

由热备用转为运行。

8 点 03 分 20 秒,运维人员根据调度命令将 130 开关由运行转热备用。

8 点 03 分 24 秒,2 号主变压器间隙过流 II 段保护动作(动作电流值 5.83 A) ,跳开 181、901 开关。

事故发生后,运维人员立即到 2 号主变压器室进行查看,发现 2 号主变压器中性点间隙发生严重的放电现象,中性点间隙铜棒被烧融了一截,详见图 2。

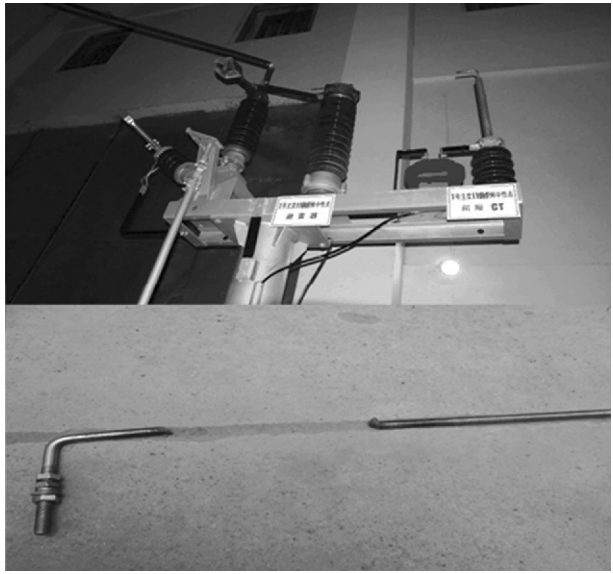


图 2 主变压器中性点放电间隙棒被烧损情况

2 原因分析与故障定位

从故障录波装置上调出故障时的电流电压波形图,详见图 3 和图 4。图 3 中,2U_a、2U_b、2U_c 为 110 kV II 母电压,4U_a、4U_b、4U_c 为 10 kV II 母电压,由于九河站 110 kV I、II 母线上无 TV,其母线电压的监测来自线路 TV,从图 3 中看出,故障前后,110 kV II 母电压皆正常,但 10 kV II 母电压在故障时明显发生畸变,C 相电压在故障录波启动(0 ms) 时刻,变为 0,A、B 相电压相序反向,电压峰值稍有降低; 902 开关 TA 电流值在 0 ms 时刻也发生变化,A、B 相电流出现反向,C 相电流几乎为 0; 181 开关 B 相在 0 ms 前无电流,在 0 ms 时出现反向的电流。图 4 为故障持续时间内的录波图,从图中可以看出故障持续 3 s,随后故障消失,此刻 2 号主变压器跳闸,退出运行。

根据故障录波分析可知,此次故障是由于变压器缺相运行,三相电压不平衡,中性点电压被抬高,超过中性点间隙的击穿电压(110 kV 变压器的中性

点间隙调整距离为 140 mm 左右,击穿电压为 60 kV 左右) ,使中性点间隙被击穿。

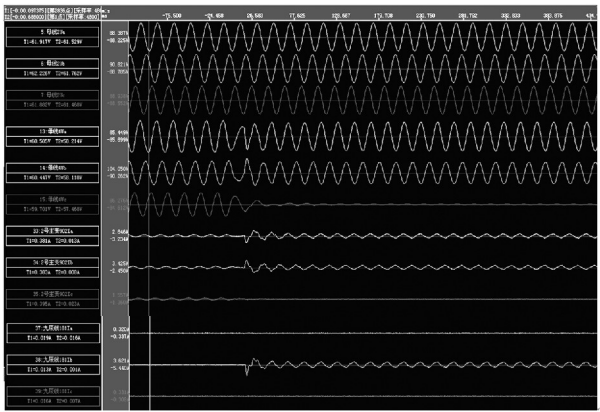


图 3 故障开始时的录波图

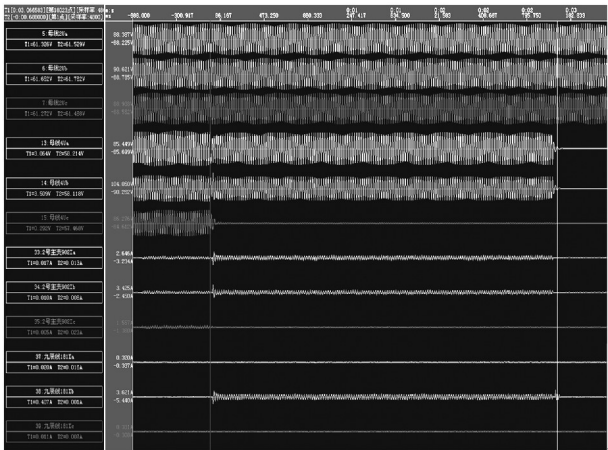


图 4 故障持续 3 s 内的录波图

2.1 缺相原因查找

故障发生后,检修人员对变压器、GIS 设备依次进行了诊断试验,对故障点进行查找定位。

(1) 变压器试验情况

变压器型号为 SFZ10 - 63000/110,出厂日期 2012 年 4 月,厂家为正泰变压器厂,故障时变压器运行在 5 档,对 2 号主变压器进行了诊断试验,主要包括变压器空载试验和绕组直流电阻测试,试验数据详见表 1 和表 2。

表 1 变压器空载试验数据(5 档)

加压	短路	试验电压/kV	空载电流/mA	空载损耗/W
AB	CO	20	32.0	375
BC	AO	20	32.0	375
AC	BO	20	45.0	550

表 2 变压器绕组直流电阻试验数据

(高压线圈变温: 38℃)				
分接位置	AO/Ω	BO/Ω	CO/Ω	相间不平衡度 /%
1	0.504 2	0.506 9	0.506 5	0.53
2	0.497 2	0.499 9	0.499 3	0.54
3	0.490 2	0.493 1	0.492 7	0.59
4	0.483 3	0.486 3	0.485 5	0.62
5	0.476 4	0.479 3	0.478 6	0.61
6	0.469 4	0.472 3	0.471 7	0.62
7	0.462 5	0.465 4	0.464 8	0.62
8	0.455 5	0.458 5	0.458 0	0.66
9b	0.447 3	0.450 0	0.449 1	0.60
10	0.455 7	0.458 9	0.458 1	0.70
17	0.505 1	0.508 0	0.507 2	0.57
低压线圈				
ab	bc	ca	线间不平衡度 / %	
0.006 384	0.006 365	0.006 390	0.39	

根据测得的变压器空载试验数据和直流电阻试验数据,未发现绕组内部存在断线和短路的故障,表明变压器无明显故障,运行正常。

(2) GIS 试验情况

GIS 设备型号为 120 - SFMT - 32CA,厂家为西电三菱电机厂,出厂日期为 1997 年 5 月,投运日期为 1997 年 9 月。对 110 kV II 母所属间隔设备的气室进行了 SF₆ 分解产物测试,开关刀闸回路电阻测试,开关机械特性测试,试验结果见表 3 ~ 表 5。

表 3 开关刀闸气室 SF₆ 分解产物

气室	SF ₆ 气体分解产物含量/(μL · L ⁻¹)			结论
	CO	SO ₂ + SFO ₂	HF	
1021	0.7	0	0	正常
1302	1.0	0	0	正常
1811	0.8	0	0	正常
1813	0.2	0	0	正常
181	5.2	0.5	0.1	正常
130	9.1	0.7	0.2	正常

表 3 所示为 GIS 各个气室的 SF₆ 气体分解产物,试验结果表明 SF₆ 气体组分正常,GIS 各气室内未发生明显的放弧痕迹。表 4 所示为刀闸和开关的回路电阻测试值,1813 刀闸的回路电阻值 A、C 相

显示无穷大,表明 1813 刀闸内部存在故障,没有合上。表 5 所示为 181 和 130 开关的分合闸时间,分合闸时间值皆为正常范围内,表明开关设备运行正常。

表 4 110 kV II 母所属开关设备回路电阻

刀闸	回路电阻/μΩ		
	A	B	C
1021	152	147	169
1302	134	142	145
1811	168	157	147
1813	∞	142	∞
181	67	59	62
130	54	51	49

表 5 开关的分合闸时间

断路器		分合闸时间/ms		
		A	B	C
181	合闸	58	58	57
	分闸	41	40	41
130	合闸	56	55	56
	分闸	42	43	42

2.2 缺相原因

从试验结果判断出故障点出现在 1813 刀闸,随后检修人员打开 1813 刀闸气室顶盖,发现 1813 刀闸三相合闸不一致,B 相刀闸合闸到位,而 A、C 未合闸到位,见图 5。

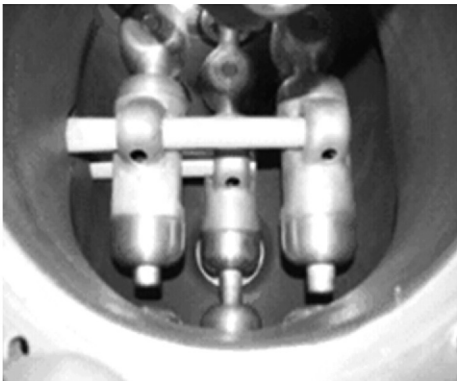


图 5 1813 刀闸 AC 相合闸不到位

1813 刀闸气动机构箱采用的两根传动轴带动动触头进行分合闸,B 相用一根传动轴,A、C 相共用一根传动轴,传动轴通过连接叉条拐臂使动触头进行分合闸。由于该叉条拐臂在当时制作过程中工艺控制不严格,叉条拐臂与传动轴在尺寸上存在正公差,配合不紧密,再加上气动机构分、合闸对罐内导

(下转第 39 页)

- [1] 赵清. “状态检修 + 大检修”管理模式的必要性研究 [J]. 2012 年全国电网企业设备状态检修技术交流研讨会论文集, 2012.
- [2] 国家电网公司生产技术部. 国家电网公司设备状态检修规章制度和技术标准汇编 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [3] 吴晓晖, 甘德刚, 王红梅 等. 四川省电力公司输变电设备状态检修体系建设与应用 [J]. 四川电力技术, 2012, 35(5): 64 - 67.
- [4] 四川省电力公司. 四川省电力公司输变电设备状态检

修试验规程实施细则(试行) [Z]. 2009.

- [5] 谷月雁, 司刚, 刘清瑞. 智能变电站中顺序控制的功能分析与实现 [J]. 电气技术, 2011(1): 58 - 62.

作者简介:

杜仁杰(1983), 硕士研究生, 工程师, 主要从事电力系统变电运维管理工作;

郑雨欣(1986), 硕士研究生, 工程师, 主要从事电力系统变电运维技术工作;

聂雅卓(1987), 硕士研究生, 主要从事电力系统变电运维技术工作。
(收稿日期: 2014 - 09 - 16)

(上接第 15 页)

体冲击较大, 经过十多年来多次操作, 紧固叉条拐臂的螺栓发生松动且磨损严重并发生变形, 见图 6 所示。图 7 为叉条拐臂与传动轴相互摩擦磨损, 配合不紧密的照片。



图 6 动触头传动轴件磨损情况

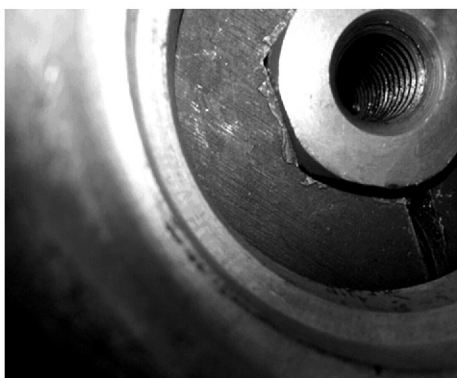


图 7 叉条拐臂与传动轴摩擦变形图

通过以上分析可知, 1813 刀闸 A、C 相刀闸共用一根传动轴, 该传动轴与叉条拐臂存在磨损, 配合不紧密, 紧固螺栓出现松动。当 1813 刀闸进行合闸时, 因 A、C 相传动轴未能固定住 A、C 相叉条拐臂, 在进行传动时未能可靠带动动触头合闸, 使得 A、C 相刀闸动触头处于半分半合的状态, 导致了 1813 刀闸处于缺相运行的状态。

3 故障处理

在找到故障点后, 在厂家的协助下, 检修人员更换了 1813 刀闸 A、C 相拐臂叉条和传动轴, 经过多次传动试验, 确保了 1813 刀闸能可靠分闸, 同时对 2 号主变压器的中性点间隙铜棒进行更换, 及时恢复了送电。

由于九河站 GIS 运行了 15 年, 到了中期检修的阶段, 为了防止该类刀闸再次出现此类故障, 随后检修人员对全站 GIS 刀闸的拐臂叉条都进行了检查, 发现其 1301、1021 刀闸传动轴内部已出现部分螺栓松动、拐臂等配件存在磨损, 都进行了相应的更换与紧固处理。

4 结 论

(1) 变压器高压侧 A、C 相缺相运行时, 中性点电压会抬高, 间隙会发生击穿, 通过设置中性点间隙过流保护能有效的保护变压器。

(2) 当电气设备发生故障时, 可通过故障录波分析得出故障的原因, 并通过高压化学试验等技术监督手段对故障进行查找, 缩短故障查找时间, 提高了效率。

(3) 国内运行了 15 年以上的 GIS 到了中期检修的期限, 部分传动件可能会出现松动和变形, 应对其进行开罐检查, 及早发现并及时处理事故隐患。

作者简介:

李馨博(1985), 工程师, 主要从事变电检修的技术工作;

程昌奎(1983), 工程师, 主要从事变电设备检修管理工作。

(收稿日期: 2014 - 09 - 01)