对“±800 kV 电压等级、800 万 kW 输送容量”直流输电技术的成熟推广将起到极大的示范作用。