

# 一起 220 kV 线路保护误动事故的分析 and 处理

陈杰云

(广东电网公司佛山供电局, 广东 佛山 528000)

## Analysis and Treatment of a 220 kV Transmission Line Relay Misaction Fault

CHEN Jie-yun

(Guangdong Power Grid Company, Foshan Power Supply Bureau, Foshan, Guangdong 528000, China)

**Abstract:** A misaction fault of a 220 kV transmission line relay at a 500 kV substation is introduced, and the cause of the fault is analyzed. Furthermore an improvement method for the PT neutral point connection is presented.

**Key words:** line protection; maloperation; PT neutral point

**摘要:** 介绍一起 220 kV 线路区外故障时保护误动的经过, 分析了事故发生的原因, 并对线路保护 PTN 线的接法进行改进。

**关键词:** 线路保护; 误动; PT 中性点

### 1 事故经过

2007年4月30日事故发生前, 500 kV 罗洞站 220 kV 母线处于正常运行方式。该日的 16 时 09 分, 220 kV 罗红乙线(罗洞站—红星站)发生 C 相故障(事故后巡线发现 220 kV 罗红乙线 17 号塔处 C 相有飘带), 罗红乙线两侧保护正确动作, 重合成功。同时, 220 kV 罗三乙线三水站侧 B 屏保护出口, 单跳 C 相, 重合成功, 罗三乙线罗洞站侧 B 屏保护仅启动未动作, 两侧 A 屏保护均未动作。经事故后调查, 220 kV 罗三乙线无故障, 罗三乙线三水站侧 B 屏保护动作属于误动。

### 2 检查及分析<sup>[1-5]</sup>

220 kV 罗三乙线三水站侧 B 相高频保护在 220

kV 罗红乙线故障期间发生误动, 属于典型的区外故障保护误动。

从现场所得的保护录波来看, 本次故障 220 kV 罗三乙线三水站侧 B 屏保护之所以误动, 直接原因在于与其构成纵联保护的罗洞站侧罗三乙线 B 屏保护在反方向故障时未能正确向对侧发出闭锁信号, 导致三水站侧 B 屏保护在区外正方向故障时因收不到闭锁信号而误动作, 罗三乙线罗洞站侧两套保护的录波图如图 1 所示。

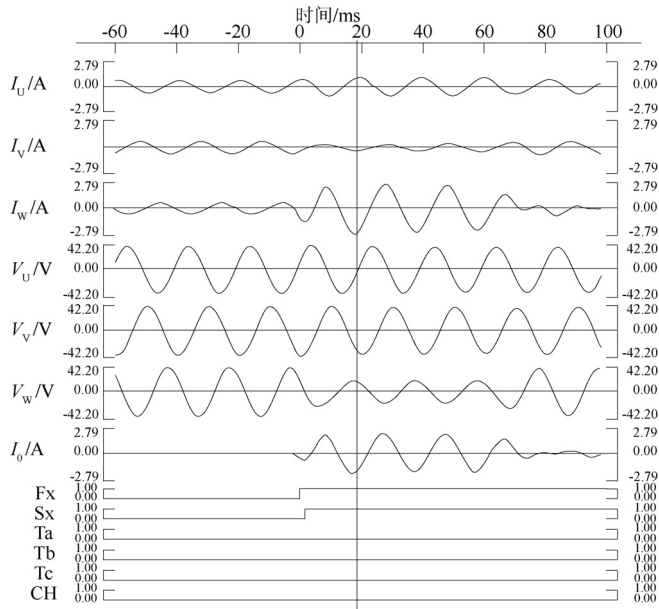
图 1(a)、(b)分别是 220 kV 罗三乙线罗洞站侧 A、B 屏保护在 220 kV 罗红乙线故障时的录波图, 对比 A 屏保护与 B 屏保护的收发信录波(FX: 发信, SX: 收信)可以明显看出, 由于罗红乙线故障对于罗三乙线罗洞站侧保护而言是反方向故障, 对三水站侧保护是正方向区外故障, 罗三乙线罗洞站侧 A 屏保护在整个故障期间持续发信, 可靠闭锁对侧(三水站侧), 而 B 屏保护仅在保护启动后发信 10 ms 就开始停信, 一直到对侧开关跳开(约 70 ms 处)才重新开始发信。因此, 罗三乙线罗洞站侧 B 相高频保护在区外反方向故障时未能可靠向对侧发出闭锁信号是造成本次罗三乙线三水站侧 B 相高频保护误动的直接原因。

由于保护录波读取的是保护装置内部的逻辑量, 从本次录波可以得知, 罗三乙线罗洞站侧 B 相高频保护本身在区外故障时未能可靠发出闭锁信号, 误动原因主要是保护装置本身, 不涉及载波机及相关高频通道。因此, 事故分析的重点放在了 B 屏保护(LFP902A)及其外部回路上。对比图 1(a)与图 1(b)可以发现, 罗三乙线罗洞站侧两套保护的

电压波形在故障期间存在较为明显的差别，主要体现在如下几个方面：

——故障相（C相）电压存在着明显的区别。故障期间，罗三乙线 A 相高频保护 LFP901A 的故

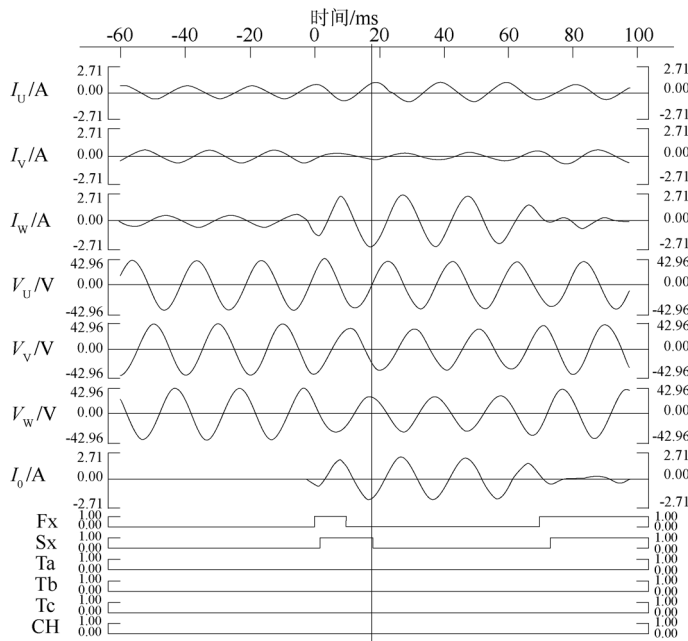
障相电压较低，通过保护录波分析所得仅为故障前的 50% 不足，而罗三乙线 B 相高频保护 LFP902A 的故障相电压较高，达到故障前的 65% 左右。故障相电压明显被抬高。



型号为 LFP-901A，设备地址为 4。

(a) A 屏保护录波图

(a) Fault Wave Record of A Protection Device



型号为 LFP-902A，设备地址为 3。

(b) B 屏保护录波图

(b) Fault Wave Record of B Protection Device

图 1 220 kV 罗三乙线罗洞站保护录波图

Fig. 1 Fault Wave Record of 220 kV Luo-san-yi line at Ludong Substation

——非故障相电压存在一定区别。故障期间，罗三乙线 A 相高频保护的非故障相（A 相与 B 相）电压基本保持与事故前一致，幅值、相位未有明显变化，仅 B 相电压幅值微降。罗三乙线 B 相高频保护的非故障相电压则发生较大变化，尤其以 B 相电压变化最为明显，下降幅度达到 20% 左右，即故障期间 B 相电压仅为故障前的 80% 左右。

——受上述故障相与非故障相电压的差别，故障期间，220 kV 罗三乙线 A 相高频保护与 B 相高频保护的零序方向判别刚好相反，A 相高频保护判断零序功率方向为反方向，所以持续向对侧发出闭锁信号，B 相高频保护则判定为正方向，故在保护启动，发信 10 ms 后一投入正方向元件即停信，导致对侧保护误动。由于罗三乙线罗洞站侧两套保护为南瑞继保公司早期 LFP 系列保护（版本号 3.00），装置录波不能直接显示 3U<sub>0</sub> 波形，为明确上述结论的正确性，本报告采取以下分析方法进行简单的零序功率方向判断。

观察图 1(a)、图 1(b)的零序电流波形，可以看出，两者在故障期间基本一致，未有明显差别，因此零序功率方向的判断以零序电压为主。在两图中选取同样的时刻进行判别（见图中约 19 ms 处竖线，此时 A 相电压的瞬时值为 0，观察 B 相与 C 相电压的大小与方向可确定 3U<sub>0</sub> 的大小与方向）。观察可知，图 1(a)中观察时刻的 B、C 电压反相且 B 相电压幅值大于 C 相电压幅值，因此两者相加合成后的零序电压与 B 相同相，也与 I<sub>0</sub> 同相，此时零序功率方向为反方向。同理观察图 1(b)同时刻的电压，依然有 B、C 电压反相，但 B 相电压幅值小于 C 相电压幅值，因此两者相加合成后的零序电压与 C 相同相，与 I<sub>0</sub> 反相，此时零序功率方向为正方向。

通过上述分析可知，故障期间由于电压的异常导致零序功率误判正方向是罗三乙线罗洞站侧 B 相高频保护停信的原因，因此事故分析的重点放在何种原因导致 B 相高频保护电压出现异常。

借鉴以往系统保护误动的经验，出现此类问题一般都是由于 PT 接线，尤其是 N 线接线存在问题，导致在系统发生接地故障时出现附加零序电压，造成零序方向出现误判。因此对 PT 回路的检查是重点检查内容。

对保护屏接线进行了检查，利用 500 V 摇表对保护装置的电压回路各相之间、相对地之间进行了

绝缘检测，未发现异常；接下来，逐个解开保护屏的各相电压，观察加入不对称电压情况下 A 屏保护与 B 屏保护的采样值对比，以此校核保护屏 N 线是否有虚接的情况，试验结果正常。在此情况下，将罗三乙线两套保护电流回路串联，电压回路并联进行模拟故障，并打印报告进行对比，试验表明，两套保护在各种故障情况下表现一致，未出现前述的电压异常情况，至此可基本排除保护屏本身的缺陷，问题的重点应在 PT 的外回路上。

通过对外回路的检查发现，罗洞站 220 kV 各 PT N 线均在控制屏一点接地，各 220 kV 母线 PT 以及相关线路 TYD 击穿保险均正常，未发现导通现象，且 PT 接线全部符合反措要求，未发现 N 线两点接地情况。继续对罗三乙线罗洞站侧两套保护的 PT 回路，尤其是对 N600 走线进行检查，同时测量两套保护 N600 对地电压，发现正常情况下 A 屏保护对地电压为 0.01 V，而 B 屏保护对地电压为 0.3 V（同一表计测量），存在较大的区别，同时审查罗三乙线罗洞站两套保护的电压回路图并现场核对，发现罗三乙线两套保护 LFP901A 与 LFP902A 的 PTN 线走向存在明显区别，其 A 屏保护（LFP901A）所用 N 线由母线 PT 端子箱直接引入控制室，且在控制室控制屏上一点接地后引入保护装置，在保护装置上通过跳线与罗三乙线 TYD 的 N600 联通；而 B 屏保护所用 N 线则直接从罗三乙线线路 TYD 的 N600 引入，两套保护所用的 N600 不同，虽然在 A 屏保护处母线 PTN600 与线路 TYDN600 有跳通，但由于 B 屏保护的 N600 到跳通点距离相当长（需从控制室下到场地再兜回控制室，距离约有 1 km 多）。

由接线图可知，罗三乙线 B 屏保护所用电压实质上是各相对线路 TYD 的 N600 的电压，由于母线 PTN600 与线路 TYDN600 在罗三乙线 A 屏保护跳通，正常情况下，若相关连接电缆上没有环流，不产生压降，则两个 N600 可认为是等电位，不影响保护测量，但从本次的录波图可以看出，在罗三乙线故障时，此两点明显已经不是等电位点，必然是在相关电缆中已经存在环流，导致压降的出现，引起附加零序电压，造成保护误动。而这种环流的产生，必然是 N 线上有两点接地存在，因此，查找 N600 的第二个接地点是理清误动原因的关键。

由于本次误动仅影响罗三乙线 B 屏保护，从罗

洞站其余各间隔的保护录波图看,均未发生类似罗三乙线 B 屏保护这种电压异常的情况,因此,初步排除母线 PTN 线两点接地的可能,因为若发生母线 PTN 线两点接地,将在公共二次回路上产生压降,影响各个保护间隔,而不会仅影响罗三乙线 B 屏保护,根据接线情况,唯有线路 TYD 的 N600 回路上存在第二个接地点才能从理论上解释为何仅罗三乙线 B 屏保护受影响。

将罗三乙线 B 屏保护的 N600 回路由图 3 的接线方式改为从相邻 LFP901A 直接引入,解开原有 TYDN600 直接上 B 屏保护的芯线,并对此芯线进行绝缘检查,检查结果正常,未发现电缆芯有绝缘问题。

至此,罗三乙线线路 TYDN600 的击穿保险成为最可能出问题的环节,虽然前述检查中已经检测过其并未击穿,但由于罗洞站各 220 kV 间隔使用的 JB0 内部是放电间隙,具备自恢复功能,不能排除在故障情况下该间隙导通而故障消除后间隙恢复的可能。

取出罗三乙线 TYDN600 的放电间隙并进行相关耐压试验,结果表明该间隙的击穿电压与铭牌参数基本符合,未发现绝缘特性明显下降的问题。对该击穿间隙进行解体检查,发现其内部导流片表层已经炭化。从导流片炭化的情况看,该击穿保险应流过较大的电流,为验证该炭化现象不是前述耐压试验所造成的,选取了新的击穿保险(未使用过的)进行了 10 余次同样的耐压试验,再对新击穿保险进行解体检查,结果发现除与放电间隙尖头对应的电极板上有微小的放电痕迹外,整个间隙内部其余部分光泽平滑,未发现炭化现象,由此可证明原有击穿保险的炭化现象是在现场实际中耐受了较大且具有一定时间的短路电流而产生的。

至此,可完全解释本次罗三乙线 B 屏保护电压异常导致误动的原因,在罗三乙线故障时,由于罗洞站侧入地的短路电流较大(从保护数据可以看出流向罗洞站侧的零序电流为 18 kA),使得地网电势升高,导致罗三乙线 TYD 的 N600 击穿保险导通,从而在该 N600 回路上形成两点接地,加之罗三乙线线路 TYD 的安装位置(位于罗三乙线线路间隔)与控制室较远,差不多是罗洞站的对角线距离,故障情况下地网有较大短路电流时两接地点存在一定的压差,同时由于二次联接电缆阻抗一般较小,因

而在回路中形成较大的环流,造成击穿保险导流片炭化,并使得 B 屏保护的 N600 与母线 PT 的 N600 不等电位,产生附加零序电压。

此处,罗三乙线罗洞站侧保护在整个过程中一直未动作,既然判别为零序正方向为何不出口是本次分析的另一个重点。经与厂家分析,确定原因为罗洞站侧保护在电压异常情况下(LFP902 保护采用补偿电压突变量选相)选相失败,需延时 150 ms 才能出口,因此整个过程中保护未动作。

### 3 结束语

电网系统内已发生多次 PT 中性点放电间隙击穿造成电压回路两点接地引起保护误动的事故,其存在的潜在性危险极大。以本次故障为例,若被击穿的保险不是线路 PT 而是母线 PT 中性线保险,则由于 220 kV 侧所有线路保护公用母线 PT(I 母一组、II 母一组),极可能导致使用该母线 PT 的所有线路保护误动(具体要看附加零序电压沿二次回路的分布及对各个间隔的影响),造成较大的电网事故。为消除隐患,防止再发生类似的事故,决定对网内 220 kV 及 500 kV 电压等级的 PT 中性点安装的标称电压 380 V 以下(不含 380 V)的放电间隙或避雷器更换为标称电压 380 V 或以上的低压避雷器。

从实际运行情况看,除了执行相关反措条例对 PT 中性线击穿保险的选型进行规范,技术上要对该击穿保险进行技术升级之外,还要建立严格的管理流程,从设计选型、施工、验收以及日常定检方面进行规范,才能从根本上杜绝此类事故的再发生。

#### 参考文献:

- [1] 卓乐友. 电力工程设计手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 1989. ZHOU Le-you. manual for Designing of Electrical in Power Project[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [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].
- [3] 宋继成. 220-500KV 变电所电气接线设计[Z].
- [4] 国家电网公司. 国家电网公司十八项电网重大反事故措施[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005. State Grid Company. The Eighteen Pieces of the Methods Against the Fault in the Electric Grid by the State Grid Company[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [5] LFP-901A, LFP-902A 高压线路保护技术说明书[Z]. 2000.

收稿日期: 2007-09-18

#### 作者简介:

陈杰云(1973-), 女, 工程师, 本科, 长期从事电力系统继电保护技术管理及整定计算工作。

(本文责任编辑 张亚拉)