

一起 110 kV 备自投装置延时动作造成负荷损失的案例分析及应对措施

江 维,胡晓斌,蒋易雄,吴 诚

(国网江西省电力有限公司九江供电分公司,江西 九江 332000)

摘 要:备自投装置对变电站供电可靠性起着重要作用,除部分特殊运方变电站外,几乎为站内必配重要装置,但由于备自投动作原理或设计与现场实际情况不符,可能导致备自投无法快速正确动作。文中对一起现场备自投装置延时动作案例进行分析,提出相应整改措施,为提高电网安全性和供电可靠性提供参考。

关键词:备自投装置;供电可靠性;延时动作;整改措施

中图分类号:TM 762.1 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-348X(2025)05-0068-04

0 引言

备自投装置为变电站内重要自动控制装置,当主供电源发送故障或其它原因失电时,备自投能够在较短时间内检测到故障,并迅速、准确地投入备用电源线路供电,保证系统的供电可靠性。为保证备自投装置的正确动作,其逻辑设计必须符合现场实际,能够正确判断各种运行工况和故障类型^[1-6],如母线失压、进线无流、开关位置等。文中对一起 110 kV 变电站内 110 kV 备自投装置延时动作事故进行分析与处理,针对小电源上网线路提出备自投整改措施^[7-14],可使该运行方式下的备自投装置能够正确动作,减少站内负荷损失风险,从而保证系统的供电可靠性。

1 事故前站内运行方式

某地区某 110 kV 变电站配置为:110 kV I、II 母并列运行,110 kV 母联 131 开关运行,110 kV 进线 1 和 110 kV 小电源 3 接于 110 kV I 母,进线 1 开关和小电源 3 开关均在合位,110 kV 进线 2 接于 110 kV II 母,进线 2 开关在热备用,接线图如图 1 所示。事故前,进线 1 和进线 2 处于进线备投状态,备自投方式 1 充电已完成,即满足以下备自投充电条件:

- 1) 110 kV I、II 母均三相有压,进线 2 线路有压;
- 2) DL1、DL3 在合位,DL2 在分位,即进线 1 带两段母线,进线 2 处于热备用状态。
- 3) DL1、DL2、DL3 开关合后位置正常,即 KKJ1 和 KKJ3 均为 1, KKJ2 为 0。
- 4) 定值、控制字、软压板和硬压板均正确,且处于投入状态。

本备自投动作需满足条件:备自投按照充电方式 1 充电完成后,当备自投检测到 110 kV 的 I、II 母均无压,进线 2 线路有压,进线 1 无流时,经定值整定的延时,备自投保护动作跳进线电源 1 开关 DL1 并联切小电源线路 3 开关 DL3,确认 DL1 和 DL3 均跳开后,经整定的延时合进线 2 的合闸接点,合上进线电源 2 开关 DL2,恢复母线供电。

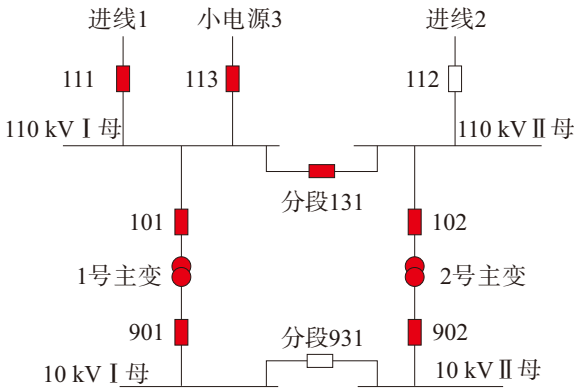


图 1 故障前变电站运行方式

收稿日期:2025-06-24

作者简介:江维(1992),男,硕士,工程师,主要从事电力系统继电保护研究。

2 事故概况

某地区 110 kV 变电站:某日 15:08:40 067 ms, 该站 110 kV 进线 1 线路 BC 相间故障(故障点在站外线路某处),110 kV 进线 1 差动保护装置动作跳闸,其保护装置动作报告如图 2 所示。



图2 110 kV 进线 1 保护装置动作报告

15:08:40 115 ms,线路差动保护跳开进线 1 开关,即开关由合位变为分位,其故障动作录波波形如图 3 所示。由图 3 可知,在进线 1 开关故障跳开后,110 kV I 母电压跟正常情况下的电压相当,并没有明显的变化。

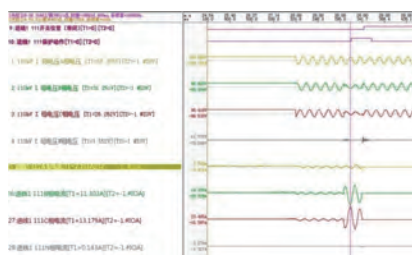


图3 110 kV 进线 1 故障录波波形变化

15:08:41 277 ms 进线 1 的保护装置重合闸放电(重合闸为检同期方式,重合闸整定值为 1.3 s)。

15:08:41 277 ms 至 15:12:36 596 ms 期间,该站 110 kV 小电源 3 供全站负荷,110 kV 母线频率逐渐降低,由最初的 50 Hz 降低至 41.5 Hz,该站相继共有 5 条 10 kV 出线线路低周保护动作跳闸,而造成负荷损失,其母线电压幅值以及频率波形变化情况如图 4 所示。由图 4 可知,110 kV 母线电压幅值在缓慢下降,最终趋于 0,110 kV 母线电压的频率也在逐渐降低,最低降到约 41.5 Hz。

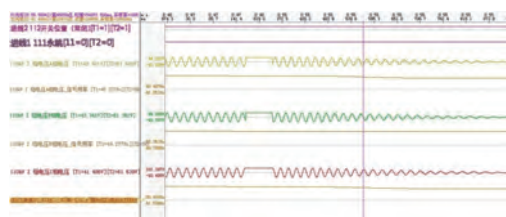


图4 110 kV 母线电压幅值及频率录波波形变化

15:12:36 596 ms 时,110 kV 备自投装置启动(备自投动作整定的时间 3.8 s)。

15:12:40 396 ms 时,110 kV 备自投装置保护跳 DL1 动作(跳进线 1 开关,同时联切小电源 3 开关)。

15:12:40 465 ms 时,110 kV 小电源 3 开关由合位变为分位。

15:12:40 497 ms 时,110 kV 备自投装置合 DL2 动作(合 110 kV 进线 2 开关),备自投保护装置动作报告如图 5 所示。

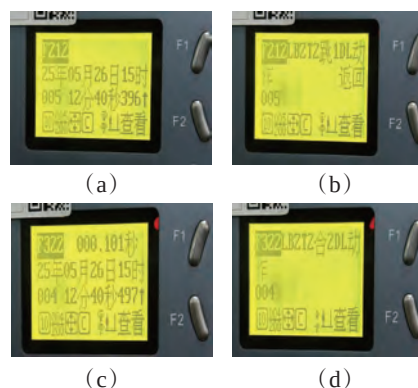


图5 110 kV 备自投保护装置动作报告

15:12:40 618 ms,110 kV 进线 2 开关由分位变为合位,站内 110 kV I、II 母电压恢复正常,其母线电压及进线 2 开关位置变化情况如图 6 波形所示。由图 6 可知,110 kV 母线电压在进线 2 开关合上时,母线电压由 0 瞬间恢复正常电压。

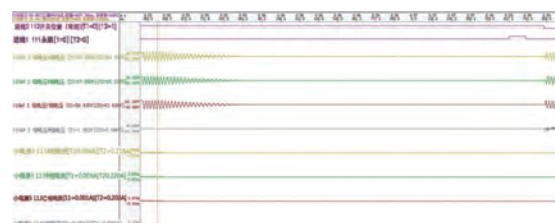


图6 110 kV 母线电压及线路开关波形变化

3 事故调查分析

根据现场保护装置动作情况,进行深入分析。

1) 重合闸未动作原因分析。该站进线 1 重合闸方式为检同期方式,进线 1 故障前,该站总负荷为 48.5 MW,其中进线 1 接带负荷约 31 MW,小电源 3 接带负荷约 17.5 MW,进线 1 故障跳闸后,小电源 3 成为该站唯一供电电源。由于小电源线路 3 不能接带该站全部负荷,当出现有功出力不够时会导致系统频率降低,进线 1 电

故障分析

FAULT ANALYSIS

源的频率与站内系统(小电源3供电电源)频率差越来越大,导致1.3 s重合闸整定时间下,已完全不满足同期合闸的条件,保护装置重合闸因不满足同期条件而放电,使得进线1重合不成功。

2)该站低压侧10 kV出线线路低频保护动作跳闸原因分析。该站在进线1故障跳闸后,小电源3成为唯一供电电源,由于小电源3有功出力不够,带负荷缺额近31 MW,导致该站在小电源3孤立供电情况下,频率持续不断降低,最低降至41.5 Hz,导致该站低周方案中,第一轮(49 Hz/0.15 s)和第二轮(48.75 Hz/0.15 s)的共5条10 kV出线线路低周保护动作跳闸,造成负荷出线损失。

3)110 kV备自投保护装置延时动作原因分析。该变电站进线1跳闸后,小电源3接带了该站全站负荷近4分钟才切机,导致15:08:40时进线1故障跳闸,15:12:36时该站110 kV母线电压降低至满足备自投母线无压定值(线电压30 V),备自投启动,在其启动3.8 s后,动作出口跳开进线1,联切小电源3,经过整定值0.1 s的延时,合上进线2,母线恢复正常供电。

4 暴露的问题

此次事故缘于未充分考虑到小电源线路上网的特殊性,造成配电网负荷损失。该站内110 kV母线存在小电源线路3上网运行情况,在主供进线1发生故障跳闸时,小电源线路3短时间内孤网运行,带全站负荷,此时,母线电压并不会迅速下降,该站内无法满足备自投保护的母线无压定值条件,使得该备自投保护无法快速启动,且在小电源3有功出力不够情况下,因无法支撑全站负载,引起系统频率不断降低,使得该站10 kV出线间隔保护装置低周保护动作跳开关,进而造成配网负荷损失,最终是在小电源3被切机、电压降低到满足备自投母线无压定值条件下,备自投才正常动作,整个延时时间近4 min,站内负荷出现损失,该方式下的备自投保护未实现供电的可靠性。

5 针对小电源上网线路的应对措施

针对已上网含有小电源的变电站,需进一步优化

现有联切小电源间隔的回路。

方法1:对已经投运的备自投装置的变电站,增加110 kV进线电源保护动作联切小电源开关的回路,当变电站进线电源保护动作时,利用线路保护备用跳闸接点联切小电源开关(接入到小电源的永跳回路),避免出现小电源孤网运行,使备自投无法及时动作,造成站内负荷损失。

设计的原理图如图7所示。在小电源3保护操作回路增加进线1和进线2备用跳闸接点永跳回路,即可实现在进线备自投方式下,进线1(或进线2)出现故障时联切小电源3;在进线1(或进线2)和小电源3同时跳开后,母线由于失去电源供电而失压,备自投将可靠启动并及时动作,恢复备用进线2(或进线1)供电,从而保证了供电可靠性;当进线1(或进线2)开关在正常运行时,其1CLP3和2CLP3压板应投入,需特别注意是在进线1(或进线2)检修时,其保护1CLP3(或2CLP3)压板要退出,压板上端头应用绝缘胶布包好,避免在日常定检工作时,由于进线1(或进线2)保护动作接点闭合而造成小电源3线路误跳闸的情况;当站内为分段备自投运行方式时,在进线1与小电源3同时运行于同一段母线时,当进线1线路发生故障时应同时联切小电源3,即1CLP3压板应该投入;当进线2线路故障时,不应联切小电源3,即2CLP3压板应该退出,在进线2与小电源3运行于同一段母线时,原理同上。

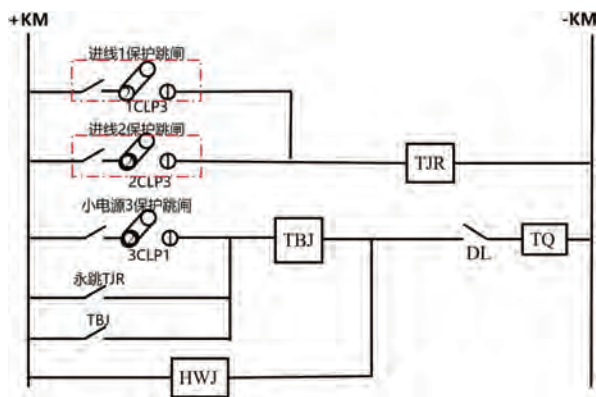


图7 110 kV小电源3线路操作回路改进原理图

对改进后的回路进行试验,论证联切正确性和可靠性。结合线路停电工作,对进线1(或进线2)线路进线保护试验,如差动保护试验。在通入电流为差动动作电流1.05倍时(差动自环试验,差动动作电流值为整定值的0.5倍),差动保护动作、试验仪测量进线

1(或进线2)保护压板下端头正电位开入时间均小于7 ms,同时结合小电源3线路检修工作,对小电源3线路进行开关传动试验,分别将1CLP3和2CLP3压板上端头开入正电,110 kV小电源3线路保护跳闸不重合,即整个联切回路得到了有效验证,现场试验情况与理论相符。

方法2:对有小电源上网的变电站,另外一种思路是可考虑通过改变备自投装置启动条件,实现备自投装置的及时正确动作,即增加备自投判进线电源开关分位、无流的启动条件,保障备自投正常动作且联切小电源,合备用进线电源。

设计的原理以图1典型接线方式为例,备自投充电条件与原条件保持不变,仅改变备自投启动条件。即备自投动作需满足:假定备自投按照充电方式1充电完成后,当备自投检测到进线电源1开关TWJ1=1、进线1无流且进线2线路有压时,经定值整定的延时,备自投保护动作跳进线电源1开关DL1并联切小电源线路3开关DL3,确认DL1和DL3均跳开后,经整定的延时合进线2的合闸接点,合上进线电源2开关DL2,恢复母线供电。其它方式同理,此方法相比较方法1来说更简单可靠,无需新增联切外部回路,减少联切回路问题而导致备自投动作失败风险,仅需更新备自投动作逻辑,实现备自投装置正确动作,该种判据的备自投装置有待后续升级开发以及现场试验验证。

6 结语

备自投装置可保障供电的可靠性,然而在系统存在小电源线路上网的情况下,常规的备自投启动判据方式已经无法适用于小电源上网的系统,需要采取进线电源动作联切小电源,使得备自投满足无压条件而

动作,或待特殊的备自投启动方式(即进线电源开关分位且无流)得到有效验证可靠后投入使用,避免造成负荷的损失,保障配电网供电可靠性。

参考文献:

- [1] 公维涛.一起110 kV变电站备自投动作异常分析处理[J].农村电工,2025,33(03):50.
- [2] 唐天笑,王悦.变电站备自投装置的检验方法[J].电气开关,2025,63(01):93-95.
- [3] 孟德港,黄金平.智能变电站备自投装置异常的分析及改进措施[J].电工技术,2024(增刊2):13-15.
- [4] 王赛.一起备自投保护动作事件分析及电压二次回路验收研究[J].机电信息,2024(21):19-21,26.
- [5] 魏福庆.一起110 kV线路备自投动作失败导致全站停电的事故分析[J].低碳世界,2021,11(12):48-49.
- [6] 曾凡永.变电站备自投逻辑的改进方法[J].山东工业技术,2023(04):113-116.
- [7] 郑涛,王洪炳,于晓军,等.适应于新能源接入的新型备自投方案[J].电网技术,2022,46(11):4296-4304.
- [8] 叶远波,王吉文,王贺,等.考虑高比例新能源接入的变电站备自投方案改进[J].浙江电力,2025,44(02):75-83.
- [9] 郑涛,马英,由巍,等.计及储能协同控制的光伏场站快速备自投方案[J/OL].电工技术学报,1-14[2025-06-27].
- [10] 陈恒祥,于悦,刘金品,等.基于新能源接入的变电站备自投改进策略分析[J].电子技术,2024,53(02):416-419.
- [11] 单国栋.一起110 kV断路器偷跳引起的10 kV备自投装置拒动事故分析[J].电气技术,2024,25(06):77-81.
- [12] 祝旭焕,项锦晔,文海泉,等.备自投装置闭锁放电回路异常分析与处理[J].电力安全技术,2024,26(04):53-55,59.
- [13] 钟梅兰.备自投装置动作后过负荷解决方案分析[J].电力与能源,2023,44(04):416-419.
- [14] 黄智华,邹学翔,侯斌.浅析“母线有压”判据对备自投动作的影响[J].电气技术与经济,2022(03):146-149,153.