

# 高压断路器拒动原因分析及解决方案

刘杨名, 江福官, 顾爱斌

(金山供电公司电网运维中心继保组, 上海 200540)

**摘要:** 以 35 kV 古松变电站 10 kV 出线古 34 红阳重合闸失败为背景, 分析了古 34 红阳重合闸不成功的原因, 提出了高压断路器拒合故障的注意问题和解决方案, 针对装置出口接点烧毁的现象, 提出对装置的时限元件逻辑进行修改的方法, 从而达到保护的目的; 针对机构分合闸线圈的烧毁现象, 提出在日常检查中加强机构的清洁和保养, 实现对其进行保护, 从而提高设备运行的可靠性。以 220 kV 草桥变电站为例, 简略解析了高压断路器拒分故障中隐含有继电保护整定误区的原因。针对保护方式/保护整定的时间/电流/选择性/灵敏度等因素, 定量分析了其误动细节, 整理归纳了继电保护整定原理的注意点。

**关键词:** 高压断路器; 重合闸; 选择性; 时限元件逻辑; 整定误区

中图分类号: TM561

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2012)02-0090-05

## Reasons Analysis and Solution of Closing Failure of High-voltage Circuit Breaker

LIU Yang-ming, JIANG Fu-guan, GU Ai-bin

(Jinshan Power Supply Company of SMEPC, Shanghai 200540, China)

**Abstract:** Based on the reclosing failure in 35 kV substation, the reason of the failure is analyzed. Some issues related to closing failure and their resolutions are suggested. Aiming at the over burning's phenomenon of installment export contact, a method of modifying the logic parameters of installment timing element is proposed in order to achieve the goal of protection. Aiming at the overturning phenomenon of the closing coil, Management measures are proposed such as strengthening the organization in the daily inspection and the maintenance, thus enhances the equipments' reliability. The reason of having the relay protection installation erroneous zone during the high-pressured circuit breaker' s opening failure by the example of Caoqiao 220 kV Substaion is also analyzed. In view of protection mode/protection installation's factors and so on time/electric current/selectivity/sensitivity, it analyses the details of its mis-movement reorganized the main points of the principle of the relay protection installation.

**Key words:** high-voltage circuit breaker; reclosing; selectivity; logic of timing element; seting mistake

## 0 引言

高压断路器的拒动故障将影响电力系统的安全与稳定, 严重时甚至可引起大面积停电。一般情况下, 拒合故障对电力系统的影响较小, 原因可能在断路器也可能在保护。对于拒分故障来说, 原因有很多, 比如直流接地<sup>[1]</sup>等, 人们在统计故障时都习惯将拒分故障的原因归结为断路器, 对短路保护来说拒分故障影响最大, 应该分开统计, 是断路器故障拒分, 还是继电保护装置主保护拒动或后备保护拒动

造成的拒分, 各占比例是多少, 这样才便于分析真正原因。在变电站的电网保护中, 高压断路器与继电保护装置是分开制造选配安装的, 最后由电力部门来组合整定, 形成一个完整的保护系统。这 2 部分都有可能造成拒分故障。

## 1 高压断路器拒合故障案例分析

### 1.1 概况描述

2009 年 7 月 30 日, 下午 2 时许, 室外雷雨交加, 值班调度人员报告 35 kV 古松变电站古 34 红阳 10 kV 出线重合闸失败, 在控制室及其相应的开关

收稿日期: 2011-11-09; 修回日期: 2011-12-21



2009-07-30 14:32:36.475	TRIP	Deasserted	1个周波后跳闸返回。
2009-07-30 14:32:37.056	CLOSE	Asserted	0.581 s后重合闸启动。
2009-07-30 14:32:37.056	OUT105	Asserted	重合闸动作。
2009-07-30 14:32:37.056	OUT107	Asserted	重合闸动作②。
2009-07-30 14:32:37.060	LT5	Asserted	LT5信号保持动作。
2009-07-30 14:32:38.260	CLOSE	Deasserted	重合闸返回。
2009-07-30 14:32:38.260	OUT105	Deasserted	
2009-07-30 14:32:38.260	OUT107	Deasserted	
2009-07-30 14:59:55.892	LT5	Deasserted	
2009-07-30 14:59:55.892	LT2	Deasserted	各个出口返回。
2009-07-30 15:09:34.264	SV4T	Asserted	
2009-07-30 15:09:34.264	SV4	Asserted	
2009-07-30 15:09:34.264	CC	Asserted	
2009-07-30 15:09:34.264	OUT211	Asserted	约10 min后,重合闸失败调度遥控合闸。
2009-07-30 15:09:34.269	SV4	Deasserted	
2009-07-30 15:09:34.269	CC	Deasserted	0.5 s后遥控返回。
2009-07-30 15:09:34.769	SV4T	Deasserted	
2009-07-30 15:09:34.769	OUT211	Deasserted	
2009-07-30 15:10:12.406	SV4T	Asserted	
2009-07-30 15:10:12.406	SV4	Asserted	
2009-07-30 15:10:12.406	CC	Asserted	
2009-07-30 15:10:12.406	OUT211	Asserted	
2009-07-30 15:10:12.411	SV4	Deasserted	
2009-07-30 15:10:12.411	CC	Deasserted	
2009-07-30 15:10:12.910	SV4T	Deasserted	
2009-07-30 15:10:12.910	OUT211	Deasserted	遥控2次。
2009-07-30 15:10:34.265	IN101	Deasserted	
2009-07-30 15:10:34.285	IN101	Asserted	断路器变位,分闸(仍然合不上)。
2009-07-30 15:14:23.357	IN201	Asserted	
2009-07-30 15:31:37.514	IN101	Deasserted	
2009-07-30 15:31:50.804	IN103	Deasserted	
2009-07-30 15:34:13.604	IN105	Asserted	

(注:①Asserted为动作;Deasserted为返回;  
②OUT105和OUT107都是重合闸出口接点,

其中OUT105以前被烧坏换到OUT107。)

### 1.2.3 微机装置基本特性

古松站的微机保护装置为35151型,编号为:035151345532X1,其输出接点开断电流能力指标<sup>[4]</sup>如下:

额定电流:根据IEC 255-0-20:1974,使用简化评估方法持续6 A。IEEE C37.90,闭合30 A。270  $U_{ac}/360 U_{dc}$ 的MOV用于差分浪涌保护。

动作/返回时间:<5 ms

分断能力(L/R=40 ms):

48 V 0.5 A 10 000次操作

125 V 0.3 A 10 000次操作

250 V 0.2 A 10 000次操作

循环能力(L/R=40 ms):

48 V 0.5 A 2.5次循环每秒

125 V 0.3 A 2.5次循环每秒

250 V 0.2 A 2.5次循环每秒

大电流抗冲击输出接点选项:持续6 A。IEEE C37.90,闭合30 A。

330  $U_{dc}$ 的MOV用于差分浪涌保护。

动作/返回时间:<5 ms

分断能力:10 A 10 000次操作

48、125 V (L/R=40 ms)

250 V (L/R=20 ms)

循环能力:10 A 1 s 4次循环,后跟2 min闲置用于热发散

48、125 V (L/R=40 ms)

250 V (L/R=20 ms)

注意:不要用高电流分断输出接点来开关交流控制信号。

### 1.2.4 原因分析

由以上分析可以得出,从雷击瞬时故障使得断路器跳闸开始,重合闸启动并且发出合闸脉冲,断路器没有执行合闸操作,1.2 s(CFD参数值)后重合闸返回,约10 min后调度手动遥控断路器试图合上开关,但遥控失败。根据以上现象,分析原因可能是重合闸脉冲发出后由于机构存在某种卡涩,使得合闸电流在合闸脉冲返回前长时存在,故而烧毁了线圈,使其丧失了合闸能力,在10 min后调度遥控后仍然是无法合闸。

从以上微机装置的性能特性<sup>[4]</sup>中看出,OUT口的分断能力很有限,在时间常数为40 ms情况下只允许开断不到1 A的电流,可以想象到在调度第1次发出遥控命令后由于合闸机构故障,使得这个遥控合闸电流没有在短时间内分断,所以OUT211返

回时切断的是 1 个大于 1 A 的电流 (前面提到合闸电流是 2.27 A), 这样大的电流已经超出了出口接点的开断能力, 在切断这个电流时产生电弧烧坏了 OUT211 口, 使其发生粘连。因此在调度第 1 次遥控失败后, 装置的 OUT211 口已经烧坏, 第 2 次遥控就更不可能成功了, 这样就更好地解释了 7 月 30 日当天送电前准备工作时, 运行人员把遥控开关一打到遥控位置时, 开关自动合上 (出口已经烧粘连上), 继保人员把 OUT211 出口更换为 OUT212 后, 遥控回路恢复正常。

### 1.2.5 处理策略

针对微机保护中 OUT 出口的烧坏情况, 可以对相关的脉冲返回时间进行修改设定, 通过设定适当的接点返回时限, 避免了分合闸脉冲在遇到故障后, 短时返回切断大电流的情况发生。具体到古 34 红阳, 其遥控逻辑图见图 2。图 2 中接点返回的时间为 25 个周波大约为 0.5 s, 可以把这个数值修改变大 (如 1 000 等), 这样可以在一定程度上减少接点被烧坏的几率, 从而保护装置的接点。



图 2 古 34 红阳遥控回路逻辑图

Fig. 2 Remote controlling logic diagram of Gu-34 line

针对断路器开关分合闸线圈烧毁情况, 一方面可以对机构的机械部分加强润滑定期清扫, 降低其卡涩的概率; 另一方面在分合闸回路上加装容量较大的短时限元件 (重载元件), 一旦遇到不可知原因造成的机构卡涩, 可以用这个元件短小时内切断较大电流从而保护了重合闸接点和分合闸线圈。

针对重合闸出口接点烧坏的情况, 可以通过修改微机装置的合闸失灵时间 (CFD) 这个参数来实现对接点的保护。把 CFD 设置为 OFF, 这样即使在遇到机构卡涩情况接点也不会自动返回切断大电流来烧坏接点, 从而实现了对接点的保护。

## 2 高压断路器拒分故障案例分析

2008 年 3 月 21 日, 北京电网 220 kV 草桥变电站停电事故<sup>[9]</sup>, 导致该站和下属 3 座 110 kV 变电站全停, 另外 2 座 220 kV 变电站和 4 座 110 kV 变电站切换电源运行。涉及 16 座开关站和 2 个重要用户, 大面积停电, 损失负荷 78 MW。事故由并联运行的右电源侧断路器接地闪络引起, 由上级 A 站和 N 站的全微机系统保护的后备保护和零序保护来切除故障, 动作时间为 0.546 s+重合闸后加速保护

0.061 s, 即开关烧损时间为 0.607 s, 致使开关烧损严重只能更换。为什么距离保护和零序保护首次动作的时间是 0.546 s (比短延时后备保护的 0.3 s 还长)? 后加速保护何时也才达到 0.061 s? 主保护的时间这么长, 后加速还有何意义? 这是否“2 套保护均正确动作”? 按理两次动作的时间都应该是瞬时 0.06 s 才对, 开关烧损时间应该是 0.12 s, 对比一下 0.607 s, 可减少 4/5 的烧伤损失, 不必更换断路器。这对用户自己减小损失恢复供电也是有益的。虽然事故原因归结给厂家制造安装不当<sup>[9]</sup>, 但烧损的程度应该与电站保护系统整定原理有关。现有厂家的开关设计无法耐受 0.607 s 的内部故障电弧。

根据国家电网公司统计, 1998-2002 年 6-500 kV 高压断路器拒分故障占总故障的 14.5%, 排各类故障的第 2 位<sup>[6]</sup>。2004 年 6-500 kV 高压断路器拒分故障占总故障的 15.2%, 排各类故障的第 3 位<sup>[5-7]</sup>。2006 年 10 kV 及以上高压断路器的拒动故障, 共占总故障的 14.5%, 排名各类故障的首位。40.5 kV 高压断路器拒分故障 2004 年占总故障的 18.2%, 2005 年占总故障的 29.6%<sup>[8]</sup>, 可见其故障率之大。从统计中看不出造成拒分故障的真正原因。但拒分事故的原因无外乎以上提到的 2 种原因: 系统继电保护整定和开关的机构动作问题。

断路器正常的分闸操作有 2 种, 即进行正常的停送电工作, 通过控制按钮手动跳开断路器和继电保护及安全自动装置在判断系统发生故障或异常后自动跳开断路器<sup>[9]</sup>。断路器的开断性能应该由厂家的型式试验和出厂试验来保证, 并出具试验报告; 继电保护装置及整定的各种主、后备保护时间电流动作特性, 应当在安装整定调试时进行二次回路通电验证, 出具验证数据报告。严格具体地讲必须保证主保护能在末端为最小单相短路电流时 0.1 s 内动作, 后备保护应在同样电流时 0.3-0.5 s 内动作。国际电工 IEC 62271-200:2003 内部故障电弧试验标准推荐的开关设备燃弧时间优选值为 1 s/0.1 s<sup>[10]</sup>, 即远后备保护的動作时间控制在 0.7 s 以内。否则易造成烧毁开关设备和大面积停电事故, 这就是继电保护整定误区带来的结果<sup>[11]</sup>。

执行开断任务的断路器拒分和拒合是开关制造厂的问题, 可由继保信号继电器有无发出动作信号来判断 (如前所述的古松站事故, 保护装置信息显示继电器已经发出动作信号)。有动作信号发出, 就是断路器拒分; 没有动作信号发出, 就是继保装置整定失保拒动, 造成断路器无法执行分断的拒分。二者是有本质区别的, 不能混为一谈。继保装置拒

动有主保护拒动和后备保护拒动,是继保装置整定的问题。

根据国外文献资料,开关设备的燃弧时间从0.1 s 每提高0.1 s,开关柜的成本要增加10%。提高到1 s 时,将增加开关柜的成本100%。如果电网短路保护时间按现在的4 s 来要求,开关柜的成本将无法承受,用户也接受不了。如果保护时间再延长,那造价将是个天文数字,是不可能实现的。所以继电保护原理中用长延时来作短路主保护是不可取的。短路保护的原则应当尽可能缩短动作时间,这样故障电弧的烧损就小,供电的恢复时间也就短,从而更有助于系统的恢复。

低压断路器由于是和继保装置整体制造整定,通常整定为简单实用的三段式保护,瞬时保护整定的范围是 $(4\sim 16)I_n$ ,这样避免了低压系统大面积停电事故。而高压断路器与继保装置是分开制造,致使电力部门过于拘泥于信赖继电保护整定原理的误区,如高压微机保护过流整定的范围从 $(1\sim 50)I_n$ 。西门子公司微机过流保护整定范围为 $(1\sim 35)I_n$ <sup>[9]</sup>,如此高的定值,保护还有什么作用呢,其保护方式繁琐复杂又不实用,整定值宽泛而不精准,从而也就造成了大面积停电事故居高不下。现在电力系统的综合自动化水平有了很大提高,微机保护大批量进入变电站,但这些并不能说明一切都万事大吉、高枕无忧了,继电保护的整定系统相当于导弹的制导系统一样,如果制导系统不准确,则很难精准有效得去打击目标。整定原理是由人来设计整定的,只有通过技术人员准确地整定和精准的校验才能使微机保护起到应有的保护作用,确保电力系统的安全稳定运行。

### 3 结论

高压断路器的稳定运行对系统的安全具有重要意义。对于断路器拒合故障,通过该次古松站的异常情况,运行人员及工程技术人员应加强对设备的检查与保养,适时进行设备巡视检查,排除隐患。在新建站或设备调试时,可以根据以上解决措施对微机装置参数进行反措设置,实现对装置的保护,从管理措施和技术措施上把好验收关,避免设备带缺陷投入运行,从而提高系统运行的稳定性。

对于断路器拒分事故,从保护整定方面可以遵循以下2点:

1)以瞬时和短延时为短路保护的主、后备保护,依据额定电流的整数倍来整定保护值可以减少延时,消除部分保护死区;

2)依据额定电流整定的另一优点,受系统运行方式变化的影响小,尤其在最小运行方式时,保护的可靠性高,有利于系统的稳定运行。

### 参考文献:

- [1] 侯田旭.高压断路器误动的原因分析及采取的措施[J]. 煤化工,2008(2):57-59.  
HOU Tian-xu.The cause and remedy of the malfunction of the high-voltage circuit breaker[J]. Coal Chemical Industry, 2008(2):57-59.
- [2] SEL 351 使用手册[S].  
SEL 351 manual[S].
- [3] 袁大陆,李岩军,和彦森.3.21 北京电网 220 kV 草桥变电站停电事故调查分析[J]. 电网技术,2008(32):92-95.  
YUAN Da-lu,LI Yan-jun,HE Yan-miao.Analysis on blackout of 220 kV Caoqiao substation of Beijing power network in china on march[J]. Power System Technology, 2008(32):92-95.
- [4] 宋 杲,崔景春,袁大陆. 2004 年高压开关设备运行统计分析[J]. 电力设备,2006,2(7):10-14.  
SONG Gao,CUI Jing-chun,YUAN Da-lu.Operation statistics and analysis of high voltage switchgear in 2004 [J]. Electrical Equipment, 2006,2(7):10-14.
- [5] 李端娇,郑晓光,陈锦清.广东电力系统高压开关设备运行状况分析[J]. 广东电力, 2004,17(3):32-34.  
LI Duan-jiao,ZHENG Xiao-guang,CHEN Jin-qing. Operation analysis of HV switchgears in Guangdong power system[J]. Guangdong Electric Power, 2004, 17(3):32-34.
- [6] 林 莘,李永祥,徐建源,等.高压断路器直线电机操动机构的动态特性分析[J]. 高压电器,2009,45(2):7-10.  
LIN Xin,LI Yong-xiang,XU Jian-yuan,et al. Dynamic characteristics analysis of linear motor actuator for driving high voltage circuit breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2009,45(2):7-10.
- [7] 钟家喜,李保全,李亚红.高压断路器机械状态诊断与监测技术的探索与实践[J]. 高压电器,2009,45(2):7-10.  
ZHONG Jia-xi,LI Bao-quan,LI Ya-hong. Exploration and practices of mechanical state diagnosis and monitoring techniques for high voltage circuit-breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2009,45(2):7-10.
- [8] 贺家李,宋从矩.电力系统继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社,2007.  
HE Jia-li,SONG Cong-ju.Principle of electrical system's relay protection[M]. Beijing:China Electric Power Press,2007.
- [9] 陈 明.一起断路器误动的分析[J]. 高压电器,2006,2(42):153-156.  
CHEN Ming.Analysis of a circuit breaker misoperation[J]. High Voltage Apparatus,2006,42(2):153-156.

(下转第 98 页)