一起线路接地故障引起机组主变保护误动的事故分析

周 文[1]，毛志强[2]，毛志芳[3]，贺琳娜[4]，栗河川[5]

（1.河北省电力研究院，河北 石家庄 050021；2. 行唐供电公司，河北 石家庄 050600；
3.石家庄供电公司，河北 石家庄 050051；4.石家庄裕华热电有限公司，河北 石家庄
050041；5.西柏坡发电有限责任公司，河北 石家庄 050400）

摘要：对一起线路单相接地故障引起热电厂机组主变差动和主变差动速断保护误动作造成机组跳闸停机的事故现象和处理过程进行了详细介绍，通过对故障发生时的图形和数据进行仔细对比和研究，指出了 CT 二次回路两点接地为本次事故中主变差动保护和差动速断保护误动作的直接原因，提出了相应的防范措施，即设备投运后应加强主变差动回路不平衡电流的检查，并且充分利用故障录波功能加强故障信息的分析研究，提高检修维护专业技术水平。

关键词：单相接地；主变；差动；差动速断；事故

Analysis of the main transformer differential protection maloperation of generator units caused by single-phase ground fault

ZHOU Wen[1], MAO Zhi-qiang[2], MAO Zhi-fang[3], HE Lin-na[4], LI He-chuan[5]

(1. Hebei Electric Power Research Institute, Shijiazhuang 050021, China；2. Xingtang Power Supply Company, Shijiazhuang 050600, China； 3. Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang 050051, China；4. Shijiazhuang Yuhua Thermal Power Corporation, Shijiazhuang 050041, China；5. Xibaipo Power Ltd. Corporation, Shijiazhuang 050400, China)

Abstract: The paper analyzes a generator trip accident caused by main transformer differential protection and differential instantaneous protection maloperation because of single-phase ground fault of transmission line. The handling process is also presented. With the comparison and research of the recorded graphics and data in the fault, it points out that the direct reason of main transformer differential protection and differential instantaneous protection maloperation in the accident is two points groundings in CT secondary circuit. Finally, the anti-accident methods are brought forward, namely, the imbalance current check of the main transformer differential circuit should be reinforced after the equipments operated,and the analysis and research of fault information should also be reinforced making the best of fault recorded function to enhance the skill level of maintenance speciality.

Key words: single-phase ground; main transformer; differential protection; differential instantaneous protection; accident

中图分类号： TM77 文献标识码：B 文章编号： 1674-3415(2010)12-0149-04

0 引言

在继电保护二次回路中，电流互感器（以下简称为CT）的二次回路必须有且只能有一点接地，一般在端子箱经端子排接地。但对于有几组电流互感器连接在一起的保护装置，如母差保护、各种双断路器主接线的保护等，则应在保护屏上经端子排接地。二次回路的故障常会造成保护装置不正确动作，从而破坏或影响电力生产的正常运行 [1-2]。例如安徽某变电站二次回路接地不正确造成线路保护连续误动事故[3]，西北某变电站二次回路两点接地造成母线保护误动[4]。本文介绍分析一起在线路单相接地故障时由于二次回路两点接地造成机组主变差动和主变差动速断保护误动作事故，并提出相关的防范措施。

1 事故概述

2009 年 6 月 15 日某热电厂#1 机组带负荷 241 MW（#2 机组处于停机检修状态），主汽压力 16.6 MPa，主汽温 537℃，AGC 投入。当时一次系统接线方式示意图如图 1 所示，#1 主变中性点接地运行，厂内 220 kV 升压站母联 201 开关在合位，线路 A 221 开关运行于 220 kV #I 母线，#01 起备变 2112 开关运行于 220 kV #II 母线，线路 B 222 开关热备用于 220 kV #II 母线。该热电厂 220 kV 线路对侧为一 220 kV 变电站，站内母联 201 开关在合位，线路 A 263 开关运行于 220 kV #I 母线，线路 B 正在进行预试工作。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

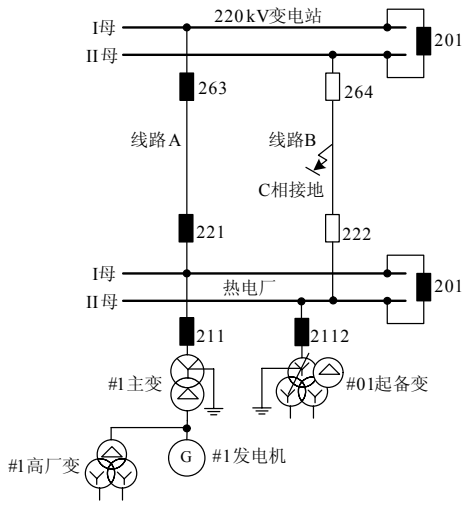

图 1 一次系统接线方式示意图

Fig.1 Sketch map of the primary system connection mode

当线路 B 预试工作结束后，用 264 开关对线路 B 进行充电投运操作时，#1 机组发变组保护 A 柜主变 B 相差动速断、B 相差动保护动作，导致#1 机组跳闸停机，而#1 机组发变组保护 B 柜没有任何异常信息，两套 220 kV 母差保护柜及两套线路 A 保护柜均有保护启动信息。热电厂当值值长询问调度得知线路 B 因 C 相接地故障掉闸，重合不成功。

2 保护原理简介

变压器纵差动保护，是变压器内部及引出线上短路故障的主保护，它能反应变压器内部及引出线上的相间短路、变压器内部匝间短路及大电流系统侧的单相接地短路故障，能躲过变压器空充电及外部故障切除后的励磁涌流。

主变差动保护由比较主变各侧同名相电流之间的大小及相位构成，该热电厂主变采用双绕组变压器，以一相差动的电流为例，其接入回路示意图如图 2 所示。

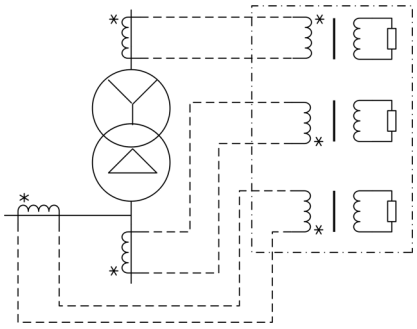

图 2 差动保护电流接入回路示意图

Fig.2 Sketch map of differential protective current circuit

从该厂继电保护人员了解到#1 机组主变差动保护采用比例制动式，其相应的保护动作特性如图 3 所示。

该保护动作方程如下：

$$\begin{cases} I_d > I_q & ;\ I_z < I_g \\ I_d > K_z(I_z - I_g) + I_q & ;\ I_z > I_g \end{cases}$$

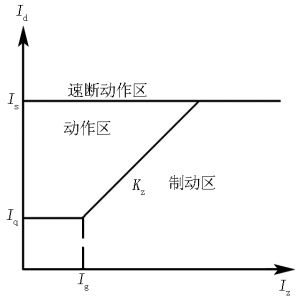

图 3 变压器差动保护动作特性

Fig.3 Operation characteristic of transformer differential protection

其中：差动电流 $I_d = \left| \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \cdots \right|$　（1）

制动电流 $I_Z = \max\left\{ |\dot{I}_1|, |\dot{I}_2|, |\dot{I}_3| \cdots \right\}$　（2）

$\dot{I}_1$、$\dot{I}_2$、$\dot{I}_3 \cdots$ 分别为主变同名相的各侧电流；$\max\left\{ |\dot{I}_1|, |\dot{I}_2|, |\dot{I}_3| \cdots \right\}$ 取同名相各侧电流中最大者；比率制动系数 K_Z 取值为 0.5；启动电流 I_q 取值为 1.42 A；拐点电流 I_g 取值为 2.14 A；额定电流 I_N 取值为 3.56 A；速断倍数 I_s 取值为 3 倍。

3 动作情况分析

按一般常规推理，线路单相接地对于主变差动保护来说是区外故障，主变差动保护不应动作，但是本次事故中#1 机组发变组保护 A 柜与发变组保护 B 柜从硬件配置和软件算法都一样，而这两套保护柜动作情况却不一样，不能简单地认为发变组保护 A 柜误动，保护 B 柜拒动。图 4 所示为#1 机跳闸时主变高压侧电流录波曲线，由图中可以看出 B 相电流较 A、C 相偏小，C 相电流最大，正好符合线路 B 发生 C 相单相接地故障的情况。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

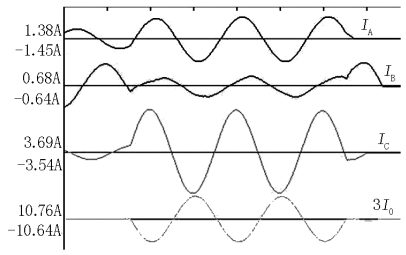

图 4 主变高压侧电流录波波形

Fig.4 Recorded current waveform of main transformer high-voltage side

图 5、图 6 分别为#1 机跳闸时发变组保护 A、B 柜的高厂变高压侧二次电流波形，对照两图可以看出 A、B 柜二次电流波形差别较大，B 柜中 A、B、C 三相电流波形正常，而 A 柜中 B 相电流明显比 A、C 两相以及 B 柜中 B 相电流大很多。根据设计原理图核查现场实际接线，发现 A、B 两柜使用 CT 的圈数不同，保护 A 柜的主变差动保护回路用到高厂变高压侧套管 CT 第 5 圈，相对应保护 B 柜用到高厂变高压侧套管 CT 第 4 圈。正因为这样，A、B 柜高厂变高压侧二次电流波形相差才如此之大。

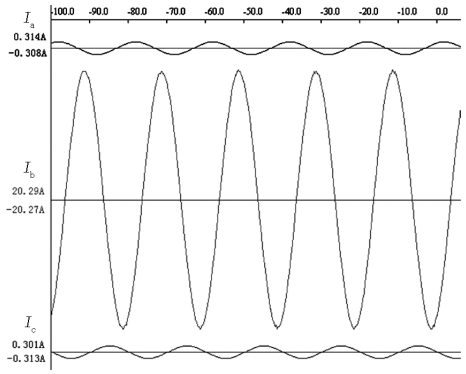

图 5　保护 A 柜的高厂变高压侧二次电流波形

Fig.5 Secondary current waveform of auxiliary power transformer high-voltage side in protection cabinet A

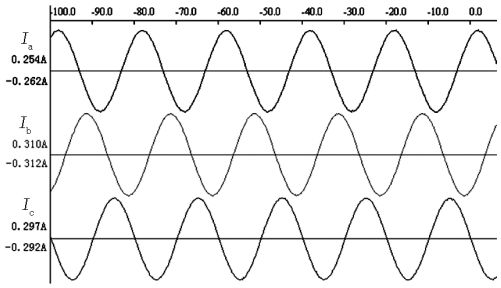

图 6　保护 B 柜的高厂变高压侧二次电流波形

Fig.6 Secondary current waveform of auxiliary power transformer high-voltage side in protection cabinet B

4　处理过程与原因分析

#1 机组跳闸后，电厂运行人员检查 211 开关及 CT 外观未见异常；对#1 主变、#1 发电机摇绝缘数值如下：#1 主变高压侧三相对地均为 2 500 MΩ，发电机、主变低压侧、高厂变高压侧三相对地 1 000 MΩ，设备均未见异常。经过在 A 柜保护装置处对主变高压侧、发电机出口侧、高厂变高压侧电流通道进行试验，得出装置采样值正确。随后对主变三侧 CT 二次回路用 500 V 摇表进行绝缘检查，发现高厂变高压侧 B 相主变差动保护 CT 二次绕组接线柱对地绝缘为零；在高厂变套管 CT 根部接线柱拆除二次回路外部回路接线，用 500 V 摇表进行高厂变套管 CT 根部接线柱绝缘检查，绝缘值为零。最后用万用表测量高厂变 B 相 CT 根部 5S1、5S2 直阻，发现极性端 5S2 对地 0.8 Ω，非极性端 5S1 对地 6.5Ω，对地接地电阻值数据表明 B 相极性端 5S2 接地，这导致#1 机组保护 A 柜主变差动保护高厂变侧 CT B 相存在两点接地。

当线路 B 发生 C 相单相接地时，#1 主变中性点也接地，通过系统故障接地点、#1 主变中性点形成一次接地电流，此电流通过接地网、CT B 相两点接地对二次回路形成干扰，造成保护 A 柜高厂变高压侧 B 相电流值突变（具体见图 7 所示）。从现场录波数据得知，主变高压侧 B 相电流为 0.21 A，C 相电流为 2.53 A，换算到低压测 B 相电流值为 6.75 A，机端 B 相电流为 6.90 A，高厂变高压侧 B 相电流值为 14.35 A，根据公式（1）得到：

I_d=|−6.75−14.35+6.90|=14.2 A

根据公式（2）得到：I_Z=14.35 A。

计算得到的差动电流值远远超过#1 机组主变差动保护和主变差速断保护动作定值。

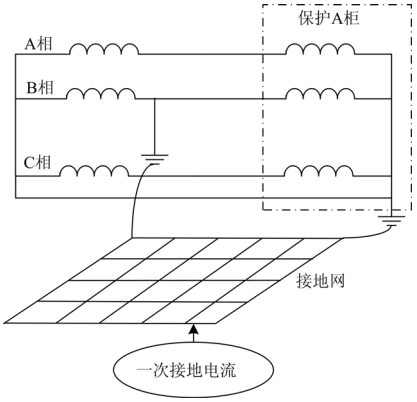

图 7　CT 二次回路接线及接地电流示意图

Fig.7 Sketch map of the CT secondary circuit connection and grounding current

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

5 结语

CT二次回路两点接地是造成本次事故中主变差动保护和差动速断保护动作的直接原因。为防止此类事故再次发生，应采取以下措施：

(1) 设备投运后继电保护人员应加强检查主变差动回路不平衡电流，测量N相回路电流，特别是测量CT二次回路唯一接地点的电流。

(2) 充分利用继电保护装置本身的故障波形再现功能、机组故障录波器功能，及时收集保护装置故障报文、异常信息，结合设备状况进行认真分析，制定对策，准确处理，重视试验数据的横向、纵向比较，从而提高检修维护专业技术水平。

参考文献

[1] 周玉兰.2004年全国电网元件保护运行情况分析[J].中国电力，2006，39(5)：23-26.
ZHOU Yu-lan．Operating statistics and analysis of relay protection for power system in 2004[J]. Electric Power, 2006，39(5)：23-26.

[2] 周玉兰.1999-2003年全国电网元件保护运行情况分析[J]．中国电力，2005，38(5)：13-19.
ZHOU Yu-lan．Operating statistics and analysis of relay protection for power system in 1999-2003[J]．Electric Power, 2005，38(5)：13-19.

[3] 钟成元. 翠山电站 110 kV 线路保护误动原因分析[J].继电器，2008，36(7)：86-87.
ZHONG Cheng-yuan. Analysis on maloperation of line protection relaying in Cuishan 110 kV hydro-substation[J]. Relay，2008，36(7)：86-87.

[4] 邱涛，王攀峰，张克元，等.一起二次回路两点接地引起母线保护误动的事故分析[J]. 电力系统保护与控制，2008，36(24): 110-112.
QIU Tao,WANG Pan-feng, ZHANG Ke-yuan，et al. Analysis of two groundings in secondary circuit arising maloperation of busbar protection[J]. Power System Protection and Control，2008，36(24): 110-112.

收稿日期：2009-07-28； 修回日期：2010-01-25

作者简介：

周 文(1978-)，男，工程师，主要从事发供企业电气二次专业的研究; E-mail: hbdyyzhw@163.com

毛志强(1979-)，男，工程师，从事继电保护专业管理工作;

毛志芳(1981-)，女，工程师，主要从事供电企业调度专业工作。

许继研制成功风力发电机组和变桨距仿真实验系统

许继 WRTS-800 风力发电机组仿真试验系统及 PRDS-600 变桨距仿真试验系统在风电控制技术研发中心成功投入运行。这两项仿真测试系统的成功应用，为许继风电产业的下一步发展提供了有力的技术支持。

许继 WRTS-800 风力发电机组仿真试验系统由许继电气和加州大学联合开发，能够实现风力发电机组整机对象的实时仿真，可完成风力发电机组的在线实时仿真和控制系统的开发试验工作。该系统包含风资源、机械传动系统、电气系统、控制系统、风轮、塔架等仿真模型，同时配置各种模拟信号发生器和信号逻辑控制单元。在强大的计算机设备支撑下满足了系统实时性要求，同时也保证了仿真模型的高精度和高逼真度，为风力发电机组控制系统的研发和制造提供完善的功能测试，实现了“全面仿真实验、极限工况考验、现场故障再现、缩短现场调试时间”的目的，确保控制系统在风机上的可靠运行。该系统的成功开发，填补了风电行业空白，对于许继风力发电机组控制系统的自主开发和设计具有里程碑意义。

许继 PRDS-600 变桨距仿真试验系统由许继电气和香港科技大学联合开发，该系统解决了变桨距系统现场无法全面工况测试、测试周期长、故障再现难的问题。其主要功能有：运行工况仿真测试、系统动态性能测试、变桨电机性能测试、电网波动仿真测试、低电压穿越功能测试、安全功能测试。它是世界第一款完全满足变桨距系统运行工况测试要求的仿真系统。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net