

浅谈 110 kV 主变中性点放电间隙的作用

李爱华¹, 卿 澳²

(1. 襄樊供电公司, 湖北 襄樊 441002; 2. 湖北省电力勘测设计院, 湖北 武汉 430024)

摘要: 针对一起 110 kV 变压器跳闸事故进行短路计算, 查询了 110 kV 变压器中性点氧化锌避雷器与放电间隙的配置原则, 以及湖北电网雷电信息查询系统, 经综合分析发现, 当 110 kV 线路遭受雷击, 雷电波从线路侵入 110 kV 变电站到达变压器中性点, 产生较高雷电过电压时, 避雷器没有达到动作条件, 靠间隙击穿来保护变压器中性点绝缘。同时分析了氧化锌避雷器的动作条件, 以及间隙被击穿的条件, 表明主变压器中性点避雷器与棒间隙的配合使用可以有效保护变压器中性点绝缘。

关键词: 短路计算; 雷电过电压; 放电间隙; 氧化锌避雷器; 变压器中性点绝缘

Effect of 110 kV main transformer neutral point discharge gap

LI Ai-hua¹, QING Ao²

(1. Xiangfan Electric Power Dispatching Center, Xiangfan 441002, China;

2. Hubei Electric Power Survey & Design Institute, Wuhan 430024, China)

Abstract: In allusion to a trip accident of 110 kV transformer, some calculations of short-circuit are made, thunderbolt information system of Hubei power network is researched, and the configuration of transformer neutral point discharge gap and zinc oxide lightning arrester is looked up. After analyzing, this paper finds that the neutral point discharge gap was discharged when there was high lightning overvoltage on the neutral point caused by the lightning strike. But the arrester did not work. In this instance, discharge gap protected the insulation of main transformer neutral point. At the same time, this paper analyzes the acting qualification of neutral point discharge gap and zinc oxide lightning arrester, and it has proved that neutral point discharge gap tied in zinc oxide lightning arrester of transformer neutral point could be efficacious to protect the insulation of main transformer neutral point.

Key words: calculation of short circuit; lightning overvoltage; discharge gap; zinc oxide lightning arrester; insulation of main transformer neutral point

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)07-0139-03

0 引言

在我国, 110 kV 及以上的电网属于大电流接地系统, 要求中性点直接接地。在电网实际运行中, 为限制单相接地故障时的短路电流, 保证系统运行方式在发生变化时, 零序网络保持基本不变, 达到使接地保护范围基本不变的目的, 通常采取将部分变压器中性点接地, 另一部分变压器中性点不接地的运行方式。而国产 110 kV 变压器一般采用分级绝缘结构, 中性点绝缘有 35 kV、44 kV、60 kV 等电压等级。对于中性点不直接接地的分级绝缘变压器, 中性点保护一般采用放电间隙并联氧化锌避雷器。避雷器主要是针对雷电过电压; 放电间隙主要是针对在 110 kV 有效接地系统中因故障形成局部不接地系统所产生的工频过电压, 以及非全相运行和铁磁谐振带来的过电压。

本文通过分析一次跳闸事故发现, 当线路遭受

雷击, 110 kV 有效接地系统发生单相接地故障时, 中性点不直接接地变压器的中性点避雷器没有动作, 靠放电间隙击穿泄流, 来保护变压器中性点绝缘不受损害。本文针对放电间隙在这种情况下作用做出分析。

1 故障情况

故障前电网运行方式为, A 站为 220 kV 变电站, 主变 220 kV 及 110 kV 侧中性点均直接接地; C 站为 110 kV 变电站, 主变压器中性点为 60 kV 绝缘水平, 中性点经间隙接地; A 站是 C 站的直供电源; 线路 B 为 A 站与 C 站之间的 110 kV 联络线, 线路全长 7.73 km。故障时的接线图如图 1 所示。

2008 年 7 月 1 日 15: 31, 雷雨天气, 220 kV A 站 33 开关接地距离 I 段动作, 18 ms 跳闸, 重合成功, 故障录波显示 B 相故障, 保护测距 4.42 km, 在线路的 57% 处, 位于 #16—#17 杆之间 (从 A

站侧)。同时 110 kV C 站的 05 开关接地距离 I 段、零序保护 I 段动作跳闸,重合成功,保护报文显示故障时流经 05 开关的零序电流值为 804 A (一次值)。

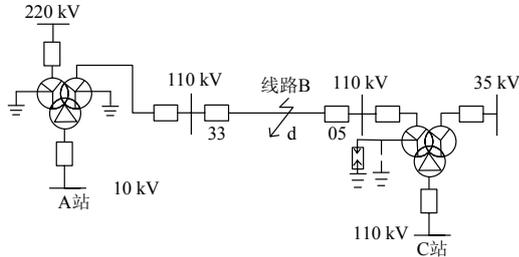


图 1 故障时的接线图

Fig.1 Wiring diagram when the fault happened

2 短路计算

C 站的主变中性点没有直接接地,其背后也无接地点,在线路 B 发生单相接地故障时,应当没有零序电流通过 05 开关。但是从 05 开关的保护报文看,故障时 05 开关确实有一个零序分流。下面计算一下,在线路 B 发生单相接地故障,33 开关分闸前,在 C 站中性点产生的零序电压能否使间隙击穿,为 05 开关提供一个零序回路。故障前的正序阻抗图如图 2 所示。

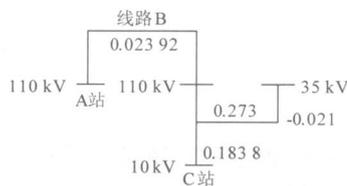


图 2 故障前正序阻抗图

Fig.2 Impedance circuit of positive sequence before the fault happened

短路计算如下:

(1) 故障发生时, A 站 110 kV 母线等值阻抗值为(标么值):

正序阻抗值 $X_1=0.128335$ 零序阻抗值 $X_0=0.041402$

(2) 线路 B 全长为 7.73 km, 等值阻抗值为:

正序阻抗值 $X_1=0.02392$ 零序阻抗值 $X_1=0.07176$

在距离 A 站 4.42 km 故障时, 故障范围内的线路阻抗值为:

正序阻抗值 $X_1=0.02392 \times 4.42/7.73=0.013677$

零序阻抗值 $X_0=0.07176 \times 4.42/7.73=0.041032$

(3) 故障点 d 点的等值阻抗为:

正序阻抗值 $X_1=0.128335+0.013677=0.142012$

零序阻抗值 $X_0=0.041402+0.041032=0.082434$

(4) 故障点 d 点的零序电流为(一次值):

$$3I_0^{(1)} = \frac{3 \times 502}{(2 \times 0.142012 + 0.082434)} = 4109.6 \text{ A}$$

(5) 故障点 d 点的零序电压为(一次值):

$$3U_0 = 4109.6 \times 0.082434 \times 132.25 = 44802.43 \text{ V}$$

由于 C 站主变中性点经间隙接地,在故障点靠 C 站这一侧没有接地点,所以在电网单相接地故障而引起的 C 站中性点电位升高即为故障点的零序电压,该值约为 44.8 kV,即中性点间隙所承受的零序过电压约为 44.8 kV。

3 分析与结论

棒间隙并联避雷器保护的作用分工是:避雷器主要针对雷电过电压;放电间隙主要针对在 110 kV 有效接地系统中因故障形成局部不接地系统所产生的工频过电压,以及非全相运行和铁磁谐振带来的过电压。这种方式既对变压器中性点进行保护,又达到互为保护的目。

在 JB/T5894—91《交流无间隙金属氧化物避雷器使用导则》中指出,中性点有效接地系统中分级绝缘变压器,当其中性点未接地时,中性点避雷器的额定电压应不低于变压器的最高相电压。在《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》中指出:“应避免在 110 kV 及 220 kV 有效接地系统中偶然形成局部不接地系统,并产生较高的工频过电压,对可能形成这种局部系统、低压侧有电源的 110 kV 及 220 kV 变压器不接地的中性点应装设间隙”。为满足以上要求,主变中性点避雷器与棒间隙的选型原则是:避雷器额定电压不低于避雷器安装点的暂时过电压,避雷器的残压低于变压器中性点冲击耐受水平的 85%,棒间隙的工频放电电压要低于避雷器的持续运行电压,以保护避雷器不损坏。水平间隙间距的选择应能保证:1)因接地故障形成局部不接地系统时,间隙可靠动作;2)系统以有效接地方式运行发生单相接地故障时,间隙不应动作。基于以上原则变压器中性点避雷器与棒间隙的配置如表 1 所示。

表 1 变压器中性点避雷器与棒间隙的配置

Tab.1 Configuration of transformer neutral point discharge gap and zinc oxide lightning arrester

中性点			棒间隙		避雷器	
绝缘水平	工频耐压	冲击耐压	间距	工放电电压	额定电压	标称残压
60 kV	140 kV	300 kV	155 mm	70 kV	72 kV	200 kV

由短路计算的结果及上述配置表可以看出,在

仅仅电网单相接地故障而引起的 C 站中性点电位升高值即 44.8 kV 并不能使棒间隙击穿。

根据当时的天气情况及 05 开关的保护报文信息可以推论, 当时线路 B 遭受了雷击, 雷电波自线路侵入 C 站, 在 C 站中性点产生了过电压, 接地故障产生的过电压与雷电过电压的共同作用, 导致间隙被击穿。据此我们查询了湖北电网雷电信息系统,

序号	时间	经度	纬度	电流/kA	回击	站数	距离/m	最近杆塔
1	2008-07-01 15:16:23.561	111.8676	31.7874	-12.4	1	2	29	17~21
2	2008-07-01 15:28:14.441	111.8672	31.7581	-72.3	1	13	250	21~26
3	2008-07-01 15:28:14.483	111.8683	31.7596	-30.4	1	7	105	21~26
4	2008-07-01 15:28:14.520	111.8674	31.7563	-54.8	1	10	288	21~26
5	2008-07-01 15:28:45.511	111.8744	31.7433	-49.2	1	3	5	21~26
6	2008-07-01 15:28:45.949	111.8749	31.7407	-19.5	1	3	35	21~26
7	2008-07-01 15:30:57.243	111.8819	31.7898	-38.5	1	6	178	15~17
8	2008-07-01 15:32:09.620	111.8743	31.7893	-28.6	1	5	37	17~21
9	2008-07-01 15:36:05.537	111.8761	31.7373	-39.4	1	10	23	21~26
10	2008-07-01 15:36:05.673	111.8651	31.7684	-67.0	1	10	146	21~26
11	2008-07-01 15:38:03.411	111.8797	31.7302	-31.1	1	6	105	21~26

图 3 湖北电网雷电信息系统查询结果

Fig.3 Research result in thunderbolt information system of Hubei power network

为什么这次的中性点过电压没有使中性点避雷器动作呢? 原因在于氧化锌避雷器的动作条件取决于过电压的幅值和侵入波陡度。在雷电波延线路到达变电站这一过程中, 由于线路波阻抗的作用, 减小了通过中性点避雷器的雷电流, 降低了中性点过电压幅值, 同时由于导线冲击电晕的影响削弱了侵入波的陡度。经过这一系列的作用后, 避雷器的两个动作条件没有同时满足。而间隙被击穿的条件是过电压幅值达到间隙的击穿电压即可。通过分析及故障后检查结果可以推断, 故障时中性点过电压值超过了棒间隙的工频放电电压即 70 kV, 这对中性点绝缘水平是有损害的。

由此可见, 对于中性点不接地的分级绝缘变压器, 中性点间隙不仅能抑制在 110 kV 有效接地系统中因故障形成局部不接地系统所产生的工频过电压, 以及非全相运行和铁磁谐振带来的过电压, 也能在线路遭受雷击, 雷电波从线路侵入变电站到达变压器中性点, 产生较高的雷电过电压, 而这一过

电压又不足以使避雷器动作, 以降低中性点过电压时, 可以靠间隙击穿来泄流, 保护变压器中性点绝缘不受损害。同时也表明主变压器中性点避雷器与棒间隙的配合使用可以有效保护变压器中性点绝缘。

参考文献

- [1] DL/T 620-1997, 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合[S].
- [2] JB/T5894-91, 交流无间隙金属氧化物避雷器使用导则[S].
- [3] 卢文鹏. 发电厂变电站电气设备[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [4] 张一尘. 高电压技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

收稿日期: 2009-05-14

作者简介:

李爱华 (1979-), 女, 硕士研究生, 工程师, 主要从事继电保护运行管理工作; E-mail: aiwar4674@163.com

卿 澳 (1980-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事电力系统二次工作。

(上接第 135 页 continued from page 135)

- Iron and Steel Enterprises Power Design Manual[M]. 1996.
- [3] 王兆安, 杨石, 刘进军, 等. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- WANG Zhao-an, YANG Shi, LIU Jin-jun, et al. Harmonic Suppression and Reactive Power Compensation[M]. Beijing: China Machine Press, 2006.

作者简介:

史建增 (1946-), 男, 工程师, 长期从事继电保护定值管理工作; E-mail: shi-jian-zeng@163.com

刘建敏 (1973-), 男, 工程师, 长期从事继电保护研制工作;

刘长利 (1963-), 男, 高级工程师, 长期从事继电保护研制工作。

收稿日期: 2009-04-08; 修回日期: 2009-05-27