

# 110 kV 双回线路保护性能分析及措施

雷善春, 刘震, 陈勇军

(重庆市万州供电局, 重庆 404000)

**摘要:** 110 kV 双回线配置普通微机型距离零序保护(包括双回线相继速动)不能有效解决双回线保护的选择性、可靠性问题,通过对双回线路保护性能的分析,提出了双回线配置光纤差动保护这一解决措施。

**关键词:** 双回线; 保护; 分析; 措施

## Analysis and measure of the 110 kV double-circuit lines

LEI Shan-chun, LIU Zhen, CHEN Yong-jun

(Wanzhou Power Supply Bureau, Chongqing 404000,China)

**Abstract:** The general microprocessor-based distance protection and zero-sequence protection (including the double-circuit lines have the liquid) can not effectively solve the 110kV double-circuit lines of selectivity or reliability. Through the analysis of the double-circuit lines of protection,this paper points out that fiber differential protection may solve the problem.

**Key words:** double-circuit lines; protection; analysis; measure

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)12-0112-03

## 0 引言

110 kV 双回线路的运行大大提高了电网的电能输送能力,运行方式也更加灵活,是今后电网规划、发展的必然方向,但是,如果双回线的保护配置不够科学、合理,双回线的优点将不能得到有效的发挥,供电的可靠性问题仍然不能有效地解决。截至2008年6月,万州电网共有110 kV 双回线路8回,其中两回保护配置为南瑞继保 RCS-943A 型光纤差动保护,其它6回皆为普通微机型距离零序保护。为了描述方便,下面就以万州电网的110 kV 双回线保护为例,对双回线的保护性能进行分析。

### 1 不具备双回线相继速动功能的普通微机型距离零序保护的双回线保护性能分析

以110 kV 双龙南线、北线龙蛇背侧保护为例(网络接线图及保护配置图见图1),220 kV 双桂站侧两套 PSL-621C 保护装置实现了双回线相继速动功能,由于双龙北线龙蛇背侧 DPL-11D、11Z 分布式微机距离、零序保护装置无双回线相继速动逻辑,当在双桂侧发生故障时,将无法依靠龙蛇背侧双回线相继功能来实现保护的快速和有选择地动作。

大家都知道,双回线运行相当于一个小环网,



图1 网络接线图及保护配置图

Fig.1 Network and protection configuration

由于110 kV 线路保护采用远后备的配置原则,主保护为无时限的I段和带时限有灵敏度的II段保护(包括距离和零序II段),而零序I段尤其对短线路来说保护范围极其有限(有时根本就没有保护范围),接地距离保护虽然有比较好的保护范围,但如果发生的是非金属性接地故障,考虑接地电阻后(可能呈容性也可能呈感性),接地距离保护的非常不确定,并且非金属性故障的比率相当大;相间距离保护虽然有比较好的保护范围,但是数据显示,90%以上的故障为单相接地故障,因此,双回线的主保护必须依靠带时限的有灵敏度的II段保护(尤其是短线路)。但是,对于环网带时限的保护来说,定值配合极其困难,有灵敏度段保护定值必然有失配,当在失配段保护范围内发生故障时,就有可能

导致两条线路皆跳闸, 如果是瞬时性故障, 可以依靠重合闸来进行补救, 但如果是永久性故障, 重合将不成功, 此时, 将造成受电侧龙蛇背变电站全站失压。又由于龙蛇背站是忠县电网的枢纽站, 忠县电网内只有小型的径流式小水电, 根本就没有稳网能力, 龙蛇背变电站全站失压必将造成忠县电网的垮网, 同时将造成忠县县城全城失电, 根据《事故调查规程》第 2.2.2.1 条规定, 将定性为重大电网事故, 由此可见, 安全风险较大。

当然, 可以采用双回线分列并辅以备自投(包括进线备自投、变压器备自投、分段备自投等)的运行方式, 以此来避开环网保护失配, 选择性无法保证而导致的安全风险, 但是, 分列运行时又带来了其它的具体问题: 比如要增加备自投来提高可靠性, 造成投资增大; 受电站两段负荷不均衡时无法有效地满足供电量的最大化; 运行方式受到限制; 由于变电站无功补偿装置普遍容量大、数量少, 导致无功调节无法很好地科学执行, 供电的经济性和电能质量等都将得不到保证。

当龙蛇背站负荷比较轻时, 线路上发生瞬时性故障, 龙蛇背侧保护很有可能不动作, 由于忠县电网小水电的存在, 将致使 110 kV 双龙南线或北线线路带电压运行一段时间, 而该电压将有可能既不满足无压条件又不满足同期条件甚至也不满足备自投动作条件, 导致 110 kV 双龙南线或北线双桂侧重合闸不能正确动作或者龙蛇背侧备自投装置不动作, 并将造成龙蛇背站全站失电以及忠县县城失电的重大电网事故。

## 2 具备双回线相继速动功能的普通微机型距离零序保护的双回线保护性能分析

对于普通微机距离零序保护性能及双回线分列运行存在的问题与前面分析的一样, 在此不再重复, 下面重点对其中的双回线相继速动保护性能进行分析。

以 110 kV 城燕南线、北线为例(网络接线图及保护配置图见图 2), 由于 220 kV 城口站侧配置的是北京四方公司的 CSC-161A 型普通微机距离零序保护, 虽然有光纤通道和 110 kV 高燕站侧配置的原 110 kV 白坪燕线的三端光纤差动保护 CSC-163T 型保护装置, 但是, 仍不能实现 110 kV 城燕南线、北线的两端光纤差动保护。110 kV 城燕南线、北线的两侧都实现了双回线相继速动功能。

北京四方公司《CSC-161 系列数字式线路保护装置说明书》中有关双回线相继速动的逻辑如下:

(1) 双侧电源的双回线相继速动功能: 利用相

邻线路距离 III 段的动作行为来实现加速 II 段。相继

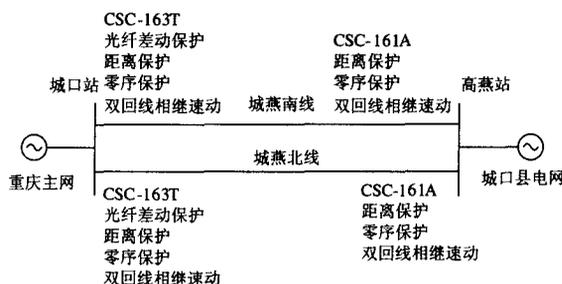


图 2 网络接线图及保护配置图

Fig.2 Network and protection configuration

速动的条件:

- 双回线相继速动压板投入;
- 本线距离 II 段区内;
- 故障开始时没有收到加速信号, 其后又收到同一侧另一回线来的加速信号;
- 本线 ZII 在满足 b) 中条件后经一个短延时 (20 ms) 仍不返回。

分析: 由于 110 kV 城燕南线、北线线路较短, 只有 9.0 km, 高燕站 35 kV 侧接有城口县巴山水电站, 并有可能接入城口县电网(小水电较多)运行, 符合双电源的条件。当城燕北线靠高燕侧 I 段范围内城口侧 II 段范围内发生永久性接地故障时, 由于接地电阻的存在, 此时城口侧测量的接地电阻将呈容性, 城口侧接地距离 I 段有可能动作, 而高燕侧测量的接地电阻将呈感性, 高燕侧接地距离 II 段保护将动作(接地距离 I 段将不会动作), 也就是说, 由于接地电阻的存在将使双回线相继速动的条件不成立, 双回线相继速动保护将不起作用, 如果此时高燕侧城燕北线 II 段与城口侧城燕南线 II 段定值失配(很有可能), 则将造成高燕站全站失电。如果是城燕北线靠近城口侧永久性接地故障, 城口侧接地距离 I 段肯定动作, 但由于接地电阻相对于高燕侧呈感性, 城燕北线高燕侧接地距离 II 段很可能不会动作, 这样, 双回线相继速动的条件又将不成立, 双回线相继速动保护也将不起作用, 此时将造成高燕站全站失电。也就是说, 在双回线相继速动的逻辑无法实现的情况下, 双回线保护失配的问题无法根本解决, 势必将造成两条双回线都将动作跳闸, 并将造成受电站高燕站全站失电。

(2) 单侧电源双回线的负荷端保护的相继速动功能

此时 ZIII 将不可能动作, 可以利用负荷端保护在对侧开关跳闸后和故障初期所感受的电流变化来实现加速功能。判据如下:

- a) 双回线相继速动压板投入；同时控制位“双回线负荷端”投入；
- b) 本侧距离 II 段区内；
- c) 收不到同一侧另一回线来的加速信号；
- d) 300 ms 内开关的相电流相对故障开始时增大 4 倍以上；
- e) 同侧另一回线有电流（门槛  $0.1I_N$ ）；
- f) 本线 ZII 在满足上述条件后经一个短延时（40 ms）仍不返回。

分析：在考虑接地电阻的情况下，仍将出现以上分析的导致双回线相继速动功能无法实现的本侧距离 II 段区内条件不满足的情况。同时，即使按照金属性短路来分析，对于较长线路来说，在 300 ms 内开关的相电流相对故障开始时必须增大 4 倍以上的条件也有可能不满足，从而致使双回线相继速动的逻辑无法实现。这样，双回线保护失配的问题仍然不能有效解决，仍然将造成受电站全站失电。

### 3 110 kV 双回线配置光纤差动的保护性能分析

由于光纤差动保护具有优良的选择性、速动性、灵敏性和可靠性，在双回线中任一回线路上发生故障，都可以依靠光差保护实现快速的有选择性的切除故障，从而很好地解决了双回线保护的定值失配以及接地电阻的问题，具体地讲，光差保护相对普通微机型距离零序保护具有以下优点：

- 1) 很好地解决了双回线保护失配的问题，保证了保护的选择性；
- 2) 同时有效地解决了保护的速动性和灵敏性问题；
- 3) 解决了绝大部分的双回线的跨线故障的问题；
- 4) 有效地解决了发生单相接地故障时，尤其是短线路发生单相接地故障时，因接地电阻导致双回线相继速动保护无法正确动作以及接地距离保护的定值整定困难等问题；
- 5) 有效地解决了受电侧为负荷端时，ZIII 无法启动，而依靠电流变化又不能很好区分正常运行及邻线故障两种情况下的双回线相继速动问题；
- 6) 有效地解决了双回线分列运行带来的负荷不能有效分配、供电能力不能有效发挥、无功不能进行有效调节、电能质量不能很好保证的问题；
- 7) 有效地解决了因为小电源而受电侧出线保护灵敏度不够，保护无法预期动作开关跳闸，重合闸有可能重合失败等而导致的受电变电站全站失压的问题。如果受电站所供负荷为城区供电，还可避

免因此造成的重大电网事故。此时可以通过受电侧光差保护联切小电源开关以及重合闸的配合来实现受电站的快速复电。

8) 经济上，以南瑞继保的 RCS-943A 型 kV 线路光纤差动保护为例，普通微机距离零序保护约 7.3 万，光差保护装置约 7.8 万元，在不需另建光通道的情况下，光差保护装置仅比普通微机距离零序保护多出 5 000 元，仅增加为  $0.5/7.3 \times 100\% = 6.8\%$ ，增加费用完全可以忽略。

9) 光差保护很好地解决了安全效益和经济效益“两手抓”，真正实现了和谐供电。

## 4 结论

综合以上分析可以得出，光纤差动保护是解决 110 kV 双回线保护问题的最佳选择，保护性能上具有普通微机型距离零序保护（包括具有双回线相继速动）无法比拟的优越性，在不另建光通道的前提下，光纤差动保护装置高出普通微机型距离零序保护装置的费用完全可以忽略不计。

## 5 措施

1) 对万州电网内的 110 kV 双龙南线、北线，110 kV 城燕南线、北线，110 kV 巫镇南线、北线等双回线路共 6 回进行技术改造，由原来的普通微机型距离零序保护改造为光纤差动保护。同时，在受电站龙蛇背站、高燕站、镇泉站、泾渭站增配 110 kV 母线保护，以实现受电站母线故障时受电站可靠性的提高。

2) 将万州电网 110 kV “日”字型环网内 110 kV 线路高频保护在改造时全部更换为光纤差动保护。涉及的线路有 110 kV 五龙线、吊五线、高吊线、天吊线、白天线、白高线等共 6 回（滚动计划列在 2010 年，其中白天线、白高线、五龙线暂无直接光通道，装光差需进行光通道转接）。

3) 完善相关的二次回路，实现受电侧变电站光差保护动作联切小电源开关，首先保证受电站尽快恢复供电，然后利用小电源开关的重合闸回路来实现小电源尽快地并网。

4) 由于现有规程、标准没有 110 kV 双回线路配置光纤差动保护的规定，因此，建议将光纤差动保护纳入双回线保护配置的有关规程规定内，并对已有光通道而又是普通微机距离零序保护的已建双回线路进行光差保护改造，对于待建或正建或规划的双回线全部纳入光纤差动保护配置的范围內。

（下转第 117 页 continued on page 117）

和 SHJc 返回, 因此 0.59 A 的保持电流最终全部流过 SHJB, 从而使得 SHJB 持续发出合闸令, 而此时由于 A 相开关的防跳继电器卡滞失效, 造成了 A 相开关的多次跳跃, 而 B、C 相防跳继电器正常, B、C 相开关未发生跳跃现象。

### 3 改进措施

运行中, 当线路发生故障, 由于开关防跳继电器失效, 可能造成开关第二次合闸, 但是, 由于开关典型防跳回路设计在取消保护防跳回路时存在 SHJ 和开关防跳继电器的配合问题, 当断路器防跳继电器触点发生某种卡滞现象时, 由于操作箱 SHJ 和开关本体防跳继电器的配合不当, 可能造成开关反复出现跳跃现象, 不但严重损害断路器的使用寿命, 还将严重损害输电线路及用电设备, 这是我们在运行中必须防止的, 针对本典型防跳回路, 可以采取以下改进措施:

1) 保持原防跳回路不变, 调高防跳继电器的

(上接第 111 页 continued from page 111)

### 3 结论

本文对贵广直流肇庆换流站阀冷切换系统 2007 年 06 月 01 日发生的异常进行了深入分析, 得出以下结论:

① 当天发生主泵二电源小开关 Q1 及相应 MCC 小开关 Q4 跳开的异常是由主泵电源切换期间产生的冲击电流引起, 该冲击电流则由电机掉电后机端存在的反电动势和即将并入的第二路电源在相位上不同步造成。

② 通过将主泵电源切换延时由 200 ms 整定为一个更长的定值, 待机端反电动势降至足够小时再进行切换, 可显著减小电机重新投入电网瞬间产生的冲击电流。实验和生产实际表明, 该延时设为 1.5 s 即可有效避免当天阀冷切换异常的出现, 同时不会对内冷却水的循环造成影响, 是行之有效的解决方案。

(上接第 114 页 continued from page 114)

### 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.

电阻  $R$ , 使得  $R$  满足以下条件:  $R \geq 3U/I_{SHJFHMIN}$  ( $I_{SHJFHMIN}$  为三相 SHJ 的最小返回电流)。

2) 将开关防跳取消, 改为保护防跳, 可彻底解决问题, 由于开关本体防跳继电器安装在开关汇控箱, 随着年限增长, 运行状况会变坏, 而当防跳继电器触点出现问题时, 又无可靠的监视回路, 不易被发现, 容易发生开关防跳失效的情况, 而且由于这种跳跃现象难以立即人为控制, 开关一般会一直跳跃到操作能量消失或防跳卡滞触点返回后方会停止。相对来说保护本体防跳回路在保护操作箱, 防跳回路为印刷电路, 不易损坏, 而且有监视防跳继电器触点的回路, 容易提前发现, 从而可以有效避免开关发生这种防跳失效后的反复跳跃现象。

收稿日期: 2008-09-03

作者简介:

徐春新(1977-), 男, 本科, 工程师, 研究方向为继电保护运行与管理技术。E-mail: 99225880@163.com

### 参考文献

- [1] 李兴, 等.  $\pm 500$ kV 贵广直流输电系统肇庆换流站运行规程[Z].
- [2] 赵明, 等.  $\pm 500$ kV 贵广直流输电系统肇庆换流站设备操作手册[Z].
- [3] 汤晓燕. 三相感应电动机瞬间断电重新投入电网时的瞬态[J]. 电机与控制学报, 2001, 5(2): 98-102.  
TANG Xiao-yan. Reclosing Transient of Three Phase Induction Motor[J]. Electric Machine and Control, 2001, 5(2): 98-102.
- [4] 汤蕴璆. 交流电机的动态分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

收稿日期: 2008-07-25; 修回日期: 2008-08-08

作者简介:

刘森(1977-), 男, 硕士, 中级工程师, 从事高压直流系统运行管理工作;

宋述波(1978-), 男, 硕士, 中级工程师, 从事高压直流系统运行管理工作;

刘俊(1980), 男, 硕士, 助理工程师, 从事高压直流系统运行维护工作。E-mail: liujunvii@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-08-04; 修回日期: 2009-02-27

作者简介:

雷善春(1972-), 男, 电力工程师, 长期从事电力生产管理工作;

刘震(1973-), 男, 本科, 电力工程师, 从事继电保护工作; E-mail: liuzn05@sohu.com

陈勇军(1973-), 男, 专科, 电力工程师, 长期从事电力安全生产管理工作。