

# 一起因装置原理缺陷导致重合闸未动作事故分析

匡红刚, 刘震

(重庆市万州供电局, 重庆 404000)

**摘要:**通过对 220 kV 万奉线奉节侧重合闸未动作的原因分析,发现了在线路发生三相电流同相故障时,弱电源侧 LFP-901A、902A 型保护逻辑存在的不足,误将保护三跳当作开关偷跳并走单重逻辑,由于三相无流不满足单相跳闸条件而导致重合闸未起动,同时误发 HB2 保护动作并对重合闸放电,彻底导致重合闸不能动作。对此提出了防范措施,厂家也据此对装置软件进行了完善和升级,从而消除了隐患,提高了装置动作的可靠性。

**关键词:** 重合闸; 弱电源; 电流同相; 逻辑

## Analysis of an accident of protection reclosure

KUANG Hong-gang, LIU Zhen

(Wanzhou Power Supply Bureau, Wanzhou 404000, China)

**Abstract:** This paper analyses the reasons of 220 kV Wanxian-Fengjie power line's reclosures miss trip in 220 kV Fengjie substation. It finds LFP-901A, LFP-902A power protection device's tripping logic existing deficiency in the weak power source system. Some solutions are proposed to improve and upgrade the device's software. It is helpful to the operation reliability.

**Key words:** reclosure; weak power source system; current synchronism; logic

中图分类号: TM77

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)17-0065-04

## 1 概述

### 1.1 220 kV 万奉线奉节侧重合闸概述

220 kV 万奉线及奉节站于 2004 年 10 月建成投运,初期 220 kV 接线方式为线路变压器组接线方式,线路的保护装置为 LFP-901A、902A,奉节侧重合闸停用。由于每一次万奉线故障跳闸都将造成 220 kV 奉节站、110 kV 巫山站全站失压以及 110 kV 奉节县、巫溪县、巫山县等电网的较长时间的瓦网,于是提出了将万奉线奉节侧重合闸进行改造,将原接入 220 kV 万奉线保护屏 LFP-901A、902A 的线路 PT 电压飞开,将奉节站 110 kV 母抽头电压作为保护装置的线路电压接入,并启用保护装置 LFP-901A、902A 的检无压三重方式重合闸功能(考虑到带主变重合时对主变的冲击,取消了检同期重合闸),来实现万奉线跳闸后对奉节 201 开关的快速合闸,同时将重合闸时限与万县站侧重合闸时限及本侧各联络线小电源侧低压解列的时限进行配合,以提高重合成功的机率。改造后 220 kV 万奉线共发生 3 次故障跳闸,其中 2 次重合成功,另 1 次由于保护装置原因导致重合闸未动作,下面就对这一次重合闸未动作进行详细分析。

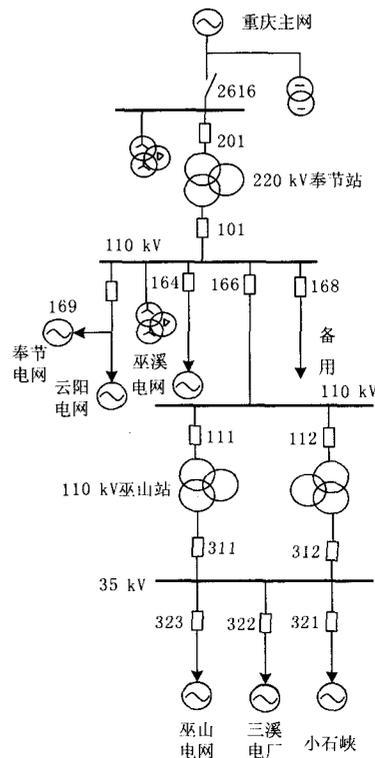


图 1 220 kV 奉节站及其供区网络接线图  
Fig.1 Network of 220 kV Fengjie substation  
and other power supply

220 kV 奉节站及其供区网络接线图如图 1 所示。

### 1.2 事故前运行方式

220 kV 万奉线供奉节站 1#主变, 220 kV 及 110 kV 运行方式如图 1 所示, 奉节站 10 kV 母线供 500 kV 奉节串补站(正常时备用, 由奉节县电网 10 kV 线路供电), 由于当时正逢重庆百年一遇的大旱灾, 巫山、巫溪、奉节电网的小电源绝大部分又是小水电, 因此小电源很弱, 只能从奉节站 110 kV 母线下负荷运行。

### 1.3 事故经过

2006 年 8 月 16 日 00:40, 220 kV 万奉线 #179 塔靠 #180 塔 C 相整串瓷瓶被雷击(接地电阻: #178: 1.2 Ω, #179: 0.5 Ω, #180: 3.2 Ω), 故障点距离万县站约 79 km, 距离奉节站约 54.5 km (占线路全长的 40%), 万县侧双高频及距离 I 段保护动作跳闸, 重合成功, 奉节侧 901A: DZ、D++、0++、HB2 动作, 故障相别为 BC 相, 故障测距 133.8 km, 零序电流为 4.04 A; 902A: DZ、Z++、0++、HB2 动作, 故障相别为 ABC 相, 故障测距 89.2 km, 零序电流为 5.16 A, 重合闸未动作。最后造成了 220 kV 奉节站全站失电、巫山、巫溪、奉节电网瓦网, 奉节 500 kV 串补站失电的恶劣后果。

## 2 重合闸未动作原因分析

首先, 从历史动作情况来看, 奉节侧重合闸改造后共动作了两次并且两次都动作成功, 说明保护装置及其回路出问题的可能性不大, 于是我们首先认为很可能是由于 110 kV 母线电压在重合闸整组复归时间内不满足无压条件, 导致重合闸未动作; 其次, 若无压条件满足, 则导致重合闸未动作的原因又只可能是保护装置及其回路, 要么重合闸根本就未起动, 要么某个条件对重合闸放了电。

针对第一种情况, 我们调取了奉节站 110 kV 母线电压的故障录波数据(如图 2、图 3 所示), 00:40 分, 110 kV 母线电压共有两次录波数据, 第一次录波数据共记录 4.242 s, 波形显示, 随着万奉线跳闸故障被隔离后, 110 kV 母线电压并没有突然降为 0, 而是逐步衰减, 并伴有小幅振荡, 从 1.984 s 开始直到本次录波结束, 各相电压始终小于 15 V。第二次录波数据也共记录 4.242 s, 110 kV 母线电压没有了小幅振荡, 并逐步衰减, 各相电压始终维持在 11.0 V 以下。至于第一次录波与第二次录波之间的这一段时间, 110 kV 母线电压不可能回升, 因此电压也将在 15.0 V 以下。奉节站侧重合闸方式为检 110 kV 母线无压三重, 重合闸的时间为 5.0 s, 无压定值在 LFP-901A、902A 的装置软件中固化为“小

于 0.3UN”, 按照 UN 为 57.7 V 计算, 则无压条件为小于  $0.3 \times (57.7 \pm 5\%) = 18.18 \sim 16.44$  V (其中考虑了装置 5% 的精度误差), 也就是说最严重情况下 110 kV 母线电压必须低于 16.44 V 时装置才判为无压, 重合闸才可能动作。从以上对录波数据的分析以及当时电网的实际情况可以得出, 重合闸无压条件是满足的, 说明了导致重合闸未动作的原因并非是 110 kV 母线电压在重合闸整组复归时间内不满足无压条件。

奉节站第一次 110 kV 母线电压录波波形图如图 2 所示。

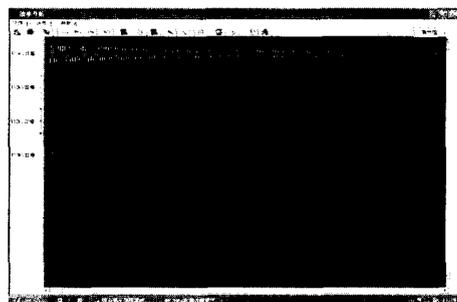


图 2 奉节站第一次 110 kV 母线电压录波波形图  
Fig.2 Fault record wave of the 110 kV bus's voltage(No.1)

奉节站第二次 110 kV 母线电压录波波形图如图 3 所示。

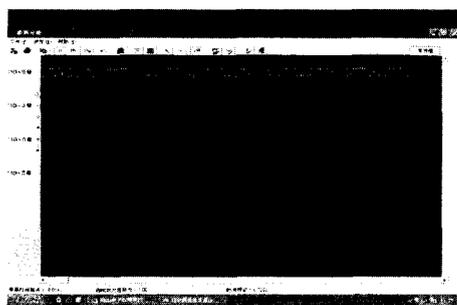


图 3 奉节站第二次 110 kV 母线电压录波波形图  
Fig.3 Fault record wave of the 110 kV bus's voltage(No.2)

奉节站 220 kV 万奉线故障录波波形如图 4 所示。

奉节站 220 kV 万奉线 LFP-901A 装置跳闸报告如图 5 所示。

奉节站 220 kV 万奉线 LFP-902A 装置跳闸报告如图 6 所示。

针对第二种情况, 我们结合 LFP-901A、902A 装置的技术资料、装置实际运行定值并询问厂家技术人员, 对本次的故障录波波形(如图 4 所示)和跳闸报告(如图 5、图 6 所示)进行了重点分析。

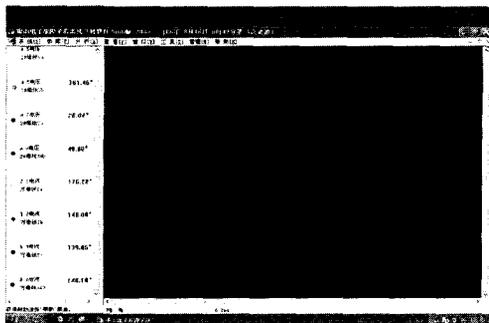


图4 奉节站 220 kV 万奉线故障录波波形图  
Fig.4 Fault record wave of 220 kV Wanfeng line

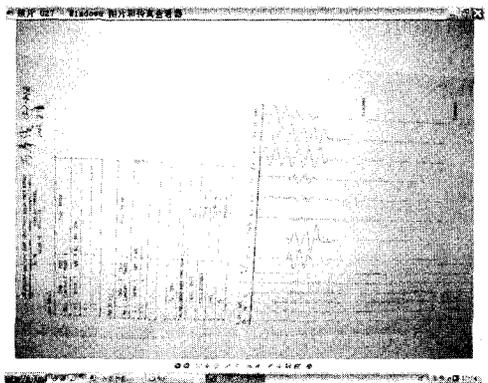


图5 奉节站 220 kV 万奉线 LFP-901A 装置跳闸报告  
Fig.5 Trip record of each protection in the fault in the LFP-901A

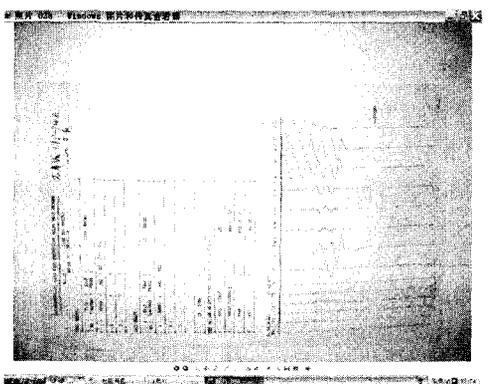


图6 奉节站 220 kV 万奉线 LFP-902A 装置跳闸报告  
Fig.6 Trip record of each protection in the fault in the LFP-902A

LFP-901A、902A 型保护装置的重合闸启动方式有保护启动和开关位置不对应启动两种,本侧定值中已经停用了开关位置不对应启动,因此只有保护启动重合闸一种启动方式。LFP-901A、902A 型保护装置各有三个 CPU,CPU1 用于主保护和零序保护,CPU2 用于距离保护和重合闸,CPU3 用于保护装置

的启动和管理机。正常情况下区内故障,如果故障点在距离 I 段保护范围内,CPU1、CPU2 的保护元件均动作出口跳闸,并启动重合;如果故障点在距离 II 段保护范围内,CPU1 高频保护动作跳闸,CPU2 的距离 I 段保护不动作,但此时 CPU1 会向 CPU2 发一个跳闸命令,CPU2 会根据接收到的 CPU1 跳闸命令,跟发同长度的跳闸命令,并根据该跳闸命令启动重合闸。从 220 kV 万奉线故障点的实际位置来看,显然故障点在奉节侧距离 I 段保护范围内,根据以上的分析,Z1 应该动作,重合闸应该启动,但从奉节站万奉线的跳闸报告来看,Z1 根本就没有动作,而是在 43 ms 故障被切除后,在 3066 ms 时 HB2 却动作了,于是我们初步判定为 Z1 拒动、HB2 误动,HB2 动作后直接对重合闸放电导致重合闸未动作。但是我们又一想,该厂家作为我国继电保护的最知名公司,应该不会有原理上的缺陷,会不会是由于本次故障比较特殊,导致 Z1 本身就不该动作、HB2 本身就应该动作呢?于是我们详细分析了万奉线的故障录波波形,结果发现故障时( $I_A$ : 176.72°、 $I_B$ : 148.0°、 $I_C$ : 139.85°)三相电流的相位基本同相(由于奉节为弱电源侧,变压器接线方式为 YN/yn0/d11)。针对这个情况,LFP-901A、902A 保护装置的技术资料上没有进行相关的描述,经询问厂家技术人员,了解到此时装置为了防止共模干扰引起距离 I 段保护误动作,采取了在 CPU2 判断出三相电流同相位后,把距离 I 段的动作时间增加了 25 ms 的延时。从跳闸报告可以看出,CPU1 动作跳闸后,开关动作的速度很快,43 ms 即切除故障,从跳闸报告的故障测距一栏中可以看出,CPU2 的测量元件及选相元件均动作了,但由于增加了 25 ms 的延时,导致开关跳闸后距离 I 段的延时时间未到而来不及出口。由于距离 I 段和整个 CPU2 没有保护出口,故障又在距离 I 段的范围内,因此 CPU2 不可能收到 CPU1 的跳闸命令也不可能跟发 CPU1 的跳闸命令来启动重合闸。针对这种情况,本装置程序自动按开关偷跳处理,并走单重逻辑,经单重时间  $T_d+2s=3s$  的延时后补发 HB2 保护动作,这样就与跳闸报告中 3066 ms 时 HB2 保护动作的情况相吻合,但是,由于事实上是保护动作开关三跳后导致三相无流,不可能满足单重条件,单重逻辑肯定走不了,同时经单重时间  $T_d+2s=3s$  延时补发的 HB2 保护动作后直接对重合闸进行放电,彻底导致本次重合闸不可能动作。

### 3 分析结论

通过以上的分析我们可以得出,导致本次重合

闸未动作的原因有:①故障时三相电流基本同相位;②装置将距离 I 段增加了 25 ms 的延时;③装置判开关偷跳后走单重逻辑,缺少对三重方式的判断;④装置不应该补发 HB2 保护动作,并对重合闸放电。

#### 4 防范措施

根据以上分析而得出的重合闸未动作的原因,需要厂家在以下两个方面进行完善:首先,需要对重合闸逻辑进行完善,即在开关偷跳情况下如三相无流也加判是否三重方式,是则按三重处理,否仍然按单重处理;其次,需要将保护跳闸逻辑进行完善,在故障起始时刻,即使 CPU2 判断出三相电流同相位,如果本身测量元件动作,在达到动作延时前收到了 CPU1 的跳闸命令,则 CPU2 跟发 CPU1 的跳闸命令,并根据该跳闸命令起动车重合闸;如果 CPU2 本身测量元件动作,在动作延时到达前没有收到 CPU1 的跳闸命令, CPU2 仍按固定的延时动作出口。目前厂家已经完成了对奉节站 220 kV 万奉

线保护装置 LFP-901A、902A 的程序升级,从而消除了隐患,提高了该装置动作的可靠性。

#### 参考文献

- [1] 贺家李.电力系统继电保护原理[M].北京:水利电力出版社,2001.  
HE Jia-li.Theory of Power System Relay Protection[M]. Beijing:Hydraulic and Electric Power Press,2001
- [2] 夏道止.电力系统分析[M].北京:中国电力出版社,2004.  
XIA Dao-zhi. Power System Analysis[M].Beijing:China Electric Power Press,2004.

收稿日期:2007-02-09

作者简介:

匡红刚(1972-),男,硕士,电力工程师,从事电力生产方面的工作;

刘震(1973-),男,本科,电力工程师,从事继电保护工作。E-mail:liuz@cqep.com.cn.

(上接第 36 页 continued from page 36)

一区别在于内部的实现,对于主站规约其内部又增加一层接口 SDI (Slave Data Interface), SDI 以下的部分完成对装置在各个通道上数据的过滤,通道的切换,并改写实时库中的装置通信路由表。这样,经过 SDI 接口递交到上层的数据就已经是不冗余的装置报文了,也为下行的装置控制命令作出了路由依据。因此要求以后对主站规约的编写必须实现统一的 SDI 接口。

第三层是实时库层。该层主要完成转发功能,实际上可以将该层看作是一个内部总线,以实时库消息的方式实现各个规约实体(任务、线程或进程)间的通信。对于主站规约传递来的消息多半是以广播的方式转发到其它规约实体,而对于子站规约实体传递来的消息多半是以点对点的方式发向对应的主站规约实体。其实,将实时库消息看成传输在内部总线上的报文,将各个规约实体看成是插件,这里就好像是用软件模拟出的一个多插件结构的装置。

#### 3 结论

采用上述这种结构设计,当硬件平台需要更新,或进行操作系统平台的移植时,改动的部分仅仅是

第一层硬件抽象层,第二层规约层以上的部分都可以保持不变或者做很小的改动,从而改变过去硬件系统环境一变软件就要伤筋动骨的面貌,实现了软件的跨平台、模块化,继承性强。

另外跨平台、模块化的软件可以同样用于其它类似的项目中,如规约解释部分能同时用于远动主站, Unix 监控系统,故障信息系统中,而不需要每个项目都重新开发,重复建设和维护。

#### 参考文献

- [1] 毕胜春.电力系统运动及调度自动化[M].北京:中国水利水电出版社,2000.
- [2] 刘家军.微机运动技术[M].北京:中国水利水电出版社,2001.

收稿日期:2006-12-27

作者简介:

郑蔚(1973-),女,工程师,主要从事变电站综合自动化的设计和开发工作;E-mail:zhengwei@sf-auto.com

张勇(1972-),男,讲师,主要从事电气自动化的教学研究工作;

肖鲲(1977-),男,工程师,主要从事变电站综合自动化的开发工作。