

昭东电站 110 kV 主变后备保护拒动原因分析

赵国芳, 沈琦

(浙江萧山供电局, 浙江 杭州 311200)

摘要: 双圈变压器一般配置复合电压闭锁过电流保护。其复合电压闭锁元件的电压一般取自低压侧母线电压。当主变低压侧开关拉开, 其所对应的低压母线由其他电源供电时, 若主变及其低压侧发生故障, 主变复压过流保护会因复压元件不开放而拒动。对双圈变压器后备保护拒动原因作了进一步的分析, 同时就三圈变压器是否存在类似问题作了探讨, 提出了多种解决方案及措施, 初步形成了解决问题的建议, 为解决主变后备保护拒动问题提供参考。

关键词: 主变; 后备保护; 拒动; 原因分析

Analysis of a maloperation of transformer's backup protection in 110 kV Zhaodong station

ZHAO Guo-fang, SHEN Qi

(Xiaoshan Power Supply Bureau, Hangzhou 311200, China)

Abstract: Generally, double-wound transformer is equipped with compound voltage lockout overcurrent protection, which voltage is provided by PT on low voltage bus of transformer. When the switch of main transformer's low voltage bus provided by other power supply is turned off, it will cause compound voltage lockout overcurrent protection failure if main transformer and its low voltage bus break down. This paper analyzes the backup protection failure of double-wound transformer. Furthermore, this paper does some researches on the existence of similar problems in three-wound transformer, and proposes several solutions to the failure of backup protection.

Key words: transformer; backup protection; maloperation; reason analysis

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)09-0120-03

0 引言

随着供电可靠性要求的不断提高, 为缩短配电路径停电时间, 先送低压母线, 再送主变的操作方式越来越普遍。但是在上述操作方式下, 主变后备保护会因闭锁电压元件未开放而导致主变后备保护拒动, 从而可能导致事故范围的扩大。2008年4月3日, 110 kV 昭东变就发生了一起类似的故障。

1 110 kV 昭东变故障现象

110 kV 昭东变主变保护配置为: 差动保护、本体保护、后备保护。后备保护仅配置一套高压侧复压闭锁过电流保护。主变高压侧复压闭锁过电流保护电流取自主变 110 kV 套管电流互感器, 电压取自 10 kV 母线电压, 第一时限跳主变 10 kV 开关, 第二时限跳主变各侧开关。供昭东变的上一级 110 kV 线路保护为距离保护, 重合闸投入。

故障前运行方式为:

凤凰变凤昭 1045 线送 110 kV 昭东变 110 kV I

段母线设备、1#主变、10 kV I、II 段母线 (10 kV 母分并列运行)。瓜沥变瓜东 1106 线供 110 kV 航坞变。110 kV 昭东变瓜东 1106 线开关、110 kV 母分开关、2#主变 10 kV 侧开关冷备用。

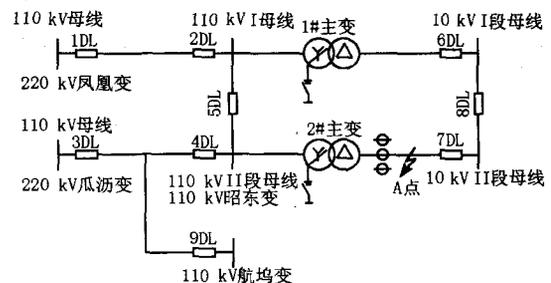


图1 瓜沥变/凤凰变-昭东变/航坞变系统接线图
Fig.1 Structure of Guali/Fenghuang-Zhaodong /Hangwu transformer substation system

故障发生经过:

110 kV 昭东变瓜东 1106 线开关改运行。合上瓜东 1106 线开关时, 2#主变 10 kV 开关柜内发生故障。220 kV 瓜沥变瓜东 1106 线距离 III 段动作, 经 2.315 s 保护跳闸, 经 2.84 s 重合成功, 未造成设

备停电。

2 现场检查及分析

现场检查发现: 110 kV 昭东变 2#主变 10 kV 开关下桩头搭接母排固定瓷瓶烧毁严重, 从故障现场可判断故障点在图 1 中的 A 点; 110 kV 昭东变保护动作情况为: 2#主变差动保护及 2#主变后备保护装置均启动, 昭东变无任何开关因本次故障而跳开, 无任何保护出口。

分析发现: 因故障点在图 1 中的 A 点, 在 2#主变差动保护范围之外, 2#主变差动保护不会动作。2#主变 110 kV 复合电压闭锁过电流保护闭锁电压取自 10 kV II 段母线电压, 操作过程中, 10 kV II 段母线与 2#主变之间通过 2#主变 10 kV 开关及 2#主变 10 kV 母线闸刀相隔离。当图 1 的 A 点发生故障时, 10 kV II 段母线仍正常运行。虽然 2#主变 110 kV 复合电压闭锁过电流保护电流元件动作, 但电压元件未开放, 导致 2#主变 110 kV 复合电压闭锁过电流保护不会动作。最终靠瓜沥变瓜东 1106 线距离 III 段动作切除故障。幸运的是瓜沥变瓜东 1106 线重合闸成功, 未导致 T 接于瓜东 1106 线的航坞变失电。110 kV 昭东变 2#主变 10 kV 开关拒故障, 越过 2#主变差动保护及 2#主变 110 kV 复合电压闭锁过电流保护, 越级至上一级的瓜沥变瓜东 1106 线距离 III 段动作, 显然是不正常的, 可能会导致较为严重的后果。

就故障点位置分析, 若故障点在主变低压侧电流互感器与主变低压侧开关之间, 故障只能靠上一级线路保护切除。该故障切除方式及保护配置会引起四个不利后果: 其一, 会使切除故障时间延长; 其二, 上一级线路保护动作跳开上一级线路开关后, 一般重合闸会动作, 对故障点会进行第二次冲击, 加重破坏程度; 其三, 若重合闸不能成功合闸, 会导致 T 接于上一级线路的其他变电所被迫停电, 导致事故范围进一步扩大; 其四, 此时的保护配置不能满足《3-110 kV 电网继电保护装置运行整定规程》中保护按远后备配置原则的规定, 若上一级保护拒动, 则后果极为严重, 故障切除时间将可能会很长, 主变及其他一系列设备可能会损坏。若故障点在主变低压侧电流互感器至主变之间或主变本身, 则差动保护能够以 0 s 切除故障, 但即使如此, 仍会丧失主变后备保护。对于 220 kV 双圈变压器, 一般接近后备原则配置保护及整定。对图 1 中 A 点附近设备, 可能无保护运行, 低压侧有故障时, 后果可能更严重。

在正常的操作过程中, 在检修复役过程中, 在基建投运过程中, 如果保护配置情况同昭东变类似,

只要低压侧母线与主变隔离情况下对主变送电, 就会发生上述不利后果。

双圈变压器如此, 那么三圈变压器呢? 下面对型号为 SSZ-50000/110 的三圈变压器进行分析:

变压器三侧额定电压分别为 110 kV、37 kV、10.5 kV, 高中阻抗电压为 10.53%, 高低阻抗电压为 18.06%, 中低阻抗电压为 6.26%。通过计算 10 kV 发生三相故障时, 35 kV 母线压变二次侧线电压和发生两相故障时, 35 kV 母线压变二次侧负序线电压, 再与整定值进行比较的方法来判断三圈变压器是否存在类似的问题。假设考虑极端情况, 系统方式阻抗为 0。阻抗图见图 2 所示。

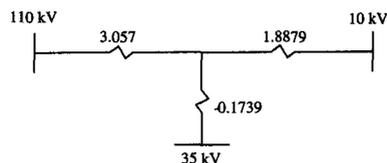


图 2 (以 35 kV 侧为基准): 三圈变阻抗图
Fig.2 Three winding transformer resistance
(based on 35kV side)

10 kV 发生三相故障时, 35 kV 母线压变二次侧线电压为:

$$U_{L1} = ((37 \times 1.8879) / (1.8879 + 3.057)) / (35/0.1) = 0.04 \text{ kV}$$

10 kV 发生两相故障时, 35 kV 母线压变二次侧负序线电压为:

$$\text{负序电流 } I_2 = ((37000/1.732) / (1.8879 + 3.057)) / 2 = 2160 \text{ A}$$

$$\text{负序线电压 } U_{21} = (2160 \times 3.057 \times 1.732) / (35/0.1) = 32.677 \text{ V}$$

一般三圈变高压侧复合电压闭锁过电流保护的复压元件由高、中、低三侧复压元件或逻辑组成。只要有一侧复压元件满足条件, 则复压元件开放。复压元件中的低电压元件一般整定为 60~70 V, 负序电压(线电压)元件一般整定为 6 V。考虑可靠系数为 1.5, 则三相故障时, 二次电压只要小于 40~47 V, 两相故障时, 二次负序电压只要大于 9 V, 则复压元件就能开放。在本例中, 计算值能满足整定值的要求。当 10 kV 故障, 35 kV 复压元件开放, 110 kV 复合电压闭锁过电流保护的复压元件开放, 110 kV 复合电压闭锁过电流保护能正确动作。对于 220 kV 三圈变压器也能得出类似的结论。故三圈变后备保护一般能正常动作。

因此, 对上述问题只需侧重对双圈变压器进行分析, 一般不用考虑三圈变压器。但特别需指出的是, 若三圈变中压侧有电源存在, 上述结论也可能

不成立，需校验灵敏度。

3 措施及建议

1) 可通过将主变高压侧复压元件引入高压侧复合电压闭锁过电流保护，尝试解决双圈变压器所存在的问题。

下面对昭东变 2#主变型号为 SZ9-40000/110 的双圈变压器进行分析：

主变两侧额定电压分别为 110 kV、10.5 kV，阻抗电压为 14.09%。计算 10 kV 发生三相故障时，系统方式阻抗达到多少时，复压元件闭锁元件中的低电压元件才能开放和发生两相故障时，系统方式阻抗达到多少时，复压元件闭锁元件中的负序电压元件才能开放。阻抗图见图 3 所示。

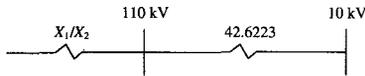


图 3 (以 110 kV 侧为基准)：双圈变阻抗图
Fig.3 Two winding transformer resistance (based on 110 kV side)

10 kV 发生三相故障时，求 110 kV 母线压变二次侧线电压为 70 V 时的系统方式阻抗 X_1 。

$$U_1=0.07= ((110 \times 42.6223) / (X_1+42.6223)) / (110/0.1)$$

$$X_1=18.2667 \Omega$$

10 kV 发生两相故障时，求 110 kV 母线压变二次侧负序线电压为 6 V 时的系统方式阻抗 X_2 。

$$I_2= ((110000/1.732) / (X_2+42.6223)) / 2$$

$$\text{负序线电压 } U_2=6=(I_2 \times X_2 \times 1.732)/(110/0.1)$$

将上述两式联立方程可得 $X_2=5.812 \Omega$

对于昭东变 2#主变，当系统阻抗至少超过 18.266 7 Ω 时，电压元件才刚达到开放条件。但是，系统阻抗受系统运行方式等因素的影响，是不可控制的因数，实际运行中，系统阻抗往往不能满足要求。因此引入高压侧复压闭锁条件能够在一定程度上缓解问题，但不能从根本上解决问题。

2) 可通过修改整定方案，另设一个纯过电流保护定值，尝试解决问题。

纯过电流保护电流定值按躲短时间内最大可能的负荷整定，同时按主变低压侧故障时有足够灵敏度整定。本方法存在的问题是：对于大容量变压器及其他负荷变化较大的变压器往往不能同时满足两个整定条件。若采用本方法，受系统运行方式影响较大，当系统方式变化时，需校验保护的灵敏度。

3) 可通过在主变复役操作过程中，拉开电压空气小开关或熔断器使二次电压人为消失这一方法，尝试解决问题。

高压侧复合电压闭锁过电流保护的电压一般经保护屏内的电压空气小开关或熔断器控制。拉开电压空气小开关或熔断器可使高压侧复合电压闭锁过电流保护自动变为纯过电流保护。本方式能解决问题。拉开电压空气小开关或熔断器的操作原则，可通过按不同方式操作方式编写不同典型操作票来解决，或通过停役申请的批复来解决。但上述两个办法均有缺陷。采用方法一会导致典型操作票变得较为复杂，同时对操作人员的技术要求较高。采用方法二会使停役申请批复人的批复压力较大，很容易造成漏批复的现象。

4) 可通过修改保护装置的功能，尝试解决问题。

参考上面第三点及第四点解决办法，可通过修改保护装置软件，同时提供主变 10 kV 开关位置开入回路，来达到自动退出电压闭锁元件的目的。当主变低压侧开关断开且需要对主变送电时，保护装置自动投入一套过电流保护。操作完毕主变低压侧开关合上后，自动退出过电流保护。采用本方法可彻底解决问题，同时可减少操作工作量及操作难度。

4 结束语

目前，双圈变压器低压侧运行且主变低压侧开关断开的情况下，存在着对主变进行送电的操作方式。而该操作有可能造成主变复合电压闭锁过电流保护不会动作，导致较为严重的后果，造成较大的损失。本文经过原因查找与方案探讨，认为该问题需要运行部门与保护厂家引起重视，共同探讨，排除隐患。

参考文献

[1] DL/T 584-95, 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
DL/T 584-95,Operational and Setting Code for Relay Protection of 3~110kV Electrical Power Networks[S].

[2] 电力系统继电保护和安全自动装置整定计算[M]. 北京：中国电力出版社，1990.
The Setting and Calculation of the Electric Power System Relay Protection and Safe-Automatrical Apparatuses[M]. Beijing:China Electric Power Press,1990.

收稿日期：2008-06-06； 修回日期：2008-07-14

作者简介：

赵国芳(1974-), 男, 工程师, 长期从事继电保护运行管理及整定计算工作; E-mail:zgf740128@163.com

沈琦(1978-), 女, 助理工程师, 长期从事继电保护运行管理及整定计算工作。