

HGIS(GIS)刀闸倒闸操作位置检查方法及应用

李家强

云南电网有限责任公司楚雄供电局, 云南 楚雄 675000

[摘要] HGIS (GIS) 把断路器、隔离开关、互感器、接地开关、出线套管等分别装在各自的封闭间中集中组成一个整体外壳充以六氟化硫气体作为绝缘介质。采用 HGIS (GIS) 组合设备的变电站具有规划用地面积小、设备由厂家成套生产施工安装方便、施工工期短、倒闸操作方便、全部电气设备在密封空间不受外界环境影响、日常运行维护定期工作量小等优点, 越来越多的被国家电网建设采用。但 HGIS (GIS) 组合电气设备与传统的敞开式常规变电设备及半密闭的高压设备对比, 由于电气设备处在密闭空间内而导致直观性不强, 无法直接用肉眼直观的通过电气设备的触头接触情况来判断 HGIS (GIS) 隔离开关及接地开关触头分合闸是否到位, 对于电气操作质量的检查存在隐蔽性。HGIS (GIS) 组合设备的可靠分合闸对电网安全运行非常重要。本文对 HGIS (GIS) 隔离开关及接地开关通过倒闸操作中一次设备、二次设备、电气量等检查方法进行论述, 并应用于本站日常的组合电器设备倒闸操作及日常运行维护中。

[关键词] 隔离开关及接地刀闸; 位置检查; 方法

DOI: 10.33142/hst.v4i6.4846

中图分类号: TM564

文献标识码: A

Inspection Methods and Application of Switching Operation Position of HGIS (GIS) Knife Switch

LI Jiaqiang

Chuxiong Power Supply Bureau of Yunnan Power Grid Co., Ltd., Chuxiong, Yunnan, 675000, China

Abstract: HGIS (GIS) installs the circuit breaker, disconnector, transformer, grounding switch, outgoing bushing, etc. in their respective enclosed rooms to form an integral shell, which is filled with sulfur hexafluoride gas as the insulating medium (GIS) substation with combined equipment has the advantages of small planned land area, complete set production of equipment by manufacturers, convenient construction and installation, short construction period, convenient switching operation, all electrical equipment are not affected by the external environment in the sealed space, and small regular workload of daily operation and maintenance. However, HGIS is more and more adopted by the construction of State Grid (GIS) compared with the traditional open conventional substation equipment and semi closed high-voltage equipment, the combined electrical equipment is not intuitive because the electrical equipment is in a confined space, so it is impossible to judge HGIS directly by the contact of the electrical equipment with the naked eye. Whether the opening and closing of disconnector and grounding switch contacts are in place is hidden for the inspection of electrical operation quality. The reliable opening and closing of HGIS (GIS) combined equipment is very important for the safe operation of power grid (GIS) the disconnector and grounding switch are discussed through the inspection methods of primary equipment, secondary equipment and electrical quantity in the switching operation, and are applied to the daily switching operation and daily operation and maintenance of combined electrical equipment in the station.

Keywords: disconnector and grounding knife switch; position inspection; methods

1 HGIS (GIS) 设备介绍

我站 500kV 组合电器采用上海西门子高压开关有限公司的 HGIS 高压配电设备, HGIS 设备为 8DQ1-550 型 SF6 组合电器, 三相户外布置, 每相单元是独立的, 每相元件的带电部件与绝缘支撑置于加压的 SF6 气体箱内。每相单元包括外壳箱, 断路器动静触头、绝缘支撑、电流互感器、隔离开关、接地开关等, 均组合在充有 SF6 气体的三个气室中, 其中断路器、电流互感器在一个气室, 为采用 SF6 气体作为绝缘和灭弧介质的双断口灭弧室, 断路器两侧的隔离开关、接地开关在另外两侧的气室内, 各气室之间用盆式绝缘子隔离, 都配有 400 欧姆的合闸电阻。断路器操作机构为弹簧储能机构, 适用于断路器单相和三相的自动重合闸。SF6 气体密度压力表安装于各个单独气室的外壳箱外。2 号主变 500kV 侧组合电器采用河南平高电气股份有限公司的 HGIS 高压配电设备, 共 1 台。GIS 设备为 GST-550BH 型 SF6 组合电器, 三相户外布置, 断路器、断路器 TA 位于同一气室, 隔离开关、接地开关位于同一气室, SF6 气体用于设备绝缘及灭弧。断路器操作机构为液压储能机构, 适用于断路器单相和三相的自动重合闸。SF6 气体密度压力表安装于各个单独气室的外壳外。

220kV 组合电器采用山东泰开高压开关有限公司的 GIS 高压配电设备。GIS 设备为 ZF16-252 型 SF6 组合电器，三相室内布置。母线、母线 TV、断路器、断路器 TA、隔离开关、接地开关均封装于 SF6 气室中，断路器、断路器 TA 位于同一气室，隔离开关、接地开关位于同一气室，母线、母线 TV 位于独立气室，SF6 气体用于设备绝缘及灭弧。断路器操作机构为弹簧储能机构，适用于断路器单相和三相的自动重合闸。SF6 气体密度压力表安装于各个单独气室的外壳外。

2 隔离开关及接地开关分合闸到位检查方法

2.1 一次设备检查

隔离开关由操作机构、传动连杆、绝缘拉杆、导体、中间触头、动触头、梅花型触头等组成，其动作原理是操作机构动作带动绝缘拉杆转动，与绝缘拉杆端部连接的齿轮随之转动，从而驱动与齿轮啮合带动动触头成直线运动，从而实现管理开关的“分闸、合闸”操作。在变电站倒闸操作分闸时由合上储能电机电源给弹簧机构储能，弹簧过“死点”后然后压力释放能量推动机械机构输出轴转动，同时由连在输出拐臂上的油缓冲器进行缓冲。机械机构输出轴带动传动连杆拐臂转动，实现隔离开关分闸从外面连杆传动的转动经过绝缘拉杆带动拨叉，从而使动触头杆对隔离开关及接地开关的分合闸进行分断或接触。从上述机械机构及传动部分动作分析不难看出，隔离开关从电机输出到动触头杆分合操作需经过传动曲轴、输出传动拐臂、刀闸连动杆、拨叉等多个机构部件配合的传动才能完成，其中任何一个部件的故障或者“带病运行”均会导致隔离开关及接地开关的分合闸不到位。对气体绝缘金属封闭开关设备正确的倒闸操作是保证电网和设备安全的重要环节，尤其是隔离开关及接地开关的操作，我们可以从下述几方面检查隔离开关及接地开关的分合闸位置：

(1) 观察隔离开关及接地开关机构箱分合闸位置指示

在变电站倒闸操作中位置检查人应认真检查隔离开关和接地开关机构箱观察窗分合闸指示牌均指示正确，对于三相设备应每相均应指示正确，对于我站 220kV GIS 设备隔离开关及接地开关看到绿色“分”字为分闸位置，红色“合”字为合闸位置，而 500kV GIS 组合电器隔离开关及接地开关合闸时显示为红色的“1”，分闸时显示为绿色的“0”。不同厂家的设备分、合闸指示有差异，但是机械运动原理一致。

(2) 观察隔离开关及接地开关机构箱传动机构拐臂位置指示

在变电站倒闸操作中位置检查人应认真检查隔离开关和接地开关传动机构拐臂是否有效动作，拐臂连杆是否摆动到位。位置检查人员应站在能有效观察到隔离开关和接地开关传动机构拐臂的位置，在机构开始动作后仔细观察各相隔离开关、接地开关的传动机构拐臂动作情况，确保运动到位。

(3) 观察隔离开关及接地开关机构箱传动机构三相连杆动作情况

由于隔离开关及接地开关的分、合闸外部的传动主要靠连杆进行传输动力，因此观察隔离开关及接地开关机构箱传动机构三相连杆动作情况尤为重要。按照反措要求，隔离开关和接地开关分合闸位置进行划线标识。在传动机构连杆处进行划线标识，要求能正确反映隔离开关和接地开关分合闸位置。在变电站倒闸操作中位置检查人应检查连杆的动作情况，对于进行了标识划线过得刀闸，应确保到位，同时应注意连杆是否有被机构其他部分卡涩，连杆本体是否有部件脱落、裂纹、扭曲的现象，发现异常暂停操作，待问题解决后才能继续操作。

2.2 二次设备检查

变电站二次设备是对一次设备进行监察、测量、控制、保护、调节的辅助设备，通过继电保护及自动装置，如继电器、自动装置、转换开关等，用于监视一次设备的运行状况。二次设备的信号应以一次设备的状态一致，我们变电站倒闸操作中可从以下几个方面检查：

(1) 观察断路器操作箱内隔离开关及接地开关位置指示变化

我站 220kV GIS 断路器操作箱内面板指示灯“红色”亮表示隔离开关及接地开关合闸二次辅助接点转换到位，而断路器操作箱内面板指示灯“绿色”亮表示隔离开关及接地开关分闸二次辅助接点转换到位。若指示灯无颜色显示，说明隔离开关及接地开关分合闸辅助接点都未接通，隔离开关及接地开关应该在分合闸中间位置。而 500kV GIS 设备通过断路器操作箱内观察断路器操作箱内检查隔离开关及接地开关位置指示牌的变位情况与面板接线图相对应来确认分/合闸位置。

(2) 后台监控主机主接线图隔离开关及接地开关变位指示

在变电站倒闸操作中后台监控主机报文及变位尤为重要，一次设备操作是否到位可以间接通过隔离开关及接地开

后台监控主机来反映。通过查看后台监控主机接线图相应刀闸位置显示判断刀闸位置。

(3) 后台监控主机信息报文及间隔光字牌变位信号指示

后台监控系统在隔离开关及接地开关在操作时保护装置信号转换会向监控系统发出变位报文，“隔离开关合”表示隔离开关二次接点已完全合闸到位，“隔离开关分”表示隔离开关二次接点已完全分闸到位，同样接地开关分、合闸操作时报“接地开关分”、“接地开关合”。倒母线操作时，当在变电站倒闸操作中线路或者主变 I 母侧、II 母侧隔离开关同时合上位置时，此间隔光字牌“切换继电器同时动作”光字牌亮，当拉开一把隔离开关时此间隔光字牌“切换继电器同时动作”光字牌灭。

(4) 线路保护屏、母差保护屏隔离开关位置变位情况

在变电站倒闸操作中线路或者主变 I 母侧、II 母侧隔离开关合闸（分闸）到位，相应的线路或者主变保护屏断路器操作箱、电压切换箱均能反映隔离开关位置，同样母线保护屏内相应的隔离开关位置信号指示灯亮或者熄灭，从而间接判断一次刀闸位置。

2.3 电气量检查

隔离开关及接地开关合闸、分闸是否到位，在停复电操作中可在相应的电气量反映，具体可从以下几个方面判断：

(1) 检查开关合闸后线路电流变化情况

观察后台监控机或者测控装置电流数值来判断隔离开关是否操作到位，在变电站倒闸操作中，按照规程将接地开关、隔离开关操作至相应状态后遥控合上断路器对线路送电后，可通过后台监控机 Ia、Ib、Ic 的电流数值来判断刀闸分、合闸接触情况。若发现电流指示异常，应尽快查找原因，及时解决异常。

(2) 母线电压变化情况

对于母线电压互感器隔离开关的拉开、合上，可以从母线电压互感器的二次输出电压是否正常，对应母线 Ua、Ub、Uc、3U0 电压数值来判断一次母线电压互感器隔离开关是否合闸到位。若发现电压指示异常，应尽快查找原因，及时解决异常。

(3) 检查断路器合闸后线路电流变化情况

在倒母线操作时，母线互联连接片未投入前记录母差保护屏的电流数值。当母线互联连接片投入正常后，合上线路或者主变 I 母侧、II 母侧隔离开关，母差保护屏电流会受隔离开关等电位影响而流过的电流会有所减少，母线差动保护的一段母线小差保护装置会显示有小差电流，若三相有其中一或者两相有差流，另两或者一相无差流，则可能有一或者两相隔离开关未到位，从而判断一次隔离开关的合闸到位情况。

(4) 检查线路电压变化情况

线路停电时，Ua、Ub、Uc、Uab、Ubc、Uac 电压数值应为 0。线路送电时，可检查断路器合闸后线路 Ua、Ub、Uc、Uab、Ubc、Uac 电压幅值，应在正常范围，且三相平衡。若发现电压指示异常，应尽快查找原因，及时解决异常。

2.4 一次设备声音判断

由于 HGIS (GIS) 组合设备本身的特点决定，在变电站倒闸操作中位置检查人只能观察隔离开关及接地开关机构箱的外部情况，无法观察其内部触头动作情况，即使外面机构箱的连杆、拐臂、转动轴都转换到位，若隔离开关及接地开关气室里面的部件故障，比如拨叉脱漏、断裂等情况，将导致外面的连杆动力不能有效的动作在动触头的分合闸行程上，同样会导致隔离开关及接地开关外部指示与实际位置不对应的情况。在隔离开关及接地开关整个动作过程中，现场位置检查人应在现场观察拐臂、连杆动作情况，同时听操作设备气室内部声音是否正常，有无部件断裂、脱落或卡涩的不正常声音，如果发现异常的声音，应立即停止操作，禁止有疑问时盲目操作，待查明原因正常后才能继续进行。笔者曾遇到过隔离开关分闸时，有一相隔离开关未动作，现场隔离开关拉开的声音较正常情况明显不同。

2.5 其他方面判断

(1) 对 HGIS (GIS) 设备进行测温检查

设备送电后，线路带上负荷，若隔离开关或者断路器导电连接部分触头接触不好，会导致电阻增大，产生发热现象，通过肉眼无法观察，这就需要借助红外成像仪或者点温枪来开展测温。对设备进行红外测温可排查发现其内部温度异常情况，从而发现刀闸或开关合闸不到位导致的绝缘介质恶化、泄露引起的局部发热。我站在日常运行维护中在涉及 HGIS (GIS) 设备复电操作都进行一次设备测温。红外测温对发现触头接触不良、隔离开关操作不到位等导致设备

发热是一项重要常见的手段。

(2) 检查 GIS 局部放电在线监测系统

当在变电站倒闸操作设备送电后, 如果 GIS 在线监测系统六氟化硫气体浓度异常、氧气浓度降低或者有局部放电告警, 并且在反映在相应的刚操作设备间隔, 应进行检查判断, 如有必要对已送电的设备进行停电处理, 以防隔离开关合闸或者分闸不到位而导致放电, 弧光接地短路, 造成电网安全运行的严重后果。

(3) X 光拍摄检测法

目前通过 X 射线检测仪进行 X 光拍摄检测法是对 HGIS(GIS) 设备内部故障检查的重要工具, 它具有透视功能, 可以通过 X 光拍摄及计算反应出分闸时两触头之间有效距离及合闸时插入深度, 对于验证设备是否到位可否继续安全运行提供有力依据, 也为后续检修工作提供更好的技术支持。

3 结语

HGIS(GIS) 与传统的敞开式变电站设备对比, 由于在密闭空间内直观性不强, 不能用眼直接观察内部触头的动作情况, 上述的单个检查方法都具有一定的局限性, 所以在 HGIS(GIS) 组合电器在倒闸操作过程中应严格执行隔离开关和接地开关分合闸位置核对的要求, 通过“机构箱分/合闸指示牌、汇控箱位置指示灯、后台监控机的位置指示、现场位置划线标识、隔离开关/接地开关观察孔可视化确认”等一次、二次、电气量、现场声音等手段来判断隔离开关和接地开关分合闸状态。将检查确认要求修编到变电站现场运行规程及典型操作票中, 严格执行操作后“三检查”确保操作质量, 杜绝应刀闸分合不到位导致的不安全事件发生。

[参考文献]

- [1] 陈志明. GIS(接地)刀闸分合闸不到位风险分析及控制措施探讨[J]. 电子制作, 2014(24):195-198.
- [2] 叶甲寅. 500kV 刀闸开关共用机构的问题分析与预控研究[J]. 中国核电, 2021, 14(1):87-92.
- [3] 段润权, 李波. 500kV GIS 隔离及接地开关加装位置指示装置的分析及方法[J]. 云南水力发电, 2020, 36(3):60-64.
- [4] 林宏达. GIS 设备刀闸分合闸不到位判定及预防措施[J]. 中国设备工程, 2020(7):114-115.

作者简介: 李家强 (1988.3-) 男, 助理工程师, 云南电网有限责任公司楚雄供电局, 从事变电设备运行与维护方面工作。