

# 电压切换回路故障分析

郭占伟, 魏晓强, 肖志刚, 刘艳东

(许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 记述了某发电厂电压切换回路烧毁的经过, 详细分析了电压切换回路的原理和事故发生的原因。指出了在设计和运行过程中应注意的事项, 并提出了防止类似事故发生的措施。

**关键词:** 母线; 电压切换继电器; 自动开关; 电压互感器

**中图分类号:** TM77      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1003-4897(2006)22-0081-03

## 0 引言

电力系统变电站双母线主接线形式, 以其结构简单, 运行方式灵活可靠, 扩建方便等优点成为大中型变电站主接线形式的首选。此类接线形式变电站的引出线既可以在甲母线上运行, 也可以在乙母线上运行, 同时在条件许可的情况下, 还可以在不停电的情况下在两条母线上相互转换。这就要求保护装置同样可以在不停电的情况下, 保证提供各种判据量的采样。母线电压切换装置就是提供这种转换的装置, 然而在实际应用中却时常出现电压切换回路烧毁的现象。本文记述了某电厂电压切换回路烧毁现象, 分析事故发生的原因, 并提出预防措施, 以供其他用户参考。

## 1 事故经过

某电厂总装机容量  $4 \times 200$  MW, 通过双母双分段接入 220 kV 电力系统。该电厂在进行北母线停运检修过程中出现装置内电压切换插件烧毁事故。1#发变组系统及变电站主接线图见图 1。

北母线停运操作前的系统状况: 变电站南、北母线均带电正常运行, 南母电压互感器投入运行 (4G 闭合); 1#发变组在北母线上运行, 发变组北母出线侧隔离开关 (1G) 和断路器 (IDL) 均闭合, 北母线电压互感器投入运行 (3G 闭合); 双母线并联运行 (5G 6G 2DL 均闭合)。

电厂工作人员 (下称操作人员) 一起到变电站, 首先检查设备一切正常, 然后开始按照操作票操作。首先合上发变组南母出线隔离开关 (2G), 拉开发变组北母出线隔离开关 (1G)。这时北母线为空母线, 除母线联络开关外不带任何出线。操作人员断开母联开关 2DL, 拉开母联隔离开关 (5G 6G), 将北母母

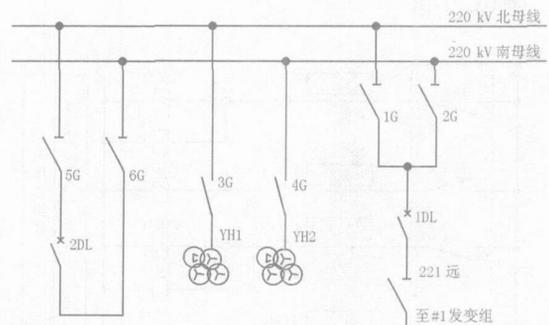


图 1 变电站部分一次接线单线图

Fig 1 Partial primary connection of substation

线退出运行。这时通讯人员接到通知操作箱冒烟, 随即操作人员停止一切工作。继电保护班人员接到通知后迅速赶到现场, 发现操作箱内电压切换插件烧毁。

## 2 现场检查

由于机组正在运行, 为了不影响机组运行, 防止外部系统发生故障导致机组相关保护动作跳机。经研究决定暂将机组保护中需要电压量的相关保护退出运行, 并解除切换装置的外部连线进行处理。

检查烧毁的电压切换插件: 从烧毁的电压切换插件可以明显发现: #1电压切换插件烧的最严重, 印制板上导电铜条多处烧毁弹起来, 并有多处烧穿的洞, 接线端子被烧融化; #2电压切换插件同样烧伤严重, 印制板上导电铜条多处烧毁弹起来。#1、#2电压切换插件上所有双位置电压切换继电器均被烧得炭化变形, 该插件上距离双位置继电器较近的单位置继电器有烧烤的痕迹, 其他单位置继电器没有任何烧伤的迹象。印制电路板上被烧毁的导电铜条均为连接电压互感器二次电压回路的导电铜条, 其中包括保护回路和计量回路, 并且与电压二次回路

A、B、C相相连的导电铜条的灼烧程度非常接近。

检查相关回路:检查相关回路接点状态,一切正常,测量相关回路的电阻值和对地绝缘,均合格。

检查事故发生时相关记录量:事故发生时热工DCS系统记录 1#发变组高压侧一次电压由 230 kV 降低到 170 kV,持续一段时间后消逝。

由于检查外部回路一切正常,为了保证机组的正常运行,决定尽快更换上备用插件恢复系统。更换备用插件后,经试验确认电压切换回路一切正常。恢复外部电压回路接线,投入机组相关保护,一切恢复正常运行状态。

### 3 事故分析

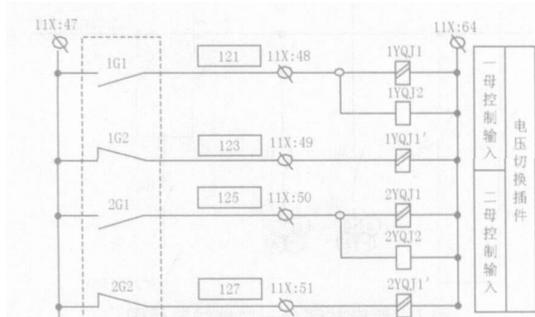


图 2 电压切换控制回路图

Fig 2 Control circuit of voltage selection

电压切换插件回路简单,与外部其他回路联系较少,主要由直流控制回路和各触点回路组成。其直流控制回路如图 2 所示,图 2 中虚线框内为隔离开关辅助触点,连线上框内数字为回路标记编号,事故发生后检查各辅助触点位置状态,状态完全正确。各触点回路连接母线电压二次交流回路、母线保护动作选择回路和失灵启动选择回路等。插件上直流控制回路印制板导电铜条没有直接烧伤的痕迹,端子完好。从 #1、#2 电压切换插件上所有双位置继电器同时烧毁和电压互感器二次回路导电铜条灼烧的严重情况可以推断,电压互感器二次回路是由于长时间过负荷或短路造成电压切换插件烧毁。由于印制板上烧毁的导电铜条均为从继电器至箱端子排 #1 电压切换插件 504 (A), 505 (B), 506 (C), 507 (Sc), 513 (A), 514 (B), 515 (C), 522 (A), 523 (B), 524 (B), 525 (C), 526 (C) 和 #2 电压切换插件相应端子,且各相灼烧情况比较对称;加上事故发生时 DCS 系统监视到 #1 发变组高压侧一次电压由 230 kV 降低到 170 kV 左右;从操作人员的操作时间和运行人员发现装置冒烟时间的比较,可以推测出事故是在

断开母联断路器的同时发生的。根据种种迹象可以推断出当时 #1 和 #2 电压切换插件上的双位置切换继电器同时动作,使带电的南母电压互感器二次回路与不带电的北母电压互感器(当母联断路器(2DL)断开后,北母线不带电)二次回路并接,导致南母线电压互感器通过二次回路向北母电压互感器反充电,电压互感器二次回路过负荷导致电压切换插件烧毁。

电压互感器二次回路反充电的原理图如图 3 所示,系统中南母或北母的母线二次电压经过电压切换回路的选择切换以后才能到达保护装置和 DCS 等测量回路,回路中的切换触点分别为切换继电器的触点,切换继电器由该出线间隔相应的母线隔离开关辅助触点控制。电压切换回路保证出线间隔的二次保护和测量回路所得到的母线二次电压与一次系统始终保持一致。但是在本次操作过程中,操作人员合上南母隔离开关时,隔离开关辅助触点(2G1、2G2)动作,控制 2YQJ 动作,切换触点闭合,这时南北母线二次电压并列运行。但是当操作人员打开北母隔离开关时,该隔离开关辅助触点(1G1、1G2)没有立即动作,或辅助触点信号没有正确输入到切换继电器控制回路,导致电压切换回路中的 1YQJ 在隔离开关拉开后没有返回。此时一次系统双母线并列运行,母线二次电压可以并列运行。然而,在母联断路器(2DL)分开以后,由于北母母线为不带电母线,而电压互感器二次回路仍然连通,导致南母线电压互感器向北母线电压互感器反充电。由于电压互感器二次绕组阻抗较小,电压互感器反充电电流较大,最终导致电压切换回路烧毁。同样在电压互感器反充电过程中,根据回路分压原理,可以导致 DCS 记录装置测得的电压降低。

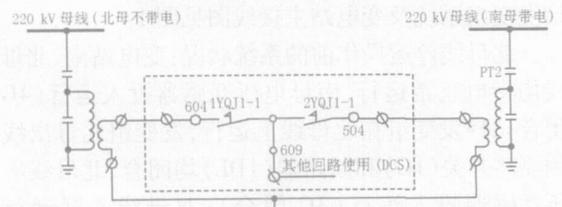


图 3 两条母线电压互感器反充电示意图(图中仅表示一相)

Fig 3 Schematic diagram of PT charging (one phase)

对于母线电压互感器二次自动开关在反充电时没有跳闸的问题。经查实母线电压互感器二次回路自动开关为:某电器厂生产的 GMT32 B5 400 V 交流自动开关。该自动开关在  $2.8 \sim 3.5 I_n$  时可在 25 ms 内分断,但是厂家没有提供更详细的资料,不知道长

期允许通过电流为多大。现场由于条件限制没有进行试验。也就是说短路电流至少需要达到 14 A,自动开关才能跳开。而印制电路板的设计通流能力为 8 A 左右,这样才出现装置烧毁的现象。根据《火力发电厂、变电所二次极限设计技术规程》要求,当运行电压为 90% 额定电压时,二次电压回路末端经过过渡电阻短路,加于(保护)继电器线圈上的电压低于 70% 额定电压时,自动开关应瞬时动作。而当时发生电压互感器反充电时,相当于回路末端经过过渡电阻短路。按照上述关系换算,运行电压为 105% 额定电压,加于继电器线圈上的电压低于 81.3% 额定电压(即 179 kV)时,自动开关应该跳闸。

对于后来检查隔离开关辅助控制触点输入正常,有多种可能。一、有可能因为机械应力,隔离开关操作完以后,辅助机构没有立即到位,但是经过一段时间自动到位,辅助触点转换正常。这种情况在以前出现过,也符合力学原理。二、现场机构调整,由于该地区为煤炭开采地区,地表受到一定影响,加之隔离开关的底座地面基础没有固定在一起,所以,每次操作完设备,都要进行机构调整。

综合以上分析可得出结论:由于操作过程中两路电压切换继电器同时动作,导致断开母联断路器时,北母电压互感器通过二次回路被反充电,电压切换回路过负荷烧毁。

#### 4 总结

根据多年来从事继电保护行业工作的总结,现场曾多次发生类似的电压切换回路烧毁现象。其故障原因主要有两条:一、隔离开关辅助触点转换不可靠;二、电压互感器二次回路自动开关选型不合理。

因此,建议在条件允许的情况下,将隔离开关辅助触点采用两副触点相互串联或并联后使用;隔离开关选择转换可靠的辅助机构。自动开关的选择一定要进行分断电流校验,选择合适的自动开关。另外,电压切换继电器采用双位置磁保持继电器同样是个值得讨论的问题。双位置继电器虽然可以保证在控制直流电源消失时二次电压的正常切换,但是,在切换过程中,要求两组控制触点必须同时正确动作才能保证切换的可靠。这就对隔离开关的辅助转换触点提出了更高的要求。

#### 参考文献:

- [1] 卓乐友. 电力工程电气设计手册 [M]. 北京:中国电力出版社, 1989.  
ZHUO Le-you Manual for Designing of Electrical in Power Project[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1989.
- [2] DL/T 5136 - 2001, 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程 [S].  
DL/T 5136 - 2001, Technical Code for Designing of Electrical Secondary Wiring in Fossil Fuel Plants and Substations[S].

收稿日期: 2006-05-24

作者简介:

郭占伟(1974-),男,工程师,从事电力系统继电保护工作设计与研究; guo7412@126.com

魏晓强(1977-),男,助理工程师,从事电力系统继电保护工作与研究;

肖志刚(1977-),男,助理工程师,从事电力系统继电保护工作与研究。

### Analysis of busbar secondary voltage selection route faults

GUO Zhan-wei, WEI Xiao-gang, XIAO Zhi-qiang, LU Yan-dong  
(XJ Electric Protection & Automation Business Department, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** The paper depicts an accident about voltage selection circuit in power plant. The principle and reason of accident about the voltage selection circuiting are analyzed. Measures of preventing similar accident in design and operation are presented.

**Key words:** busbar; selection relay; automatic switch; voltage transformer

(上接第 63 页 continued from page 63)

existing under Windows environment. As a result, an easy flexible solution scheme for integrating different remote protocols and different RTUs from different manufacturers in SCADA system is available. Finally, the paper presents its implementation method and procedure with C# in detail.

**Key words:** .NET Reflection; protocol plug-in; SCADA; COM