

[隔离开关]

一起110 kV隔离开关电动操动机构故障分析

文/国网冀北电力有限公司廊坊供电公司 毕影娇 赵雨 吕艳硕 张东亮 李 锐

隔离开关在长期运行过程中，分合闸操作次数多，对电动操动机构的要求较高，如果不能满足操作过程中的转矩要求，会给设备安全运行带来隐患。针对一起110 kV隔离开关电动操动机构故障进行分析，并对如何预防此类故障的发生提出了改进措施，具有重要意义。

110 kV隔离开关在供电系统中，供高压线路在无载荷的情况下进行换接，在高压母线、断路器等高压电气设备与带电高压线路间形成明显的断开点，起到电气隔离作用。同时还用于改变系统的运行方式，切合母线转移电流及电压互感器、避雷器等规定范围内的小电流。隔离开关的结构主要包括主导电回路、支柱绝缘子、本体、传动连杆和操动机构等，并可根据需要在隔离开关上加装接地或钢支架。

操动机构是隔离开关的重要组成部分，用来完成隔离开关的分合闸操作，分为电动操动机构与手动操动机构。电动操动机构由三相交流电动机驱动，通过齿轮、蜗轮蜗杆减速装置将转矩传递给电动机输出轴；机构配有辅助开关，并设有人力分合的手动装置，还可装设加热器、温湿度控制器、照明灯及手动闭锁开关等辅助设施。手动操动机构通过摇杆，将转矩传递给机构输出轴。隔离开关的电动操动机构在日常操作、例行检查和试验时起着至关重要的作用，如若出现故障，则会使整个隔离开关停止运行，造成停电事故，不仅对电网有较大的冲击和伤害，也会造成人民财产的损失。

故障情况

2018年10月，某220 kV变电站113-5隔离开关就地电动合闸，监控机显示为分闸，位置指示不正确；118-5、145-47隔离开关在合闸的过程中，电动分合不停；145-57隔离开关电动操作失灵，只能手动使用摇杆操作。

做好安全措施后，现场查看各隔离开关状态，发现隔离开关145-57、113-5电动操动机构中减速装置的主轴和机械限位装置均已脱落，减速箱侧面和底部出现明显裂痕；118-5、145-47均是机械限位装置脱落，如图1~图4所示。

故障原因分析

此站的110 kV隔离开关电动操动机构于2011年生产并投入运行，直至故障发生，虽然已经运行7年，但并未到使用年限，所以根据以上状态，结合现场勘查、操作情况，判断出现此次故障的原因为隔离开关电动操动机构材质与安装工艺存在质量问题，不能满足正常操作产生的相对作用力的转矩，使其机械限位不能正常闭锁，造成传动机构的变形，甚至损坏，令分合闸指示不正确和电动操作失灵。



图1 145-57隔离开关

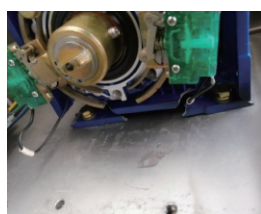


图2 113-5隔离开关

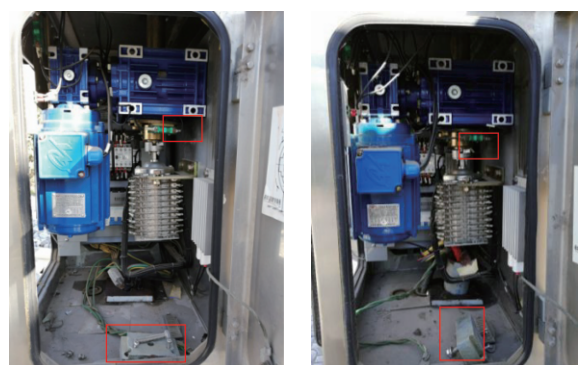


图3 118-5隔离开关

图4 145-47隔离开关

正常状态下的电动操动机构如图5所示。以电动分闸过程为例，按下分闸按钮后，分闸接触器线圈接通，接触器常开触头闭合并自锁，使电动机起

动，电动机向减速装置提供能源，主轴进行逆时针转动，带动传动机构，使隔离开关分闸；当主轴转动到趋近分闸终点位置时，其上的定位件使处于常闭触头的行程开关打开，分闸接触器控制线圈失电，接触器常开触头打开，使电动机失去电源支持，机械限位装置则将机构限制在分闸位置。

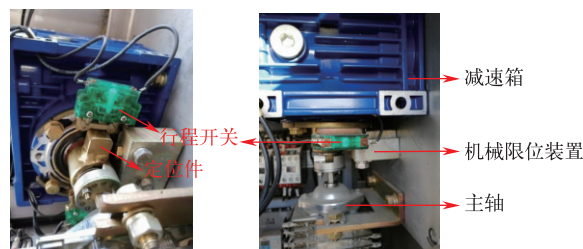


图5 正常状态下的电动操动机构

多次分合闸操作过程中，定位件与机械限位装置发生碰撞，使机械限位装置与减速箱的连接处松动，相对位置产生变化，出现变形、倾斜，造成分合闸时定位件与机械限位装置不能正确闭锁，如此循环往复，机械限位装置发生的位移量越来越大，若操动机构长时间处于此种状态，则出现分合不停的现象，造成减速箱出现裂痕、机械限位装置与主轴的脱落，电动失灵，分合闸位置不能正确指示。

由于造成145-57、113-5、118-5及145-47四组隔离开关缺陷的故障本质相同，因此怀疑是家族性缺陷，对全部110 kV隔离开关电动操动机构进行了现场检查，多个已经出现了缺陷情况，如图6、图7所示。经统计发现，已损坏掉的隔离开关电动操动机构4个，存在裂纹4个，发生变形35个，实为较严重的家族性缺陷。

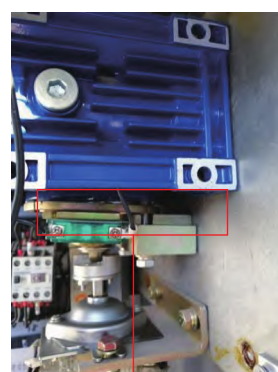


图6 变形、倾斜

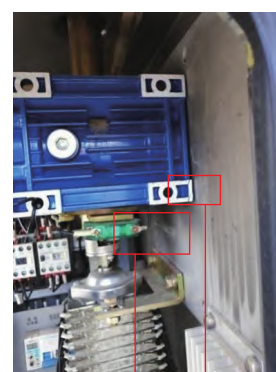


图7 限位脱落、裂纹

(下转第88页)

表3 桥头电厂1分支与GIS设备连接点位置C相闪络故障计算结果

位置	外壳感应电压幅值/V			外壳环流幅值/A			入地电流幅值/A
	A相	B相	C相	A相	B相	C相	
2#主变压器套管	4 017	4 031	4 089	12 576	10 770		8 061
2#主变压器套管与设备连接点	3 432	3 432	3 433	3 886	4 622	29 153	6 864
3#主变压器套管	3 354	3 351	3 370	7 312	5 822	15 098	6 702
3#主变压器套管与设备连接点	3 221	3 220	3 222	8 512	9 236	18 458	6 441
桥头电厂1分支套管	2 880	2 885	2 886	2 949	4 389	23 719	5 770
桥头电厂1分支套管与设备连接点	2 915	2 916	2 916	2 965	2 089	5 311 348	5 831

即使内部故障发生在负载出线位置，外壳感应电压、环流和入地电流幅值依然呈现主变压器位置大、负载出线位置小的规律，且各项数值和故障发生在其他地点时相差不大。由于此时单相闪络故障发生在C相，因此主变压器位置C相的外壳环流最大，相应地，负载位置C相的外壳环流最小，此规律与之前一致。

(上接第75页)

改进措施

为防止电动操动机构因材质与安装工艺存在质量问题而导致隔离开关不能正常投入使用，本文提出以下几点改进措施。

- 1) 严把电动操动机构的选材。对电动机、减速箱、机械限位装置、定位件及主轴等零部件材质和机械尺寸的选择严格按照产品技术要求进行，提高设备的可靠性。
- 2) 加强电动操动机构的安装工艺。安装必须牢固，使同一条轴线上的电动操动机构的安装位置应保持一致；传动部位润滑良好、传动平稳，操动机构各转动部件灵活、无卡涩现象；手动、电动操作无异常；手动操作闭锁电动操作正确；机构组装完毕，检查连接螺栓紧固，转矩值符合产品技术要求。
- 3) 加强设备的巡检。加强设备的巡视检查，对

结束语

对比所有位置的计算结果，可以得出以下结论：

- 1) 当GIS变电站出现内部闪络故障时，每个短接地点的外壳感应电压和入地电流均大大增加。
- 2) 无论故障发生在何位置，均是主变压器分支感应电压、环流和入地电流较高，最大值出现在2#主变压器套管处。
- 3) 外壳环流与故障相的位置有明显联系，对于主变压器分支，故障相的外壳环流为三相中的最大值；对于负载分支，故障相的外壳环流为三相中的最小值。EA

(收稿日期：2022-02-12)

参考文献

[1] 罗学琛. SF₆气体绝缘全封闭组合电气(GIS)[M]. 北京：中国电力出版社，1998.

[2] 宋东波. 几起GIS外部导流排异常发热的分析[J]. 高压电器，2019，55(1)：248-252.

[3] 公多虎，陈文涛，吴天博，等. 振动测试技术在GIS耐压试验故障定位中的应用分析[J]. 电气应用，2020，39(7)：64-66，73.

存在异常的隔离开关及时进行维护与检修，严防家族性缺陷的产生。

结束语

本文针对一起110 kV隔离开关电动操动机构故障进行了分析，并从选材、安装及运行维护等方面提出了改进措施，对日后预防和处理类似故障具有重要意义。EA

(收稿日期：2021-11-11)

参考文献

[1] 电力行业职业技能鉴定指导中心. 变电检修[M]. 2版. 北京：中国电力出版社，2019.

[2] 史浩鹏，马凡琳，杨轲. 基于人工智能识别技术的运维检修监测系统[J]. 电气应用，2020，40(8)：86-91.