

750 kV 罐式断路器内部单相接地故障的保护动作行为分析

陆彦虎, 刘青杨, 邱枫, 许涛

(宁夏电力超高压电网运行分公司, 宁夏 银川 750011)

摘要: 对一次典型的罐式断路器内部 A 相接地短路故障进行了分析, 主要通过介绍系统接线方式、单相接地短路时的短路电流计算、故障录波图的分析、保护装置动作报文分析等几个方面, 希望能够加强超高压继电保护工作者对 750kV 罐式断路器 CT 配置、保护功能配置、简单的故障分析等知识的掌握, 对广大继电保护工作者日常分析事故能有所帮助。

关键词: 罐式断路器; 单相接地; 短路电流; 保护动作分析

Analysis of an A-phase earth fault of a 750kV pot-type breaker internal

LU Yan-hu, LIU Qing-yang, QIU Feng, XU Tao

(Ningxia Electric Power Corporation EHV Grid Operation Branch, Yinchuan 750011, China)

Abstract: This paper analyzes an A-phase earth fault of a typical pot-type breaker internal. It mainly introduces the system's wiring way, short-circuit current calculation of single-phase earth fault, the analysis of the fault recorder diagram and the protective equipment tripping report, and so on. Hoping through the introduction above, it can strengthen the grasp of the knowledge of the 750kV pot-type breaker CT and the protection functional distribution and the analysis of simple fault for the extra high voltage protective relaying workers, to help to analyze the daily accident for the protective relaying workers.

Key words: pot-type breaker; single-phase earth fault; short circuit current; protective tripping analysis

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)24-0164-03

0 引言

由于目前许多继电保护人员在系统发生故障时不能对故障进行全面分析, 又由于 750 kV 系统是一个新的领域, 罐式断路器的应用比较少, 因此作者将本人多年的继电保护理论知识、经验结合一次实际故障分析, 希望通过对这次故障的分析, 对继电保护人员、变电运行人员以及电网调度人员分析事故有所帮助。

1 故障简况

1.1 故障时系统运行方式

某变电站 750 kV 只有一台断路器 7522, 750 kV 接线方式是线路—变压器组, 变压器空载运行, 具体接线如图 1 所示。

1.2 保护配置

由于图 1 是线路—变压器组接线, 因此保护配置比较复杂, 作用于 7522 断路器的保护包括线路保护和变压器保护。线路保护采用双套光纤差动数字式微机保护, 配有纵联保护(光纤分相差动保护), 还配有三段式距离保护和四段式零序保护, 两套保护装置分别是四方电气公司的 CSC103A 和南瑞继保

股份有限公司的 RCS931BM 型微机线路保护装置; 主变保护采用双套二次谐波制动原理的微机数字式差动保护, 差动保护包含比率差动和分侧差动, 还配有高、中、低三侧后备和公共绕组后备保护, 两套保护分别是南瑞继保股份有限公司的 RCS-978HB 型保护装置和许继公司的 WBH-801A/P 型保护装置。

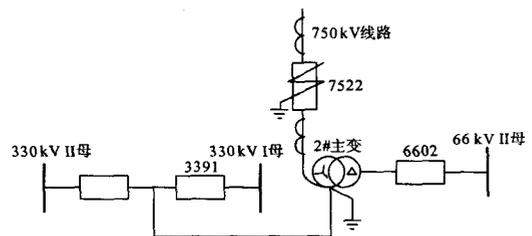


图 1 故障时系统运行方式
Fig.1 System operating mode in fault

1.3 故障情况介绍

2008 年 7 月 25 日, 根据网公司要求, 某 750 kV 变电站施工、验收完毕, 由网调组织, 中国电力科学研究院、宁夏电力教育工程院、宁夏电力超高压电网运行分公司等单位进行 750 kV 某变电站正式运行前的系统调试工作。18 时在进行完当天最后一项试验(用 750 kV 线路冲击 2#主变)中, 7522 断路

器内部发生单相接地短路故障。

根据 2#主变及 750 kV 线保护动作行为和故障录波器所录波形可知, 在 2#主变差动保护区与 750 kV 线路差动保护区的重叠处发生了 A 相金属性接地短路故障, 线路保护动作发出 A 相跳闸命令, 主变保护动作发出三侧跳闸命令, 因此保护跳开了 7522、3391、3390、6602 断路器。

2 保护装置动作情况

2.1 主变保护动作情况

2#主变保护 A 屏、B 屏两套保护装置保护动作信息一致:

2008 年 07 月 25 日 18 时 46 分 45 秒 850 毫秒保护起动:

- 相对时间 00010 ms 分侧差动保护动作;
- 相对时间 00010 ms 零序比率差动保护动作;
- 相对时间 00027 ms 工频变化量差动、比率差动保护动作。

2.2 线路保护动作情况

750 kV 线路保护 I 屏、II 屏两套保护装置保护动作信息一致:

2008 年 07 月 25 日 18 时 46 分 44 秒 426 毫秒保护起动:

- 相对时间 01432 ms 工频变化量阻抗保护动作;
- 相对时间 01435 ms 电流差动保护动作;
- 相对时间 01455 ms 距离 I 段保护动作。

2.3 装置信号及指示灯

- 2#主变保护装置: 保护动作灯亮;
- 750 kV 线路保护装置: A 相跳闸灯亮;
- 7522 断控装置: A、B、C 相跳闸灯亮, 7522 断路器在分位;

2008 年 07 月 25 日 18 时 46 分 45 秒 892 毫秒 7522 断路器三相被跳开, 从保护起动到跳开断路器总共时长 42 ms。

3 750 kV 系统单相接地短路电流分析计算

3.1 系统简图 (图 2)

此系统是单侧电源系统, 并且负荷侧变压器中性点接地, 空载运行。

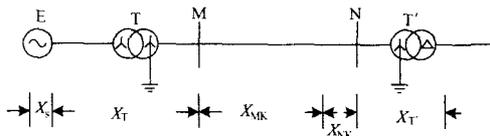


图 2 系统简图

Fig.2 System simple diagram

3.2 系统复合序网图

当此系统 K 点发生 A 相单相接地短路故障时, 复合序网图如图 3 所示。

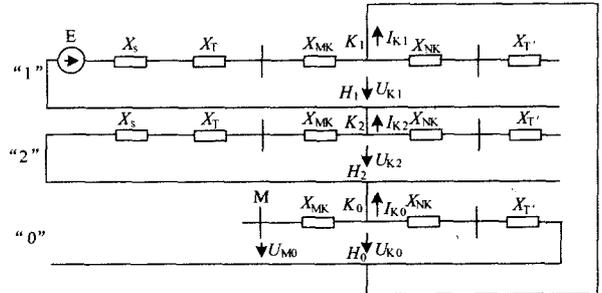


图 3 复合序网图

Fig.3 Mixture sequence grid diagram

简化后见图 4。

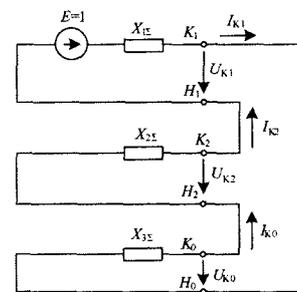


图 4 简化后复合序网图

Fig.4 Compound sequence grid diagram after predigest

3.3 短路电流计算

从图 4 可知, 流过故障点 K 点的正序、负序、零序电流大小相等方向相同,

$$I_{K1} = I_{K2} = I_{K0} = \frac{E}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}$$

由于流过 MK 线路的零序电流为零, 所以在 X_{MK0} 上的零序电压降为零。所以 M 母线处的零序电压 U_{M0} 与短路点的零序电压相等, 其值为 $U_{M0} = U_{K0} = -I_{K0} \cdot X_{0\Sigma}$ 。

流过 M 侧线路电流只有正序, 负序电流, 所以

$$I_{MA} = I_{K1} + I_{K2} = 2I_{K1}$$

$$I_{MB} = I_{K1} \cdot e^{j240^\circ} + I_{K2} \cdot e^{j120^\circ} = I_{K1}$$

$$I_{MC} = I_{K1}$$

流过 N 侧线路中的电流只有零序电流, 没有正负序电流, 所以 $I_{NA} = I_{NB} = I_{NC} = I_{K0}$ 。

从上述计算中可知, 当 K 点发生 A 相单相接地短路故障时, 流经 M 侧的电流特点是: $I_A = 2I_0, I_B = I_0,$

$I_C=I_0$; 流经 N 侧的电流特点是: $I_A=I_B=I_C=I_0$ 。

4 分析 750 kV 线路保护和 2#主变保护动作行为

4.1 罐式断路器内部 CT 配置

罐式断路器的 CT 有两部分, 分别在断路器灭弧室的两侧, 靠近线路侧的 CT 用于主变保护, 靠近主变侧的 CT 用于线路保护, 如图 5 所示。因此 K 点发生单相接地短路时, 故障点处在主变保护和线路保护的重叠区内。

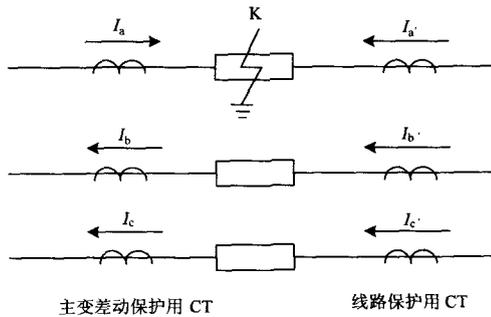


图 5 罐式断路器内部 CT 配置及 K 点发生 A 相单相接地短路时的电流流向

Fig.5 CT distribution of the pot-type breaker internal and current direction of A-phase earth fault on K spot

4.2 保护动作行为分析

根据录波图 6 可知, 同一时刻, A 相电流为 0.87 A, B 相电流为 0.43 A, C 相电流为 0.45 A, 基本满足 $I_A=2I_B=2I_C=0.87$ A, 与 3.3 的计算结果相吻合。由于变压器空载, 所以主变差动保护的差电流为变压器高压侧电流, 主变差动保护定值 $I_{cdzd}=0.3$ A, 很明显 I_A, I_B, I_C 均大于 I_{cdzd} , 所以主变差动保护动作跳开 7522 断路器三相。

根据录波图 7 可知, 同一时刻, A 相电流为 0.42 A, B 相电流为 0.41 A, C 相电流为 0.41 A, 基本满足 $I_A=I_B=2I_C$, 与 3.3 的计算结果相吻合。对于线路保护来说, 线路对侧 A 相电流与本侧 A 相用于差动保护的 CT 感应的电流方向完全一致, A 相差流为 $I_a+I_a'=0.87$ A+0.42 A=1.29 A; 线路对侧 B、C 相电流与本侧 B、C 相用于差动保护的 CT 感应的电流方向相反, B、C 相差流为 0 A, 因此线路保护 A 相差动保护动作跳开 7522 断路器 A 相。又由于是线路保护近区短路, 因此工频变化量距离保护和距离 I 段保护也动作。

因此, 根据上述分析, 在 750 kV 罐式断路器内部发生 A 相接地短路故障时, 2#主变差动保护和 750 kV 线路差动保护均应动作。

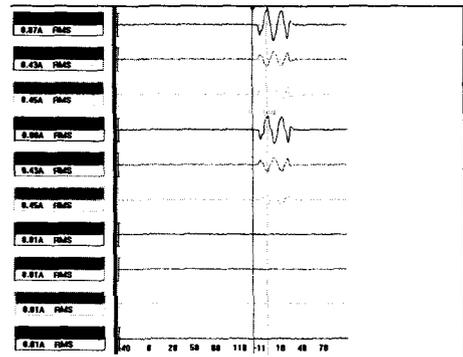


图 6 主变保护录波图

Fig.6 Wave recorder diagram of transformer protection

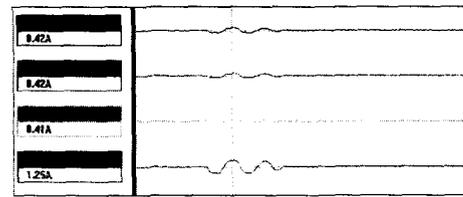


图 7 线路保护录波图

Fig.7 Wave recorder diagram of transmission line protection

5 结论

本文简要叙述了线路—变压器组在发生断路器本体单相接地短路故障时的故障分析, 通过使用序网图分析作用于主变保护和线路保护的各相电流的关系, 再结合主变保护和线路保护所录的故障波形, 对保护动作行为进行了细致的量化分析。作者希望通过本文加强超高压继电保护工作者对 750 kV 罐式断路器 CT 配置、保护功能配置、简单的故障分析等知识的掌握, 希望对广大继电保护工作者、变电运行人员、调度员日常分析事故有所帮助。

参考文献

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [2] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.
- [3] 李光琦. 电力系统暂态分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

收稿日期: 2009-07-16; 修回日期: 2009-09-03

作者简介:

陆彦虎(1975-), 男, 工程师, 从事电力系统继电保护管理、维护工作; E-mail:lqh3303@vip.sina.com

刘青杨(1970-), 男, 高级工程师, 从事电力系统继电保护管理、维护工作;

邱枫(1976-), 女, 工程师, 从事电力生产管理工作。