

110 kV 线路单相接地故障实例及改进措施的分析

赵建保, 许沛丰, 陈延昌, 李 建, 茹予波

(河南省电力公司洛阳供电公司, 河南 洛阳 471000)

摘要: 结合一起典型的故障案例, 分析了系统单相接地时对系统保护的影响, 提出了与零序保护密切相关的变压器中性点接地方式的安排、中性点间隙的配置以及有关变压器零序保护的配置等改进意见, 供大家在工作中探讨。

关键词: 接地故障; 间隙放电; 零序保护

Analysis of 110 kV line single-phase grounding fault and improvement measures

ZHAO Jian-bao, XU Pei-feng, CHEN Yan-chang, LI Jian, RU Yu-bo

(Luoyang Power Supply Company, Luoyang 471000, China)

Abstract: Combined with a typical case of failure, this paper analyses the influence to the protection of the power system when the system single phase to ground, and suggests improvements for the power transformer neutral-point grounding arrangement which is closely related to the zero-sequence protection, the configuration of the neutral-point gap and the configuration of the power transformer zero-sequence protection, in order to discuss with everyone at work.

Key words: grounding fault; gap discharge; zero-sequence protection

中图分类号: TM773 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)22-0163-03

0 引言

单相接地故障是 110 kV 输电网最为常见的故障类型, 单相接地后引起系统零序电压升高, 运行中曾多次出现由于线路单相接地引起相邻变压器中性点间隙击穿导致继电保护失去选择性的案例。

在实际运行过程中, 电网管理与整定计算部门也逐步加强了故障或异常情况下对系统零序电流分布及零序网络的研究。

1 对一典型接地故障的分析

1.1 系统简介

110 kV 金谷园变电站接线图如图 1, 该站有 4 条 110 kV 电源进线, 分别接于 2 个 220 kV 变电站, 110 kV 为单母分段接线方式, 主变 3 台, 10 kV 为单母三分段接线方式。220 kV 变电站 110 kV 侧各有一台主变中性点接地。系统一次接线图见图 1。

金谷园变电站保护配置为: 4 条 110 kV 线路两侧均配三段式距离保护、四段式零序保护、重合闸; 3 台主变配差动保护、高压侧复压过流保护、低压侧复压过流保护、高压侧零序过流保护、高压侧间隙保护。

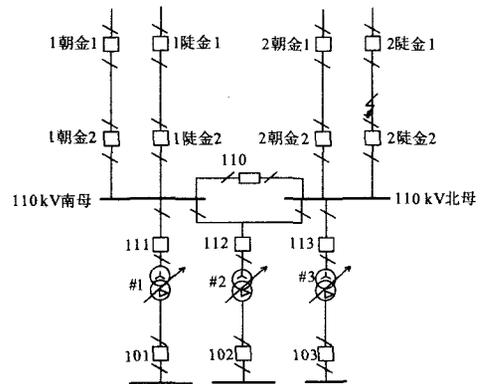


图 1 变电站一次接线图

Fig.1 Substation connection map

系统正常运行方式为: 110 kV 1 陡金线、2 陡金线并列运行于 220 陡沟变电站 110 kV 母线, 110 kV 1 朝金线、2 朝金线在 220 kV 朝阳变电站侧充电运行, 1 朝金 2、2 朝金 2 开关备用; 3 台主变中性点均为经放电间隙接地; 110 kV 分段开关 110 在合位, 2 #变运行于 110 kV 南母。1 朝金线、2 朝金线两侧距离、零序、重合闸投入, 3 台主变差动保护、高压侧复压过流保护、低压侧复压过流保护、高压侧间隙保护投入, 高压侧零序过流保护未投。

1.2 事故情况简介

2 陡金线由于外力破坏造成变电站近端 B 相瞬时接地，故障后部分保护失去选择性，导致一系列保护顺序动作跳闸。现场检查各保护动作情况如下：

- 0 ms 保护启动
- 80 ms 2 陡金 2 开关距离、零序 I 段保护动作，开关跳闸
- 350 ms 1 陡金 2 开关零序 II 段保护动作，开关跳闸
- 355 ms 2 陡金 1 开关距离、零序 II 段保护动作，开关跳闸
- 355 ms 1#主变、2#主变间隙保护动作，两侧开关跳开
- 1590 ms 2 陡金 2 开关重合闸动作，重合成功
- 1900 ms 1 陡金 2 开关重合闸动作，重合成功
- 1900 ms 2 陡金 1 开关重合闸动作，重合成功

1.3 保护动作行为分析

从表面看，2 陡金线 B 相瞬时性接地故障，应该由故障点两侧开关保护动作切除故障，即 2 陡金 1、2 陡金 2 开关跳开即可，其它保护均不应动作，这就造成了 1 陡金 2 开关零序保护误动的假象。但经过进一步分析后，则可以看出本次瞬时性接地故障发生后一系列保护动作存在着内在的联系，其根本原因在于线路接地后造成的系统零序过电压导致主变间隙瞬间击穿。对故障后保护的動作过程分析如下。

1.3.1 故障第一阶段：主变间隙击穿放电

2 陡金线 B 相接地时，1#主变、2#主变间隙由于故障产生的瞬间零序过电压导致间隙击穿放电，此时故障零序电流对 2 陡金 2 保护为正向，对 1 陡金 2 保护为反方向；此时故障零序电流流向如图 2 所示。

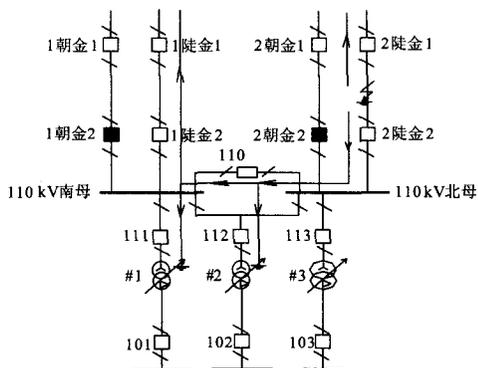


图 2 故障第一阶段零序电流分布图 (图中标注为零序电流流向)

Fig.2 Zero-sequence current distribution map at the first phase of gault (marked in the map is zero-sequence current flow)

1.3.2 故障第二阶段：2 陡金 2 开关跳闸

接地故障发生后约 20 ms² 陡金 2 开关距离、零序 I 段保护动作，80 ms 后 2 陡金 2 开关断开，此时 1 陡金 2 开关零序电流倒向，由反方向转换为正方向，从录波图看故障零序电流 8 A 超过零序 2 段定值 5 A；2 陡金 2 开关断开后故障零序电流如图 3 所示。

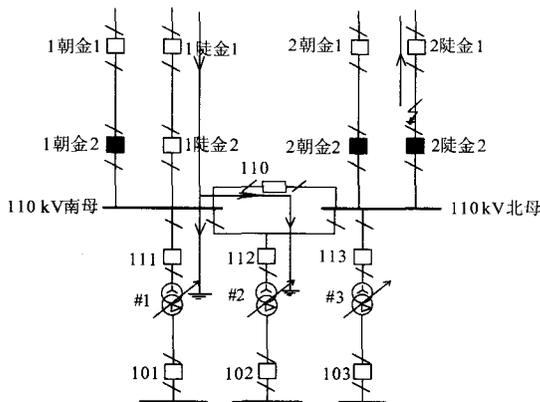


图 3 故障第二阶段零序电流分布图 (图中标注为零序电流流向)

Fig.3 Zero-sequence current distribution map at the second phase of fault (marked in the map is zero-sequence current flow)

1.3.3 故障第三阶段：主变间隙保护动作，2 陡金 1、1 陡金 2 零序 II 段动作

由于 2 陡金 2 开关断开后系统零序电流发生倒向，在故障后约 70 ms 开始 1 陡金 2 零序 II 段零序电流由反向转为正向，约 350 ms 1 陡金 2 开关零序 II 段保护动作 (1 陡金 2 零序 II 段整定时间 0.3 s)，1 陡金 2 开关跳闸。

接地故障发生后约 355 ms，2 陡金 1 开关跳开 (零序 II 段动作，时间定值 0.3 s)，1#主变、2#主变间隙保护动作跳开主变两侧开关 (间隙保护时间定值 0.3 s)，此时故障隔离，此为保护正常动作。

1.3.4 故障消除，系统恢复阶段

在瞬时性故障消除后，1 590 ms 2 陡金 2 开关重合成功，1 900 ms 2 陡金 1 开关、1 陡金 2 开关重合成功，此为重合闸正常动作。

1.4 分析结论

1.4.1 保护动作情况分析

本次由于 2 陡金线 B 相瞬时性接地导致的一连串保护动作，从故障的不同阶段系统零序电流分析，每一阶段的故障量均满足相应保护的動作条件，因此可以认为每一次保护均正确动作。但从继电保护选择性、可靠性的要求来看，2 陡金线瞬时性故障应该由 2 陡金线两侧保护动作切除故障即可，其它的保护均不应动作。

1.4.2 主变间隙放电分析

造成此次保护非选择性动作的罪魁祸首是主变间隙放电,而变压器间隙放电的机理复杂,受到间隙距离、气象条件、间隙棒尖端形状、间隙本身放电电压的离散性等影响。在设计安装阶段所配置的间隙距离,往往以故障零序电压的稳态值作为计算依据,而运行经验表明,故障时经常是故障暂态过电压将主变间隙击穿,一旦间隙击穿后仅需较低的零序电压即可维持间隙的放电状态,这就是在理论计算中零序电压达不到间隙击穿电压但实际间隙已经放电(即运行中主变间隙工频放电电压低于理论值)的原因。

系统接地故障时主变间隙放电直接导致了系统零序网络发生变化,由于系统保护定值的计算均建立在正常的零序网络基础上,则零序网络的变化造成了保护定值的不确定性。由此引出了新的问题:如何避免主变间隙放电导致的继电保护非选择性动作?主变间隙保护的整定与配置能否与线路保护相配合?

2 改进建议

2.1 系统中变压器中性点接地方式的安排

大电流接地系统中,接地故障时零序电流的分布及零序电压水平主要取决于系统的零序网络状况,而电网内中性点直接接地变压器的分布直接决定了系统的零序网络。电网故障绝大多数均为接地故障,合理的布局系统零序网络,则可以充分发挥接地保护(零序保护)的作用,提高电网的稳定运行水平。

在安排变压器中性点接地方式时在保证系统接地中性点相对稳定的前提下,应核算电网内所有母线综合阻抗 $Z_0/Z_1 < 3$,以限制接地故障时系统零序电压水平,同时考虑到设备选型往往采用三相短路电流进行校验,还应使 $Z_0/Z_1 > 1$,以保证单相接地故障电流理论值不大于三相短路电流理论值,同时保留一定的裕度。

对于单回馈线运行带末端变压器的供电网络,末端变压器中性点可经间隙接地;对于本文提到的并列双回线路运行带末端变电站的供电网络,则建议末端变电站正常情况下一台变中性点接地,以限制在线路末端故障时的零序电压水平。

2.2 变压器放电间隙的改进

鉴于运行中经常出现间隙放电电压低于理论值的情况,可适当增加间隙放电距离,或在计算间隙放电距离时考虑故障时暂态过电压的影响,以提高间隙击穿的整定电压。对主变间隙距离、间隙放电电压的选择涉及到过电压、绝缘、一次设备的绝缘

配合的问题,本文不再赘述。

2.2.1 变压器间隙保护的改进

接地故障时由于主变间隙放电导致网络中零序网络及零序电流分布的改变已严重影响到系统中接地保护(零序保护)的可靠性,在实际运行中也经常遇到接地故障时变压器间隙击穿的情况。

在变压器间隙击穿时能否考虑间隙保护与相邻的线路保护配合,以提高保护的选择性是继电保护配置与整定计算面临的一个新问题。从变压器间隙保护的作用考虑,可以将间隙保护中零序电压保护与间隙电流保护分开配置、分开整定,将零序电压保护作为防止变压器中性点绝缘破坏的主保护,依据变压器中性点耐压水平整定,以较短时间快速隔离系统接地故障;间隙电流保护考虑与相邻线路保护的零序电流保护相配合,以提高保护的选择性。

2.2.2 零序过电压保护

对于中性点经间隙接地的变压器,还应配置零序过电压保护作为变压器绕组、引出线或相邻元件接地故障的后备保护,该定值的整定可综合考虑变压器中性点耐压水平及系统接地故障时的零序电压水平,一般可整定为 180 V。

3 结束语

电网故障中接地故障往往占有较大的比例,接地保护在系统保护中占有重要地位。本文从电网运行中实际的故障案例进行分析,提出了与零序网络密切相关的变压器中性点接地方式的安排、变压器放电间隙的配置以及有关变压器零序保护的配置等建议,供大家在工作中探讨。

参考文献

- [1] GB/T14285-2006,继电保护和安全自动装置技术规程[S]. GB/T 14285-2006,Technical Order of Relay Protection and Automatic Safety Device[S].
- [2] 马辉,郭小龙,鲁德峰. 110kV 单相接地致变压器中性点击穿原因及对策[J]. 高电压技术,2001,(s1): 61-62.
MA Hui, GUO Xiao-long, LU De-feng. Countermeasures and Reasons for the Power Transformer Neutral-point Breakdown Caused by 110kV Single-phase Grounding[J]. High Voltage Technology, 2001, (s1): 61-62.

收稿日期: 2008-12-01; 修回日期: 2009-02-18

作者简介:

赵建保(1967-),男,高级工程师,从事电网建设管理及技术管理工作;

许沛丰(1972-),男,高级工程师,从事电网规划及输变电设备生产、技术管理工作;

陈延昌(1979-),男,工程师,从事变电站自动化、继电保护专业技术管理工作。E-mail: lycyc@yeah.net