

DOI: 10.7667/PSPC160259

## 基于线路出串运行的保护与安控配合方法

程飞<sup>1</sup>, 熊俊<sup>2</sup>, 郭晓鸣<sup>1</sup>

(1. 国网四川省电力公司检修公司, 四川 成都 610031; 2. 国家电网公司西南分部, 四川 成都 610000)

**摘要:** 为有效解决母线短路电流超限问题, 介绍了一种通过调整系统运行方式使 500 kV 线路出串运行的方法。分析了运行方式的变化对保护及安控装置带来的影响, 指出在相邻线路三跳的情况下, 安控装置由于逻辑判据不满足而存在拒动的风险。提出了将出串运行的两条线路看做一个整体, 通过加装断路器保护三相出口重动继电器, 并将其重动接点三相串接作为相邻线路保护远跳开入, 使相邻线路对侧跳闸的方式来满足安控装置逻辑判据的要求。现场试验结果表明, 该方法实现方式简单, 可操作性强, 证明了方法的有效性及其正确性。

**关键词:** 出串运行; 安控装置; 重动继电器; 远跳

### A method of cooperating with protector and stability control equipment based on line out-series operation

CHENG Fei<sup>1</sup>, XIONG Jun<sup>2</sup>, GUO Xiaoming<sup>1</sup>

(1. State Grid Sichuan Electric Power Company Maintenance Company, Chengdu 610031, China;

2. Southwest Branch of State Grid Corporation of China, Chengdu 610000, China)

**Abstract:** To limit system bus short-circuit current, a method of 500 kV line out-series by adjusting the system operation mode is introduced. And the impact of protection and safety operation control device is analyzed after the change of operation mode. This paper points out that under the condition of line three phase trip, there are risks of safety control unit refusing action, caused by the logical criterion unsatisfied. An implementation method regarding two adjacent lines as a whole, by adding three phase output reinitiated relay in breaker protection, and taking their recombinant contacts as the adjacent line protection distant-trip input, to meet the logical criterion of safety system control device, is proposed. Field test results show that this method is simple and workable, and its validity and accuracy has been proved.

**Key words:** out-series operation; safety control device; reinitiated relay; distant-trip

## 0 引言

电网规模的不断扩大、新的大容量电源点的接入以及交直流混联相互影响的加强<sup>[1]</sup>, 导致了四川电网部分母线短路电流水平较高<sup>[2]</sup>。成都作为省网负荷的最大落点, 其较高的短路电流水平已成为该区域电网发展较为突出的问题之一。

通过对某年丰大运行方式的计算, 发现 500 kV 尖山变电站部分断路器的遮断容量不满足单母线接地故障的要求。为保证电网的安全稳定运行, 电力部门采取了多种限制短路电流的措施<sup>[3-6]</sup>, 其中主要包括以下两种: 1) 对龙王、尖山、蜀州、丹景、桃乡等变电站主变低压侧中性点加装阻值为 15 Ω 的小电抗; 2) 更换大遮断电流的断路器和加装短路电流限制器, 在过渡期间, 需临时调整电网网架结构,

改变系统运行方式。目前主变中性点加装小抗和改变网架结构已成功运用在成都电网之中。

加装小电抗改变了系统的零序阻抗<sup>[7]</sup>, 调整保护及安控装置相应的定值则可满足要求, 而改变网络结构, 对安控装置的逻辑判断<sup>[8-10]</sup>影响较大, 判据定值及策略定值均有较大调整, 甚至需要改变保护与安全自动装置的配合回路, 工作复杂且工程量较大。为此, 需寻求一种较为便捷的网架临时调整方案, 电力部门根据成都电网实际, 提出了线路出串运行方式, 并着力解决保护及安控装置的回路配合关系, 确保电网安全稳定运行。

本文结合四川 500 kV 尖山变电站保护装置与九石雅安安控装置的配合关系, 介绍了一种在不改变安控装置策略的情况下, 通过加装断路器出口重动继电器, 采用线路远跳<sup>[11-13]</sup>方式实现相邻线路对侧

保护跳闸的方案, 以解决网架临时调整带来的稳定问题。

## 1 出串运行问题阐述

### 1.1 出串运行方式简介

四川康定、大岗山水电送出通道经康定变-雅安变-尖山变-桃乡变-资阳变供成都负荷和担任外送水电任务。其中出于限制短路电流的需要, 临时调整

电网网架结构, 改变系统运行方式, 雅安变及桃乡变均为整串运行, 在尖山变则实行雅山线、山桃线经5042、5052开关出串运行方式, 如图1所示。

### 1.2 问题阐述及分析

线路的出串运行, 其CT、PT的安装位置未变化, 保护需要的开入量等接线也未变化, 故对于线路保护以及断路器保护来说, 其运行方式的变化不影响保护的正常运行。

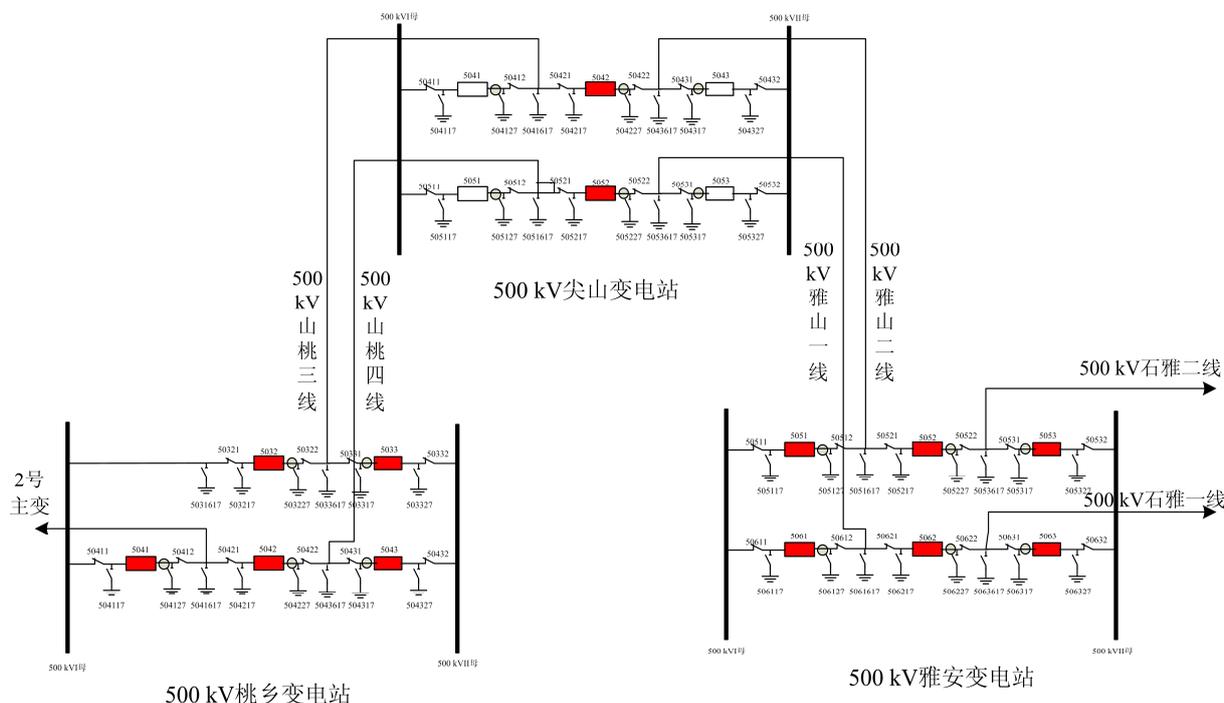


图 1 500 kV 尖山变电站出串运行方式示意图

Fig. 1 Mode of out-series operation in 500 kV Jianshan substation

对于该站安控装置来说, 山桃四线、雅山一线出串运行中, 如果山桃四线故障停运(两侧三相跳闸)时, 根据现有回路逻辑, 雅安站九石雅安控装置不能判断出雅山一线故障停运(出串运行中, 山桃四线故障停运等同于雅山一线故障停运)。同理, 山桃三线两侧跳闸时, 安控装置也判别不出雅山二线故障停运。

有两种方案可解决这一问题: 1) 升级九石雅安控系统升序, 将 5042、5052 开关位置或跳闸出口命令接入安控装置, 作为安控动作逻辑判据之一; 2) 保留原九石雅安控装置程序不变, 将 5042、5052 开关三相跳闸命令开入雅山一、二线线路保护, 作为线路保护跳闸开入联跳雅山一、二线雅安侧开关。

方案一符合现行出串运行方式, 缺点是不具备前瞻性且实现方法较复杂, 首先需要对安控升级并联动, 涉及的变电站较多, 并且重新敷设安控装置

至 5042、5052 开关保护三相跳闸出口命令电缆, 距离远, 横跨两个小室。一旦尖山站边开关改造完毕并恢复运行, 又需重新配置安控装置相关程序及联调工作, 取消中开关三相跳闸命令开入电缆。

方案二将雅山一、二线和山桃三、四线看作一个整体, 一旦山桃三、四线三相跳闸, 雅山一、二线也出口跳闸, 这样既避免了升级和恢复程序及联调的工作量, 并且实现方法简单, 只需要施放屏间短电缆, 待整串恢复运行后, 回路取消方便。

通过以上对比分析, 最终确定使用方案二。

## 2 联跳回路实现方法

以山桃四线/雅山一线为例, 阐述回路实现方式。欲实现保护三跳命令的采集, 只需将电流型重动继电器串入 5052 开关操作箱中第一组、第二组 A、B、C 三相跳闸出口回路中, 如图 2 所示。



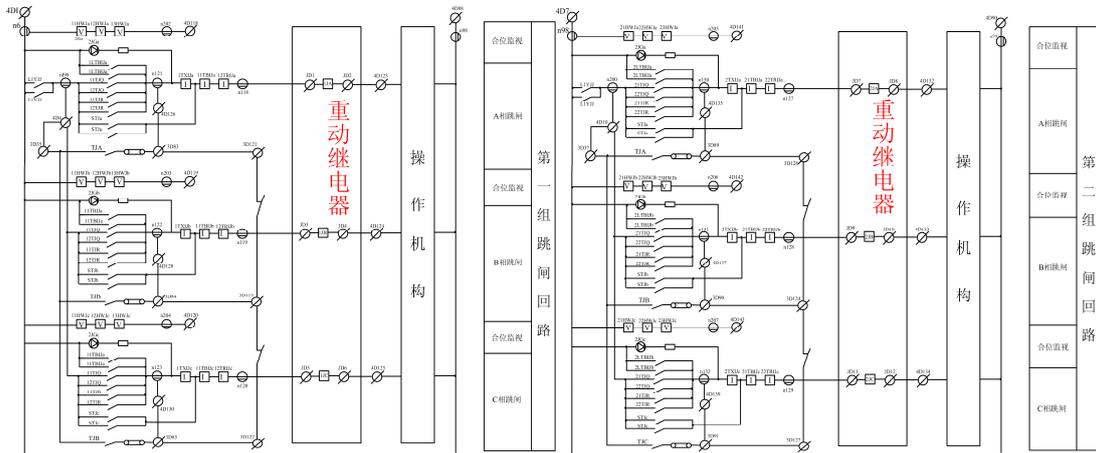


图 2 重动继电器接线图

Fig. 2 Wiring diagram of reinitiated relay

重动继电器实现了对 5052 开关第一组、第二组 A、B、C 跳闸出口信号的重动，其原理图如图 3。最后只需将重动继电器的接点经过有机的结合便可作为线路保护的开入，雅山一线线路保护型号为 RCS-931E，此保护有两个开入量可供接线：远传 1 开入和远跳开入，接点联系图如图 4 所示。

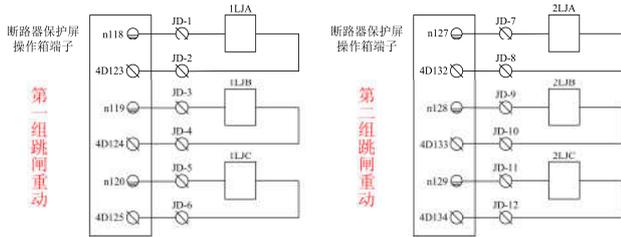


图 3 重动继电器原理图

Fig. 3 Schematic diagram of reinitiated relay

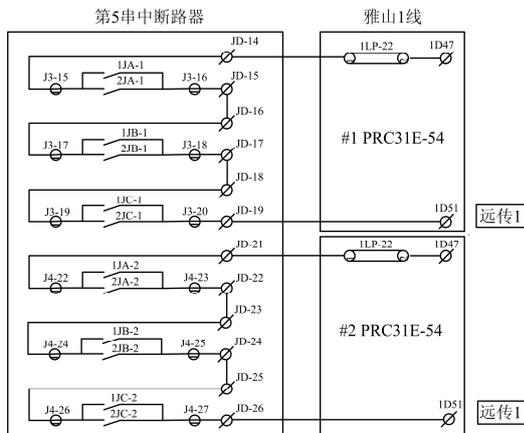


图 4 联跳回路接线图(接远跳开入时，只需将开入端改接至 1D50 即可)

Fig. 4 Wiring diagram of intertrip circuit (when reset to remote trip, just change line to 1D50)

其接线注意两点：1) 此回路为出口回路，根据反措要求，必须经压板进行控制，也便于其功能的投入或停用；2) 该开入点位为 24 V，需单独施放电缆，严禁与强电回路共用一根电缆。

改造后，当山桃四线/雅山一线发生单相瞬时性故障时，能实现选相跳闸并重合；当山桃四线/雅山一线发生严重故障或相间瞬时故障时，尖山侧 5052 开关三相跳闸并能远跳雅山一线雅安侧 5061, 5062 开关。

### 3 出串运行现场试验

#### 3.1 试验方法及结果

为检验设计方案的正确性以及回路连接的完整性，在安全措施执行完毕后，分别接入远传 1 和远跳开入，并进行以下试验内容。

试验一：于尖山侧雅山一线 1 号线路保护屏后短接“远传 1”开入接点(1D46—1D51)，测试雅安侧雅山一线 1 号线路保护能否收到远传信号，雅安侧 5061、5062 开关能否出口跳闸。

试验二：模拟山桃四线 A 相瞬时故障，观察尖山站 5052 开关动作情况，并观察尖山站雅山一线 1 号线路保护装置 RCS-931 装置是否有远传开入以及雅安站 5061、5062 开关动作情况，雅山一线 1 号线路保护装置 RCS-931 装置、RCS-925 装置是否有收信开入。

试验三：模拟山桃四线 AB 相间故障，观察尖山站 5052 开关动作情况，并观察尖山站雅山一线 1 号线路保护装置 RCS-931 装置是否有远传开入以及雅安站 5061、5062 开关动作情况，雅山一线 1 号线路保护装置 RCS-931 装置、RCS-925 装置是否有收信开入。

试验四: 模拟尖山站 5052 开关手跳, 观察 5052 开关动作情况, 并观察尖山站雅山一线 1 号线路保护装置 RCS-931 装置是否有远传开入以及雅安站 5061、5062 开关动作情况, 雅山一线 1 号线路保护

装置 RCS-931 装置是否有收信开入、RCS-925 装置是否有通道一、二收信。

试验结果如表 1 所示。

表 1 两种不同接线方式试验结果对比表

Table 1 Comparison table of two different wiring test results

变电 站	设备 名称	远传 1 开入接线方式				远跳开入接线方式			
		试验一	试验二	试验三	试验四	试验一	试验二	试验三	试验四
尖 山 侧	5052 开关	不动作	A 相跳闸 重合	三相跳闸	三相跳闸	不动作	A 相跳闸 重合	三相跳闸	三相跳闸
	RCS- 931E	有远传开入 变位	无远传 开入	有远传开入 变位, 并 持续 8 ms	有远传开入 变位, 并 持续 7 ms	有远跳开入 变位	无远跳 开入	有远跳开入 变位, 并持续 8 ms	有远跳开入 变位, 并 持续 8 ms
雅 安 侧	5061 开关	三相跳闸	未动作	未动作	未动作	三相跳闸	未动作	三相跳闸	三相跳闸
	5062 开关	三相跳闸	未动作	未动作	未动作	三相跳闸	未动作	三相跳闸	三相跳闸
	RCS- 931E	有收信开入 变位	无收信 开入	有收信开入 变位, 并 持续 8 ms	有收信开入 变位, 并 持续 7 ms	有收信开入 变位	无收信开 入	有收信开入 变位, 保护 动作	有收信开入 变位, 保护 动作
	RCS- 925A	有通道一、二收 信开入, 保护 动作	无通道一、 二收信 开入	无通道一、二 收信开入	无通道一、二 收信开入	有通道一、二收 信开入, 保护 动作	无通道一、 二收信 开入	无通道一、二 收信开入	无通道一、二 收信开入
试验结论:		正确	正确	不正确	不正确	正确	正确	正确	正确

### 3.2 结果对比分析

试验发现, 尖山站山桃四线 5052 开关三跳信号重动后接入雅山一线 1 号线路保护装置“远传 1”开入, 并不能实现远跳雅安站 5061、5062 开关。其原因为: 保护装置接收侧收到远传信号后, 并不作用于本装置的跳闸出口, 而只是如实地将对侧装置的开入接点状态反映到对应的开出接点上。重动后的三相跳闸信号开入变位极短, 只持续 8 ms 左右, 而要使雅安侧雅山一线 1 号线路保护过压装置 RCS-925A 动作, 通道一、二收信开入至少需 20 ms 以上(根据现场定值要求)。

将尖山侧 5052 开关三相跳闸信号开入由原“远传 1”位置改接至“远跳”位置(端子号 1D50)后, 并将雅安侧雅山一线 1 号线路保护 RCS-931E 装置控制字“远跳受起动控制”整定为“0”, 能够实现远跳雅安站 5061、5062 开关功能。

因此可得出结论: 接入远跳开入时, 相应逻辑才能满足安控装置要求, 适合线路出串运行方式需求。

### 3.3 远跳压板操作注意事项

尖山侧出串运行改造后, 雅山一线 1 号线路保护屏中 1LP-22 定义为“5052 出串运行中跳闸启动雅山一线 1 号远跳”压板, 2 号线路保护屏中 1LP-22 定义为“5052 出串运行中跳闸启动雅山一线 2 号远

跳”压板, 串入线路保护 RCS-931E 装置“远跳”弱电开入回路。山桃四线、雅山一线出串运行时, 投入该压板, 山桃四线、雅山一线入串运行时, 退出该压板。同时, 在操作 5052 开关分闸前, 必需退出该压板。

## 4 结束语

线路的出串运行方式作为一种限制变电站短路电流的特殊运行方式, 在成都电网得到了良好应用。

本文对出串运行这一特殊运行方式进行了介绍, 指出相应站点安控装置存在拒动风险。为解决该难题, 围绕保护及安控装置逻辑配合关系进行了深入探讨, 提出了加装断路器保护出口重动继电器方案, 通过线路远跳方式使相邻线路对侧跳闸, 有效避免了安控装置拒动风险。

通过试验验证, 该方法接线简单, 易于实现, 并且在线路恢复正常运行后, 可方便取消。目前, 该方案已被成功运用, 具有较高实用意义。

### 参考文献

- [1] 李兆伟, 翟海保, 刘福锁, 等. 多馈入交直流混联受端电网直流接入能力研究评述[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(8): 142-148.  
LI Zhaowei, ZHAI Haibao, LIU Fusuo, et al. DC access capability study for multi-infeed HVDC power transmission

system[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(8): 142-148.

[2] 蒋乐, 魏震波, 刘俊勇, 等. 四川电网 500 kV 短路电流限制方案研究[J]. 电力科学与工程, 2015, 31(2): 43-49.  
JIANG Le, WEI Zhenbo, LIU Junyong, et al. An integrated short-circuit current limiting scheme for Sichuan 500 kV Power Grid[J]. Electric Power Science and Engineering, 2015, 31(2): 43-49.

[3] 刘兵, 李勇, 奚江惠, 等. 3/2 接线变电站拉停断路器短路电流限制措施分析[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(12): 131-135.  
LIU Bing, LI Yong, XI Jianghui, et al. Analysis of pulling switch to limit short-circuit current in 3/2 wiring substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(12): 131-135.

[4] 庄侃沁, 胡宏, 励刚, 等. 控制和降低短路电流水平措施在华东电网的应用[J]. 华东电力, 2005, 33(12): 29-31.  
ZHUANG Kanqin, HU Hong, LI Gang, et al. Measures to control and reduce short-circuit current for East China Power Grid[J]. East China Electric Power, 2005, 33(12): 29-31.

[5] 周坚, 胡宏, 庄侃沁, 等. 华东 500 kV 电网短路电流分析及其限制措施探讨[J]. 华东电力, 2006, 34(7): 55-59.  
ZHOU Jian, HU Hong, ZHUANG Kanqin, et al. Short-circuit current of 500 kV East China power grid and its limitation[J]. East China Electric Power, 2006, 34(7): 55-59.

[6] 余志刚, 张宝金, 杨攀峰, 等. 宁夏电网限制短路电流措施研究[J]. 电力科学与工程, 2014, 30(5): 56-61.  
YU Zhigang, ZHANG Baojin, YANG Panfeng, et al. Study on short-circuit current limiting measures in Ningxia Power Grid[J]. Electric Power Science and Engineering, 2014, 30(5): 56-61.

[7] 李力, 李爱民, 吴科成, 等. 广东电网短路电流超标问题分析和限流措施研究[J]. 南方电网技术, 2009, 3(增刊): 20-24.  
LI Li, LI Aimin, WU Kecheng, et al. Analysis of short-circuit current exceeding standard of Guangdong Power Grid and research on limitation measures[J]. Southern Power System Technology, 2009, 3(S): 20-24.

[8] 董希建, 李雪明, 秦天, 等. 稳控装置无故障跳闸判据存在的问题及解决方案[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(17): 113-118.  
DONG Xijian, LI Xueming, QIN Tian, et al. Problems and solutions of no-fault trip criterion in security and stability control system[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(17): 113-118.

[9] 徐海波, 李雪明, 颜云松, 等. 稳定控制装置故障跳闸判据在特高压交流电网中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(23): 148-153.  
XU Haibo, LI Xueming, YAN Yunsong, et al. Application of stability control device fault tripping criterion in UHV AC grid[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(23): 148-153.

[10] 赵燕, 张文朝, 李轶群, 等. 电力系统通用安控策略整定方法的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(4): 102-107.  
ZHAO Yan, ZHANG Wenchao, LI Yiqun, et al. Research on the general control strategy of power system tuning method[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(4): 102-107.

[11] 孙新新, 贺芳. 光纤纵差保护中“远眺”功能探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(20): 232-234.  
SUN Xinxin, HE Fang. Discussion about the function of “remote breaking” in fiber longitudinal differential protection[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(20): 232-234.

[12] 张健康, 栗小华, 胡勇, 等. 750 kV 输电线路远眺保护配置方案探讨[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(12): 94-96.  
ZHANG Jiankang, SU Xiaohua, HU Yong, et al. Discussion on configuration scheme of remote tripping protection in 750 kV transmission line[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(12): 94-96.

[13] 荣钢, 翟海燕, 左晓铮. 利用 RCS-900 系列线路保护远传命令双端联调的方法[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(18): 183-185.  
RONG Gang, ZHAI Haiyan, ZUO Xiaozheng. Method for synchronous tests by using remote-transmitted order of RCS-900 series line protection[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(18): 183-185.

收稿日期: 2016-03-02; 修回日期: 2016-04-20

作者简介:

程 飞(1984-), 男, 硕士, 工程师, 从事超高压电网二次检修工作; E-mail: 283429384@qq.com

熊 俊(1978-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事继电保护及安全自动装置管理工作。E-mail: 105754852@qq.com

(编辑 葛艳娜)