

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 211103;2.江苏省电力公司,江苏南京 210024)

摘要:比较了高压线路保护采用标准化设计前后电网重合闸运行方式的差异,研究了2套不同厂家的线路保护重合闸功能同时投入时电网运行的可靠性。根据智能变电站内IED设备双套配置、独立运行的特点,提出了利用保护三跳接点实现双套智能终端间重合闸互锁的工程应用方案。

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

中图分类号:TM762

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2014)01-0018-04

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,220 kV及以上线路一般采用2套不同原理的主后一体化保护装置,含线路重合闸功能。运行线路发生瞬时性故障保护动作或开关偷跳行为时,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,依据远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,以提高供电可靠性。目前一般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;根据部分地区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^[1]。标准化配置的线路保护采用2套完全独立的判别和执行系统,取消了2套保护之间的重合闸相互启动和闭锁回路,正常运行时2套重合闸均投入运行,该运行方式引发了继电保护及调度运行人员对下述问题的关注。(1)线路发生单相永久接地故障时,2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,2套线路保护该如何操作,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,其与标准化设计(“六统一”)的常规保护单操作箱重合闸的设计、运行有何差别。

目前已有部分文献对双重化重合闸问题进行过研究,但多为对某一环节(例如某块压板的功能,现有的重合闸运行方式等)进行简单解释,缺乏较为系统

的理论分析和研究^[2-5]。因而上述的问题目前还没有得到系统的解释。文中将根据重合闸功能的原理,对“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 传统重合闸配置方式

重合闸是一种因故障跳开后断路器按需要自动投入的自动装置,广泛应用于超高压电网中,对提高系统供电的可靠性,减少线路停电的次数,提高电力系统并列运行的稳定性有重要作用^[6]。

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。

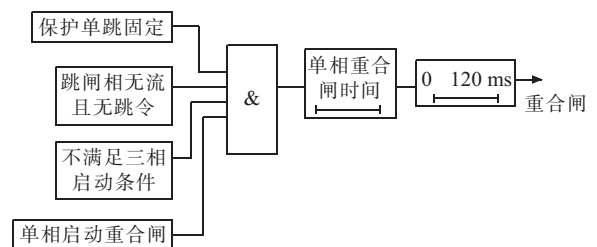


图1 典型单相重合闸逻辑

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,根据不同地区用户习惯,通常选与断路器保护共屏那套线路保护,将另一套保护屏的合闸出口压板取下。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。2套屏柜间重合闸相互联系回路如图2所示。

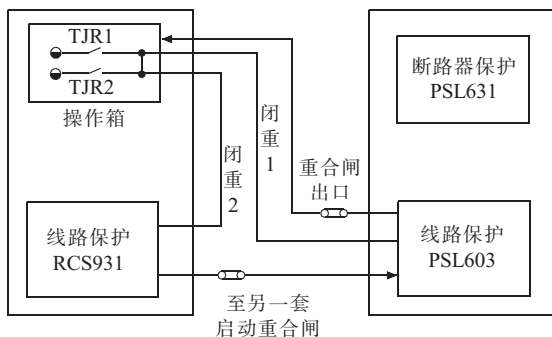


图2 非“六统一”线路保护重合闸配合关系

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2套保护配合不一致导致的二次重合问题。另外重合闸出口脉冲发出的同时即“放电”,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

Q/GDW 161—2007^[1]明确了220 kV及以上线路保护双重化配置的原则,规定了2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,2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。“六统一”线路重合闸功能配合关系如图3所示。

双套重合闸同时投入运行时,两者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,2套保护重合闸功能的差异是否会造成开关二次重合。下面将结合重合闸原理和二次回路的设计对该问题进行分析。

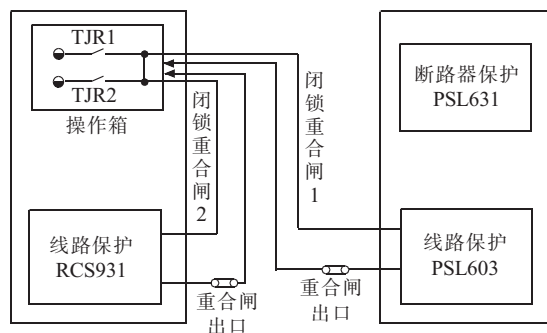


图3 “六统一”线路保护重合闸配合关系

(1) 目前国产微机保护装置的重合闸原理基本相同,整组时间差异一般不超过10 ms。操作箱继电器节点动作时间加上断路器本体合闸固有时间在30~40 ms。由于断路器通常只有一个合闸线圈,2套保护的合闸回路经操作箱后并在一起去断路器本体机构,因此2套线路保护重合闸的整组时间差在断路器行程过程中基本被湮灭,对断路器本体来讲只能感受到一个合闸脉冲。若此时合于永久故障,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,不会再出现二次重合的现象。典型重合闸放电逻辑如图4所示。

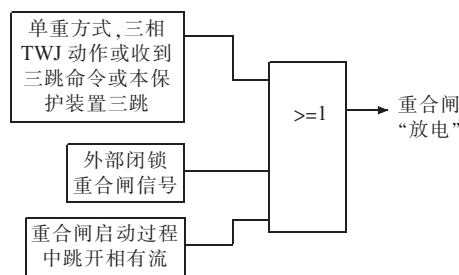


图4 重合闸放电逻辑

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。

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

(a) 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。

(b) 假设第一套保护重合于故障的过程中,开关仍处于合位,此时第二套合闸命令已经发出,在感受到故障电流的同时,第二套保护立即收回重合闸命令,转而三跳,也不会出现二次重合闸的问题。

(c) 除了厂家在重合闸充放电逻辑中引入电流判据之外,故障后若合闸命令不返回,断路器操作回路中的防跳继电器会励磁,切断合闸回路,保证开关不会二次重合。

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。

3 试验分析

为测试并评估正常情况下“六统一”的2套保护重合闸脉冲信号不一致对开关动作行为的影响,结合保护校验工作,选取实际变电站某一条线路的2套线路保护进行测试。通过调整重合闸时间定值的方式来模拟2套重合闸系统的差异。2套线路保护(PCS931GM,PSL603U)正常运行,线路单相接地故障,调整合闸后的负荷电流。

(1) 单相瞬时接地故障 AN,故障电流 $3 I_{zd}$ (I_{zd} 为差动电流整定值),持续时间 0.1 s,重合后无负荷电流。其保护动作结果见表 1。

表 1 单相瞬时故障保护动作结果

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

试验结果显示,2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。

(2) 单相瞬时接地故障 AN,故障电流 $3 I_{zd}$,持续时间 0.1 s,重合后负荷电流为 $0.12 I_N$ (I_N 为线路额定电流)。其保护动作结果见表 2。

表 2 单相瞬时故障保护动作结果

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

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。

(3) 单相永久接地故障 AN,故障电流 $3 I_{zd}$ 。其保护动作结果见表 3。

表 3 单相永久故障保护动作结果

序号	重合闸时间 /s		动作结果
	第一套	第二套	
1		0.71	第一套重合出口,加速跳闸,第二套单跳转三跳
2	0.70	0.72	同上
3		0.73	同上
4		0.74	同上
5		0.75	同上
6	0.71		第二套重合出口,加速跳闸,第一套单跳转三跳
7	0.72	0.70	同上
8	0.73		同上
9	0.74		同上
10	0.75		同上

为避免开关位置延时对保护逻辑判断的影响,目前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。

4 智能变电站重合闸功能说明

智能变电站线路保护重合闸配置原则与“六统一”相同,即正常运行时2套重合闸功能均投入使用^[7,8]。智能变电站重合闸启、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。智能变电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,典型的配置方案如图 5 所示。

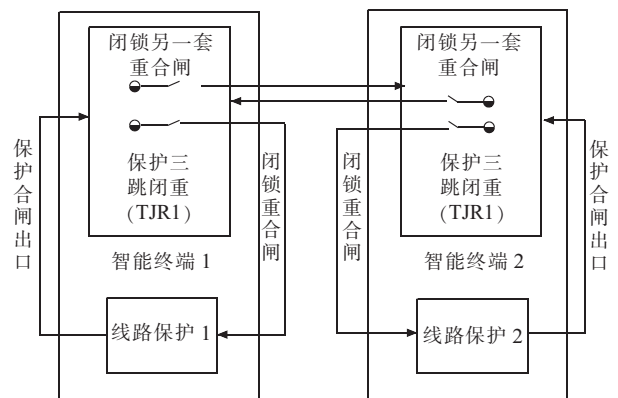


图 5 智能站双套线路保护重合闸配合关系

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 TA 次级的电流采样,当故障发生在这 2 个次级之间时,即 1 套母差动作、2 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。为保证 2 套保护动作行为的一致性,目前工程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。

根据上述分析,对涉及智能变电站重合闸的运行方式作进一步说明。

(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,该套保护装置延时放电,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^[9]。

(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。

5 结束语

比较了高压电网现有重合闸配置方案,对“六统一”前后重合闸功能差异和运行方式区别进行了分析,研究了双重化的重合闸同时投入运行对电网可靠性的

影响,并结合实验进行验证。实验结果显示:“六统一”后,正常情况下双重化的重合闸同时投入运行不会造成开关二次重合的问题,并且有助于提高供电可靠性。同时研究了智能变电站双套智能终端之间的重合闸闭锁方式,其相关结论具有工程应用指导意义。

参考文献:

- [1] 国家电网公司. Q/GDW 161—2007 线路保护及辅助装置标准化设计规范[S]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [2] 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.
- [3] 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,2010,38(5):137-142.
- [4] 黄海坤,陈文娟,曹德发. 关于 220 kV 线路两套重合闸可并用的分析[J]. 电工技术,2009(10):13-14.
- [5] 陈新宇. RCS-931A 与 PSL603G 双重保护重合闸的实现与配合[J]. 机电信息,2010(18):27-28.
- [6] 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,2009:57.
- [7] 国家电网公司. Q/GDW 750—2012 智能变电站运行管理规范[S]. 北京:中国电力出版社,2012.
- [8] 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,2012,68-70.
- [9] 朱江,董余凡,李晔. “六统一”设计下的双母线方式断路器失灵保护运行分析[J]. 江苏电机工程,2012,31(6):71-74.

作者简介:

- 宋亮亮(1985),男,江苏南通人,工程师,从事电力系统继电保护及智能变电站相关技术的研究工作;
- 汪萍(1962),女,江苏镇江人,高级工程师,从事大电网继电保护研究与整定工作;
- 袁宇波(1975),男,江苏丹阳人,高级工程师,从事电力系统继电保护理论研究与分析工作;
- 高磊(1982),男,山东青岛人,工程师,从事电力系统继电保护及智能变电站相关技术的研究工作。

Analysis on Reclosing Function Operation of Double Configured Line Protection Devices

SONG Liangliang¹, WANG Ping², YUAN Yubo¹, GAOLei¹

(1. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China;

2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

Abstract: This paper compares the difference of line reclosing operation modes of before and after the standardized design is used in relay protection. The reliability of power grid with two sets of reclosing device from different manufacturers putting into operation at the same time is studied. Considering doubly-equipped and independently-operated characteristic of IEDs in smart substation, this paper introduces an engineering application of using permanent triple node to realize intelligent terminal reclosing function.

Key words: standardized design; double configuration; reclosing function; operation analysis; smart substation