

大型火电厂变压器分支零序保护误动案例分析

张柳¹, 解奎元², 王丽君¹

(1. 沈阳工程学院继电教研室, 辽宁 沈阳 110036; 2. 广东国华粤电台山发电有限公司设备部, 广东 台山 529228)

摘要: 通过一则启备变和高厂变分支零序过流保护同时动作的实际案例, 分析了两者分支零序过流保护同时动作的特殊性及整定时需要考虑的问题, 提出启备变高厂变分支零序过流保护在整定计算时, 不仅需要按照相关规程和标准规定的方法进行整定计算, 而且要结合现场实际情况和一次接线方式进行深入研究, 诸如分支开关击穿后的特殊情况等等。该厂3-5号600 MW机组启备变和高厂变进行整定和校验时取分支零序过流保护灵敏度系数为3, 确保了保护动作的正确性, 达到了优化保护定值, 提高保护动作可靠性的目的。

关键词: 分支零序(过流)保护; 接地方式; 整定计算; 跳闸; 案例分析

Case study on maloperation of transformer branch zero-sequence protection in large thermal power plant

ZHANG Liu¹, XIE Kui-yuan², WANG Li-jun¹

(1. Relay Teaching, Shenyang Institute of Engineering, Shenyang 110036, China; 2. Equipment Division, Guangdong Guohua Yuedian Taishan Power Co., LTD, Taishan 529228, China)

Abstract: Through the practical case of simultaneous motion of branch zero sequence over-current protection of start up/ standby transformer and that of HV station transformer, this paper analyzes the particularity of both branch zero sequence over-current protections and the issues involved in setting calculation. It points out that the setting calculation not only needs to comply with the relative regulations and standardized methods, but also should combine with the status quo and the primary connecting mode to conduct profound research such as the analysis of special situation after branch switch breakdown. In the process of setting and calibration for the start up/ standby transformer and HV station transformer of No. 3-5 600 MW unit, the sensitivity coefficient of branch zero sequence over-current protection is taken as 3, which ensures the correctness of protection, optimizes the protection setting value, and improves the reliability of protection. The practical experience is worth popularizing.

Key words: branch zero sequence over-current protection; grounding mode; setting calculation; tripping; case study

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)23-0223-04

1 启备变和高厂变分支零序过流保护整定计算及配合

启备变和高厂变共同为大型火电厂厂用电母线(6.3 kV)提供电源, 虽然启备变高压侧电压等级较高厂变高压侧电压等级高, 但是两者在低压侧的供电对象均是厂用电母线, 因此两者在低压侧电压等级和低压侧中性点接地方式上采用同样的接线方式。本文以型号 SFFZ-40000/220, 电压比 220 kV/6.3 kV, 容量比 40/25-25 MVA 等为参数的启备变(以下简称启备变)和以型号 SFF-400000/20, 电压比 20 kV/6.3 kV, 容量比 40/25-25 MVA 等为参数的高厂变(以下简称高厂变), 以及两者低压侧中性点经 23 Ω 接地方式为例进行说明。系统接线方

式如图 1。

我国电力系统中的中性点接地方式有三种: ①中性点直接接地方式; ②中性点经消弧线圈接地方式; ③中性点不接地方式。大型火力发电厂的启备变和高厂变低压侧中性点接地方式按照分类也有以上这三种, 但是在实际应用中厂用电(6 kV 系统)接地方式细分有以下几种: 直接接地、不接地、高电阻接地($I_2 \leq 10 \text{ A}$)、中电阻接地($10 < I_2 < 200 \text{ A}$)、低电阻接地($200 < I_2 < 1000 \text{ A}$)、消弧线圈接地等, 出现多种方式的主要原因是随着进口设备和保护装置的增多, 原来我国单独采用苏俄模式逐渐被打破, 引进了欧美部分接地方式所致, 但在根本上还是属于我国常用的三种接地方式。

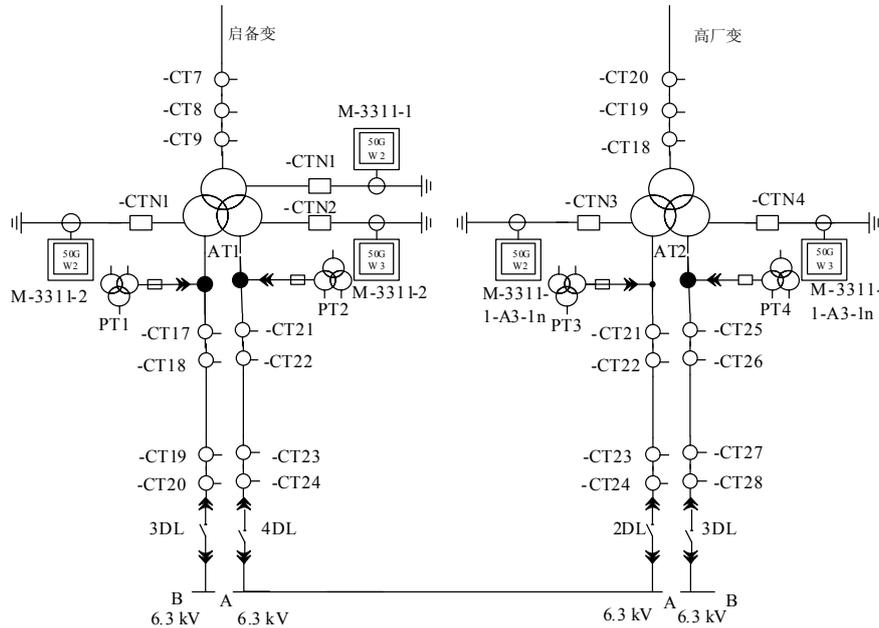


图 1 启备变和高厂变低压侧中性点接地方式选择初探

Fig.1 The preliminary exploration of the selection of Preparation of change and high plant Kai variable low side of neutral point grounding mode

高压厂用电系统在选择接地方式时一般需要考虑：供电连续性、短路电流动稳定和热稳定对设备的影响以及对人身安全的威胁、接地稳定过电压（非故障相）、接地暂态过电压（非故障相），继电保护动作的正确性、故障点寻找和清除、绝缘配合要求、投资等等方面因素，其选择是个复杂的过程需要针对厂用电一次接线和保护配置等进行综合考虑。本文选取以中电阻接地方式（接地电阻 23Ω ）进行说明，这种接地方式也是目前我国大型火力发电厂普遍采用的高压厂用电接地方式，其具有接地稳定过电压（非故障相）较低、接地暂态过电压（非故障相）较低，继电保护动作的正确性较高、故障点寻找和清除容易、绝缘配合要求容易实现等特点，但存在供电连续性一般、短路电流动稳定和热稳定对设备的影响以及对人身安全的威胁相对较高、投资多等不足。

1.1 启备变和高厂变分支零序过流保护整定计算

启备变和高厂变 6 kV 分支母线所接一次负荷相同且接地方式相同，因此分支零序过流在整定计算时采用相同的算法，一般需要动作电流计算和校验等步骤：

(1)按照与低压侧所带负荷零序保护配合进行整定：

$$I_{op,0} = K_{rel} K_{br1} I_{op,0.l} \quad (1)$$

式中： K_{rel} 为可靠系数，取 1.2~1.3； $I_{op,0.l}$ 为 6 kV 负荷零序保护动作电流值； K_{br1} 为分支系数，6 kV 系统的电动机、变压器零序过电流保护范围末端发生接地故障时流过本保护的零序电流与流过故障点的零序电流之比，取各种运行方式的最大值，计算公式如式（2）：

$$K_{br1} = \frac{I_d^{(1)}}{I_d^{(1)} + \sum I_c} \quad (2)$$

式中： $I_d^{(1)}$ 为 6 kV 单相接地短路电流； $\sum I_c$ 为流过故障点总的电容电流，为分支所带所有 6 kV 电缆电容电流之和。具体求法为：电容电流=单位长度电容电流×长度（详细方法见《电力设计手册》一次部分，P81，这里为简化计算，长度取相同截面电缆的平均长度）

(2)按照满足变压器低压侧单相接地短路电流值灵敏度来整定：

$$I_{op,0} = \frac{I_{k.min}}{k_{sen} \cdot n_a} \quad (3)$$

满足灵敏度 $K_{sen} = 2$ 。

(3)取以上两种整定方法中较大值，同时结合保护装置输入精度等特性综合后确定分支零序过流保护的定值。

1.2 启备变和高厂变分支零序过流保护跳闸出口方式比较

分支零序保护出口方式设定, 一般根据厂用电供电要求、发变组保护要求和厂用电自备装置性能等综合设置跳闸出口方式。通用情况下分支零序保护设置为两段式保护时, 高厂变分支零序过流一段和二段出口设置方式均为: 跳分支、闭锁快切、启动录波、启动 DCS 报警、启动光字牌等, 一段动作范围确保尽可能缩小故障范围和保证机组稳定, 同时保护动作信息发布到位。二段动作主要确保尽可能完全切除故障和保证设备安全。

分支零序保护动作后一般需要将厂用电快速切换装置(或自备装置)闭锁, 这一点在很多单位应用时都出现错误, 闭锁目的是即能保证动作出口正确又能确保故障范围尽可能缩小, 否则如何分支零序保护动作后启动厂用电快切装置(或自备装置)动作, 造成启备变所带厂用电再次合闸于故障, 有可能将故障转移至启备变系统, 不仅使启备变再次受到故障电流, 而且有可能诱发系统故障。为此分支零序保护动作后闭锁厂用电快切装置(或自备装置)的设置是正确合理的, 厂用电分支相过流保护动作后也可采用相同的出口。

2 启备变和高厂变分支零序过流保护同时动作的案例分析

本案例是某发电厂在停机解列过程中发生的一起启备变和高厂变分支零序过流保护同时动作的案例, 其参数如上所述, 接线方式如图 1 所示。

2.1 启备变和高厂变分支零序过流保护同时动作的检查过程详解

某厂某年 2 号机组进行解列停机, 逆功率保护正确动作, 解列成功。解列后运行人员监视 DCS(发电厂分散控制系统)光字牌发现 2BBA 段失电, 备用电源进线开关 2BBA01 和工作电源进线开关 2BBA03 均在在分闸位置。继电保护人员随后检查发现 2A 高厂变保护装置和 02 号启备变保护装置的低压侧分支零序过流一段保护均动作出口。电气一次对 2BBA03 工作电源进线开关进行检查, 检查开关小车外观和动静触头未发现异常, 检查开关小车和开关本体室内部未发现放电痕迹。对开关 B、C 相动触头(梅花触头)上下口进行绝缘测量, 5 000 V 摇表情况下上下口绝缘均大于 1.2T Ω , 对开关 A 相动触头(梅花触头)上下口进行绝缘测量, 5 000 V 摇表情况下上下口绝缘在 15 s 和 60 s 时均为 244 k Ω , 对 2BBA03 工作电源进线开关多次进行分合闸后测量绝缘结果一致。由此判断 2BBA03 开

关在运行位置分闸状态时 A 相断口真空泡绝缘下降, 造成 A 相 6 kV 母线通过 2BBA03 开关 A 相和 2A 高厂变中性点接地电阻接地, 2A 高厂变保护装置和 02 号启备变保护装置分支零序均动作, 2BBA 段失电。

2.2 启备变和高厂变分支零序过流保护动作原因分析

从现场保护装置录波图中可以清楚看出, 发变组和高厂变已经解列, 启备变带厂用电负载运行, 但是高厂变和启备变的中性点均有故障电流流过, 高厂变 A 相分支有与接地故障相同的电流流过。

图 2 中 Y 轴方向实线和虚线分别表示分支零序过流保护启动和动作出口。Y 轴方向第三格波形表示高厂变 A 相分支有故障电流流过, Y 轴方向第四格波形表示高厂变 A 相分支有故障电流流过。判断通过 A 相发生接地故障。

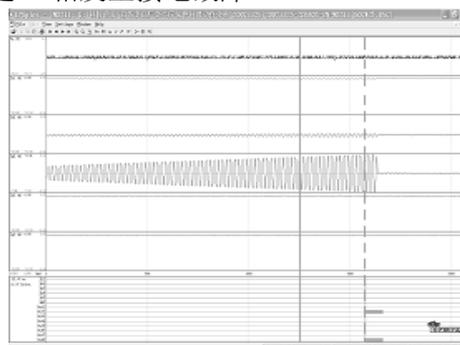


图 2 高厂变动作时的录波图

Fig.2 The waveform action when High plant changes

图 3 中 Y 轴方向实线和虚线分别表示分支零序过流保护启动和动作出口。Y 轴方向第三格波形表示启备变 A 相分支电流(含有故障电流流过), Y 轴防线第四格波形表示启备变 A 相分支有故障电流流过, 而 Y 轴方向第六格波形无电流显示表示 02 启备变另一绕组中性点无电流流程, 未发生接地故障。

从以上波形和分析可以看出: 在发变组与系统解列后, 发电机和高厂变在汽轮机惰走过程中由于转子的剩磁, 在发电机和高厂变上仍然保留有电压(此电压会快速衰减), 而此时发变组的电压与启备变电压(相当于系统电压)失去同步, 由此可能造成厂用电分支开关 A 相真空泡端口承受最大两倍(或最小一倍)的厂用电母线工作电压而击穿, 进而导致通过中性点接地电阻接地。击穿后流过分支零序流过的最大接地电流为:



图3 启备变零序动作时的录波图

Fig 3 The waveform action of Kai prepared when the variable of zero-sequence

$$I_0 = \frac{U_\varphi}{R} = \frac{U_{\varphi 1} + U_{\varphi 2}}{R1 + R2} =$$

$$(2 \times 6300 / 1.732) / (238 + 23) = 157$$

击穿后流过分支零序最小接地电流为:

$$I_0 = \frac{U_\varphi}{R} = \frac{U_{\varphi 2}}{R1 + R2} =$$

$$(6300 / 1.732) / (23 + 23) = 78$$

这个故障电流会沿着启备变和高厂变的低压侧绕组、启备变低压侧和高厂变低压侧中性点接地电阻以及厂用电母线 A 相形成通路,造成启备变和高厂变分支 A 相分支有电流流过且启备变和高厂变中性点接地电阻有电流流过(回路参考图 1)。因此只要分支零序电流超过保护装置设置的零序保护定值且时间满足要求时,启备变和高厂变的分支零序保护都会动作出口。

3 提高启备变和高厂变分支零序过流保护动作可靠性的启示

1) 启备变高厂变分支零序过流保护在整定计算时不仅需要按照相关《规程》和《标准》规定的方法进行整定计算,而且需要结合现场实际情况和一次接线方式进行深入研究(诸如分支开关击穿后的特殊情况),因此继电保护人员不仅要熟悉二次设备和整定计算,更需要了解一次设备和系统运行方式,以提高分支零序保护的正确动作率。

2) 启备变和高厂变分支零序过流保护的灵敏度系数应该按照 ≥ 2 (最好 > 3) 进行整定和校验,而

不应按照某些书上提出的灵敏度大于 1.5 进行校验,否则在分支开关击穿后工作电源和备用电源形成回路后,分支零序过流保护的灵敏度就无法达到要求,出现保护拒动现象。实践证明必须满足大于 2 的灵敏度是可靠和灵敏的。

3) 在发变组与系统解列后或发变组与系统同期并网前,不仅发变组出开关端口会出现包络线形状的电压,而且厂用电 6 kV 分支母线工作电源开关或备用电源开关端口也会出现包络线形状的电压,使得开关端口有可能承受 2 倍 (12.6 kV) 的厂用电母线额定电压的长时间冲击,因此在进行真空开关高压试验时不能忽视了端口耐压试验,而且继电保护人员对高压试验项目也需要有所了解,提高现场技术分析的能力。

4 结束语

启备变和高厂变分支零序保护属于发变组保护和高厂厂用电保护的交叉范围,在整定计算和现场维护中容易忽视,因此必要加强重视。本文经验确保了保护正确动作,在该厂 3-5 号 600 MW 机组中得到了应用和推广(灵敏度系数提高为 3),运行情况良好,经验值得推广。

参考文献

- [1] 水利电力部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册(电气一次部分) [S].北京:中国电力出版社,1989.
- [2] 能源部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册(电气一次部分) [S].北京:中国电力出版社,1991.
- [3] 电力工业部西北电力设计院. 电力工程电气设备手册(电气二次部分) [S].北京:中国电力出版社,1996.
- [4] 崔家佩,孟庆炎,陈永芳,等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M].北京:中国电力出版社,1993.
- [5] 王维俭. 电气主设备继电保护原理及应用[M].北京:中国电力出版社,2002.

收稿日期: 2009-09-07; 修回日期: 2010-03-12

作者简介:

张柳(1981-),女,硕士,助教,研究方向为电力系统及其自动化、继电保护; E-mail: zhang_liu2007@163.com

解奎元(1980-),男,专科,工程师,研究方向为继电保护。