

## 处理小电流接地故障的新思路

马继政<sup>1</sup>, 周震<sup>2</sup>, 杨朝菁<sup>1</sup> 周爱敏<sup>1</sup>

(1. 国电自动化研究院城乡电网自动化公司, 江苏 南京 210003; 2. 张家港市供电公司, 江苏 张家港 215600)

**摘要:** 小电流接地故障是供配电系统中最常见的故障, 对供电系统的安全可靠运行构成严重威胁。基于目前日趋完善的小电流接地选线技术和智能化的综合自动化系统及馈线自动化技术, 提出了处理接地故障的新思路, 即按照选线-跳闸-重合-隔离故障的方法处理小电流接地故障。另外, 通过具体统计资料分析了重合闸技术在该类故障中应用的可行性, 阐述了利用馈线自动化技术隔离故障的过程, 认为该方法可以减小故障对系统的危害, 并可以减少因故障造成停电的后果。

**关键词:** 小接地故障; 新思路; 重合闸; 馈线自动化; 供电可靠性

### A new way for treating with the single phase grounding fault in non-valid grounded systems

MA Ji-zheng<sup>1</sup>, ZHOU Zhen<sup>2</sup>, YANG Zhao-jing<sup>1</sup>, ZHOU Ai-min<sup>1</sup>

(1. Nanjing Automation Research Institute, Nanjing 210003, China; 2. Zhangjiagang Municipal Power Supply Company, Zhangjiagang 215600, China)

**Abstract:** The single-phase-to-earth faults, which are the frequent faults, have much influence on the safety and stability of the running for the power feeder system. A new way about how to deal with the single-phase-to-earth faults is put forward, according to the development of the technology of line selection in neutral indirectly grounded system, intelligently integrated automation system and feeders automation system. That is, the single-phase-to-earth faults can be settled in the method of line selection-trip-reclose-isolation. In addition, other things are furtherly analyzed including the feasibility of auto-reclose technology in this kind of power system, the course about isolating faults by use of feeders automation technology and the advantage of this method, including reducing the hurt of system and the results of power cutting because of the faults.

**Key words:** the single-phase-to-earth faults; new way; auto-reclose; feeders automation; power supply stability

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)24-0006-03

## 0 引言

中低压配电系统中性点一般采用不接地或经消弧线圈接地方式, 称为小电流接地系统。该系统中发生单相接地故障时, 尽管故障分量不大, 但由于其他两相对地电压升为线电压, 在没有消弧线圈的情况下如果发生间歇性弧光接地, 由于中性点没有电荷释放通路, 能够引起弧光过电压, 系统绝缘受到威胁, 容易发展为相间短路。因此, 及时对接地线路采取隔离措施依然很重要, 现在的变电站对这种接地故障都采取了不同手段的选线措施。本文在已有选线措施的基础上, 进一步结合其他技术对接地故障处理措施进一步优化, 使故障造成的停电影响降到最低。

## 1 重合闸技术的应用

重合闸技术已经广泛应用在所有电压等级的线路保护中, 运行实践表明重合闸技术对提高电力系统的安全稳定运行以及供电可靠性都起到不可忽视的作用。那么是否可以将重合闸技术引入到小接地故障处理中呢?

首先需要分析一下接地故障的时间分布情况, 根据资料统计<sup>[1]</sup>, 架空线路绝大多数故障是瞬时故障, 连续记录到的接地故障录波报告中, 340 次接地故障的录波记录中有 2 次是直接的永久性接地故障, 另有 2 次是电弧接地发展为相间接地, 其余的 336 次均没有发展为永久性故障, 占全部故障的 98.82%。在 336 次瞬时故障中有 101 次超过 2 s, 有 24 次超过 10 s, 最长的一次持续时间达到 5 min。如表 1 所示。

表 1 接地故障持续时间统计

Tab.1 Statistics about the unremitting time of earth faults

分类	A	B										
		B0	B1								B2	
持续时间/s	0-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10 以上	永久故障
统计次数	95	142	25	20	11	11	5	1	3	1	24	2

不妨将上面的统计情况分成两个处理区段, A 区段的故障持续时间很短, 电弧可以很快自动熄灭, 甚至小接地选线装置还没有发出试跳命令, 故障已经消失。

B 类型接地有一定持续时间, 这种故障大多数情况下可以自行熄灭, 但在某种情况下, 电弧还稍有一定的顽固性, 有的持续 10 s 以上。其中 B2 小类根本就是永久性故障, 无法自行消除。

由上面的统计可得到如下结论: A 类故障不需要重合闸, 因为, 还没有等到选线措施起作用, 它已经自行消失, 甚至连选线措施都不需要。

而 B1 类型故障因为有一定持续时间, 所以在故障还未消除时, 采取措施切除故障使接地点的电弧熄灭, 然后, 再合上开关即可继续正常运行。假设选线装置可以在 1 s 内选出故障线路, 且选跳成功, 然后经过 1 s 再重合开关成功, 那么就相当于使得 3~300 s 的接地故障在 2 s 内得到解决, 而由此缩短了接地电弧的持续时间, 也就减少了弧光谐振和由接地电弧发展为相间故障的概率, 对配电网的可靠运行有一定的现实意义。

B2 类型故障属于永久性故障, 重合闸后故障依然存在。可以在接地选线装置中设置 2 次跳闸来隔离故障。

综上所述, 在选线装置中增加一个重合闸环节, 就可以使得所有选线装置动作的情况下, 40% 以上的故障强度减弱。对于 B0 类型故障, 客观地说因为选线试跳和重合闸的短暂时停电对故障的消除意义似乎不太大, 实践中可以调整选线试跳时间和重合闸时间加以优化。对于 B2 类型故障, 经过重合闸依然存在, 那么可以提醒运行人员线路中确实存在永久性接地。

重合闸技术对接地故障的意义在于, 与选线技术配合, 及时熄灭接地电弧, 在瞬时性故障情况下, 重合闸成功后馈线继续供电, 提高供电可靠性。那么对于永久性接地故障情况下, 又如何缩小故障带来的负面影响, 提高供电可靠性呢?

## 2 馈线自动化技术的应用

馈线自动化技术是配电自动化领域的一部分, 在设有馈线自动化系统的配电网中, 每条馈线路都被分成若干个线路段, 段与段之间用馈线分段开关相连, 而馈线路对侧又往往与另一变电站相连, 对于两侧都有电源的馈线路, 一般都在线路中某个分段开关处断开形成单侧供电的情形, 如图 1 所示。

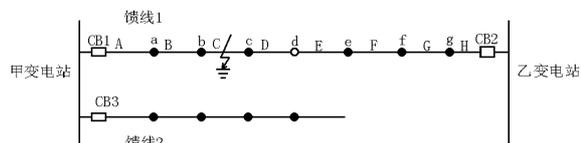


图 1 典型的馈出线

Fig.1 Typical power feeder-line

基于配电网的这一特点, 我们就可以通过某种手段将故障区段找到, 从而减小由于故障造成的停电损失。以电压+重合型馈线系统为例, 具体实现途径如下。

在每个分段开关对应的 FTU 上配置有如下的功能<sup>[2,3]</sup>, 当分段开关两侧均无压时可以延时跳闸, 分段开关一侧有压另一侧无压时经延时合闸 (即: 恢复性合闸), 合闸瞬时监测到故障分量立即跳闸并闭锁再次合闸。当线路中 C 段发生永久性接地故障时, 线路的断路器经选线跳闸和重合闸后, 零序电压依然存在, 于是断路器再次被跳开, 此时线路中 A、B、C、D 线段失压, 于是:

$t_1$  延时后, a、b、c 三个分段开关因各自 FTU 两侧失压而跳开。

$t_2$  延时后, 由配电自动化系统发令合上线路出口断路器, 线路没有出现零序电压。

$t_3$  延时后, a 处 FTU 合上相应分段开关线路没有出现零序电压。

$t_4$  延时后, b 处 FTU 合上相应分段开关线路出现零序电压, b 处分段开关立即跳闸。至此, 已经使整个配电网中未发生故障的区段恢复供电, 而发生事故的 C 区段也得到隔离。而 D 区段中在因为无故障, d 处的 FTU 因为单侧有压, 在  $t_5$  延时后,

也可以合闸继续供电。

由上面的故障处理流程不难看出,用馈线自动化技术处理永久性故障的关键因素在于每个开关动作时间的配合,首先,每个 FTU 因开关两侧均无压而自行跳闸脱扣的时间要大于重合闸时间( $t_{rc}$ ),而从线路出口到线路中段的恢复性合闸时间需要呈递进式循序合闸,即:  $t_4 > t_3 > t_2 > t_1 > t_{rc}$ ,反过来,由于 C 段失电而需要 d 处 FTU 重合的时间则需要从对侧变电站的出口开关处递推得到,这就需要 FTU 能够识别其恢复性重合闸的方向进而确定其合闸的时间,目前智能型 FTU 可以通过电压判据方便地解决这个问题。在具有通讯功能 FTU 上实现该功能时,则可以实时地将各个 FTU 所采集的电气特征传给配电总站,由配电总站统一指挥各个 FTU 的动作。结合选线技术、重合闸技术对接地故障的处理流程如图 2 所示。

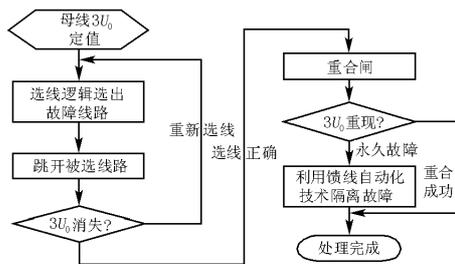


图 2 接地故障处理全过程

Fig.2 Flow chart of dealing with earth faults

### 3 小结

既然发生小电流接地故障时,线路可以运行一段时间,但不超过两小时,也就是说,发生故障的线路迟早需要停电检修,不如在一发生故障时就主动跳开并重合闸人为帮助其灭弧消除故障,这样有助于缩短故障持续时间,减小故障对系统的危害。

如果确实发生了永久性接地故障,跳闸并重合闸不能奏效时,则应通过馈线自动化技术找到故障所在,并保证线路正常区段正常运行。因此,按照选线-跳闸-重合-隔离故障的思路处理小接地问题可以减小故障对系统的危害,并可以减少因故障造成停电的后果。同时在现代的智能型选线设备和智能型馈线自动化基础上能够方便地得到实现。

### 参考文献

[1] 连鸿波, 杨以涵, 潘永刚, 等.小电流接地系统中面向单相接地故障的自动重合闸技术[J].电力系统自动化, 2004, 28(6): 73-76.  
LIAN Hong-bo, YANG Yi-han, PAN Yong-gang, et al.The Auto-reclosing Technique for the Single-phase-to-ground Fault in Non-valid Grounded Systems[J].Automation of Electric Power Systems,2004,28(6):73-76.

[2] 郭上华, 肖武勇, 陈勇, 等.一种实用的馈线单相接地故障区段定位与隔离方法[J].电力系统自动化, 2005, 29(19): 79-81.  
GUO Shang-hua, XIAO Wu-yong, CHEN Yong, et al. Practical Method of Locating and Isolation for Single Phase Grounding Fault Section of Feeder in Distribution Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(19): 79-81.

[3] 薛永端, 吴敏, 王俊江, 等.一种电压型配电网单相接地故障处理方法[J].电力系统自动化, 2002,26(12):68-71.  
XUE Yong-duan, WU Min,WANG Jun-jiang, et al.Single Phase Fault Isolation Based on Voltage Measurements in Non-solid Grounded Distribution System[J].Automation of Electric Power Systems,2002,26(12):68-71.

收稿日期: 2006-08-17; 修回日期: 2006-10-10

作者简介:

马继政(1976-),男,助理工程师,电力系统自动化及继电保护;E-mail:majizheng@nari-china.com

周震(1961-),男,工程师,从事电力系统自动化研究;

杨朝菁(1972-),女,工程师,电力系统自动化及继电保护。

## 2006 中美电力专家论坛在广州成功举办

2006 中美电力专家论坛于 2006 年 10 月 27-29 日在广州华南理工大学隆重举行。本次论坛由 Mladen Kezunovic 教授倡导,美国国家自然科学基金委员会支持,美国 Texas A&M University、中国南方电网公司、许继集团和华南理工大学等单位联合主办。参加论坛的有 7 位美国大学教授及 EPRI 的电力专家、ABB 专家以及国内二十余所高校的 40 余名专家学者。

在会议上,Mladen Kezunovic 教授、Aty Edris 教授、吴小辰博士、文福桂教授、Christian Rehtanz 博士等人分别就自己的研究方向作了详细的大会报告。与会专家代表就自己最新研究成果以及国内外电力技术的最新发展情况进行了技术交流,通过交流与专家更好的了解了电力行业最新的发展方向和研究成果,会议同时探讨中美专家的协作机制。

本次论坛的举办,为中美电力专家提供了交流和合作的平台,不仅有力促进中美电力技术的发展和与合作,也对我国各高校电气工程学科的发展有着积极和重要的意义。本次论坛的主题是电力系统紧急控制,目标是“加强中美电力专家合作和交流,促进电力技术发展”,真正办成了学习的论坛、交流的论坛,获得了与会代表的一致好评。