

一起多套保护装置同时动作的分析

赵晓东,李 锋,曹飞翔,付雷雷

(国网安徽省电力公司宿州供电公司,安徽 宿州 234000)

摘要:文中结合保护装置动作录波情况,对一起多套保护装置同时动作的事故进行分析。某变电站进线断路器线路电压互感器发生爆炸,引起该间隔线路保护、相邻间隔线路保护以及上一级变电站线路保护、主变压器中后备保护同时动作。由于保护配合貌似不合理,对故障波形和保护动作情况进行了深入分析和探讨,发现此次故障期间发生了多次短路故障转换,各保护装置配合并无问题,保护装置均为正确动作。

关键词:主变压器保护;故障波形;接地故障;故障电流;异相接地

中图分类号:TM 63 **文献标志码:**B **文章编号:**1003-6954(2022)04-007-04

DOI:10.16527/j.issn.1003-6954.20220414

Fault Analysis of Simultaneous Operation of Multiple Protective Devices

ZHAO Xiaodong, LI Feng, CAO Feixiang, FU Leilei

(State Grid Suzhou Electric Power Supply Company, Suzhou 234000, Anhui, China)

Abstract: Combined with the action recording of protection device, an accident in which multiple sets of protection devices act at the same time is analyzed. The explosion takes place in the voltage transformer of incoming switch line in a substation, and this causes the simultaneous action of the line protection of this interval and line protection of adjacent interval as well as line protection of the upper substation and backup protection in the main transformer. Because the protection coordination seems unreasonable, the fault waveform and the protection action are analyzed and discussed in depth. It is found that during this fault, there are many times of short-circuit fault conversion, there is no problem in the cooperation of various protection devices, and the protective devices acted correctly.

Key words: main transformer protection; fault waveform; ground fault; fault current; out-of-phase grounding

0 引言

继电保护装置作为电力系统密不可分的一部分,起着保障电力设备安全和防止电力系统大面积停电的最基本、最重要、最有效的技术手段^[1-4]。继电保护装置动作行为分析对电力系统的安全可靠运行起着非常重要的作用^[5-9]。

2021年7月31日,110 kV白云变电站110 kV黑白783线路电压互感器发生爆炸。该线路电压互感器接于黑白783线A相,爆炸后电压互感器引线在振荡过程中先后与黑白783线B相以及相邻间隔110 kV白云785线C相发生接触,造成220 kV黑土变电站1号主变压器中后备保护动作,跳开主变压器中压侧断路器,同时该站110 kV黑白783线线路保护距

离Ⅱ段、零序Ⅱ段保护动作,断路器重合闸不成功。

根据现场查看及保护装置的动作情况,产生以下两点疑问:

1) 220 kV黑土变电站内,主变压器保护中压侧过流Ⅰ段1时限定值为0.6 s,线路保护Ⅱ段定值为0.3 s,而主变压器及线路保护装置均显示大于900 ms动作;根据保护装置定值配合,应该线路保护先动作,而此次故障主变压器保护却先于线路保护动作。

2) 110 kV白云变电站内,一次故障点为A相线路电压互感器爆炸,而该站内动作的两套线路保护却只显示故障相为C相,故障录波中仅有C相故障电流。

鉴于故障的特殊性,下面通过查阅保护故障波形,结合一次设备故障动作情况,对此次多套保护动作行为进行了深入的分析。

1 保护动作情况

保护动作后,检查 220 kV 黑土变电站主变压器保护装置,两套保护装置均发“AB 相 II 侧过流 T11”动作,即中压侧过流 I 段 1 时限动作。同时对相关变电站各间隔保护装置进行检查,发现 220 kV 黑土变电站黑白 783 线 110 kV 线路保护动作,110 kV 白云变电站黑白 783 线线路保护、白云 785 线线路保护动作,相关间隔示意如图 1 所示。此次故障期间故障类型转换及保护动作时序图如图 2 所示。

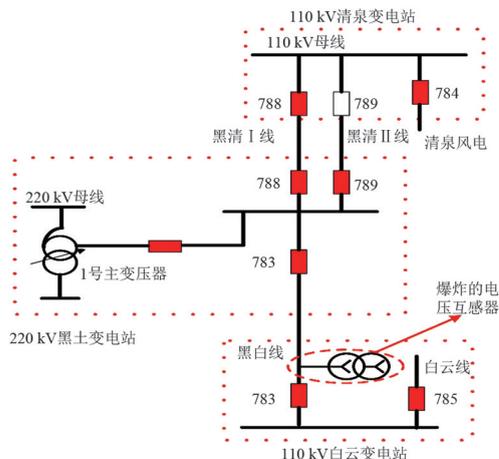


图 1 故障相关变电站及间隔分布

1) 220 kV 黑土变电站

1 号主变压器保护:在 5:55:34.056 时 220 kV 黑土变电站 1 号主变压器中压侧后备保护启动;相对时间 930 ms 过流 I 段 1 时限动作,跳开 701 断路器。

110 kV 黑白 783 线线路保护:在 5:55:34.054 时 783 断路器保护装置启动;相对时间 990 ms 零序过流 II 段保护动作;相对时间 999 ms 距离 II 段保护动作,跳开 783 断路器;相对时间 2042 ms 重合闸动作出口,783 断路器重合;相对时间 2251 ms 距离加速保护动作,再次跳开 783 断路器。

2) 110 kV 白云变电站

黑白 783 线线路保护:在 5:55:34.059 时保护启动;相对时间 636 ms 接地距离 I 段保护动作,故障相 C 相故障电流为 17.88 A。

白云 785 线线路保护:在 5:55:34.054 时保护启动;相对时间 629 ms 分相差动保护动作,保护三跳出口,故障相 C 相差动电流为 18.173 A;相对时间 641 ms,接地距离 I 段保护动作。

2 保护动作逻辑分析

2.1 220 kV 黑土变电站号保护先于线路保护动作

2.1.1 1 号主变压器保护动作逻辑

在 5:55:34.056 时,根据波形分析系统有 A 相接地故障,1 号主变压器中压侧后备保护启动,故障随后消失。但保护启动后展宽 5 s 进入故障逻辑计算,因该装置无法提取电子版波形,其保护启动至再次感受到故障电流的时间可参考黑白 783 线线路保护,根据分析该时间间隔为 319 ms,如图 3 所示。

故障开始后,其故障电流二次值为 25 A(定值为 9.73 A),折算到一次电流值为 6000 A(CT 变比为 1200/5),故障持续至保护发出跳闸命令的时间为 612 ms,故障开始后 1 号主变压器故障波形如图 4 所示。

2.1.2 黑白 783 线线路保护动作逻辑

在 5:5:34.054 时,线路发生 A 相接地故障,线路保护装置保护启动。保护启动后并展宽 5 s 进入故障逻辑计算。由故障录波波形可知其保护启动至再次感受到故障电流的时间为 319 ms,如图 3 所示。

由上述分析可知,主变压器中后备保护从启动到故障跳闸的总时间为 931 ms 左右。

保护装置启动 319 ms 后,线路发生 AB 两相接地短路故障。此时零序电流为 12 A(I 段定值

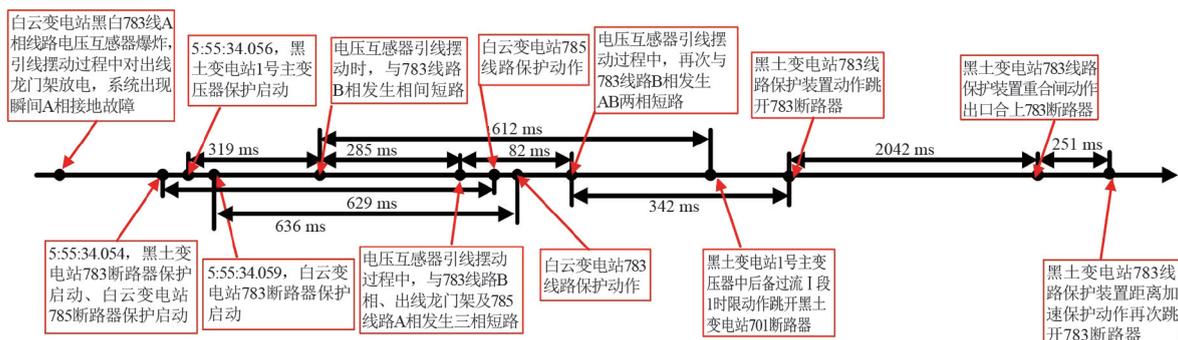


图 2 故障类型转换及保护动作时序

为 18.58 A, II 段定值为 4.5 A, II 段时间为 0.3 s), 折算到一次电流值为 2.88 kA (CT 变比为 1200/5); 故障持续时间为 285 ms, 小于定值 0.3 s。此时故障类型发生改变, 由 AB 相间接地短路发展为三相短路故障, 零序电流消失。因零序电流持续时间小于定值时限 (0.3 s), 因此零序过流 II 段保护不动作, 零序电流保护动作元件返回, 其波形如图 5 所示。

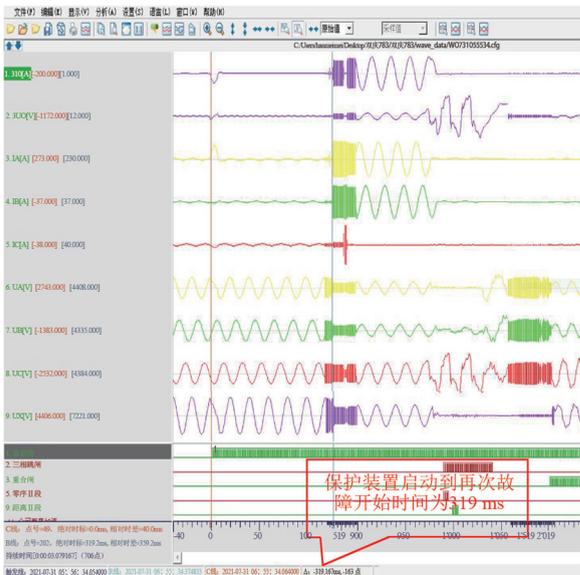


图 3 黑白 783 线线路保护启动至故障开始时间分布

三相短路故障持续 82 ms 后, 故障类型再次转变为 AB 两相接地短路故障, 其故障波形分别如图 6、图 7 所示。此时零序电流再次出现, 零序电流值为 14.5 A (I 段定值为 18.58 A, II 段定值为 4.5 A), 折算到一次电流值为 3.48 kA (CT 变比为 1200/5), 持续时间为 342 ms (零序过流 II 时限为 0.3 s), 零序过流 II 段保护动作, 线路断路器跳开。相对时间 2042 ms 重合闸动作出口, 线路断路器重合, 此时故障依然存在, 110 kV 清泉变电站清泉风电通过黑清 I 线依然向故障点提供故障电流。相对时间 251 ms, 距离加速保护动作, 再次跳开线路断路器。

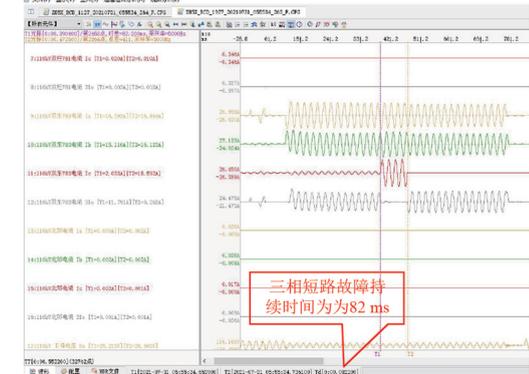


图 6 黑白 783 线三相故障波形

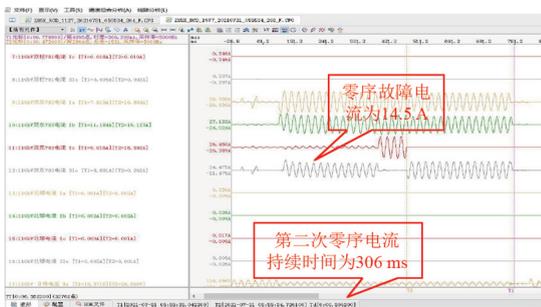


图 7 黑白 783 线 AB 两相故障波形

由上述分析可知线路保护装置启动到零序过流 II 段保护动作的时间为 992 ms (319 ms + 25 ms + 82 ms + 306 ms)。线路保护装置的 II 段保护动作逻辑和零序过流 II 段类似。根据保护装置原理, 保护启动后 160 ms 以内没动作需要振荡闭锁元件开放; 然后, 两相故障通过不对称故障振荡闭锁元件开放, 但是没到 300 ms 故障又转换成三相故障, 不对称故障元件开放收回, 又转成对称故障元件开放。大概 4 个多周期又转成两相故障, 又需要不对称故障元件开放。后面连续满足定值 300 ms, 距离保护动作。

2.1.3 小结

根据波形分析, 此次故障比较特殊, 中间经过多次的故障类型改变: 首先是 A 相接地后消失, 然后

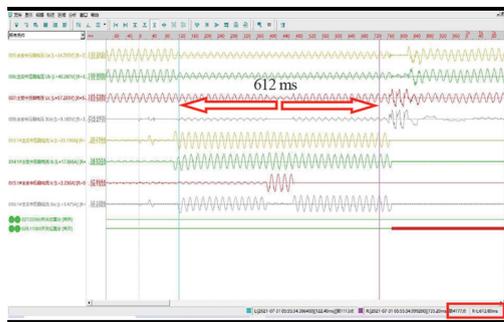


图 4 1 号故障波形

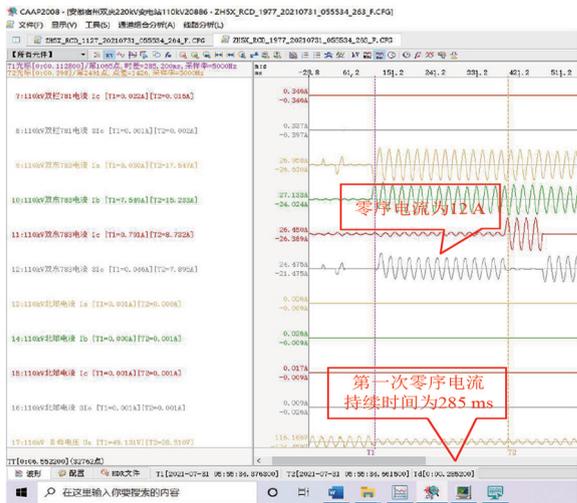


图 5 黑白 783 线线路第一次故障时波形

是 AB 相接地短路,再后来是三相短路,最后转为两相短路接地至故障切除。此种特殊故障情况下主变器中后备保护 I 段 1 时限、线路零序过流 II 段保护、线路距离 II 段保护最终动作时间在 900 ms 以后。

2.2 110 kV 白云变电站 783 线 C 相产生电流

2.2.1 保护动作逻辑分析

故障时黑白 783 线与白云 785 线波形对比如图 8、图 9 所示。

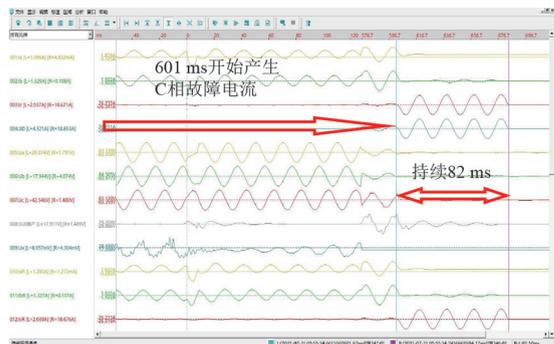


图 8 110 kV 白云变电站 783 线 A 相与 785 线 C 相故障时 783 线路故障波形

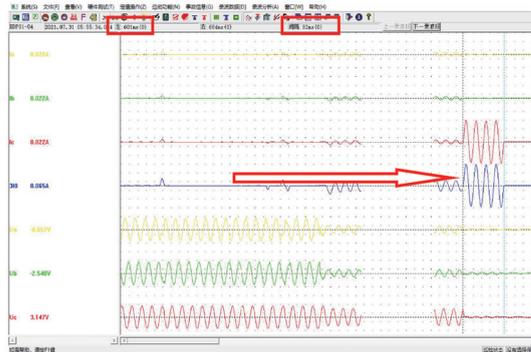


图 9 110 kV 白云变电站 783 线 A 相与 785 线 C 相故障时 785 线路故障波形

110 kV 白云变电站黑白 783 线线路保护启动后 601 ms 开始产生 C 相故障电流,电流值为 17.88 A,持续 82 ms 后跳开断路器,C 相电流消失。

110 kV 白云变电站黑白 783 线的相邻间隔白云 785 线线路保护启动后 601 ms 开始产生 C 相故障电流,即为差流,差值值为 18.173 A,持续 82 ms 后跳开故障间隔断路器,C 相电流消失。因该差流值与故障间隔线路保护 C 相故障电流 17.88 A 几乎一致,因此判断白云 785 线没有向系统输送电,为负荷侧。

220 kV 黑土变电站侧黑白 783 线线路保护在 5:55:34.054 启动,启动后 600.7 ms 开始产生 C 相故障电流,电流值为 18 A,持续 81.6 ms 后跳开故障间隔断路器,C 相电流消失,其故障波形如图 10 所示。

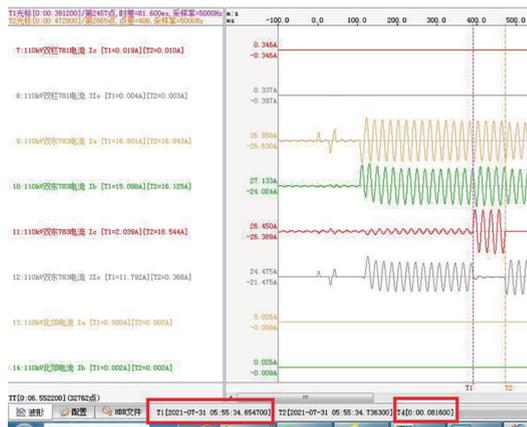


图 10 220 kV 黑土变电站侧黑白 783 线路故障波形

2.2.2 小结

110 kV 白云变电站黑白 783 线线路保护、相邻白云 785 线线路保护以及 220 kV 黑土变电站侧黑白 783 线线路保护 C 相故障电流同时产生,且大小一致、持续时间相同,可以推断出 110 kV 白云变电站侧黑白 783 线 A 相线路电压互感器引线与相邻白云 785 间隔 C 相接线放电短路。并且由在此期间的 220 kV 黑土变电站侧黑白 783 线线路保护波形可知 AB 相已短路,对于 220 kV 黑土变电站来说,出现了短时间的 ABC 三相短路。此时,220 kV 黑土变电站为电源侧,110 kV 白云变电站为负荷侧,其故障电流如图 11 所示。

由图 11 可知,因故障电流跨过白云变电站 783 线 AB 两相电流互感器,因此该间隔只有 C 相有故障电流,且该电流同白云 785 线线路保护的差动保护差流大小一致,与 220 kV 黑土变电站侧黑白 783 线 C 相电流大小一致。

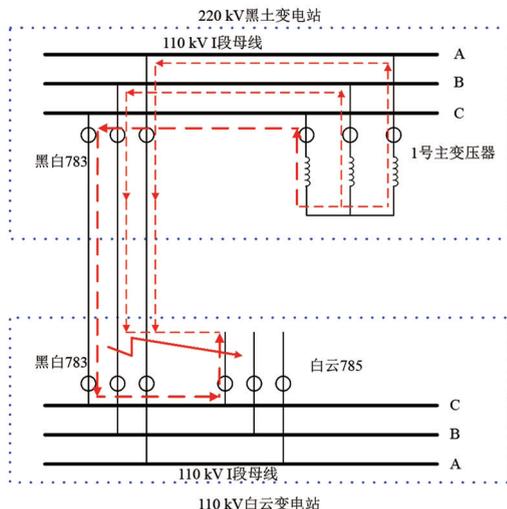


图 11 白云变电站 783 线 A 相与 785 线 C 相故障时电流分布

不畅,在有载调开关切换过程中油流继电器汇集气体,覆满游离碳的干簧管引线暴露在空气中产生了放电小桥,形成近似短路的放电通道导致击穿,造成油流继电器重瓦斯保护误动。

4 改进措施

电力变压器误动将极大地影响电力系统的安全稳定运行,案例所发现的有载重瓦斯保护误动以及该型号油流继电器的家族性缺陷对电力变压器的安全稳定运行造成极大隐患,因此提出以下建议:

1) EMB 公司早期类型油流继电器由于存在部分设计缺陷,建议配合停电检修周期对油流继电器进行开盖检查,清除积碳,若干簧管绝缘设计存在缺陷应立即更换油流继电器;

2) 对存在油路设计不合理的变压器进行整改,预防油路不通导致有载切换过程中产生的瓦斯气体无法通畅进入油枕,集聚在油流继电器上部,将干簧管暴露于瓦斯气体中;

3) 同时强化变压器本体及有载油流继电器油路的验收要求,杜绝存在类似油路不畅隐患的变压器投运,加强变压器油流继电器的巡视力度,及时发现并消除类似隐患。

(上接第 76 页)

3 结论

通过上述分析,此次故障在动作时间上,虽然看似 220 kV 变电站 1 号主变压器中后备保护动作时间早于线路保护装置零序过流 II 段保护和距离 II 段保护动作时间不合理,但实则为中间经过故障多次转换导致的。主变压器保护电流元件采用相过流元件,中间无间断;线路保护的零序过流元件发生间断导致重新进行故障判断;距离 II 段保护同样由于间断导致重新进行故障判断,产生一段延时。鉴于故障的特殊性,可以判定此次故障期间主变压器保护和线路保护间的定值配合并无问题,保护装置均为正确动作。

参考文献

- [1] 赵丹,孙红军.电气设备事故分析及解决方案[J].科学技术创新,2020(21):186-187.

参考文献

- [1] 赵全胜,胡伟,刘新海,等.110 kV 主变有载分接开关故障引起重瓦斯跳闸分析[J].变压器,2017,52(7):45-46.
- [2] 黄鑫,陆晓彬,胡林,等.一起有载切换开关故障引起的 110 kV 变压器运行事故原因分析[J].四川电力技术,2019,42(3):80-86.
- [3] 陈晓云,张伟光.220 kV 变压器重瓦斯事故分析及预防措施[J].电气技术,2018(1):94-96.
- [4] 谢茜,刘睿,张宗喜,等.一起变压器 M 型有载分接开关事故的分析[J].四川电力技术,2020,43(1):63-66.
- [5] 杨军亭,彭鹏,温定筠,等.一起变压器有载分接开关事故分析[J].变压器,2016,53(2):65-67.
- [6] 满凯凯,刘爱丽,王政,等.有载分接开关故障引起主变跳闸事故分析[J].电工电气,2019(12):72-73.
- [7] 王楠,孙成,刘宝成,等.220 kV 变压器有载分接开关油流继电器故障分析[J].变压器,2014,51(6):74-76.
- [8] 李冠华,金鑫,李爽.换流站有载调压开关油流继电器动作分析[J].东北电力技术,2014(11):29-30.

作者简介:

邱 炜(1985),男,硕士,高级工程师,主要从事变电设备检修、技术监督工作;

郑荣锋(1993),男,硕士,助理工程师,主要从事变电设备检修工作。(收稿日期:2021-12-21)

- [2] 张玉玺,王静.一起 110 kV 线路距离保护动作案例分析[J].农村电工,2021,29(8):47-48.
- [3] 汪曼乙.继电保护越级跳闸故障分析与处理[J].铜业工程,2021(2):93-96.
- [4] 程嘉诚,许超,邓晨,等.线路保护拒动导致主变后备保护动作的事故分析[J].电工电气,2021(3):45-51.
- [5] 季委.110 kV 变电站继电保护的故障与对策[J].电力设备管理,2021(4):159-160.
- [6] 王向丽,许刘峰,刘宁超,等.110 kV 紫 1 号主变差动保护动作分析[J].电世界,2021,62(6):14-17.
- [7] 高慧,周泽民.某 110 kV 变电站 2 号主变故障及处理分析[J].大众用电,2021,36(4):55-56.
- [8] 黄岗,冉梦东,陈挺,等.110 kV 坪桥变 1 号主变压器 35 kV 侧越级跳闸分析[J].农村电气化,2021(4):40-41.
- [9] 谢伟,赵鸣鸣,陈硕,等.一起 220 kV 变压器短路事故分析[J].河南科技,2020(22):120-122.

作者简介:

赵晓东(1986),男,高级工程师,从事继电保护工作;

李 锋(1989),男,工程师,从事继电保护工作。

(收稿日期:2021-12-17)