

双重化配置线路保护的重合闸功能运行分析

宋亮亮¹, 汪 萍², 袁宇波¹, 高 磊¹

(1.江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211100; 2.江苏省电力公司, 江苏 南京 210024)

摘 要: 本文阐述继电保护装置采用标准化设计前后, 双重化配置的线路保护重合闸运行方式差异, 研究两套不同厂家的重合闸装置功能同时投入时对电网运行可靠性的影响, 解决电网调度和运行人员所关心的重合闸相关问题。根据智能变电站内智能设备双套配置、独立运行的特点, 提出了利用智能终端的保护三跳节点闭锁另一套智能终端重合闸功能的工程应用方案。

关键词: 标准化设计; 双重化配置; 重合闸功能; 运行分析; 智能变电站

0 引言

现代电网结构日益复杂, 考虑超高压线路保护防拒动的要求, 220kV 及以上线路一般采用两套不同原理的主后一体化保护装置, 集成重合闸功能。当运行线路发生瞬时性故障保护动作或开关偷跳行为时, 为提高供电可靠性, 通常在开关跳开一定时间(在躲过熄弧和去游离时间的前提下, 依据运方提供的满足系统稳定的最佳重合闸时间)后自动将开关合闸运行。目前江苏电网系统侧重重合闸通常采用单相一次重合方式, 即单相故障跳单相重合单相, 相间故障不重合; 对特殊运行方式或用户侧并网电点, 可采用三相一次重合闸方式, 即单相故障跳三相重合三相, 相间故障三跳不重合; 根据电厂侧继电保护运行要求, 并网线路电厂侧的重合闸功能一般停用。

继电保护系统对电网运行可靠性起到至关重要的作用, 从加强主保护简化后备保护的角度出发, 国网公司自 2007 年开始在超高压电网继电保护系统中开展执行标准化设计方案, 从保护功能、原理、二次回路、定值等项目对继电保护装置进行统一。

标准化配置的线路保护采用两套完全独立的判别和执行系统, 取消了两套保护之间的重合闸相互启动和闭锁回路, 正常运行时两套重合闸均投入运行, 该运行方式引发了继电保护人员下述问题的普遍关注。

1) 线路发生单相永久接地故障时, 两套保护装置的重合闸功能能否正确配合, 从而确保开关不发生二次重合闸, 减少对电网设备的冲击;

2) 当由于电网运行方式变化而需要启用或停用线路的重合闸功能时, 两套线路保护该分别如何操作, 从而提高供电可靠性;

3) 智能变电站继电保护装置及智能终端采用双重化配置方案, 其与常规保护单操作箱“六统一”重合闸的设计、运行差异如何。

本文将根据重合闸功能的原理, 对标准化设计(“六统一”)线路保护重合闸的配置和运行方式进行研究, 制定智能变电站双套重合闸之间的优化配合策略, 提高电网重合闸的运行水平。

1 传统重合闸装置设计

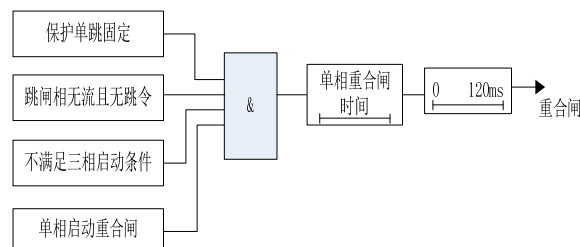


图1 典型单相重合闸逻辑

双母线接线形式的线路重合闸功能一般随线路保护配置。执行标准化设计之前, 重合闸方式的变更通过重合闸切换把手执行, 作为保护装置外部硬接点开入, 不设置单独的重合闸停用压板。重合闸功能退出时需将切换把手置于“停用”位置, 但装置重合闸退出并不代表线路重合闸退出, 此时保护仍执行选相跳闸。要实现线路重合闸停用, 需同时投入“沟三闭重”压板。当重合闸方式把手置于运行位置(单重、三重或综重)且定值中对应的重合闸投入控制字置“1”时, 装置重合闸投入。典型的线路

保护重合闸逻辑如图 1 所示。

为简化运行，“六统一”前双重化配置的线路保护，正常运行时仅投入一套重合闸，一般选与断路器保护共屏那套线路保护，另一套保护屏的重合闸出口压板取下。以配置 RCS931+ PSL603+PSL631 的线路为例，正常方式下，启用 PSL603 重合闸，停用 RCS931 重合闸（出口压板退出），同时取下 RCS931 保护屏“沟通三跳”压板。当线路发生单相接地故障时，PSL603 启动自身的重合闸计时，RCS931 动作跳闸的同时通过“启动另一套装置重合闸”硬压板来启动 PSL603 的重合闸，经 PSL603 保护判别满足条件后合闸出口。该方式保证了最终的重合闸命令由一套保护发出，从根本上避免了开关出现二次重合闸的可能。两套屏柜间重合闸相互联系回路如图 2 所示。

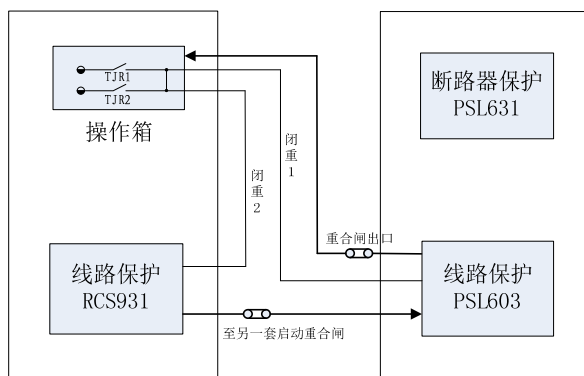


图 2 非“六统一”线路保护重合闸配合关系

采用由单套线路保护启用重合闸时，其条件判别均由该线路保护执行，不会出现由于两套保护配合不一致导致的两次重合问题。另外重合闸出口脉冲发出的同时即“放电”也避免了同一套保护装置出现二次重合闸的可能性。

2 标准化设计的重合闸配置

继电保护标准化设计规范明确了保护装置双重化配置的原则，两套保护之间的交流采样及跳合闸回路完全独立，取消了相互启动和闭锁回路。

“六统一”线路保护取消了重合闸切换把手和“沟通三跳”压板，取消至第二套保护的重合闸启动回路，每套保护增设了“停用重合闸”功能压板，增加了“禁止重合闸”控制字。

正常运行时，为统一运行原则，两套线路保护的重合闸功能和回路均投入，当任一“停用重合闸”功能压板投入时，任何故障情况下保护装置均三跳

闭重。因此若仅停用某一套装置重合闸，则不能投入“停用重合闸”压板，而应该将该装置重合闸出口压板解除，让另一套保护重合闸可以正常工作。见图 3。

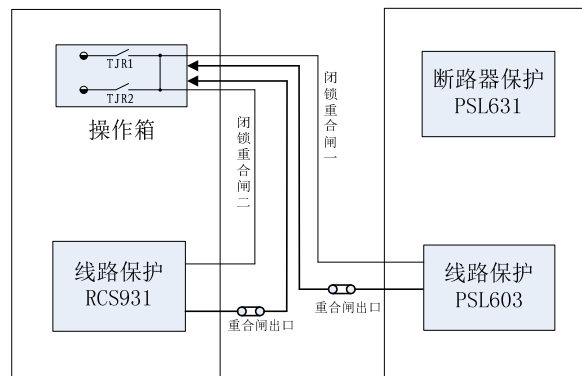


图 3 “六统一”线路保护重合闸配合关系

双套重合闸同时投入运行时，它们之间的配合问题曾引起电网运行人员的普遍关注。例如线路发生永久性故障时，两套保护重合闸功能的差异是否会造成开关二次重合。下面将从结合重合闸原理和二次回路对该问题进行分析。

(1) 目前国产微机保护装置的重合闸原理基本相同，整组时间差异不大，一般不超过 10ms，而操作箱继电器接点闭合时间加上断路器本体合闸固有时间，在 30~40ms 左右，因此两套线路保护重合闸的整组时间差基本被湮灭，对一次断路器来讲只能感受到一个合闸脉冲。若此时合闸到永久故障上，保护感受到的故障量特征满足，保护全线加速动作将故障切除。进口保护和国产保护之间的重合闸计时方式不同，在双母线接线方式的线路配置中已很少使用。重合闸放电逻辑如图 4 所示。

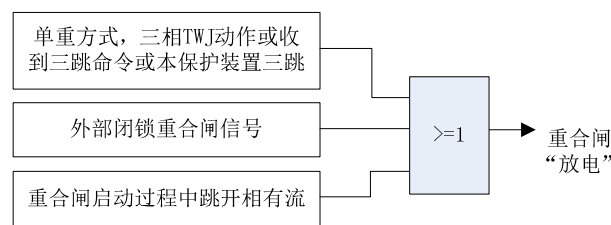


图 4 重合闸放电逻辑

(2) 非正常情况（包括定值整定偏差，重合闸计时程序异常等），出现一套保护先合于故障时，分析如下。此处假设第一套保护先重合，第二套保护后合。

假设第一套保护重合闸先动作，开关合于故障，此时第二套保护会立即感受到故障电流，如果

此时第二套重合闸的计时没有结束，则立即放电收回合闸命令，开关不会二次重合。

假设第一套保护重合于故障，第二套保护感受到故障电流，但此时合闸命令已经发出，第一套还未来得及跳闸，此时开关仍处于合位，第二套保护的重合闸信号不会对开关行为造成影响。此时第一套保护由于感受到了故障，加速动作，发出跳闸命令，经跳闸回路至断路器的执行机构，将开关跳开，并且操作回路中的防跳继电器节点会切断合闸回路，即使合闸脉冲保持时间超过 100ms，也不会再次合闸。该情况下开关仅仅会分合分一次。另外，即使没有防跳回路，只要保证合闸脉冲宽度不超过跳闸脉冲宽度，可保证不会出现二次合闸，该条件在保护厂家编写程序过程中应加以注意。

同时需要说明的是，在开关的分合分过程中，操作机构压力下降也减小了二次重合发生的概率。

为测试并评估正常情况下两套保护的重合闸脉冲信号不一致对开关动作行为的影响，试验选取实际变电站某一条线路的两套线路保护进行测试。采用调整重合闸时间定值的方式来模拟两套重合闸系统的差异，同时进行适度放大，模拟两套重合闸定值不同所带来的影响。

试验项目：两套线路保护正常运行，线路单相接地故障，调整合闸后的负荷电流。

表 1 单相瞬时故障保护动作结果（负荷为零）

序号	重合闸时间定值/s		动作结果
	第一套	第二套	
1		0.71	双套重合
2		0.72	双套重合
3	0.70	0.73	双套重合
4		0.74	双套重合
5		0.75	双套重合
6	0.71		双套重合
7	0.72		双套重合
8	0.73	0.70	双套重合
9	0.74		双套重合
10	0.75		双套重合

表 1 试验结果显示，两套保护装置执行自身的重合闸逻辑，不会相互影响。此时，即使第一套保护重合闸已经出口，开关合闸成功，也不会影响第二套保护的工作行为，即继续重合。

为避免开关位置延时对保护逻辑判断的影响，现在的线路保护普遍采用电流作为辅助判据，重合闸出口后启动合闸加速逻辑，若此时若仍存在故障

电流，且满足任一项动作条件时（差动、距离、过流等），保护加速跳开三相不再重合。另一套保护在等待重合闸时间的过程中，检测到故障电流也将直接动作跳开各相。

保护逻辑中通常对该电流设置门槛值 I_M 作有流判据，电流小于该值时，第二套保护正常重合；大于该值时，第二套保护将立即放电，不会合闸出口，但此时开关已经由第一套合闸；大于动作定值时，保护加速段出口。

3 智能站重合闸功能说明

智能变电站的线路保护重合闸采用了与标准化设计相同的配置原则，正常运行时两套重合闸功能均投入使用。智能站采用智能终端实现传统的操作箱功能，且与保护装置一一对应。见图 5。

重合闸启、停用方式与“六统一”线路保护相同，“停用重合闸”采用软压板方式投退。

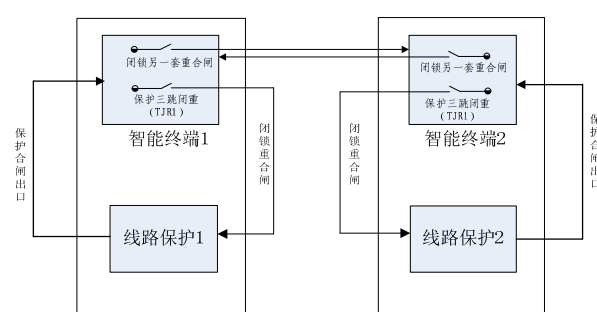


图 5 智能站双套线路保护重合闸配合关系

两套智能终端之间的相互闭锁回路分析：

双重化配置的 AB 套线路保护和母线保护分别接收来自不同 CT 次级的电流采样，当故障发生在这两个次级之间时，一套母差动作、一套线路保护动作时，若线路采用三相一次重合闸方式，此时母差仅能闭锁一套线路保护的重合闸，而另一套线路保护的重合闸计时继续进行。为防止该情况下线路保护误合闸，需采用有效手段对动作后的线路保护进行合闸闭锁。由于智能终端自身具备闭锁重合闸开入接点，目前工程应用中通过硬电缆将一套智能终端的闭重开出作为另一套的开入来实现。现场模拟该方式对重合闸闭锁回路进行验证，故障记录波形如图 6 所示。

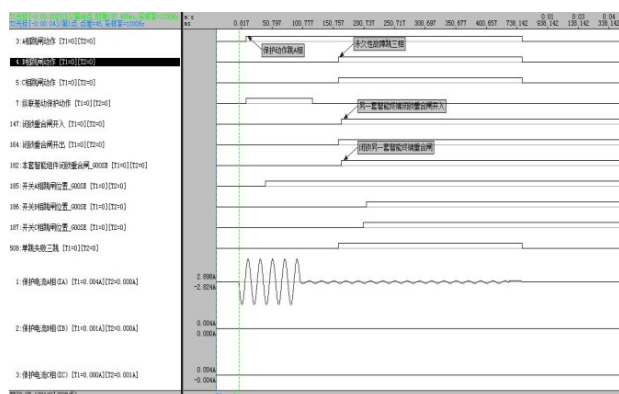


图 6 重合于永久故障下故障录波

智能变电站双套重合闸运行:

1) 双重化配置的其中一套线路保护与智能终端之间发生链路断链, 开关位置无效, 该套保护装置立即放电, 此时线路上发生任何故障, 保护均三跳闭重。

2) 双重化配置的其中一套线路保护装置故障需检修时, 可投入该套线路保护检修压板, 此时线路保护由于和智能终端检修状态不一致而不会出口, 但不影响另一套线路保护重合闸和母线保护的正常运行。

3) 双重化配置的其中一套智能终端需检修时, 可投入该套智能终端检修压板, 此时与该套智能终端相关的线路保护、母线保护、开关保护跳本开关均不能动作出口。

4) 根据电网运行要求, 线路重合闸功能一般随纵联保护运行, 当线路有纵联保护在时, 两套重合闸可同时投入运行; 当纵联保护退出时, 停用线路重合闸。现场应根据调度要求正确投退“停用重合闸”压板。

4 结论

本文在比较电网现有的几种线路重合闸配置方式的基础上, 围绕“六统一”实施前后继电保护人员对重合闸关心的几点问题, 分析了“非六统一”和“六统一”重合闸功能差异和运行注意点, 结合实验验证了两套线路保护重合闸均投入运行时不会影响重合闸功能的正确执行。本文重点结合智能变电站保护配置方式, 详细阐述了双套智能终端之间配置相互闭锁回路的必要性, 提出了智能变电站重合闸运行建议。

参考文献:

- [1] 江苏电网 220kV 系统继电保护与安全自动装置调度运行规定[Z]. 江苏省电力公司, 2012.
Scheduling and Operation Provisions of Jiangsu Power System 220kV Relay Protection and Automatic Safety Devices [Z]. Jiangsu Power Company, 2012.
- [2] 陈新宇. RCS-931A 与 PSL603G 双重保护重合闸的实现与配合[J]. 电气工程与自动化, 2010, 18(1):27-28.
CHEN Xinyu. Realization and Coordinate of Double Relay Protection Configuration RCS-931A and PSL603G [J]. Electrical Engineering and Automation, 2010, 18(1):27-28
- [3] 王维俭. 电气主设备继电保护原理应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
WANG Weijian. Relay Protection Principle and Application of Main Electrical Equipment [M]. Beijing, China Electric Power Press, 2001.
- [4] 江苏电网智能变电站运行管理规范[Z]. 江苏省电力公司, 2012.
Specification of Operation and Management of Jiangsu Smart Substation[Z]. Jiangsu Power Company, 2012.
- [5] 国家电力调度通信中心. 继电保护培训教材[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
National Electric Power Dispatching and Communication Center. Relay Protection Training Material[M]. Beijing : China Electric Power Press, 2009.
- [6] 高国庆. 双套重合闸并列投用的可行方案[J]. 继电器, 2002, 30(7):56-58.
GAO Guoqing. Feasible Plan for two auto-reclosers being Operated Side by Side[J]. Relays, 2002, 30(7):56-58.
- [7] 金言, 段振坤, 范华. 智能变电站线路保护重合闸配合问题的解决方案[J]. 华北电力技术, 2012.
JIN Yan, DUAN Zhenkun, FAN Hua. Solution to Smart Substation Line Protection Reclose Coordination[J], North China Electric Power, 2012.
- [8] 郭雷, 苏延武, 赵慧君. RCS 系列 220 kV 线路保护“至重合闸”压板功能解析[J]. 电力系统保护与控制, 38(5):137-142.
GUO Lei, SU Yanwu, ZHAO Huijun. Function of the Switch "Transmit Information of Auto-reclosing" Installed in the RCS Series Relay Protection of 220 kV Electric Line[J]. Power System Protection and Control, 38(5):137-142.

电保护技术的研究工作, Email:songliang1005@163.com, 南京市江宁区帕威尔路 1 号。

作者简介:

宋亮亮 (1985-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力系统继

Reclosing Function Operation Analysis of Double Configured Line Protection Devices

SONG Liang-liang¹, WANG Ping², YUAN Yu-bo¹, GAO-Lei¹

(1.Jiangsu Electric Power Research Institute Corporation Limited, Jiangsu Nangjing 211100; 2.Jiangsu Electric Power Company, Jiangsu Nangjing 210024)

Abstract: This paper describes the difference of line reclosing operation mode pre and post relay protection standardized design, research the may impact on the reliability of the power grid operation while two sets reclosing device of different manufacturers are put into operation at the same time, aims at solving some concern of dispatchers。Considering the characteristic of double equipped and independently operation of intelligent devices in smart substation, the author provides a special method using permanent triple node to atresia another set of reclosing function, which has been put into engineering application.

KEY WORDS: Standardized design, Double configuration, Reclosing function, Operation analysis, Smart substation