

# 一起刀闸操作引起开关跳闸事故的分析

郑宁敏, 林匹

(福建省厦门超高压输电变电局, 福建 厦门 361004)

**摘要:** 通过对福建省 500 kV 福州变的一起 500 kV 线路刀闸操作引起联变 220 kV 侧开关跳闸的事故调查, 指出一些进口的刀闸设备在辅助触点的设计上存在重大隐患, 而且这些隐患在变电所电气设计中极易被忽视。就此问题也提出预防和整改的措施。同时希望籍此文提醒继电保护同行在采用同类设备时注意检查, 避免类似事故的发生。

**关键词:** 刀闸; 辅助触点; 交流干扰; 跳闸

## An analysis of the isolating switch operation leading to switch trip

ZHENG Ning-min, LIN Pi

(Xiamen EHV Power Transmission and Transformation Bureau, Xiamen 361004, China)

**Abstract:** Through the investigation for the accident that the 220kV switch of the transformer tripped caused by an operation of a 500kV line isolating switch, this paper points out the hidden troubles of the imported isolating switch in the designing of auxiliary contact point, and these hidden trouble is easily neglected in substation electrical design. This paper proposes some improved measures, and by the way, reminds relay protection operators to inspect when using the same kind equipments, to avoid the similar accident.

**Key words:** isolating switch; auxiliary contact point; AC interference; trip

中图分类号: TM762 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)08-0102-02

## 0 引言

500 kV 福州变曾经发生一起 500 kV 刀闸操作过程中, 联变 220 kV 侧开关无故三相跳闸的事故。调查人员彻底检查了变电所的相关直流系统、二次回路, 甚至重新核对了整个间隔所有的二次接线, 结果一切正常, 事故调查工作一度陷入茫然。最后在综自系统发出许多看似不相关的信号中找到一些线索, 经过逐步排查, 最后锁定了故障点。

## 1 事故现象

500 kV 福州变操作站内 50621 刀闸分闸的过程中, 联变 220 kV 侧开关 28A 三相跳闸, 现场 35 kV 保护小室 28A 开关操作箱 TC2 插件“TC”灯亮, TC1 插件无信号。除主变保护有启动信号外, 其余所有保护没有动作情况发生。监控系统报文中事故时的主要遥信变位信号记录如下(其中一些被确认正常及无关的信号已滤除):

13:49:55 500 kV 福双 II 线 5062 断路器 50621A 相隔离刀闸拉开

13:49:55 500 kV 福双 II 线 5062 断路器 50621B

相隔离刀闸拉开

13:49:55 500 kV 福双 II 线 5062 断路器 50621C

相隔离刀闸拉开

13:50:05 主变测控一(n3)中压侧 I 断路器 28A 拉开

13:50:05 主变测控一(n35)28A 出口跳闸

13:50:09 35 kV1#保护小间分屏馈线开关脱扣

13:50:09 35 kV1#保护小间直流系统故障发生

13:50:26 35 kV1#保护小间直流绝缘降低

13:50:47 直流屏 2 上传 绝缘故障发生

13:59:09 35 kV1#保护小间直流绝缘降低故障消除

13:59:19 直流屏 2 上传 绝缘正常

另外, 运行人员检查现场还发现, 500 kV1#保护小间 500 kV 第六串单元测控柜 4-32DK 直流空气开关跳开(接在 II 段直流系统), 在此开关的上一级 35 kV1#保护小间分屏馈线开关也跳开。

## 2 现场检查情况

事故后, 现场对相关回路进行了全面的检查, 检查结果除了发现 28A 开关 TC2 插件内的第二组跳

闸继电器 21TJR'、22TJR'、23TJR' 动作电压偏低, 只有 70 V 左右, 没有发现其他回路寄生、绝缘降低或者屏蔽不合规范等问题。我们调取了站内其他设备的年检报告, 站内其他开关的出口继电器动作值都在 110 V (50%额定电压) 以上。

分析以上的故障记录会发现故障当时出现很多直流系统故障、绝缘降低的信号, 这让我们很容易联想到故障当时直流系统有接地或短路。但在事故后对直流系统的检查中, 直流各段母线的绝缘均是完好的, 不存在接地或短路。那么还有一种可能就是有别的电源或者干扰量串入了直流系统。进一步的检查我们发现综自报文中和运行人员发现事故当时跳开的直流空气开关都是在第 II 组直流电源上的, 加上 28 A 开关也是第二组跳闸线圈动作, 这些都印证了干扰量进入第二组直流系统并造成跳闸的可能。

首先怀疑的当然是刀闸操作过程中的一次电弧对二次系统产生的干扰。为证实这个设想, 我们在 28 A 开关第二组跳闸回路上接一台 Nicolet 录波仪, 操作站内 50111、50112 刀闸 (当时由于调度原因, 无法采用原 50621 刀闸进行试验) 多次。我们希望能捕捉到这个干扰量, 但遗憾的是, 拍到的高频干扰都非常微弱, 根本不足以使继电器动作。由此基本可以排除刀闸操作电弧对二次系统造成干扰跳闸的可能。

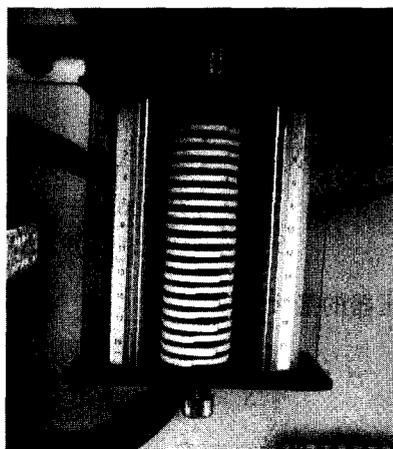


图 1 刀闸辅助触点外观

Fig.1 Aspect of the auxiliary contact point of isolating switch

那么造成跳闸的到底是一个什么样的干扰量呢, 他又从什么地方侵入直流系统的呢? 在其后的检查中, 我们把重点放在了 50621 刀闸上。这个刀闸和二次系统的联系非常少, 只有几个辅助触点通过电缆接入测控装置用于综自系统刀闸位置采集, 而且事故当时, 这个测控装置的直流空开曾经

跳闸。我们再次检查了这几个辅助触点的二次回路, 接线没有问题。但我们也发现测控单元取用的辅助触点与刀闸电气闭锁的交流回路取用的辅助触点正好是相邻的, 而且 50621 刀闸采用的是施耐德公司 DOH-500 型, 它的辅助触点不象国内设备是封闭的, 而是开放的一叠限位开关, 限位开关的触点之间空间距离又非常接近 (如图)。

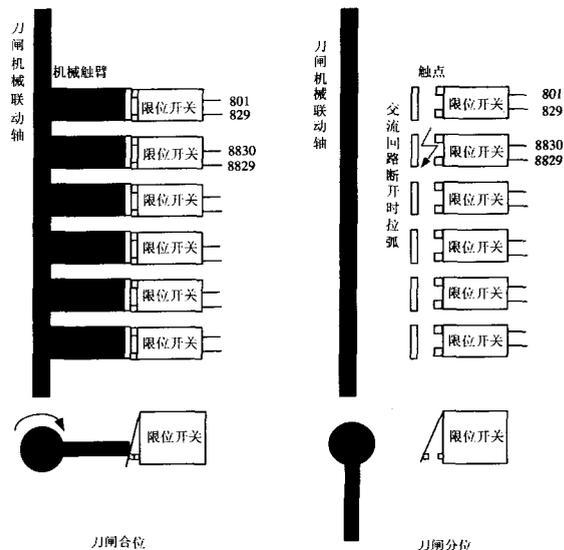


图 2 刀闸辅助触点变位时交流回路拉弧示意图

Fig.2 Schematic diagram of AC circuit when the auxiliary contact point of isolating switch trips

图中 8830、8829 回路是间隔电气闭锁回路 (220 V 交流回路), 而 801 和 829 是测控装置的刀闸位置采样回路。

几天后, 我们申请 50621 刀闸进行再次检查, 当刀闸分闸时, 用于电气闭锁的交流辅助触点处有明显的小电弧和放电。我们在断开直流电源后的 801 和 829 之间接入一个小灯珠, 再次操作刀闸, 灯珠闪亮并立即烧毁。其后我们用可记录峰值的数字万用表测量了这个干扰量在相邻几个辅助触点上的感应电压 (交流档测试), 结果如下:

|            | 相邻触点  | 相邻第二<br>个触点 | 相邻第三<br>个触点 | 相邻第四<br>个触点 |
|------------|-------|-------------|-------------|-------------|
| 干扰电压<br>峰值 | 112 V | 48 V        | 7 V         | 0.4 V       |

### 3 事故原因及整改措施

至此, 事故原因已经很清楚, 刀闸辅助触点在设计上无法有效隔离相邻交流回路断弧造成的空间

(下转第 106 页 continued on page 106)

$\Delta P=0.2 \text{ kW}$ ,  $\beta=110\%$ 时,  $\Delta P=5.403 \text{ kW}$ , 后者是前者的 22 倍。

(2) 这三种型号的变压器中, SH<sub>11</sub>型变压器的损耗最小, 效率最高。如果规定变压器的经济运行区为其效率达 99%以上, 则 SH<sub>11</sub>型变压器的经济运行区最宽, 为  $\beta=6\% \sim 70\%$ , S<sub>11</sub>型变压器的经济运行区则次之, 为  $\beta=30\% \sim 60\%$ , S<sub>9</sub>型变压器按  $\eta \geq 99\%$  要求经济运行区为零。从这点来看, SH<sub>11</sub>型变压器最优秀, 应成为新建配电所配变的首选型号。建议新建的配电所不要再选 S<sub>9</sub>型变压器。对于正在运行的 S<sub>9</sub>型变压器, 退而求其次, 可规定其经济运行区  $\eta \geq 98.9\%$ , 则其经济运行区为  $\beta=30\% \sim 60\%$ 。

(3) 关于“大马拉小车”和“小马拉大车”的判据

规定了经济运行区后, 以此区间两端的数据作为“大马拉小车”的判据即可。例如 SH<sub>11</sub>型变压器, 当  $\beta < 6\%$  时属大马拉小车, 当  $\beta > 70\%$  时属小马拉大车。从表 3 还可以看出一个有趣的现象, 就是对于节能型变压器 SH<sub>11</sub>和 S<sub>11</sub>来讲, 它们实际运行中使损耗增大的主要区域是“小马拉大车”区域, 也就是说, 变压器满负荷运行或过负荷运行时, 其效率均达不到 99%。这一点值得我们注意, 在新变压器选容时不应按满载或过载来选择, 应留有容量裕度, 这样才能真正保证变压器在经济运行区内运行。

## 5 结束语

综上所述, 可以得出以下结论:

(上接第 103 页 continued from page 103)  
干扰, 在刀闸辅助触点变位时, 交流回路断弧引起的干扰串入了直流系统, 加上福州变 28A 开关的动电压较低, 从而导致了本次的开关跳闸事故。

事后, 我们对相关设备进行普查, 发现采用同类刀闸辅助触点的设备还有 ALSTOM 的 SPV、SP02T 等, 我们在采取措施将直流回路与交流回路进行有效隔离的同时, 也通知设计单位在今后的工程设计中注意这个问题。目前福建省在所有刀闸辅助触点使用上都严格按分区原则进行设计, 即直流回路和交流回路分成两个区, 两个区之间相隔至少 5 个以上空触点。

## 4 结语

1) 施耐德 DOH-500 型、ALSTOM 的 SPV、SP02T 等刀闸设备的辅助触点由于采用开放式限位开关的模式, 在本身设计上存在重大的安全隐患。在变电

(1) SH<sub>11</sub>、S<sub>11</sub>、S<sub>9</sub> 三种系列的节能变压器中, SH<sub>11</sub> 系列变压器是目前最优秀的变压器, 其损耗最小, 运行效率最高。

(2) 若规定  $\eta \geq 99\%$  为节能型变压器的经济运行区, 则 SH<sub>11</sub>型变压器的经济运行区最宽, 为  $\beta=6\% \sim 70\%$ 。

(3) 经济运行区两端的数据, 可以作为“大马拉小车”和“小马拉大车”的判据, 对实际运行的节能型变压器, 使它们损耗增大的区域主要是满负荷和过负荷运行区。

(4) 建议新建的配变应首选 SH<sub>11</sub>型变压器, 其次为 S<sub>11</sub>型, 不要再选 S<sub>9</sub>型变压器。

## 参考文献

[1] 万千云, 赵智勇, 万英. 电力系统运行技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.  
WAN Qian-yun, ZHAO Zhi-yong, WAN Ying. Operating Technical of Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.

[2] 黄静. 电力系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.  
HUANG Jing. Electric Power Systems[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.

收稿日期: 2008-05-12; 修回日期: 2008-07-08

### 作者简介:

单晓红 (1961-), 女, 本科, 实验师, 主要从事电力职业技术实验、实训教学和电气测量数据分析的研究;  
曾令通 (1972-), 男, 本科, 讲师, 主要从事电力职业技术教学和电力系统经济运行分析和研究;  
王亚忠 (1959-), 男, 研究生, 副教授, 主要从事电力职业技术教育和电力系统研究。E-mail:wangyz1959@126.com

所电气设计上必须注意交流回路与直流回路在刀闸辅助触点选取上的有效隔离, 否则将造成交流干扰串入直流系统导致跳闸的事故。

2) 提高跳闸出口继电器的动作电压可以有效防止交流干扰串入直流系统造成的跳闸事故。国网继电保护反措要求“在二次回路中作用于跳闸的继电器其动作电压应超过额定电压的 55%”, 这项反措不光能有效防止直流接地造成的开关跳闸, 同时也能有效防止这种交流干扰造成的误跳闸, 在继电保护专业管理中应严格遵循。

收稿日期: 2008-09-25; 修回日期: 2008-10-18

### 作者简介:

郑宁敏 (1976-), 男, 学士, 工程师, 长期从事电力系统继电保护管理工作; E-mail: zhengnm@sina.com  
林 匹 (1967-), 男, 硕士, 高级工程师, 长期从事电力系统调度及变电运行管理工作。