

一起区外故障引起主变差动保护动作的分析

袁文嘉¹, 李敏霞¹, 姬希军²

(1 许昌供电公司, 河南 许昌 461000; 2 许继电气公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了一起区外故障引起主变差动保护越级跳闸事故的相关情况, 通过对现场相关电气设备进行了特性试验、绝缘检查、二次回路测量等, 并就保护动作报告和事故录波进行分析, 确定是变压器中压侧B相区外发生接地故障, 同时C相区内发生瞬时性绝缘击穿, 引发接地故障, B、C相通过过渡电阻(大地)发生转换性B、C相间短路, 一点区外, 一点区内, 导致差动保护跳闸, 得出结论为: 保护为正确动作。

关键词: 主变; 差动保护; 分析; 转换; 正确

Analysis of main transformer differential protection operation caused by an external fault

YUAN Wen-jia¹, LI Min-xia¹, JI Xi-jun²

(1.Xuchang Power Supply Company, Xuchang 461000,China; 2.XJ Electric, Xuchang 461000,China)

Abstract: This paper introduces over step trip of main transformer differential protection caused by an external fault. Through characteristics of the test, insulation inspection, the secondary loop measurement of on-site related electrical equipment, it identifies that B-phase in the middle side of transformer occurs ground fault, while C-phase transient region occurs insulation breakdown to trigger earth fault. B, C phase through the transition resistance (earth) occur conversion of B, C phase-to-phase short circuit, one outside, another inside, resulting in differential protection tripping. It concludes as follows: the protection operation is correct.

Key words: main transformer; differential protection; analysis; conversion; correct

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)23-0130-03

0 引言

在电力系统中, 继电保护是电力网的重要环节, 主变差动保护是电力变压器可靠运行的保证, 在电力网中具有举足轻重的作用。如何正确分析其故障性质是快速处理问题的关键所在, 是确保电力设备正常运行的基础。

2006年4月23日19:55左右, 某市110 kV变电站35 kV侧线路发生短路, 本线路保护没有动作, 主变差动保护动作, 跳开主变三侧, 造成全站失压。

1 现场检查情况

1.1 事故相关运行方式的了解

该站(用户站)现有110 kV变压器1台, Y/Y/ Δ 绕组类型。110 kV、35 kV和6 kV母线全部采用单母接线。110 kV侧为电源端, 其它两侧为负荷侧。35 kV中性点隔离开关在变压器正常运行时拉开, 在操作35 kV侧开关操作时合上。差动保护CT二次

部分采用全星形接线(如图1所示)。

1.2 值班员记录

2006年4月23日19时55分左右, 事故音响喇叭响起, 主变三侧181、381、681开关位置信号灯绿灯闪光, #1主变控制屏“差动保护动作”、“充电机保护故障”、35 kV出线384开关保护屏“告警”氖灯亮, 其“告警”光字牌亮。当时检查主变瓦斯继电器内无气体, 压力释放阀未动作。后来报告说35 kV出线发生短路故障。

1.3 保护动作报告

① 2006年4月23日19:56 39.732

B相动作

差动作电流 动作量 5.943 A

差制动电流 动作量 12.38 A

持续时间 动作量 0.027s,

② 2006年4月23日19:56 39.732

C相动作

差动作电流 动作量 6.369 A

差制动电流 动作量 6.193 A

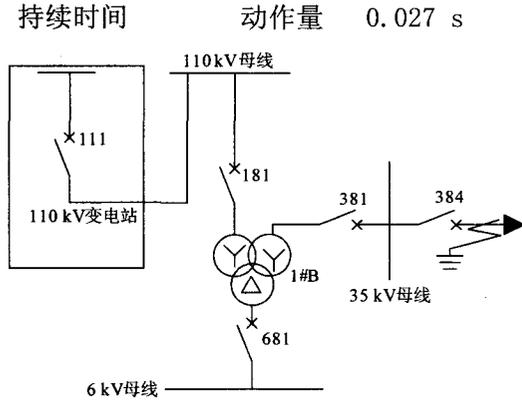


图1 某110 kV 变电站差动保护动作时的运行方式

Fig.1 Operation mode of a 110kV substation at the time of differential protection tripping

1.4 故障录波器记录

本站没有设录波器装置。到现场时运行单位已经对保护做过保护特性试验, 主变保护装置内的故障报告已被冲掉, 无法从变压器保护装置内提取当时的故障录波记录。通过上一级变电站录波器对否屯线故障录波记录检查, 发现当时否屯线录波启动, 记录为B、C两相启动录波, 从波形可看出B、C两相波形反相, 幅值接近, 其下一级相邻元件可能发生B、C两相相间短路。

1.5 保护检查

1) 设备运行时差动保护实时运行参数检查:

(01) 变压器频率	49.97 Hz
(02) 变压器A相差动电流	0.005 A
(03) 变压器B相差动电流	0.028 A
(04) 变压器C相差动电流	0.011 A
(05) 高压侧A相电流	(0.255∠269°) A
(06) 高压侧B相电流	(0.238∠149°) A
(07) 高压侧C相电流	(0.255∠33°) A
(08) 中压侧A相电流	(0.238∠86°) A
(09) 中压侧B相电流	(0.244∠331°) A
(10) 中压侧C相电流	(0.250∠205°) A
(11) 低压侧A相电流	(0.017∠90°) A
(12) 低压侧B相电流	(0.022∠14°) A
(13) 低压侧C相电流	(0.005∠180°) A

保护实时参数正常。

2) 保护定值检查

最小动作电流	整定值 1.102 A
最小制动电流	整定值 2.801 A
比率制动系数	整定值 0.400

二次谐波制动系数	整定值 0.180
差动第一侧平衡系数	整定值 1.000
差动第二侧平衡系数	整定值 0.700
差动第三侧平衡系数	整定值 0.570
CT断线投退	整定值 1
CT断线闭锁控制	整定值 1

3) 对差动保护性能进行检查, 保护特性正常, 且能正常跳开主变三侧181、381和681开关。

4) 对相关回路摇绝缘, 绝缘正常。

2 保护动作分析

2.1 CT二次为全星形接线的差动保护原理

在变压器差动保护中, 变压器的绕组接线方式一般为Y/Δ-11或Y/Y/Δ-12-11形式, 而变压器差动保护专用CT二次的接线方式通常为Δ/Y或Δ/Δ/Y形式。这样一来, 在CT接线形式上完成了变压器各侧电流相位差异的补偿, 使得进入差动保护的各侧电流在相位上保持一致。由于微机型保护可以很方便地对变压器各侧电流的相位和幅值进行补偿, 因此差动保护专用CT二次可采用常规接线, 也可采用全星接线。该站差动保护专用CT二次采用的是全星接线(如图2所示)。

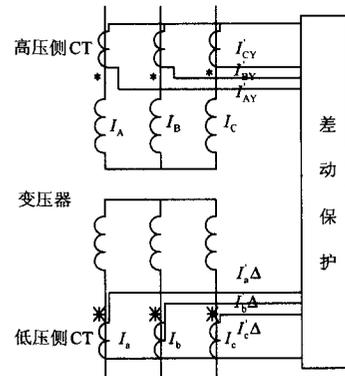


图2 差动保护原理图

Fig.2 Schematic diagram of differential protection

如果CT采用全星形接线, 需要对进入保护的变压器各侧电流的相位和幅值进行补偿, 以实现差动保护原理。以两卷变压器为例(见附图2): 变压器的绕组接线方式为Y/Δ-11, CT二次接线方式为Y/Y形, 则进入差动保护的高压侧电流为 I'_{AY} , I'_{BY} , I'_{CY} , 低压侧电流为 $I'_{a\Delta}$, $I'_{b\Delta}$, $I'_{c\Delta}$, 同名相电流之间相位差异为 30° 。为消除该差异, 在保护程序中利用软件进行补偿, 高压侧电流分别取值为:

$$I_{ah} \nabla = \frac{i'_{AY} - i'_{BY}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{bh} \nabla = \frac{i'_{BY} - i'_{CY}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{ch} \nabla = \frac{i'_{CY} - i'_{AY}}{\sqrt{3}}$$

低压侧电流仍为 $I_{a1}=I'_{a\Delta}$, $I_{b1}=I'_{b\Delta}$, $I_{c1}=I'_{c\Delta}$, 这样, 差动保护的高低压侧电流相位一致, 高低压侧电流幅值不变。高、低两侧电流乘上平衡系数后, 在保护中差电流正常运行时为零, 实现了差动保护原理。

2.2 保护动作解析

对于三圈变差动保护, 差动电流为三侧电流矢量和: $I_{cd}=i_h+i_m+i_l$,

制动电流为三侧电流的最大值, 即:

$$I_{zd} = \max\{i_h, i_m, i_l\}.$$

由于该站负荷量比较小, 故障时故障电流比较大, 此时负荷电流对不平衡电流的影响比较小, 事故分析时正常负荷电流可忽略不计。高压侧为电源端, 中压侧为短路事故侧, 低压侧电流可忽略不计, 故本次事故分析主要取高中压侧事故时的电流进行分析。

在保护报告中, B 相差动 $I_{cd}=5.943 \approx 6 \text{ A}$ 可近似取 6 A , $I_{zd}=12.38 \approx 12 \text{ A}$ 可近似取 12 A ,

C 相差动 $I_{cd}=6.369 \approx 6 \text{ A}$ 可近似取 6 A , $I_{zd}=6.193 \approx 6 \text{ A}$ 可近似取 6 A 。

该站变压器 Y/Y/ Δ -12-11, 二次 CT 为全星形接线, 本次故障时其差动电流分别为:

$$I_{cd_a} = i_{ha} + i_{ma} = \frac{i'_{ha} - i'_{hb}}{\sqrt{3}} + \frac{i'_{ma} - i'_{mb}}{\sqrt{3}} = \frac{(i'_{ha} + i'_{ma}) - (i'_{hb} + i'_{mb})}{\sqrt{3}}$$

$$I_{cd_b} = i_{hb} + i_{mb} = \frac{i'_{hb} - i'_{hc}}{\sqrt{3}} + \frac{i'_{mb} - i'_{mc}}{\sqrt{3}} = \frac{(i'_{hb} + i'_{mb}) - (i'_{hc} + i'_{mc})}{\sqrt{3}}$$

$$I_{cd_c} = i_{hc} + i_{mc} = \frac{i'_{hc} - i'_{ha}}{\sqrt{3}} + \frac{i'_{mc} - i'_{ma}}{\sqrt{3}} = \frac{(i'_{hc} + i'_{mc}) - (i'_{ha} + i'_{ma})}{\sqrt{3}}$$

制动电流计算分别为:

$$I_{zd_a} = \max\{i_{ha}, i_{ma}\} = \max\left\{\frac{i'_{ha} - i'_{hb}}{\sqrt{3}}, \frac{i'_{ma} - i'_{mb}}{\sqrt{3}}\right\}$$

$$I_{zd_b} = \max\{i_{hb}, i_{mb}\} = \max\left\{\frac{i'_{hb} - i'_{hc}}{\sqrt{3}}, \frac{i'_{mb} - i'_{mc}}{\sqrt{3}}\right\}$$

$$I_{zd_c} = \max\{i_{hc}, i_{mc}\} = \max\left\{\frac{i'_{hc} - i'_{ha}}{\sqrt{3}}, \frac{i'_{mc} - i'_{ma}}{\sqrt{3}}\right\}$$

通过前级变电站的录波看出: B、C 两相短路, A 相无故障。故高、中压侧 A 相电流可认为为零。

即: $I_{cd_a} = \frac{(i'_{ha} + i'_{ma}) - (i'_{hb} + i'_{mb})}{\sqrt{3}} = 0 - \frac{(i'_{hb} + i'_{mb})}{\sqrt{3}}$, 由于 A 相差动保护未动作, 可认为 B 相为变压器差动保护区外故障, 且高、中压侧 B 相 CT 较好反映了故障电流。

$$I_{cd_c} = \frac{(i'_{hc} + i'_{mc}) - (i'_{ha} + i'_{ma})}{\sqrt{3}} \approx \frac{(i'_{hc} + i'_{mc})}{\sqrt{3}} = 6 \text{ A}$$

$$I_{zd_c} = \max\left\{\frac{i'_{hc} - i'_{ha}}{\sqrt{3}}, \frac{i'_{mc} - i'_{ma}}{\sqrt{3}}\right\} \approx \max\left\{\frac{i'_{hc}}{\sqrt{3}}, \frac{i'_{mc}}{\sqrt{3}}\right\} = 6 \text{ A}$$

$$I_{cd_b} = \frac{(i'_{hb} + i'_{mb}) - (i'_{hc} + i'_{mc})}{\sqrt{3}} \approx \frac{0 - (i'_{hc} + i'_{mc})}{\sqrt{3}} = 6 \text{ A}$$

$$I_{zd_b} = \max\left\{\frac{i'_{hb} - i'_{hc}}{\sqrt{3}}, \frac{i'_{mb} - i'_{mc}}{\sqrt{3}}\right\} = 12 \text{ A}$$

由 I_{cd_b} 、 I_{cd_c} 、 I_{zd_b} 、 I_{zd_c} 公式可知: ①B、C 相的差流是由于高压侧与中压侧的 C 相电流不一致引起的; ② 高压侧 B、C 相一次电流大小相等, 方向相反; ③ 高压侧或中压侧 C 相进入保护装置的二次电流为 0。

能造成以上结果, 有以下两种故障情况下, 分别是:

一种情况是变压器中压侧差动保护区外 B、C 相金属性相间短路, 且进入保护装置前的高压侧或中压侧 C 相 CT 开路或短路 (由于负荷电流很小, 正常运行时, 差动保护也不能反映该异常情况)。但据运行单位介绍, 他们已检查 CT 回路, 未发现开路或短路的现象。

另一种情况是变压器中压侧 B 相差动保护区外接地故障, C 相差动保护区内接地故障。

如果 B 相在区外发生接地故障, 那么系统就处在 B 相接地运行方式, 此时 $U_{bn}=0$, $U_{an}=U_{ab}$, $U_{cn}=U_{cb}$, 即 A、C 相的对地电压会抬高 $\sqrt{3}$ 倍, 电气设备的绝缘能力肯定会降低。在区内, C 相电气设备如有污物, 就有可能闪络等瞬时性绝缘击穿, 进一步通过大地过渡电阻发生转换性 B、C 相间短路。由于变压器中压侧为不接地系统, 两相接地短路与两相金属性短路故障性质一致。

对于第二种故障情况导致的差动保护跳闸分析, 运行单位认可 (如图 3 所示)。

(下转第 136 页 continued on page 136)

5 结束语

运行母线的母差保护更换是一项较为系统的工作，需要进行多方面考虑。本文以 GMH-3 电磁型母差保护更换为 BP-2B 型微机母差保护为例，对母差保护更换的方法进行介绍，并对其中更换中应注意的问题进行了探讨。对在运行中更换为其他类型母差保护的工作可进行参考。另外由于母差保护的寿命一般不超过 10 年，而 CT 的寿命超过 20 年，从而决定母差保护的技术改造与 CT 更换不同步，今后进行 CT 更换或基建时应考虑采用二次绕组数量多的 CT，保证至少有一个备用二次绕组，这样可以为以后的母差保护技术改造等工作打好基础。

参考文献

[1] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 水利电力出版社, 1991.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Theory of Power System

Relay Protection[M]. Beijing: China Hydro and Electric Power Press, 1991.

[2] 深圳南瑞 BP-2B 微机母线保护技术说明书 v1.03[Z]. Technical Instructions of BP-2B Digital Bus Protection(V1.03)[Z]. Shenzhen NARI.
[3] 刘如俊, 解伟, 等. RCS-915A 型微机母差保护现场投运经验[J]. 水电自动化与大坝监测, 2003, 27 (1): 70-72. LIU Ru-jun, XIE Wei, et al. Experience in Putting RCS-915A Digital Bus Protection into Operation at Worksite in Running State[J]. Hydropower Automation and Dam Monitoring, 2003, 7(1):70-72.

收稿日期: 2009-04-19

作者简介:

程 华 (1979-), 男, 硕士, 工程师, 从事继电保护工作。E-mail: huac537@126.com

(上接第 132 页 continued from page 132)

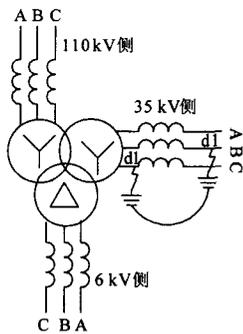


图 3 主变跳闸事故区内和区外故障示意图

Fig.3 Main transformer tripping accidents within and outside the region fault

3 结论

无论以上哪种故障情况造成保护动作，均符合差动保护设计逻辑，差动保护为正确动作。因此该站主变差动保护动作的原因为：35 kV 侧 B 相区外发生接地故障，同时 C 相区内发生瞬时性绝缘击穿发生接地故障，B、C 相通过过渡电阻（大地）发生转换性 B、C 相间短路。一点区外，一点区内，导

致差动保护跳闸。

本次通过仔细的分析，准确确定了主变差动保护动作的原因，避免了盲目更换保护装置造成的经济损失，也为快速恢复送电提供了前提条件，使用户减少了因为停电时间过长造成的产品报废，并为相似的故障情况分析提供借鉴。

参考文献

[1] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
[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, 2000.

收稿日期: 2009-01-05; 修回日期: 2009-02-21

作者简介:

袁文嘉 (1971-), 男, 工程师, 从事继电保护设计和调试; E-mail: yuanwenjia@sohu.com

李敏霞 (1968-), 女, 工程师, 从事继电保护设计和调试;

姬希军 (1970-), 男, 工程师, 从事继电保护设计和调试。