

一起典型的保护误动作事故分析

卢天盛, 马彦伟, 李萍萍
(成都电业局, 四川 成都 610021)

摘要:对于微型继电器保护装置,用于零序功率方向判别都是采用自产零序电压和电流,虽然避免了采用外接零序电压电流可能出现的极性错误,但同样可能由于二次回路接线错误导致误判方向。以一实例说明了二次接线错误导致的保护误动作事故,对类似电网安全稳定运行提出了针对性的建议。

关键词:零序;互感;负序

Abstract: For microcomputer-based relay protection device self-produced zero sequence voltage and current are adopted for the discrimination of zero sequence power direction. It avoids the possible polarity mistakes when connecting with zero sequence voltage current, but the misjudgment of direction also may be caused by the wrong secondary circuit wiring. Taking the accident of protection misoperation caused by the wrong small wiring for example, the corresponding suggestions are put forward for the safe and stable operation of the grid.

Key words: zero sequence; mutual induction; negative sequence

中图分类号: TM774 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2011)03-0042-03

1 保护动作情况

某日 15:07, DS 站及 GD 站主控室事故音响响起, DS 站监控后台屏幕显示“110 kV DS 站 CS 线距离 I 段保护动作,重合闸动作,距离后加速动作”,且 RCS-941A 保护装置液晶屏显示“C 相接地故障, Z1 动作,测距为 1.8 km”; GD 站监控后台屏幕显示“110 kV GD 站 ZG 线零序 II 段保护动作”,且 LFP-941A 保护装置液晶屏显示“BC 相接地故障, L02 动作”。

梯级水电站动作情况为: CSB 电站 ZC 线 151 开关、CF 线 152 开关分别在 0.2 s 和 0.3 s 时候零序 II 段保护动作跳闸, CSB 电站变压器低后备保护(1.5 s 未投方向)动作切除 CSB 变压器,高后备保护由于功率方向指向主变压器(反向)且时间为 2 s 零序各段时间为 4.3 s 故未动作。

梯级水电站五个电站故障前均是每个电站的两台发电机组全部投入运行,故障时除 FS 站 1 号发电机组、ZZ 站 2 号发电机组外所有发电机组均在故障过程中由发电机机械保护跳闸。FS 站 1 号发电机组、ZZ 站 2 号发电机组在故障发生时没有跳闸,经检查为当时这两个水电站为保各自站用变压器而设计,

同时在故障发生期间故障导致的发电机组过速和过电压都没有达到两机组机械保护动作值。

2 事故时系统运行方式

系统当时运行情况如下。

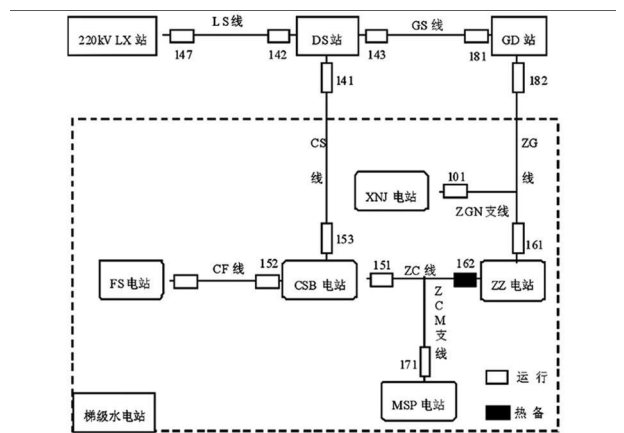


图 1 事故时系统运行方式

在对系统运行情况及录波波形分析后得知: 220 kV LX 站、梯级水电站的 CSB、ZZ、MSP、XNJ、FS 电站主变压器中性点均直接接地, 110 kV DS、GD 站主变压器中性点不接地。故障发生时 CF 线 152、ZC 线 151 向 CSB 送入负荷, CSB 153 通过 CS 线向 DS 供电, ZZ、XNJ 也分别通过 161 和 101 向 GD 供电。

3 事故理论分析

经巡线发现本次动作的故障点在 110 kV CS 线路上离 DS 站 1.8 km 处,为吊车吊树引起线路 C 相接地故障,ZG 线巡线无异常。此时 DS 站 CS 线保护感受到了故障电压和电流,DS 站 141 开关接地距离 I 段保护正确动作跳闸。

DS 站 CS 线 141 开关在启动 60 ms 后接地距离 I 段保护动作,考虑开关跳闸时间 40 ms DS 站 CS 线 141 开关在 100 ms 后彻底断开,CSB 电站 CS 线 153 开关保护整定时间 3 s 保护未动,而 CSB 电站 ZC 线 151 开关、CF 线 152 开关分别在 0.2 s 和 0.3 s 后零序 II 段保护动作跳闸,选相 C 相,都为误动作。故障发生后 1.5 s 时 CSB 电站主变压器低后备复压过流(不带方向)保护动作跳闸才将 CS 线故障点隔离,此时,DS 站 CS 线 141 开关保护检后无压重合闸启动,3.5 s 后重合闸动作并后加速将开关再次跳开。

在 DS 站 CS 线发生接地故障后,由于 ZG 线和 CS 线有 40 多公里为同杆并架线路,CS 线的零序电流将对 ZG 线产生很大的零序互感,在此零序互感作用下,GD 站 ZG 线感受到的零序电流和零序电压在零序保护正方向动作区内且达到定值,因此 GD 站 ZG 线零序 II 段保护在 900 ms(分析 GD 站 ZG 线录波,在故障发生后 100 ms 后 GD 站 ZG 线零序功率方向由区外转向区内,定值 0.8 s)左右零序 II 段保护动作,考虑开关机构跳闸时间 40 ms 后在 940 ms 左右 GD 站 ZG 线 182 跳开。

FS 站从录波装置分析和 MSP 站从线路保护装置录波图分析看出此两站线路保护装置判断故障是在正方向,但零序 II 段保护时限较长(MSP: 3.5 s, FS: 3.5 s),故此两站也未动作。

4 事故录波分析

由于 ZZ 站 2 号发电机在故障发生后 7 分多钟才由运行人员手动切除,可以从 ZZ 站 110 kV 母线电压在发电机切除前一直有电压可以验证 ZG 线确实无接地故障。同时从 GD 及 ZZ 站在 ZG 线跳闸后一直无零序电压也可以验证 ZG 线在整个过程中确实无接地故障。

从 GD 站 ZG 线、ZZ 站 ZG 线、XNJ 站 ZGN 支线录波图可以看出零序电流在 200 ms 后零序电流有明显减小,在 300 ms 后还有一个明显减小,这是由于在 200 ms 时 CSB 站 ZC 线 151 开关跳闸,甩了 MSP 站两台机组,引起零序网络零序阻抗增大,造成 CS 线上零序电流减小,在 ZG 线上的零序互感电流减小,在 300 ms 时 CSB 站 CF 线 152 跳闸,甩了 FS 站两台机组,同样造成 ZG 线上的零序互感电流减小。这就更印证了 ZG 线是由于零序互感引起的跳闸。

从 GD 站、XNJ 站、ZZ 站故障时 60 ms 前后零序功率方向变化情况和 60 ms 后零序功率方向元件均判为正方向也能得出是由于受互感影响的结论,虽然零序功率方向在正方向,但由于零序 II 段保护时间较长(XNJ: 3.6 s, ZZ: 3.1 s),故没有跳闸。

同时,若是 CS 线互感引起 ZG 线跳闸,则相当于是 ZG 线三相电流上叠加了一个与 ZG 线上 I_g 方向相反的感应电流分量,在此感应电流分量作用下将导致 A、B 相电流幅值增大、相间夹角减小,C 相电流减小的效果,录波图上完全符合此特征,也印证了 ZG 线跳闸是由于 CS 线互感引起。

ZZ 和 XNJ 站主变压器复压过流及零序过流时间定值如表 1 所示。

表 1 主变压器复压过流及零序过时间定值

变电站	高后备复压过流	高后备复压过流	零序过流	低后备复压过流
ZZ	1.7 s	1.7 s	4.5 s	指向 10 kV 母线 1.5 s
XNJ	1.7 s	1.7 s	3.9 s	只跳 10 kV 总路 1.4 s

由表 1 可以看出,ZZ 和 XNJ 站主变压器保护均不符合保护动作条件,故在故障过程中均未跳闸,因此 ZZ 和 XNJ 站主变压器中性点仍然接地,这也是在 100~940 ms 时 GD、ZZ 和 XNJ 线路保护仍然感受到零序电流的原因。

各站线路保护零序功率方向及变化如表 2 所示。

表 2 列表表示各站各线路保护在故障时零序方向判定。

5 事故分析结果

此次事故由于 FS、CSB、ZZ 电站线路保护装置型

表 2 线路保护零序功率方向及变化

变电站	线路	所取时限 /ms	$3I_0$ 超前 $3U_0$ 角度 /°	零序功率 方向
	ZC151	0~80	-70	负
		80~200	-70	负
CSB	CF152	0~80	-60	负
		80~300	-70	负
		CS153	0~80	80
		80~1 500	110	正
ZZ	ZG161	0~80	90	正
		80~900	100	正
FS	CF	0~300	120	正
XNJ	ZGN 支 101	0~80	110	正
		100~900	120	正
MSP	ZCM 支 171	0~200	100	正
GD 站	ZG 线 182	0~80	10	负
		80~900	105	正

号为 WXB-87A, 装置内部只能保存最近五次事件, 水电站检修人员在 7 月 9 日已经对线路保护装置进行过试验, 将 7 月 6 日故障及启动记录冲掉, 因此 7 月 6 日的事件在保护装置内已无记录。从 CSB 录波装置打印出的波形图来看 151、152 线路保护零序方向是在区外, 而通过对线路保护装置的测试来看线路保护逻辑和方向判断均无误。

接下来对线路保护装置电流电压回路进行进一步核查, 问题出现在 CSB 站线路保护装置电压外回路接线上, 由于设计是开入线路保护装置只有 A/B/C/N, 而外回路 L 在线路保护端子排上中转了一下没有开入线路保护装置, 但是在 CS 线线路保护装置上从主变压器保护屏转过来的电压来端 L 和 N 与主变压器保护屏接反了, 因此此种接线相当于外接零序 L 开入了线路保护装置的 N, 而实际电压回路的 N 则转走了没有开入保护装置, 结合从 CSB 站录波装置录到的故障时刻电压数值分析并绘制故障时的矢量图, 可以看出故障时刻由于上述原因导致了自产零序电压与外接零序电压反向。CSB 站 ZC 线和 CF 线电压也都是从 CS 线取过去的, 因此会导致这三条线路在零序判方向时候造成自产零序电压反向, 从而导致零序保护反方向误动作。

正常运行时由于 L 与 N 很接近, 因此通过观察采样发现不了此问题。

错误接线图见图 2。

具体矢量图如图 2 所示 (根据故障时 CSB 站录

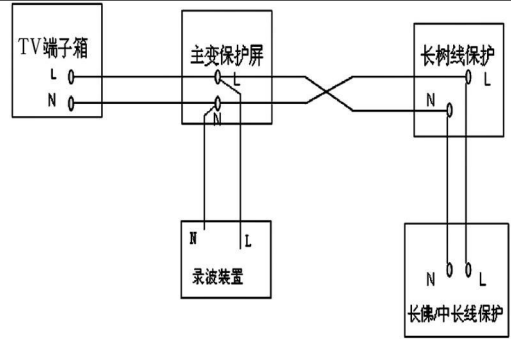


图 2 错误接线图

波装置采集到的 ZC 线 151 数据和角度为例分析, 选取故障后 120 ms 数据进行分析, $U_a = 61.62 \text{ V}$, $U_b = 64.73 \text{ V}$, $U_c = 32.44 \text{ V}$, $U_L = 23.45 \text{ V}$, 相间相位关系为正相序):

图 3 中 U_a 、 U_b 、 U_c 、 U_L 为故障时 CSBZC 线 151 的大小及相位关系, U_L 为外接零序电压, 接线错误后线路保护电压回路中性点实际漂移到了 N' 点, U_a' 、 U_b' 、 U_c' 为线路保护装置实际进行零序功率方向判别时用于计算自产零序电压的三相电压。

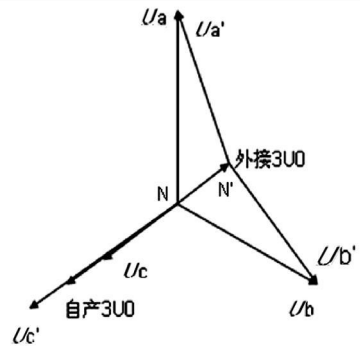


图 3 矢量图

6 总 结

此次事故为一起典型的电压回路接线错误, 因此, 对于任何新投设备, 在送电及年检后应及时对整个电压回路的 L 和 N 进行测试, 如有异常应立即进行检查处理。

同时建议线路保护厂家升级程序, 如增加负序电压闭锁条件可以有效防止同杆并架线路在强磁弱电效应下的零序互感误动作; 同时可以在线路两侧考虑增设纵联保护, 若条件允许可以采用光纤差动保护, 也可以采用与电话载波通道复用的纵联保护通道。

(收稿日期: 2011-01-20)