

110 kV 输电线路单相断线故障分析

彭建宁, 魏 莉

(固原供电局, 宁夏 固原 756000)

摘要: 介绍了一起 110 kV 输电线路 B 相断线故障及引起的其他故障, 通过与 AC 两相接地故障的对比, 分析了单相断线和 AC 两相接地故障现象的异同, 为专业工作人员介绍了一种便捷的工作思路。

关键词: 输电线路; 断线; 接地故障; 分析

Analysis on single-phase disconnection fault of a 110kV transmission line

PENG Jian-ning, WEI Li

(Guyuan Electric Power Supply Bureau, Guyuan 756000, China)

Abstract: This paper introduces a phase B disconnection fault in a 110 kV transmission line and other caused fault. After the comparison with AC phase ground fault, it analyses the difference of single line disconnection and AC phase disconnection. It supplies a convenient way for engineers.

Key words: transmission line; disconnection; ground fault; analysis

中图分类号: TM77

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)18-0075-03

0 引言

在大电流接地系统中, 输电线路单相或两相断线, 分相断路器跳开一相, 线路单相重合闸过程中一侧拒合或者两侧拒合, 及短期非全相运行等, 均属断相状态。它与短路形成的横向故障不同, 属于纵向故障。断线故障虽然没有短路故障严重, 但也对旋转电机及系统运行和继电保护有一定影响。在弱联系的超高压远距离重负荷输电线路, 根据系统稳定运行的需要, 若单相重合闸不成功, 线路需转入长期非全相运行(1~2 h)外, 综合考虑到长期出现负序电流对发电机的影响, 长期出现零序电流对通信的干扰, 长期出现负序、零序电流对电力系统继电保护的影响, 线路非全相运行状态应该被终止。

从故障边界条件来看, 单相断线与两相接地故障边界条件相同。

下面以 B 相断线故障为引子, 介绍 B 相断线故障及引起的避雷器永久击穿故障, 并与 AC 两相接地故障相进行对比, 分析这两种故障的异同及继电保护的动作为。

1 B 相断线及断线引发事件过程综述

系统一次接线简图如图 1 所示。110 kV 输电线

路 MN, 线路上 T 接电铁牵引站。M 站为主电源侧, M 侧到 T 接点为 LGJ-185 架空导线, 长度: I 回 23.717 km, II 回 23.631 km。T 接点到牵引变为 LGJ-95 架空导线, 长度: I 回 1.123 km, II 回 1.060 km。为双回路平行架设, 有部分杆段同杆并架, 线路于 1995 年 4 月投入运行。线路保护为南京自动化设备厂 PSL621C 型线路保护。零序电流保护二次定值为: I 段 23A/0 s, II 段 6.5A/0.5 s, III 段(IV 段) 3.3A/0.8 s, 电流互感器变比为 300/5。电铁牵引变电站 T 站变压器绕组接线型式为 Y/V 型, 两台变压器一台运行, 另一台备用, 低压侧母联断路器合。

正常运行方式为 M 站 1113MN II 线单回带 T 站 2# 变压器单台运行, 1114MN I 线在 T 站 G1 隔离刀闸处备投。某年 6 月 7 日 11 时 39 分 32 秒 321 ms, 1113MN II 线 PSL621C 零序电流保护 III 段 3.3A/0.8 s 动作跳闸, IV 段 3.3A/0.8 s 动作永跳。III、IV 段零序电流保护不带方向, 保护测量电流值为 6.491 A, 即将达到而未达到 II 段定值。

T 站检测到失压, 备自投动作, 合上 G1 刀闸, M 站 1114MN I 线 PSL621C 零序电流保护 II 段 6.5 A/0.5 s 出口, 测量电流值为 15.119 A; 接地距离 II 段 2.5 Ω/0.5 s 出口, 测量阻抗值为 0.359+j0.549 Ω; 接地 II 段定值 2.5 Ω/0.5 s; 故障类型为 B 相接地; 测距 25.13 km (线路由两种不同规格

的导线 T 接而成, 而 M 侧继电保护和故障录波只能输入一种测距参数, 这种情况下测距不准确)。重合闸动作, 1114MN I 线断路器重合到永久性故障设备上, 距离后加速动作再次跳闸。

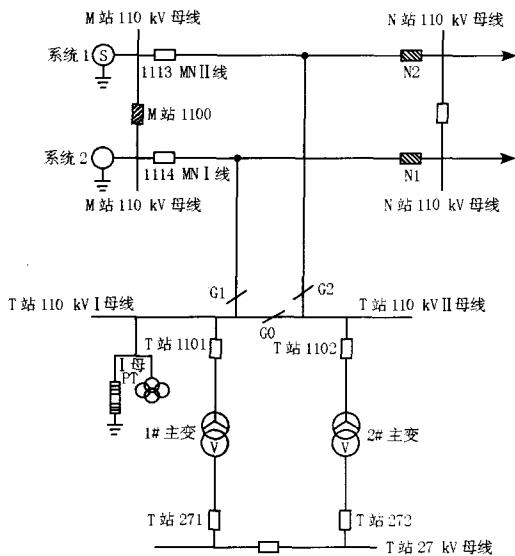


图 1 一次系统接线简图

Fig.1 Connection scheme of primary system

M 站 II 线保护在 11 时 39 分 32 s 动作后, 仅仅过了 20 s 时间, I 线保护又在 52 s 时刻动作, 短短的 20 s 时间内两条线路都先后跳闸, 怀疑双回线在同杆并架杆塔处发生了严重跨线故障, 经线路工区检查发现线路在距离铁路变电站 T 站第三级杆塔处发生 B 相断线故障。对 T 站母线设备进行了检查, 同时调取 M 站保护动作报告及录波图进行分析, 故障原因判断如下。

1) 1113MN II 线断线故障分析

110 kV 输电线路断线点处于 T 接线路至 T 接变电站之间, 线路采用 LGJ-95 架空导线, 线径小, 导

线细。线路地处大西北高原高寒地带, 运行环境差, 风力大, 运行 12 年来, 导线严重老化, 也暴露出线路大修质量不高, 大修时没有及时安排资金更换导线, 连接处螺丝松动、没有紧固牢靠, 大风时导线舞动幅度大, 经常摆动加速导线从紧固螺丝上脱落, 导线、钢芯都松散、断裂, 连接在螺丝上的仅剩 4 根铝丝, 在运行中烧断。电气化铁路不对称负荷产生的高次谐波电压对导线的冲击电动力, 使电网、线路的运行环境恶化, 随着运行时间的延长, 线路故障几率也将增加。

2) 1114MN I 线 B 相接地故障分析

M 变电站 1113MN II 线跳开后, T 牵引变全所失压。这时备自投动作, 断开 1113 进线 G2 刀闸后, 自动投入 1114MN I 线进线 G1 刀闸, 在合隔离刀闸的操作过程中, 产生了幅值较高的操作过电压, 站内 110kV 母线避雷器 B 相放电击穿后绝缘没有立即恢复, 形成 B 相永久性直接接地。导致 1114MN I 线投入到 B 相接地故障上, 1114MN I 线 M 侧 PSL621C 保护接地距离 II 段动作, 断路器跳闸—重合—后加速跳闸, 强送不成功。后检查发现 T 站 110 kV 母线 B 相避雷器阀片受潮、生锈, T 站拆除更换 B 相避雷器后, M 侧送电成功, 恢复对 T 站正常供电。

这起事故暴露出大用户电力设备长期不进行专业检修和绝缘耐压试验, 在特定事故方式下, 抗操作过电压等冲击能力变差, 导致绝缘永久破坏, 严重影响主网系统的安全运行, 同时影响自身的可靠供电, 值得注意。

3) 在这起输电线路 B 相断线故障中, 线路电源侧零序电流保护 III、IV 段正确动作跳闸、永跳切除故障线路; 在随后发生的 B 相接地故障中, 线路电源侧零序电流保护 II 段、接地距离 II 段、后加速保护均正确动作切除故障线路; 保护及故障录波器皆正确录波。

表 1 B 相断线与 AC 相接地故障时主系统侧录波数据、保护动作情况对比

Tab.1 Contrast of recording data and protective acting circumstance when the accidents happened such as fault-line of phase B and earth fault of phase AC

数据 类型	系统电源侧母线电压/V (二次值)				系统电源侧线路电流/A (一次值)				动作的 保护
	U_A	U_B	U_C	$3U_0$	I_A	I_B	I_C	$3I_0$	
B 相断线	52.79	61.55	54.08	29.48	308	0	214.4	416.8	零序 III、IV 段
A、C 相接地	31.2	54.9	31.16	26.57	1915	241.6	2203.2	1744	距离 I 段

2 110 kV 输电线路 B 相断线与 AC 两相接地故障的对比分析

实际运行中, 输电线路断线故障比较少见, 因此有必要对这两种不同类型的故障加以对比分析。

B相断线与AC两相接地故障时主系统侧录波数据、保护动作情况对比见表1;“T”接线路末端B相断线时M侧(电源侧)保护录波图见图2;某线路A、C相接地故障电源侧保护录波图见图3。

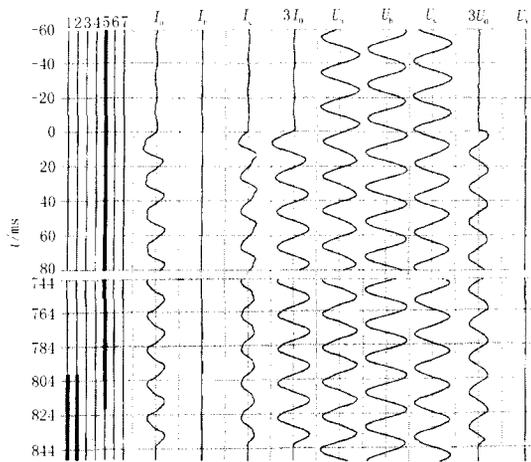


图2 “T”接线路末端B相断线时M侧(电源侧)保护录波图

Fig.2 Protective record of M(power side) at the end of “T” connection when fault-line of phase B

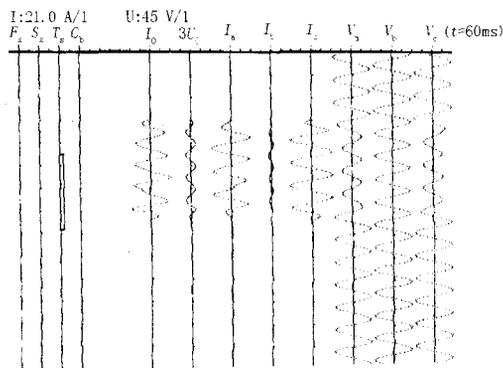


图3 某线路A、C相接地故障电源侧保护录波图

Fig.3 Protective record of power side when earth fault of phase AC of certain transmission line

从故障采样数据和录波图比照分析看出,这两种故障尽管边界条件相同,但是不同之处也非常明显,分别叙述如下:

1) 电源侧母线电压变化不同: B相断线时A、C相电压略有下降, B相电压略有升高, $3U_0$ 升高较大;而在A、C相接地时A、C相电压明显下降, B相电压略有下降, $3U_0$ 升高较断线时略低。

2) 线路电源侧保护测量电流不同: B相断线时A、C相及 $3I_0$ 电流数值都比较小, B相没有电流(B相电流为0);而A、C相接地故障时A、C相及 $3I_0$ 短路电流数值都较大, B相有负荷电流及感应电

流流过。

3) 动作的保护不同: B相断线时,仅带 $3U_0$ 突变闭锁(门槛2V)、不带方向闭锁的零序电流III、IV段经整定0.8s长延时动作跳闸,IV段永跳,不重合;A、C相接地时距离I段以30ms固有延时快速动作出口跳闸,因扬水泵站线路有大功率电动机,重合闸退出,故不重合。

4) 对系统危害程度不同:单相断线与高阻接地一样,由于短路电流较小,送电侧非故障相母线电压降低幅度很小,对系统正常运行影响不大,对系统危害不很大,这时仅有零序电流保护能够以较长延时动作切除故障,这也是零序电流保护难能可贵之处。而两相接地故障母线电压下降很大,故障相及零序电流数值也很大,对系统正常运行影响很大,对系统危害也很大,需要继电保护快速动作切除故障。

5) 测距方面:单相断线同高阻接地时一样,保护及录波器测距都不准确。两相纯金属性接地理论上较准确的测距结果。

6) 其他方面:从录波图看出, B相断线与A、C相接地两种类型的故障, I_A 、 I_C 、 $3I_0$ 、 $3U_0$ 之间的相位关系没有明显差异。零序功率方向元件都可能正确动作。

3 结论

1) 电力系统中,输电线路故障几率较多,但一种简单故障引发的继电保护事故、一次设备事故(即断路器、隔离刀闸、避雷器)则较为常见。在这次故障中,虽然继电保护动作正确,但因避雷器受潮永久性击穿(避雷器本身也是系统中容易发生故障的设备),仍然造成对重要用户停电时间延长。所以归根结底,是应该加强输电线路的改造力度,切实提高输电线路运行维护检修质量,杜绝这类故障的再次发生。同时应加强高次谐波对电网影响的监测和研究,取得数据,制定措施,以达到降低或消除其影响的目的。

2) 应该指出,在故障分析时,对于简单故障,无论实际故障发生在哪一相,都可以假设A相是特殊相,因不论哪一相发生故障其电压、电流的相对关系将与A相故障相同,只是在相位上有差别而已。但如果以A相为特殊相进行计算,就可以避免引入算子 α 和理想变压器,从而使分析计算得以简化。所谓理想变压器就是变比分别为: $1: \alpha$ 、 $1: \alpha^2$ 、 $1: 1$,不改变电压电流的大小,只改变电压、电流相位的无损耗变压器。这里不再赘述。

(下转第81页 continued on page 81)

一样为正极性接法。

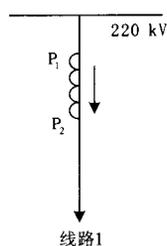


图4 线路CT绕组接线原理简图

Fig.4 Diagram of winding wiring principle of CT in line protection

3.2 测量、计量CT绕组极性接法

线路测量、计量CT绕组极性接法也是以反映功率为事实, 原则是录波CT绕组极性与变压器测量、计量CT绕组极性接法一致为正极性接法。

3.3 母差CT绕组极性接法

母差保护保护的对象是母线, 因此所有母差CT绕组极性接法统一就行了, 即全部正极性接法或者全部反极性接法。

4 结论

① 变压器差动保护、后备保护用的电流互感器极性接法是: CT极性端 P_1 在母线侧, P_2 在变压器侧时, CT绕组极性采用正极性接法; 当CT极性端 P_1 在变压器侧, P_2 在母线侧时, CT绕组极性采用反极性接法。

② 变压器测量、计量用的电流互感器极性接法与变压器差动保护用的电流互感器极性接法一样。

③ 线路电流互感器用于线路保护、测量、计量、录波时的极性接法是: CT极性端 P_1 在母线侧, P_2 在线路侧时, CT绕组极性采用正极性接法; 当CT极性端 P_1 在线路侧, P_2 在母线侧时, CT绕组极性采用反极性接法。

④ 线路电流互感器用于母差保护时, 要求所有母差CT绕组极性接法统一, 即全部正极性接法或者全部反极性接法。

参考文献

- [1] 周文俊. 电气设备实用手册(上/下册)[M]. 北京: 中国出版社.
ZHOU Wen-jun. Applied Manual Electrical Equipment (in Two Volumes) [M]. Beijing: China Electric Power Press.
- [2] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 水利电力出版社, 2000.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Principles of Protective Relaying in Power System[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 2000.
- [3] 宋光文. 贺州道石 220 kV 变电站电容器故障的分析[J]. 广西电力技术, 2002, (1): 40-41.
SONG Guang-wen. Analysis About the Fault in Capacitor in Dao-shi 220 kV Substation Hezhou[J]. Guangxi Electric Power, 2002, (1): 40-41.

收稿日期: 2007-03-31;

作者简介:

雷红梅(1970-), 女, 研究生, 讲师, 工程师, 从事电路教学及电力工程研究。E-mail: hdsqw@126.com

(上接第 77 页 continued from page 77)

3) 通过对 110 kV 及以上输电线路单相断线、线路单相重合闸过程所造成非全相运行相关资料的大量查阅, 进一步确定: 线路是不允许两相运行的。长期两相运行产生的负序电流还会引起发电机转子表层发热(在我国, 发电机都是满载运行), 对发电机造成严重危害, 而发电机又是系统中最昂贵的设备, 应予以充分保护。单重过程的短时非全相、断路器短时三相不同期合闸是允许的, 此外如果单重不成或长期三相不同步则由后加速或三相不一致保护跳三相, 从而使系统恢复正常三相运行。

4) 一相断线与高阻接地一样, 由于所产生的短路电流较小, 送电侧母线电压降低不多, 对系统危害不是很大, 且电压电流相位关系与发生接地故障时有所不同, 零序方向元件可能动作, 也可能不动作, 这时仅有不受方向闭锁的零序电流保护能够以

较长整定延时可靠动作切除(因零序电流也较小), 这一点是零序电流保护难能可贵之处。

参考文献

- [1] 东北电力管理局调度局. 电力系统运行操作和计算[M]. 北京: 水利电力出版社, 1977.
- [2] 华北电力学院. 电力系统故障分析[M]. 北京: 电力工业出版社, 1986.
- [3] 李瑞荣. 短路电流实用计算[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.

收稿日期: 2006-12-27; 修回日期: 2007-05-09

作者简介:

彭建宁(1967-), 男, 硕士, 高级工程师, 长期从事电力系统分析管理等工作; E-mail: pengjn@126.com

魏莉(1971-), 女, 本科, 工程师, 长期从事电力系统继电保护整定计算、故障录波分析等工作。