

变压器相间过流保护不正确动作原因的探讨

钱国明¹, 李拥军¹, 李颖²

(1. 南京四方亿能电力自动化有限公司, 江苏 南京 211101; 2 徐州电力勘察设计院, 江苏 徐州 221005)

摘要: 针对某 110 kV 变电站中变压器复压闭锁方向过流保护的不正确动作情况, 通过对事故过程中的故障信息分析, 并结合现场的模拟试验, 找出了保护不正确动作的原因, 传统的 90 接线方式方向元件在某些特殊的故障时, 会造成相间过流保护不正确动作。对故障时方向元件的向量图进行了详细的分析, 并提出了解决方案。

关键词: 变压器; 过流保护; 不正确动作; 方向元件

中图分类号: TM772 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2005)15-0024-03

0 引言

2004 年盛夏高温时期, 某 110 kV 变电站中的 #2 所用变长期超载运行, 导致所用变烧毁, 产生的弧光进一步引起 10 kV 段母线发生相间短路故障, 事故发生时 #1 主变同时带 10 kV 两段母线并列运行, 由于 #1 主变 10 kV 侧复压闭锁方向过流保护的方向元件拒动, 造成事故未能隔离, 由 110 kV 侧的复压闭锁过流保护动作, 切除 #1 主变, 造成 10 kV 母线全部失电。

本文对本次事故的经过及原因进行了分析, 提出了解决的建议。

1 事故经过

变电站的主接线如图 1 所示。

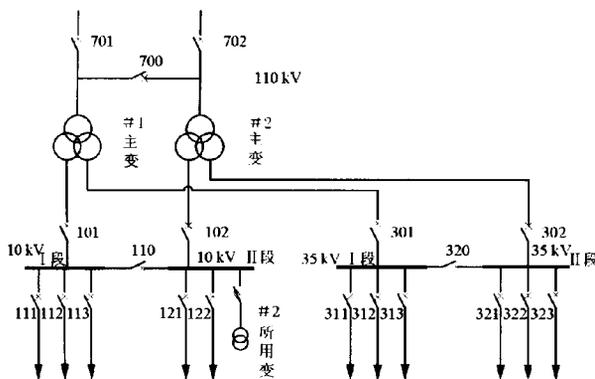


图 1 110 kV 变电站的主接线图

Fig 1 Main wiring diagram of the 110kV substation

1.1 事故前的一次运行方式

#1 主变经 101 开关供 10 kV 段母线, 并通过 10 kV 母联 110 开关供 10 kV 段母线, 10 kV 母线上带有线路 111、线路 112、线路 113、线路 121、线路

122 和 #2 所用变, #2 所用变不设开关, 只配置了熔丝; 102 开关处于断开位置。

#2 主变经 302 开关供 35 kV 段母线, 并通过 35 kV 母联 320 开关供 35 kV 段母线, 35 kV 母线上也带有相应的负荷; 301 开关处于断开位置。

#1、#2 主变的接线方式均为 Y/ - 11/ - 11。

1.2 事故的发生经过

#2 所用变为干式电力变压器, 其绝缘裕度小, 散热条件差。原设计容量是根据变电所内用电量来选择的, 但由于该地区农电中心的用电负荷也连接在上面, 造成所用变长时间过负荷运行, 加之夏季开关室本身温度很高, 导致所用变绕组绝缘损坏而烧毁, 其引起的弧光进一步造成 10 kV 段母线发生相间短路, 由于 #1 主变 10 kV 侧复压闭锁方向过流保护的方向元件拒动, 造成事故未能隔离, 主变 110 kV 侧的复压闭锁过流保护动作, #1 主变被切除, 造成 10 kV 母线全部失电。后经调度人员、监控班、操作班查明事故原因, 在切断故障点后, 由保护、检修、试验人员确认其它设备暂可投运, 在停电 2 h 后送电成功, 恢复正常供电。

1.3 保护动作情况

#1 主变后备保护配置以及整定情况如下:

10 kV 侧配置两段复压闭锁过流保护, 其中一段带方向, 方向指向 10 kV 母线, 电流定值 (二次值, 以下电流值均为二次值) 为 11.2 A, 段时限 1.5 s 跳开母联 110 开关, 段时限 1.8 s 跳开 #1 主变 101 开关; 段不带方向, 电流定值为 8.5 A, 2.1 s 跳开 #1 主变各侧开关。

110 kV 侧配置一段复压闭锁过流保护, 不带方向, 电流定值为 7.8 A, 2.1 s 跳开 #1 主变各侧开关。

故障发生时主变后备保护的動作过程如下:

16:29分, #1主变 10 kV 侧复压闭锁过流 段保护动作,跳开 #1主变 701开关、101开关,故障电流为 19 A; 16:29分, #1主变 110 kV 侧复压过流保护动作,跳开 #1主变 701开关、101开关,故障电流为 16 A。

#1主变 10 kV 侧复压闭锁方向过流 段保护未动作。

2 事故分析

本次事故由于 #1主变 10 kV 侧复压闭锁方向过流 段保护未动作,而导致了事故的扩大。根据保护的動作情况、复压闭锁方向过流 段保护中的复压闭锁条件以及电流条件均满足定值,我们初步判断是由于 10 kV 侧方向元件拒动,导致过流保护未动作。

国内目前在中性点不直接接地系统,相间过流保护的功率方向继电器广泛采用 90 接线方式, #1主变 10 kV 侧复压闭锁方向过流 段保护也同样采用此元件,并且为了防止在保护安装处发生三相短路时出现电压死区,方向元件的电压量取自 110 kV 侧。

#1主变在投运前,各侧的电流互感器和电压互感器的极性和相序均核对正确,并且在变压器带负荷投运后,也使用了六角图法检验了变压器差动保护和后备保护接线的准确性。变压器保护装置也属于定型装置,现场模拟试验和带负荷试验也验证了保护的正確性。

经分析, #1主变低压侧复压闭锁方向过流段保护未动作由以下两个原因造成:

1) #1主变 10 kV 侧采用两相式 CT, B相无 CT 引入保护,由于 10 kV 侧过流保护均按相配置,当发生 AB 或 BC 相间故障时,保护只有单一相元件投入,考虑到当时的母线故障存在着较大的弧光电阻,此时可能导致单一相保护元件的方向元件拒动。

2) 由于 #1主变为 Y/ - 11 接线, 10 kV 侧的复压过流 I 段的方向元件采用了 110 kV 侧电压,由于 110 kV 侧电压滞后 10 kV 侧电压 30°使第 1 点的问题更加突出。

3 90 接线方式方向元件的向量分析

当 90 接线方式方向元件的内角选为 30°时,其动作条件为:

$$-120^\circ < \frac{U_j}{I} < 60^\circ$$

发生 AB 两相故障时, A 相继电器的向量图如图 2 所示。短路电流 I_A 由电势 E_{AB} 产生,考虑到两相直接短路和两相经弧光电阻短路两种边界情况,

$$0^\circ < \frac{E_{AB}}{I_A} < 90^\circ; \quad \frac{E_{AB}}{U_{BC10\text{ kV}}} = 120^\circ; \quad \frac{U_{BC10\text{ kV}}}{U_{BC110\text{ kV}}} = 30^\circ$$

$$-120^\circ < \frac{U_{BC10\text{ kV}}}{I_A} < -30^\circ$$

$$-150^\circ < \frac{U_{JA}}{I_A} = \frac{U_{BC10\text{ kV}}}{I_A} < -60^\circ$$

从上式可以看出,当两相短路的弧光电阻很大时的极端情况下,方向元件已经处于动作范围的边缘上。再考虑到方向元件采用 110 kV 侧电压,方向元件将不能够正确动作,而且在反方向发生故障时,方向元件会误动。

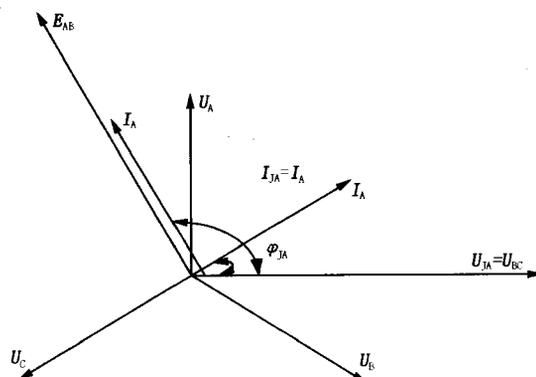


图 2 AB 两相短路时 A 相继电器的向量图

Fig 2 Vector analysis diagram of relay of phase A when inter phase fault

图 3 为 B 相继电器的向量图,

$$I_B = -I_A$$

$$-60^\circ < \frac{U_{CA10\text{ kV}}}{I_B} < 30^\circ$$

$$-90^\circ < \frac{U_{JB}}{I_B} = \frac{U_{CA110\text{ kV}}}{I_B} < 0^\circ$$

从 B 相继电器的动作情况可以看出,当发生 AB 两相故障时,如果 A、B 两相的保护元件均能够投入时,即使在有些极限情况下,两个保护的方向元件也能够互相重叠,不会出现两个方向元件均拒动的现象。当发生 BC 两相故障时,也会出现类似以上的现象。

所以,根据 90 接线方式方向元件采用的不同电压和内角,方向元件的动作范围必须进行合理地设计,否则可能会造成正方向故障时,方向元件的拒动,反方向故障时,方向元件的误动。

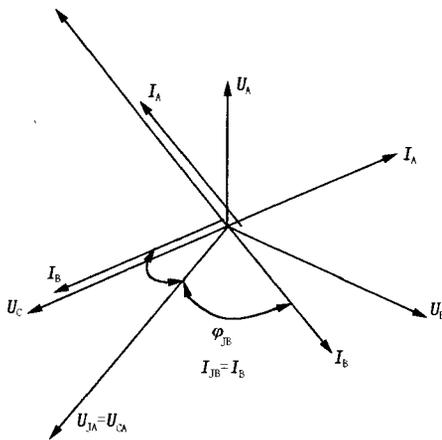


图 3 AB 两相短路时 B 相继电器的向量图

Fig 3 Vector analysis diagram of relay of phase B when inter phase fault

4 解决方案

针对本变电所变压器保护的情况,提出了以下解决方案:

1) 主变 10 kV 侧增加 B 相 CT 给复压闭锁方向过流保护使用,暂时通过屏内接线由 I_A 和 I_C 产生的 $I_{B'}$ 接到保护装置。

2) 90 接线方式功率方向元件采用 45 的内角,

动作范围为 $-45^\circ \pm 60^\circ$; 即 $-105^\circ < \frac{U_I}{I} < 15^\circ$

5 结论

本文针对一次 110 kV 变电站中变压器复压闭锁方向过流保护的不正确动作情况,进行了详细的分析,认为采用 90 接线方式方向元件的过流保护宜采用三相式的 CT,并且方向元件的动作范围要适当缩小,防止在某些特殊故障时,保护出现不正确动作。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用 (第二版) [M]. 北京:中国电力出版社, 2002
WANG Wei-jian Principle and Application of Protection for Electric Main Equipment, Second Edition [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002

收稿日期: 2004-10-22; 修回日期: 2004-12-07

作者简介:

钱国明 (1973 -), 男, 硕士, 从事继电保护和安全稳定控制的研究和开发工作。E-mail: qianguoming_sf@sina.com

Analysis and solution of an unwanted operation of transformer's overcurrent protection

QIAN Guo-ming¹, LI Yong-jun¹, LI Ying²

(1. Nanjing Sifang Electric Power Automation Co., Ltd, Nanjing 211101, China;

2. Xuzhou Electric Power Design Institute, Xuzhou 221005, China)

Abstract: According to the unwanted operation phenomenon of the directional overcurrent relay of an 110kV transformer, it is found that the traditional directional relay using connection will lead to unwanted operation when some special fault occurs. This paper presents the analysis and solution of the unwanted operation by analyzing the fault information combining with simulation testing.

Key words: transformer; overcurrent relay; unwanted operation; directional relay

我国三大电网成功实现联网 成为世界第一大电网

华北电网、西北电网日前相继通过河南电网,与华中电网联成一体,三电网成功联网后成为世界第一大电网,对全国范围内实现能源的优化配置将产生重要影响。

据河南省电力公司介绍,500 kV 辛嘉线近期的投运,标志着华中电网与华北电网正式联网运行。辛嘉线南起新乡 500 kV 获嘉变电站,北至邯郸 500 kV 辛安变电站,全长 210.8 km,是华中、华北两大电网的重要联络线。华中、华北两大电网实现联网后,我国由此形成了一个跨越 14 个省(市、自治区)、装机容量 1.4 亿 kW、南北距离 4 600 km 的超大规模的交流同步电网。

西北电网与华中电网通过豫西的 330 kV 灵宝背靠背换流站,实现了联网运行。华中、西北电网联网后,全国各大电网除新疆电网、西藏电网、海南电网和台湾电网外,都可运行在一个交、直流联合电网中,逐步实现在全国范围内的能源和资源优化配置,对缓解我国局部地区电力供应紧张状况具有重要意义。

同时,华中电网通过河南电网与华北、西北两大电网的联网,使河南电网由华中电网的末端变成了国内南北电力交换大通道的重要枢纽,河南电网处于全国联网中心位置的地位进一步得到加强。