

# T 接线路差动保护的应用

安建锋

(绍兴电力设备成套公司, 浙江 绍兴 312000)

**摘要:** 首先介绍了绍兴地区 T 接线路的应用情况以及 T 接线路应用传统保护所遇到的技术困难, 提出并建议基于光纤通道的电流差动保护是最适合 T 接线路的保护。着重分析了绍兴局开发的一种专用于 T 接线路的光纤电流差动保护装置的实际应用情况, 并通过 T 接线路发生的一个实际的内部故障, 对比了常规保护配置和多端差动保护的動作性能, 结果表明多端电流差动保护非常适用 T 接线路, 充分展示了其性能的优越性。

**关键词:** T 端线路; 电流差动保护

## Application of multi-terminal lines current differential protection

AN Jian-feng

(Shaoxing Electric Equipment Set Co., Shaoxing 312000, China)

**Abstract:** The reality of wide application of T-connection lines around Shaoxing area and the technology difficulties which electrical engineers have to meet resulting from configuring conventional protection relays are introduced. The paper presents the current differential protection scheme based on optical fiber channels, which is the best solution for T-connection lines. Several current differential protection devices developed by Shaoxing utilities are installed on T-connection lines of local electrical system. The field running experience presents that the kind of device is very suitable for T-connection lines. The excellent performance is obviously identified through comparing operation behavior during a real internal fault between the presented protection and the conventional protection installed on the same lines.

**Key words:** T-tap line; line differential protection

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)21-0093-04

## 0 引言

所谓的“T 接”线路即是在一条输电线上支接出另一条输电线, 并且在支接点处不设置断路器。这种 T 接线路有很好的经济效益。随着国民经济的迅猛发展, 供电需求量呈现持续增长的趋势。受供电半径和供电走廊等的限制, 也为节省设备投资, 就近“T”接引出线路或降压变压器, 这种方式在电力系统的中低压系统中应用非常普遍。

由于这些线路多为短线路, 一般几至 10 km, 最短的仅为几百米, 给线路继电保护设计和运行带来很大的困难。首先由于输电线长度短, 整定阻抗小, 继电器的动作范围受短路点的弧光电阻影响较大, 对躲过渡电阻问题更为敏感; 其次, 保护间难以配合整定, 不能实现全线速动切除故障。延时切除故障可能造成事故的进一步的扩大, 可能使系统电压崩溃, 直至破坏系统的稳定运行。再次, 由于

输电线路长度短, 发生故障情况接近于母线短路, 目前系统容量越来越大, 母线短路电流也越来越大, 传统的电磁式 CT 饱和问题也显得更为突出。

## 1 T 接线路应用的背景和现状

浙江绍兴地区电网含有相当数量的三端 T 接线路, 运行方式有全接线运行方式, 也有受端备用非全线运行方式。三端运行方式下又分单端电源, 和两端电源两种情况。本地区的 T 接线路一般长度在 200 m~10 km 之间, 属于短线路, 所以使用传统的两端保护配置方案往往达不到保护选择性的要求。

中低压两端线路常规配置一般是三段式相间距离保护/三段式电流保护和三段式零序电流保护。对短线路来说, 接地零序电流保护显然不能获得良好的速动性, 通常没有瞬时动作段, 阶梯式保护的動作时间又较长, 对快速切除故障极为不利。

线路故障时的助增或外汲电流对距离元件整定

和动作范围的影响巨大。对单侧供电的电源线路，一般我局按照下述原则整定，电源侧保护第一段定值按躲过 T 接点整定（即躲过 T 接点的主保护）。T 接点距电源侧保护越近，零秒速动保护的就越短。若按线路全长的 80% 整定，则电源侧保护将与 T 接点变电所主保护的定值不匹配。

微机距离保护采用四边形阻抗特性，对躲弧光电阻的能力较好，其灵敏度较高，基本上能满足一般系统运行要求。但对于短线路或极短线路微机保护也满足不了灵敏度的要求。

对双侧供电的低压电源线路，两侧都要分别装设一套带方向的三段式电流保护，其方向元件的电压接入上一级电压回路，很容易受系统运行方式改变、压变停电的影响。另外对于 T 接线上的电厂线路，电厂端的时间因受电网时间级差紧张的影响而很难配置。目前线路全线保护一般按照只能按照第二段配置，其动作时间为 0.4~1 s 之间，不能做到全线速动切除故障。当系统发生故障时，引起电网供电质量急剧下降，导致电网上一些对供电质量要求高的用户造成严重的经济损失。

分析比较现有保护动作原理，给线路配置快速纵联保护已不单是 220 kV 线路为满足系统稳定性的需要，也是 110 kV 短线路或环网线路运行的需要。继电保护技术规程中指出对于短线路可配置导引线保护或借助于各种通信通道实现的快速纵联保护。

## 2 基于光纤通道的电流差动保护的应用

纵联保护按照所借助的通信通道可以有几种方式：导引线保护、高频（电力载波）纵联、微波纵联保护和光纤纵联保护。

最早出现的导引线保护主要应用于短线路，其通道是和被保护线路平行敷设的金属导线，用于传送被保护线路两端的电气测量值。由于存在地电位差、屏蔽、横向分布电容等影响等技术问题，在我国基本不采用。

高频保护（电力载波纵联保护）主要缺点是抗干扰性问题，通道不畅通引起区外误动是高频保护不正确动作的主要原因；载波通道过窄，载波的传送速率也无法满足电流差动保护的要求。在通道上只能传送简单的控制命令，而不能传送电气测量量，无法实现性能更加优越的电流差动保护。

微波保护所用的微波通道可以提供更宽的通道，采用脉冲编码调制（PCM）方式可进一步扩大信息传输量，提高抗干扰能力，更适合于数字保护。但通信质量受大气影响，还需搭建微波塔，对于短

线路投资过大，不建议采用。

基于光纤通讯的线路纵联保护，由于具有比微波通道无法比拟的更宽的频带，不易受电磁干扰，用于短线路中间不需加设中继站，非常适用于短 T 接线路。随着光纤技术的不断进步发展，其工程费用大为减小，尤其在浙江地区的电力网已经大量敷设光纤网，借助这个发展势头，顺势推广光纤电流纵差保护，以解决短线路和 T 接短线路的保护配置老大难问题，不仅在经济性方面可以节省大量资金，在保护的选择性和灵敏度方面得到极好的性能，而且不存在与其它保护配合的问题，克服了以往所不能解决的困难。总之，基于光纤通讯的线路差动保护完全满足 T 接多端线路全线速动切除故障的要求，推荐使用光纤线路纵差保护。我局决定首先针对一些重要用户配置光纤线路差动保护然后再扩展到所有的 T 接线路上。

为减少投资和应用成本，我局协同上海天正明日电力自动化有限公司开发了专用于 T 接多端线路的 STS313L 线路差动保护装置。

STS313L 采用分相电流差动继电器作为线路全线速动保护。零序电流差动继电器作为高阻接地保护（带延时）。后备保护配有三段式距离保护、零序保护和三相一次重合闸。

其中电流差动保护的通讯通道采用光纤直连方式，传送电流信息及命令等，三端装置可链成环形，以防某段光纤中断通信时保证信息流仍是畅通的，即保护通道是冗余的，可以快速在故障线路和冗余通道进行切换。差动保护的各端电流数据的同步采用的是数据修正法，要求每两端之间的通道延时保持一致。为保证通讯通道的可靠性，装置提供了多种途径的检测、监视功能，包括自动检测通道故障，实时显示差流、通道误码率及误码累计、通道异常告警、失去有效通道导致的通道中断闭锁保护、工作通道连接状态显示等通讯信息。

## 3 STS313 在绍兴电网的应用情况和现场事故分析

本节通过一个实际现场事故的例子分析比较 T 接差动保护和传统利用单端信息构成保护的动作为。

绍兴局于 05 年 9 月在一条 110 kV T 接线安装了一套 STS313L 三端线路差动保护装置，图 1 就是这条线路的示意图，其中中纺变是一个 220 kV 降压变电站，立新和双梅变则是 110 kV 降压变电站，图中所示为 110 kV T 接线路将三站互连接。正常的运行状态是双梅变的开关在分位，其它两站的开关

在合位，即相当于是一个两端线路（中纺至立新）在投入运行，第三端双梅变在退出状态。

这条线路的保护配置为：中纺变一侧装设了南瑞的 LFP941 线路保护，出口压板在投入位置；三侧均装设了 STS313L 差动保护装置（包括主保护差动保护，后备保护零序和距离保护），STS313L 差动保护运行模式为三端运行模式，即保护范围包括图中所有三段线路，STS313L 保护的出口压板未投。

07 年 6 月 18 日，在这条线路上发生一起蛇引发的线路接地故障，故障位置如图 1 所示。

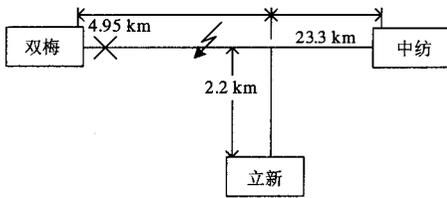


图 1 T 接线示意图

Fig.1 System diagram

下面主要分析三端的线路差动保护装置的动作为：

首先，中纺变一侧的差动保护装置的录波如图 2 所示，可以清晰的看到故障为 C 相接地故障，差动保护在故障发生后约 2 ms 启动，31 ms 时发出跳闸令。由于保护的出口压板未投，故障一直未被切除，250 ms 后发出永跳令。860 ms 后故障被线路上安装运行的保护 LFP941 清除，故障清除时的录波图参考图 3 所示。中纺变的事事故报文见图 4 所示。

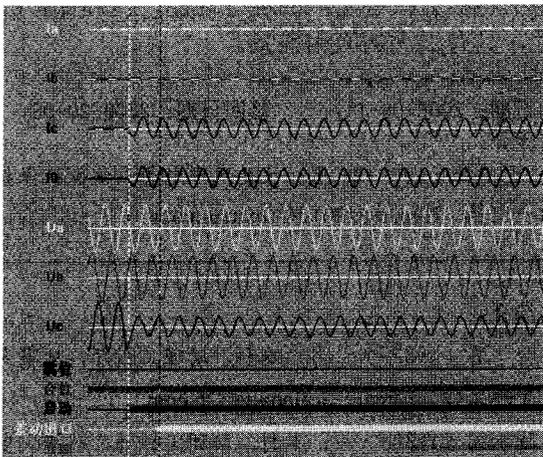


图 2 中纺变故障起始录波图

Fig.2 Fault wave record during the fault occurring in Zhongfang substation

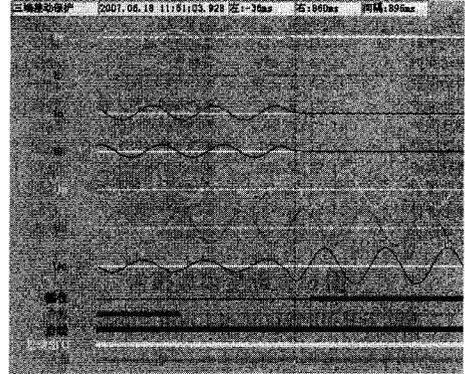


图 3 中纺变故障切除时刻录波图

Fig.3 Fault wave record during the fault clearing in Zhongfang substation

保护类型	事件时间	事件名称	事件参数
三端差动保护	11:51:03.928	差动保护启动	动作
三端差动保护	11:51:03.959	事故总	动作
三端差动保护	11:51:03.959	差动保护C相出口	动作
三端差动保护	11:51:04.211	差动保护三跳失败	动作
三端差动保护	11:51:04.211	差动保护永跳出口	动作
三端差动保护	11:51:04.893	差动保护C相出口	返回
三端差动保护	11:51:04.893	差动保护永跳出口	返回
三端差动保护	11:51:04.893	差动保护三跳失败	返回
三端差动保护	11:51:09.841	差动保护启动	返回
三端差动保护	11:51:09.841	事故总	返回

图 4 中纺变事故报告

Fig. 4 Fault report of Zhongfang substation

在立新一侧的差动保护装置的录波图见图 5 所示，这一侧由于没有电源，故障前后都几乎无流，但能从 C 相电压的变化看出发生了 C 相接地故障。尽管本侧无故障电流，但电压突变量启动元件灵敏的检测到故障，2 至 3 m 启动，三端的差动电流同样被检测到，差动保护在 30 ms 的时候发出跳闸令，由于故障没有被及时清除，在 250 ms 后发出永跳信号。立新变的事事故报文见图 6 所示。

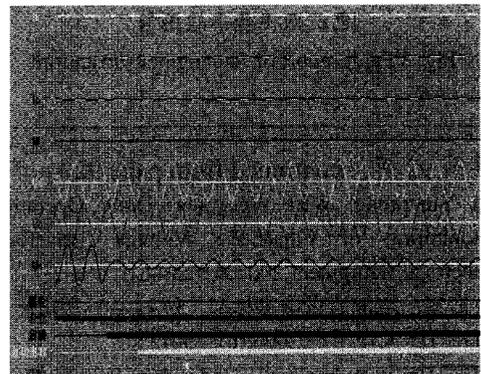


图 5 立新变录波图

Fig.5 Fault wave record of Lixin substation

保护类型	事件时间	事件名称	事件参数
三端差动保护	11:51:55.618	差动保护启动	动作
三端差动保护	11:51:55.649	事故总	动作
三端差动保护	11:51:55.650	差动保护C相出口	动作
三端差动保护	11:51:55.902	差动保护三跳失败	动作
三端差动保护	11:51:55.902	差动保护永跳出口	动作
三端差动保护	11:51:56.270	差动保护C相出口	返回
三端差动保护	11:51:56.270	差动保护永跳出口	返回
三端差动保护	11:51:56.270	差动保护三跳失败	返回
三端差动保护	11:52:01.504	差动保护启动	返回
三端差动保护	11:52:01.504	事故总	返回

图 6 立新变事故报告

Fig. 6 Fault report of Lixin substation

在双梅变一侧的差动保护装置的录波图见图 7 所示,这一侧由于开关在分位,故没有故障电流和故障电压,电压、电流变量启动元件都不能启动,但差流启动元件正确启动,使得保护能够可靠出口切除故障。双梅变的事故报文见图 8 所示。

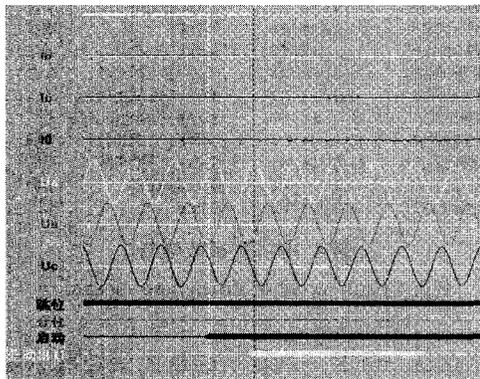


图 7 双梅变录波图

Fig.7 Fault wave record of Shuangmei substation

保护类型	事件时间	事件名称	事件参数
三端差动保护	11:51:11.284	差动保护启动	动作
三端差动保护	11:51:11.310	事故总	动作
三端差动保护	11:51:11.310	差动保护C相出口	动作
三端差动保护	11:51:11.395	差动保护C相出口	返回
三端差动保护	11:51:17.158	差动保护启动	返回
三端差动保护	11:51:17.158	事故总	返回

图 8 双梅变事故报告

Fig. 8 Fault report of Shuangmei substation

实际故障发生在距中纺变 3.4 km 靠近双梅变的一侧,落在中纺变距离 II 段范围内。STS313L 三端线路差动保护在保护范围内正确动作,其中主保护差动保护的动作为 31 ms (加出口继电器动作时间约在 35 ms),由于出口压板未投,故障持续到 0.5 s 被 LFP941 线路保护中的接地距离 II 段切除。

313L 后备保护动作行为:

由于立新变无电源,而双梅变开关未合,只有中纺变的后备保护有出口动作行为。中纺变的零序 II 段出口,整定值为 0.5s,实际出口令时间为 501ms,重合闸压板未投,所以未充好电,一旦出口,按永跳处理。

比较以单端测量量构成的距离保护 LFP941,在中纺变一侧,由于故障点正好落在 II 段整定范围内,只能按照整定的 II 段时间出口,而在立新变一侧,由于故障电流过小接近无流,距离保护不能够动作,所以最后的线路的故障清除时间就是中纺变距离保护切除故障的时间。对比多端线路差动保护在 31ms 出口动作令切除故障的动作时间,可以明显感受到后者的全线速动优越性。

#### 4 结束语

专门适用于多端线路的电流差动保护,其性能远远高于传统的利用单端测量的距离保护,前者可以做到全线速动,后者全线速动范围只能达到全线的 60% (两端均速动),仅这一相指标就显现出前者无比的优越性。

随着光纤通信网的迅速发展和电流差动保护判据的成熟,光纤电流差动保护应用于短线路和 T 接线路上将极大改善电网的运行性能,提高保护的可靠性,具有很大的应用前景。

收稿日期: 2008-09-11; 修回日期: 2008-20-08

作者简介:

安建锋 (1973-), 男, 主要从事电力系统微机保护应用的研究等。E-mail:zz2010@foxmail.com

(上接第 92 页 continued from page 92)

LI Yin-zhong, WEI Wei-ming. Daily Operation and Monitoring of Capacitive Voltage Transformer[J]. Electrical Equipment,2007,8(8):59-61.

[6] 林海雪. 电能质量国家标准 (5) ——三相电压不平衡标准[J]. 大众用电,2006,(6): 39-42.

LIN Hai-yuan.National Code for Power Quality[J]. Popular Utilization of Electricity,2006,(6):39-42.

作者简介:

金海 (1982-), 男, 本科, 助理工程师, 从事变电运行管理工作; E-mail: tojinhai@126.com

陈刚国 (1980-) 男, 本科, 助理工程师, 从事变电运行管理工作;

仇群辉 (1977-), 男, 本科, 工程师, 从事继电保护管理工作。

收稿日期: 2008-01-05; 修回日期: 2008-03-20