

一起 500 kV 主变差动保护误动分析

张会文, 张帅辉

(洛阳供电公司, 河南 洛阳 471000)

摘要: 针对洛阳某一 500 kV 变电站内基建施工引起主变差动保护误动作进行了深入分析。通过对相关二次回路进行排查, 发现 CT 二次回路存在两个接地点, 同时由于焊接 CT 接地体时焊接电流较大, 造成差动电流达到整定值, 导致主变差动保护动作。但由于事先严格执行了相关反事故措施, 主变差动保护动作未造成断路器跳闸, 避免了 500 kV 主变误跳闸的恶性事故发生。提出了变电站施工期间隔离相关二次回路, 防止 CT 二次回路两点接地等措施和注意事项。

关键词: 差动保护; 误动作; 二次回路; 接地点; 反事故措施

Analysis of a 500 kV main transformer differential protection malfunction

ZHANG Hui-wen, ZHANG Shuai-hui

(Luoyang Power Supply Company, Luoyang 471000, China)

Abstract: This paper analyses in depth the main transformer protection malfunction caused by the construction of a 500 kV substation infrastructure. Through checking the relevant secondary circuit, two grounded points are founded in CT's secondary circuit. The current caused by welding the CT's grounded body exceeded the setting value, so the main transformer protection misoperated. Due to the implementation of the relevant anti-accident measures in advance, differential protection operation does not cause the circuit-breaker's trip, a severe accident of 500 kV main transformer misoperation is avoided. Finally, the paper puts forward measures and related notes, for example, isolating the relevant secondary circuits and avoiding two grounded points existing in CT's secondary circuits, to prevent the malfunction of the main transformer protection during the substations construction.

Key words: differential protection; malfunction; secondary circuit; grounded point; anti-accident measures

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)11-0137-03

0 引言

变压器作为电力系统中主要的电气设备之一, 特别是大型变压器在电力系统安全运行中起着至关重要的作用, 变压器保护的误动或拒动都将给系统安全稳定运行造成很大威胁, 同时也有可能造成巨大的经济损失。所以在变压器内发生故障时必须准确、快速切除, 确保变压器及系统的安全稳定运行。同时也要防止由于各种因素影响导致主变保护误动作, 避免造成系统事故或经济损失。

本文针对洛阳境内某一 500 kV 变电站基建施工引起主变差动保护误动作, 由于事先执行了相关反事故措施, 差动保护动作未造成主变跳闸事件进行了深入分析研究, 找出了造成差动保护误动作的原因, 提出了变电站施工期间几项防止主变差动保护误动作的措施和有关注意事项。

1 事故情况简介

该 500 kV 变电站地处豫西地区, 于 1999 年投

入运行, 承担着河南电网西电东送的重任, 在豫西电网架中起着枢纽和支撑作用。站内共有主变两台, 容量为 2×750 MVA, 500 kV 出线 3 回, 其中另外三回线正在扩建施工中, 220 kV 出线共 8 回。

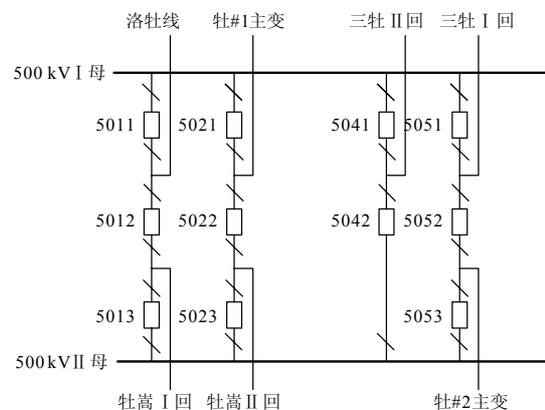


图 1 故障前 500 kV 设备的运行方式

Fig.1 Operation mode of 500 kV equipment before the fault

故障前, 牡嵩双回线、洛牡线、牡 1 主变、牡

2 主变运行；三牡 I、II 回线、牡郑线处于基建施工中，5041、5042、5051、5052 等 4 台断路器停运解备。

牡#1、#2 号主变配置的是南京电力自动化设备厂生产的 WBZ-500 和 WBZ-04 型保护装置，差动保护采用比率制动原理。

2006 年 4 月 15 日 15 时 30 分变电站主控室警铃响，#2 主变控制屏报“A 柜主保护动作”信号，WBZ-500 保护装置报“差动”动作信号，经检查#2 主变三侧断路器均在合闸状态。

表 1 故障前运行设备负荷情况

Tab.1 Load condition of running equipment before the fault

设备名称	I/A	P/MW	Q/Mvar
牡嵩 I 回线	387.4	+302.1	-175.4
牡嵩 II 回线	384.8	+304.3	-171.1
洛牡线	30.8	0	-27.4
牡 1 主变	397.0	-304.3	+188.0
牡 2 主变	331.9	-253.5	+156.4
备注	“+”表示流出母线 “-”表示流入母线		

故障发生时，变电站内正在进行的工作有：500 kV 设备区 5041、5042、5051、5052 隔离开关调试，5052 A 相 CT 安装焊接。

2 差动保护误动原因分析

2.1 故障录波数据分析

牡 2 主变 WBZ-500 保护装置故障报告显示，15 时 27 分 29 秒和 15 时 28 分 31 秒，牡 2 主变差动保护分别动作两次，两次故障均为 A 相且差动电流均来自 5052CT；牡 2 主变中、低压侧为正常的负荷电流，并与流过高压侧 5053CT 的电流相平衡；牡 2 主变高压侧套管 CT 流过的电流为正常的负荷电流。

牡丹 2 主变差动保护的整定值为：拐点电流 0.15 A，制动电流 0.48 A，比率制动系数 0.4。由故障率录波数据可以看出，两次差动电流分别为 1.02 A 和 1.16 A，均达到动作值，差动保护动作。

2.2 差流形成原因分析

表 2 中的电流 I_{ah1} 和 I_{ah2} 分别来自 5053CT 和 5052CT。由录波报告可以看出，两次差动电流均来自 5052CT 的 A 相。在排除了一次系统发生故障的可能性后，把检查重点放在了处于停运解备状态的 5052CT 上。经分析，牡 2 主变差动保护 A 相回路存在多点接地现象。最终在 5052 A 相 CT 的二次接线盒中，找到了一个不应存在的接地点——电缆屏蔽

层散乱的铜丝搭接在了主变差动保护用的第 4 绕组的接线柱上。

表 2 主变故障录波报告

Tab.2 Report of the main transformer fault recorder

故障时间	2006-04-15 15:27:29	2006-04-15 15:28:31
跳闸时间/ms	45	37
动作相	A	A
动作保护	差动保护	差动保护
最大差电流/A	1.01	1.18
A 相差电流/A	1.01	1.18
B 相差电流/A	0.02	0.02
C 相差电流/A	0.02	0.02
制动电流/A	1.02	1.16
第一个周波的基波值		
I_{ah1}/A	0.20	0.18
I_{ah2}/A	0.40	0.94
I_{am}/A	0.46	0.46
I_{al}/A	0.00	0.00
I_{bh1}/A	0.19	0.18
I_{bh2}/A	0.00	0.01
I_{bm}/A	0.52	0.48
I_{bl}/A	0.00	0.00
I_{ch1}/A	0.18	0.17
I_{ch2}/A	0.00	0.00
I_{cm}/A	0.50	0.48
I_{cl}/A	0.00	0.00
保护动作出口时的基波值		
I_{ah1}/A	0.19	0.16
I_{ah2}/A	1.02	1.16
I_{am}/A	0.48	0.46
I_{al}/A	0.00	0.00
I_{bh1}/A	0.18	0.18
I_{bh2}/A	0.01	0.01
I_{bm}/A	0.52	0.48
I_{bl}/A	0.00	0.00
I_{ch1}/A	0.19	0.18
I_{ch2}/A	0.01	0.01
I_{cm}/A	0.48	0.46
I_{cl}/A	0.00	0.00

5052CT 为上海 MWB 互感器有限公司生产的 SAS550 型 SF6 气体绝缘电流互感器，其二次接线盒位于本体底部。在 300×150 mm 的接线盒内排列着 14 个接线柱，空间位置比较狭小。由于施工时电缆

屏蔽层未加装绝缘护套, 致使散乱的铜线搭接在 CT 二次接线柱上, 造成了牡 2 主变差动保护二次电流回路两点同时接地。

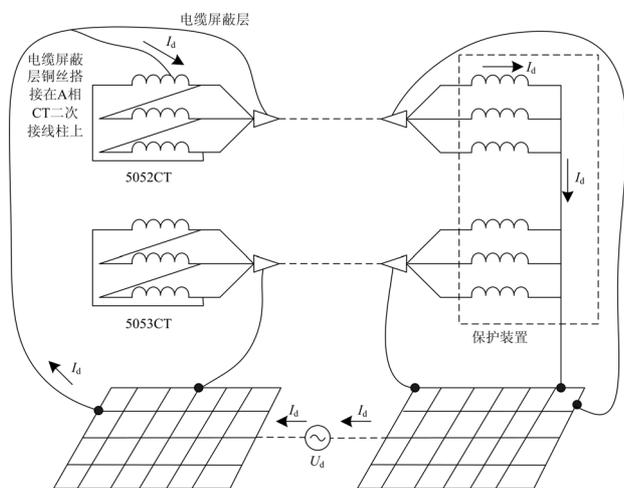


图 2 两点接地时, 差电流形成原理图

Fig.2 Schematic diagram of the formation of difference current when two-point grounded

由于设备区地网和控制室地网存在电位差, 二次回路多点接地时, 就会产生电流。图 2 中 U_d 为设备区地网和控制室地网间的电位差, 该电位差正比于通过两地网间连接线上的电流。

本次故障时, 由于正在焊接 5052CT 的接地体, 强大的焊接电流抬高了 U_d , 使 5052A 相 CT 二次回路中的电流 I_d 增大, 当 I_d 大于整定值时, 差动保护动作出口。

本次事件发生后, 有关人员到现场情况进行了模拟实测, 测得 5052CT 与牡 2 主变保护装置间的地网电阻为 $0.43 \sim 0.45 \Omega$, 正常运行时两点的电位差 U_d 为 $0.15 \sim 0.17 \text{ V}$ 。对 5052CT 焊接时, 测得两点间的电位差 U_d 为 $0.4 \sim 0.43 \text{ V}$ 。估算焊接时流过 5052 A 相 CT 的电流约为 1 A, 与主变故障录波数据基本一致。

3 保护动作而断路器未跳闸原因分析

为了防止保护装置单一硬件故障造成误动, 进一步提高可靠性, 华中电力调度中心于 2006 年 3 月下发了《关于 WBZ-500、WBZ-500H 保护反措的函》, 洛阳供电公司分别在 2006 年 4 月 5 日、4 月 7 日对牡 1、2 主变执行了该项反措。

图 3 表明, 当变压器后备保护未启动时, 差动保护跳闸回路被闭锁。正是由于及时执行了反事故措施, 才有效地避免了本次主变被切除的事故。

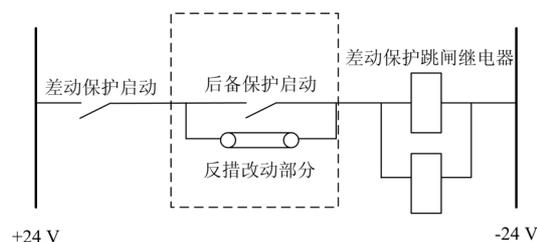


图 3 差动保护跳闸回路图

Fig.3 Diagram of the differential protection tripping circuit

4 采取的相关反事故措施

在本次扩建施工前, 针对该变电站的复杂性, 调试公司和基建公司共同商定了安全措施: 端子箱和保护装置的安全措施分别由双方来做, 并且未经允许, 不得恢复对方的安全措施。但在对 5052CT 作通流试验时, 基建公司人员未经调试公司允许, 擅自扩大工作范围, 恢复了做于牡 2 主变保护装置上的安全措施。

针对此次差动保护误动作事件, 调试公司重新布置了安全措施: (1) 断开 5041CT、5051CT 接入 500kV I 母母线保护装置的二次回路。(2) 断开 5043CT 接入 500 kV II 母母线保护装置的二次回路。

(3) 断开 5052CT 接入牡 2 主变保护装置的二次回路。(4) 断开 5052 断路器失灵保护跳 5053 和牡 2 主变中、低压侧断路器的直流控制回路。(5) 将本次基建中涉及的 5 组 CT 二次接线盒中的裸露电缆屏蔽层加装绝缘护套。

5 结语

对于大型、超高压变电站, 感应电压较高, 接地网并非等电位, 因而在不同接地点间会出现电位差。如果一个电连通的回路在不同点同时接地, 地网上的电位差将串入这个连通回路, 就会将并不存在的电压引入继电保护检测回路, 即可能造成保护装置误动。所以在大型、超高压变电站施工时要采用反事故措施来构造二次回路接地的等电位面, 尽量消除接地回路的电位差。

参考文献

- [1] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Principle of power system protective relaying[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1994.
- [2] 龚洪金. 微机型主变差动保护误动原因分析及对策[J]. 继电器, 2007, 13 (7): 77-80.

(下转第 146 页 continued on page 146)

护及故障定位等综合应用。在变电站集控运行系统中, 本文探讨如下几个方面的发展与应用。

(1) 在变电站集控运行系统中, 集控站对各变电站集中管理, 站与站之间可以通过集控站进行通信, 这在站间形成了电源线备用^[2-3]关系的电网系统, 将可在集控站层面对电网运行方式在不同的情况下作出最优化的动态选择。

(2) 电网规模的扩大必然伴随电网结构的复杂化, 电网将呈现更多的运行方式, 集成了继保信息管理系统的大集控系统可对电网各运行方式下的整定信息进行智能检验, 或者根据知识库智能地给出整定参考信息。

(3) 随着数字化变电站的大面积推广使用, 变电站与集控中心的通信也将逐步采用 61850 标准, 集控中心的实时数据模型将与数字化变电站当地监控系统一样地完全自动建模。这一变化最大的意义是点与点的映射关系完全按照规范的语义标识来进行, 而不再是传统的数据库记录之间的人工映射, 这可免去繁杂的上下对点工作, 非常可观地缩短系统建设时间。

4 结束语

针对集控站系统, 无论是从需求发展趋势、还是自动化系统的大集成角度或者智能化功能挖掘角度

的分析, 本文都只是浅尝辄止, 有待深入继续研究。

参考文献

[1] 缪欣, 黄海悦. 集控站分层分控管理模式研究[J]. 信息技术, 2006, 9: 105-108.
MIAO Xin, HUANG Hai-yue. Research on a new management pattern based on an automation mode of masters-station[J]. Information Technology, 2006, 9: 105-108.

[2] 王锐, 李钊, 许元戎. 高压电网自适应式站间实时监控备自投装置的研制[J]. 继电器, 2007, 35(19): 45-49.
WANG Rui, LI Zhao, XU Yuan-rong. Development of real-time self-controlling automatic throw-in instrument in HV system[J]. Relay, 2007, 35 (19): 45-49.

[3] 刘亚玉. 分析备自投装置的启用与运行接线方式的关系[J]. 继电器, 2007, 35 (19): 73-75.
LIU Ya-yu. Application of backup power switchover unit in operation mode of power system[J]. Relay, 2007, 35 (19): 73-75.

收稿日期: 2009-07-27; 修回日期: 2009-09-02

作者简介:

高建琨 (1973-), 男, 硕士, 研究方向为电力 SCADA 系统; E-mail: jiankung@xjgc.com
徐怡山 (1978-), 男, 硕士, 研究方向为电力 SCADA 系统;
克 潇 (1978-), 男, 硕士, 研究方向为电力 SCADA 系统。

(上接第 129 页 continued from page 129)

[5] 邵能灵, 尹项根, 胡玉峰, 等. 注入式定子单相接地保护的应用分析[J]. 继电器, 2000, 28 (6): 15-19.
TAI Neng-ling, YIN Xiang-gen, HU Yu-feng, et al. Analysis and application of injection voltage scheme against generator stator ground faults[J]. Relay, 2000, 28 (6): 15-19.

[6] 王维俭, 徐振宇, 张振华. 大型发电机定子单相接地保护的研讨[J]. 继电器, 1999, 27 (4): 6-9.
WANG Wei-jian, XU Zhen-yu, ZHANG Zhen-hua. Research and discussion on single-phase earth protection

of large generator stator[J]. Relay, 1999, 27 (4): 6-9.

收稿日期: 2009-12-11; 修回日期: 2010-03-03

作者简介:

周 建 (1959-), 女, 高级工程师, 从事发电厂电气设计工作; E-mail: jzhou001@126.com
周卫巍 (1971-), 女, 高级工程师, 从事发电厂电气设计工作;
王 锋 (1972-), 男, 注册电气工程师, 高级工程师, 从事发电厂电气设计工作。

(上接第 139 页 continued from page 139)

GONG Hong-jin. Analysis and countermeasures of misoperation of microcomputer-based transformer differential protection[J]. Relay, 2007, 13 (7): 77-80.

[3] 尹仓武. 主变差动保护误动及防范措施[C].//第 16 届华东六省一市电机工程学会输配电技术研讨会论文集. 2008.62-64.
YIN Cang-wu. Misoperation and countermeasures of transformer differential protection[C].//Collections of 16th Seminar of Electrical Engineers Institute of Six

Provinces and One City in East China. 2008.62-64.

收稿日期: 2009-12-03; 修回日期: 2010-03-06

作者简介:

张会文 (1972-), 男, 本科, 工程师, 从事电力系统继电保护运行管理工作; E-mail: z.huiwen@163.com
张帅辉 (1982-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统调度运行工作。