

一起误操作事故的原因分析

杨玉昆¹,何开荣^{1,2}

(1. 广东电网公司 茂名供电分公司, 广东 茂名 525000;

2. 华北电力大学 电力工程系, 河北 保定 071003)

摘要:介绍了某变电站发生的一起误操作事故情况,通过不同的角度对电气物理量进行分析,讨论了引起保护误动作原因,主要是由于主变各侧电流引入有误,且运行人员擅自改变操作顺序。并根据继电保护装置在这次事故中的动作情况,提出在主变引出线可不采取快速切除故障的情况下,宜采用主变各侧套管TA作为主变差动保护的二次电流回路构成差动测量。

关键词: 事故; 继电保护; 配置; 分析

中图分类号: TM 711

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2005)07-0099-03

0 引言

2004年5月8日,某110kV变电站A的1号主变变高101开关机构内出现开关操作回路直流接地故障即切开1号主变变高101开关,旁路190开关代101开关运行。直流接地故障处理完毕后,101开关恢复运行的倒闸操作过程中,1号主变大差动保护(以下简称大差)动作,跳开1号主变变低501开关。对相关的电气量进行细致的分析后,确认为操作顺序错误引起主变大差保护动作的一起误操作事故。

1 变电站运行方式及操作过程简介

1.1 变电站运行方式简介

110 kV 变电站 A 是县级电网与主电网联络的 110 kV 枢纽变电站,县级电网有着丰富的小水电资源。丰水期经单回 110 kV 线路与主电网联接,向主电网送出小水电的剩余电量。A 站 110 kV 采用单母线带旁路的接线方式,1 号主变为三绕组变压器,但本站不设 35 kV 侧负荷,故不设 35 kV 母线,1 号主变实际只作双绕组变压器使用。一次接线如图 1 所示。

1 号主变采用双差动保护配置,大差保护的电流互感器(TA)采用 1 号主变变高开关 TA_1 与 TA_3 并联(根据运行方式切换)及低压侧 TA_4 (有时中压侧 TA_5)结合而成。小差动保护(以下简称小差)的电流互感器采用 1 号主变套管的 TA_2 及低压侧开关 TA_4 结合而成。旁路开关电流互感器 TA_3 则没有接入 1 号主变保护回路,在旁路开关代 1 号主变变高开关运行时,1 号主变保护只保留一套小差作为主变的主保护,大差保护退出运行。 L_1 为小水电送出电量的线路, L_2 为与主系统 220 kV 变电站联络线路,事故

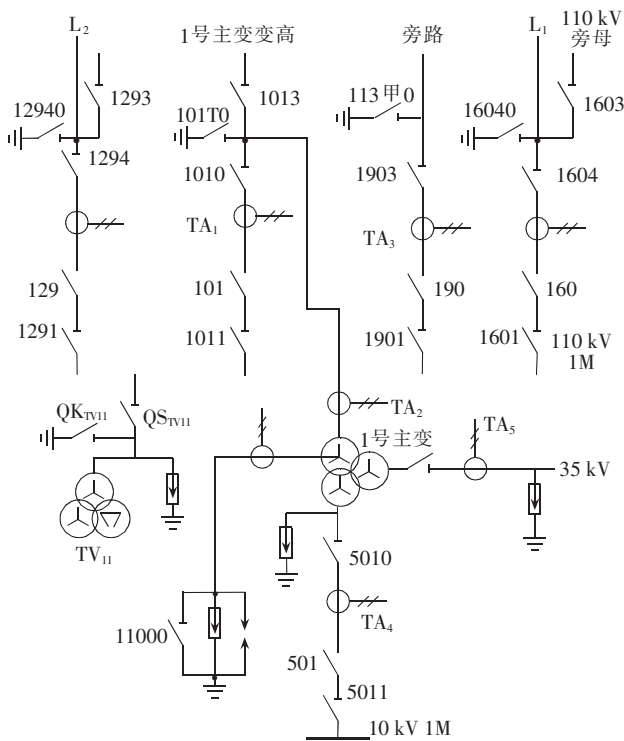


图 1 A 站一次接线图

Fig.1 System diagram of substation A

前 L_1 送入 A 站 67 MW 负荷(负荷电流约 350 A), L_2 从 A 站供出负荷电流为 325 A, 1 号主变负荷约 5 MW。

1.2 操作及保护动作过程简介

2004 年 5 月 8 日上午,A 站在 1 号主变变高 101 开关故障处理完毕后,运行人员执行旁路 190 代路结束、1 号主变变高 101 开关恢复运行的操作,在没有退出 1 号主变大差保护跳主变变低 501 开关的出口压板的情况下,便合上 101 和 190 两只开关并列运行,因此时产生差值 1 号主变大差保护误动作导致 1 号主变变低 501 开关跳闸、A 站 10kV 母线短时失压,由于 A 站负荷较小,因而损失较少。

2 事故原因分析及保护行为评价

2.1 事故原因分析

A站1号主变保护采用国电南京自动化股份有限公司生产的PST1201型微机保护。根据微机保护的采样报告及故障录波的波形显示,主变变高TA₁、变低TA₄的A、B、C相电流极性均相同,高、低压侧的三相电流均无系统故障常见的突变,波形如图2所示,图中*i*_{a1},*i*_{b1},*i*_{c1}对应主变变高TA₁的A、B、C相电流;*i*_{a2},*i*_{b2},*i*_{c2}对应主变变低TA₄的A、B、C相电流。由于A站10 kV侧为无电源的纯负荷,在10 kV系统无故障的情况下,出现主变两侧三相极性相同的主变内部对称性故障是不存在的。保护装置的功能试验正常,主变保护TA二次回路的极性在主变保护投运时已带负荷测试确认正确,且在事故后不改动接线的情况下对主变保护TA二次回路的极性再次带负荷测试,确认保护TA二次回路接线极性正确,从而排除系统故障或保护装置原因引起保护动作的可能性。

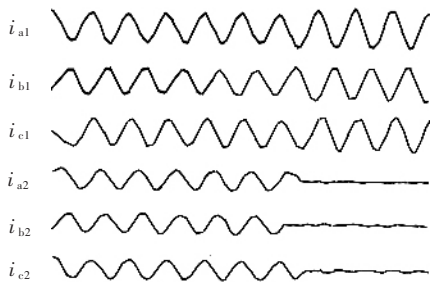


图2 1号主变变高TA₁和变低TA₄电流回路录波图

Fig.2 The current waves of high-tension winding TA₁ and low-tension winding TA₄ for transformer No.1

由于在操作过程中出现保护误动作,保护动作时1号主变变高101开关和旁路190开关并列运行,且小差保护没有动作。经过对采样报告、录波图及相关资料的研究,认为操作顺序不当引起保护误动作的可能性较大。主要理由有3点。

a. 主变变高TA₁的电流与变低10 kV侧电流幅值不相等。从故障录波图分析,TA₁的二次电流为1.13 A(TA₁的变比为300/5 A,变高电流*i*_{kh}一次值为67.8 A),变低TA的二次电流为0.707 A(TA变比为2000/5 A,一次值为282.8 A),变低电流一次值折算到110 kV侧的电流*i*_{kl}为25.71 A。若为主变外的系统故障,由基尔霍夫定律得:

$$i_{kh} + i_{kl} = 0$$

但*i*_{kh} + *i*_{kl} ≠ 0,由此推断,产生差流的原因不是系统外故障,而是1号主变各侧TA二次造成差值过高,使差动误启动。

b. 根据自动化系统的历史数据,事故前1号主变变高的实际负荷电流约为25.71 A。但从故障录波图分析,TA₁的电流高达67.8 A,且极性与变低电

流极性相同,电流方向应从TA₁的非极性端流向极性端(电流互感器统一为极性端在主母线1M侧),正常运行时1号主变的负荷电流应从TA₁的极性端流向非极性端(即从主母线1M流向主变),这说明事故时TA₁的电流并非1号主变的负荷电流,而是经旁路190开关流经110 kV旁母后,再经TA₁流回主母线1M的电流。反过来也说明了1号主变变高TA₁的电流幅值大于变低的电流幅值的原因。

c. 为了进一步分析1号主变大差保护是否因TA₁电流为穿越电流引起误动,利用直流法^[1]定性分析穿越电流存在的可能性。设旁路开关到1号主变变高开关间的主母线1M的阻抗为Z₁,经旁路开关、110 kV旁母到1号主变变高间的阻抗为Z₂,1号主变变高到主母线1M间的阻抗为Z₃,等值电路如图3所示。

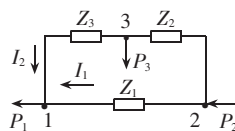


图3 A站电力系统等值电路图
Fig.3 The equivalent circuit diagram of substation A

Z₁, Z₂, Z₃均为很小值,在一般的电力系统计算中常被忽略,但在这里不能被忽略。节点1,2,3的注入功率恒定,由于Z₁ ≪ (Z₂ + Z₃),大部分负荷电流经主母线从线路L₁流向线路L₂,即流经Z₁的电流I₁远大于流经Z₃的电流I₂(即流经TA₁的电流)。但由于注入节点2的功率较大(负荷电流约350 A),若5Z₁ ≈ Z₂ + Z₃,考虑节点3的注入功率P₃(负荷电流约25.71 A),I₁ + I₂约为324 A,则I₂约为54 A。由于1号主变大差保护的变高电流与变低电流相位一致,差电流并没有相互抵消,造成大差保护动作。定性分析也再次印证了第a、b点的分析。

2.2 事故特点及保护动作行为评价

影响变压器差动保护误动原因较多,也有专题书籍进行了详细分析,运行人员操作错误也是主要原因之一^[2]。在实际运行操作中,当2台参数相同的开关并列运行时,2台开关均流过大小相等、方向相同的电流,即每台开关流过的电流是主变负荷电流的一半。但本次事故却由于在支路开断时母线负荷电流产生转移,引起大差保护误动,这是运行人员容易忽视的因素。

通过以上的分析,1号主变大差保护误动作是由于各侧电流引入数字化测判差值扩量,且运行人员操作顺序错误引起。反之,大差保护的動作恰好正确反映流经保护装置电气量的实际情况。

3 结语

这次事故的直接原因是由于主变各侧电流引入有误,且运行人员擅自改变操作顺序,引起主变大差保护误动的误操作事故。目前旁路开关代主变开关运行时,除采用切换旁路开关差动TA外,也可利用

主变套管 TA^[3]。切换旁路开关差动 TA 由于是二次回路带电操作,易因切换 TA 二次回路的操作质量不良造成差值上升,在负荷较轻时不易察觉,负荷增大时会引起差动保护误动^[2]。当采用主变套管 TA 时,由于差动保护已在投产时进行了带负荷测试并确认正确,旁路开关代主变开关运行时,只需对保护的出口连接片进行切换操作即可,不涉及在 TA 二次回路上的操作,降低了误操作的可能性。笔者认为,在主变引出线可不采取快速切除故障的情况下,宜采用主变各侧套管 TA 作为主变差动保护的二次电流回路构成差动测量。

Cause analysis of substation misoperation accident

YANG Yu-kun¹, HE Kai-rong^{1,2}

- (1. GPG Maoming Power Supply Branch, Maoming 525000, China;
- 2. North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: A substation misoperation accident is introduced, and its cause is analyzed by discussing the electrical variables from different views. The input currents of main transformer's all sides were incorrect and the operator changed the operating sequence without permission. According to the action of relay protection in this accident, it is suggested that: the bushing TA can be adopted as secondary current circuit of main transformer differential protection to realize the differential measurement when fault fast-clearing is not necessary in the outlet of main transformer.

Key words: accident; relay protection; configuration; analysis

~~~~~

(上接第 87 页 continued from page 87)

参考文献:

[1] 李士勇. 模糊控制·神经控制和智能控制[M]. 第 2 版. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1998.

[2] 李红兴. 模糊控制本质与一类高精度模糊控制器的设计[J]. 控制理论与应用,1997,14(6):868-871.

LI Hong-xing. The essence of fuzzy control and a kind of fine fuzzy controller[J]. **Control Theory and Applications**,1997,14(6):868-871.

[3] 雷德明. 一种新型自学习模糊控制器[J]. 信息与控制,2000,29(6):560-563.

LEI De-ming. A new type of self-learning fuzzy controller[J]. **Information and Control**,2000,29(6):560-563.

[4] 曹月东,高东杰,胡包刚. 一类模糊 PID 控制器的鲁棒优

参考文献:

[1] 诸骏伟. 电力系统分析[M]. 北京:中国电力出版社,1994.

[2] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护典型故障分析[M]. 北京:中国电力出版社,2001.

[3] DL400-91,继电保护和安全自动装置技术规程[S].

(责任编辑:李 玲)

作者简介:

杨玉昆(1963-),男,广东揭西人,副总经理,工程师,从事电力系统生产技术的管理工作;

何开荣(1973-),男,广东高州人,工程师,工程硕士研究生,从事继电保护及自动化技术的管理工作。

化设计[J]. 控制与决策,2002,17(1):73-76.

CAO Yue-dong, GAO Dong-jie, HU Bao-gang. Optimal robust design for fuzzy PID controllers[J]. **Control and Decision**,2002,17(1):73-76.

[5] 施 阳. Matlab 语言精要及动态仿真工具 Simulink[M]. 西安:西北工业大学出版社,1998.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

贺远华(1972-),男,湖北天门人,讲师,硕士,主要研究方向为智能检测与智能控制(E-mail:whyhhe@sohu.com);

雷升印(1946-),男,湖北武汉人,副教授,主要研究方向为传感器与检测技术、过程控制系统等。

Design and simulation of fuzzy controller with online self-adjusting control rules

HE Yuan-hua, LEI Sheng-yin

(School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** With functions as PD controller, general fuzzy controller takes error and error change as its input parameters, which has over shoot and poor anti-disturb ability. A fuzzy control rule based on analytic expressions is adopted to improve the control characteristics. The rights of error and error change are adjusted according to their variations to realize the online self-adjusting structure of fuzzy control rule. A typical two-order system is simulated with Matlab. Results show that the controller designed improves the dynamic and steady characteristics and anti-disturb ability. Furthermore, it is simple, practical and universal in a certain degree.

**Key words:** control rule; modificatory gene; online self-adjusting; simulation