

交流串入直流造成 500 kV 主变压器 无故障跳闸的分析及改进措施

胡晶晶¹, 曾 丽²

(1. 四川省电力公司超(特)高压公司 四川 成都 610041; 2. 德阳电业局 四川 德阳 618000)

摘要:介绍了 500 kV 某变电站由于设计错误造成交直流混用引起 1 号主变压器无故障跳闸的事故。通过对事故发生时情况的模拟 以及对主变压器出口继电器及其二次回路的检查 找到了事故的原因: 由于交流量窜入直流控制回路引起中间出口继电器动作而造成主变压器无故障跳闸。通过试验对事故进行了分析, 并提出了提高开关操作箱出口继电器的动作功率, 合理规范二次电缆的路径, 在不影响保护性能的前提下增加某些可能引起误动的关键开入量的动作时间的预防措施。

关键词:交流; 分布电容; 绝缘电阻; 二次回路; 出口继电器

Abstract: The tripping of No. 1 main transformer without fault in a 500 kV substation is described as a result of design errors caused by a mix of AC and DC. Through the simulation of the accident situation, the out-tripping relay and its secondary circuit of main transformer are inspected, and the reasons are found, that is, the tripping of main transformer without fault caused by the action of intermediate out-tripping relay because of AC flowing into DC control loop. Through the test and analysis of the accident, the precautionary measures are proposed, that is, to improve the action power of out-tripping relay of switching operation box, to standardize the path of secondary cable reasonably, and to increase the action time of some key inputs which may cause malfunction without affecting the protection performance.

Key words: AC; distributed capacitance; insulation resistance; secondary circuit; out-tripping relay

中图分类号: TM773 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)03-0061-03

某 500 kV 变电站是四川地区的重要枢纽站, 其中 500 kV 为 3/2 接线, 220 kV 为双母双分段不带旁路接线方式。保护和测控采用的是小室设计, 500 kV 有两个小室即 51 小室和 52 小室, 220 kV 一个小室, 主变压器和 35 kV 一个小室。

1 事故经过

2009 年 12 月 25 日, 500 kV 某变电站 1 号主变压器 5021、5022、201 开关跳闸, 其中 1 号主变压器中压侧操作箱“跳闸位置”、“1 跳闸启动”、“保护 1 跳闸”信号灯亮; 5021 开关保护屏第一组“TA”、“TB”、“TC”灯亮; 5022 开关保护屏第一组“TA”、“TB”灯亮; 5022 开关 A、B 相跳闸, 开关本体三相不一致动作跳开 C 相。

2010 年 1 月 7 日 1 号主变压器 5021、201 开关再次跳闸。其中 1 号主变压器中压侧操作箱“跳闸位置”、“1 跳闸启动”、“保护 1 跳闸”信号灯亮; 5021 开

关保护屏第一组“TA”、“TB”、“TC”灯亮。

两次事故检查后均发现一次系统无故障, 一次设备无异常, 故障录波图表明电流、电压正常。但是在这两次事故时都有外单位人员在进行 2 号主变压器扩容施工。

2 检查分析

事故后对监控的 SOE 和绝缘监测仪的事件列表进行了检查, 发现跳闸发生时后台均收到大量干扰信号, 特别是第一次与第二次跳闸时 500 kV 二母地刀均有多次开入变位报文, 且发现各开入量变位有明显的周期性。而绝缘监测仪在每次事故时均发出“直流接地”信号, 由此重点怀疑事故是由交流混入直流回路引发的。

2.1 现场试验及检查情况

2.1.1 相关回路绝缘检查

对 5021、5022、201 和 301 开关跳闸回路及相关信

号回路进行了绝缘测试。测试点主要是芯线之间的相对绝缘及对地绝缘,从数据上反映结果正常,二次电缆对地绝缘良好,不存在由于绝缘不好造成的交直流混用现象。

2.1.2 现场情况模拟

由于二次回路绝缘检查正常,而当时又有人员在现场工作,交流侵入点是不易确定的,而2号主变压器施工人员此时的工作作为重点怀疑对象。

第一次跳闸时虽然怀疑是交流混入直流造成的,但一直未找到交流侵入点。发生第二次跳闸后,决定按照当时的运行情况,对2号主变压器施工人员在事故发生时的工作进行了实际模拟,即:把1号主变压器各侧开关合上(隔离开关不合),由当时运行值班人员和2号主变压器施工人员一起按照当时的工作内容、工作流程和方式进行模拟操作,当2号主变压器施工人员对2号主变压器扩建工程中的一把35 kV隔离开关进行就地合、分操作试验时,1号主变压器5021、5022、201开关再次重现三相跳闸,干扰信号及操作箱信号灯与前两次异常跳闸基本一致。

进一步检查该隔离开关操作机构接线,将操作机构箱直流信号电缆解开,在隔离开关操作同时用万用表监视该电缆的交流电位,发现该隔离开关在进行分闸操作时其直流信号芯线(隔离开关合位信号)出现200 V左右的交流电位。通过对该隔离开关操作机构箱接线的核实,发现存在明显的图实不符:隔离开关直流合位信号芯线(编号805)接在端子号为机构箱X1:2,与隔离开关交流操作回路迂回,在就地手动分闸时就会造成交流窜入直流回路。

2.2 出口继电器及分布电容参数测试

对1号主变压器跳闸回路中所有跳闸电缆的分布电容和CZX-11R和PST-1200操作箱中TJR的动作电压、动作电流和功率进行了测试。

2.2.1 出口继电器参数的测试

测试了跳闸的5021、5022、201和未跳闸的301的TJR及本体重瓦斯开关操作箱出口小继电器动作电压和动作电流,测试未跳闸开关301和重瓦斯跳闸继电器的目的是为了便于分析比较,其试验测量数据见表1。

由表1可见,5021、5022、201和301跳闸继电器动作功率都很低;而瓦斯跳闸继电器则达到了3 W,虽然不满足反措要求的大于5 W,但在本次事故中未动作也充分说明了动作功率大小的重要性。

表1 出口继电器动过电压、电流和功率测试

测试继电器	动作电压 /V	动作电流 /mA	功率 /W
5021 操作箱 TJR	跳圈一 132	5.1	0.67
	跳圈二 110	5.6	0.62
5022 操作箱 TJR	跳圈一 116	6	0.70
	跳圈二 127	6.42	0.82
201 操作箱 TJR	跳圈一 90	5.1	0.50
	跳圈二 120	5.4	0.65
301 操作箱 TJR	跳圈一 79	4.5	0.36
	跳圈二 110	4.8	0.53
重瓦斯跳闸继电器	167	18	3

2.2.2 分布电容测试

测试了5021、5022、201和301开关跳闸回路的分布电容。试验数据如表2。

表2 跳闸回路分布电容测试

	$C_1 / \mu\text{F}$	$C_2 / \mu\text{F}$
5021 开关	92.8	93.3
5022 开关	92	86.8
201 开关	126.6	117.5
301 开关	4.6	4.8

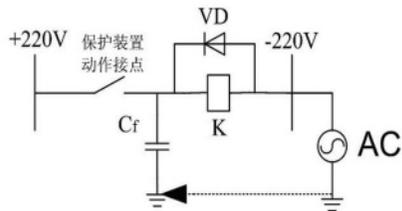
注: C_1 为 TJR1 跳闸回路分布电容; C_2 为 TJR2 跳闸回路分布电容。

由表2可见,所有跳闸开关的跳闸回路分布电容均较大,而未跳闸的301开关的跳闸回路分布电容较小,其影响分布电容大小的原因如下。①1号主变压器柜跳5021、5022开关的控制回路长约180 m左右,从主变压器保护室到51小室,跨越距离远,因此5021、5022开关操作箱跳闸回路分布电容较大;②1号主变压器柜跳201开关的控制回路长约110 m左右,从主变压器保护室到220 kV小室,跨越距离远,因此201开关操作箱跳闸回路分布电容也较大;③1号主变压器柜跳301开关的控制电缆由于只在主变压器小室内,其跨越距离很近,所以其分布电容很小。

2.3 跳闸原理及原因分析

2.3.1 跳闸原理分析

当站内绝缘良好时直流回路一般不会受到影响。但是当交流量进入直流回路中时,在直流回路中基本不起作用的分布电容和杂散电容就会形成回路能够让交流量流过(如图1),当电容值足够大,储存的能量足够多时,就会使继电器K抖动,严重时使相应开关跳闸。



C_f 为跳闸回路等效分布电容; K 为跳闸继电器;

AC 为窜入直流回路的等效交流电源

图1 跳闸等效原理图

2.3.2 跳闸原因分析

事故的主要原因是交流窜入了直流,由于分布电容的影响造成出口继电器动作跳闸。从SOE和直流监控机上的信号来分析,故障前存在交流混入直流电源回路的情况。当交流量窜入直流回路时,若无对地分布电容的影响,一般情况下只会引起直流瞬间接地而无严重后果,但当跳闸回路分布电容较大时,会对操作箱的出口小继电器产生影响,达到一定数值就会引起跳闸。本次跳闸事故均说明了上述论断,即所有跳闸回路分布电容大的开关均跳闸,所有跳闸回路分布电容小的均未跳闸。

事故另一个重要因素是操作箱出口继电器动作功率低。本体重瓦斯电缆也较长,但是由于动作功率达到了3W,同样的电压施加在上,没有达到其出口动作功率而未造成主变压器三侧开关跳闸。

综上所述,这两次跳闸的主要原因是交流窜入了直流,由于分布电容的影响,出口继电器感受到的电压超过其动作值,造成开关无故障跳闸情况的发生;并且由于两次交流入侵点的不同而造成了两次所跳开关也不一样。

3 危险点分析和防范措施

3.1 危险点分析

由于该类事件的随机性较强,涉及全站几乎所有的交直流二次系统,对造成的后果往往分析判断难度较大,因此对常见危险点应有相应的认识:①屏顶小母线上既有交流又有直流,在上面工作时或小动物引起小母线短路时,很可能造成交直流回路串接;②主变压器风冷箱。变压器风冷箱内既有直流又有交流,且接线较为复杂,接线错误或工作过程中的误接线、误碰和设计等诸多因素均可能造成交流窜入直流;③开关和隔离开关机构箱。交流电源包括电气五防、隔离开关电源、储能电源、照明等。直流包括操作电源、

信号回路等。工作过程中的误接线、误碰和设计错误都可能造成交流窜入直流;④控制电缆。反措虽然明确规定了交流与直流不能共用一根电缆,但是由于对此造成的危害认识不够,目前设计上仍然存在交流与直流共用一根电缆的情况。

3.2 防范措施

1) 提高开关操作箱的出口继电器的动作功率,更换5021、5022和201开关操作箱的TJR继电器所在操作板。变压器瓦斯启动中间继电器已有反措要求必须大于5W^[1-5],但线路等跳闸回路并无此标准,因此可以参考主变压器瓦斯启动中间继电器的反措要求,将其他重要且电缆较长的跳闸回路出口继电器启动功率提高到2.5W以上。

2) 合理规范二次电缆的路径。二次电缆敷设尽可能离开高压母线、避雷器和避雷针的接地点、并联电容器、电容式电压互感器、结合电容及电容式套管等设备,避免和减少迂回,缩短二次电缆的长度。

3) 在不影响保护性能的前提下可以增加某些可能引起误动的关键开入量的动作时间降低灵敏度,使其动作时间大于20ms^[6],这种方法可以有效地躲过工频交流量窜入时带来的干扰,但会部分牺牲保护的動作速度(此项要求国网QGDW175-2008变压器高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范中4.2.1的f项有要求,不经判据的跳闸应有10~35ms的延时)。

参考文献

- [1] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [3] 国家电力调度通信中心. 继电保护培训教材[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [4] 江苏省电力公司. 电力系统继电保护原理与实用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [5] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [6] 国家电力调度通信中心. 变压器高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

作者简介:

胡晶晶(1979)男,硕士,长期从事继电保护工作;

曾丽(1980)女,工程师,长期从事电力系统状态检修工作。

(收稿日期:2012-01-12)