

试论小电流接地及故障选线技术探究

兰彩虹 刘红卫

(山东山大电力技术股份有限公司 山东 济南 250000)

【摘要】该文主要关于小电流接地系统的单项连接故障以及小电流选择线安装,主要阐述了选择线安装的选线基本原理,并剖析了在不同类型选择线安装选线的方式。还探究了对选择线安装问题产生错误观点的主要成因,并总结了在施工作中采取的改进办法。因此,作者在文章中重点针对中小电流接地线路问题作出了基本阐述,同时也会根据其故障特点展开研讨与剖析,并后续给出有针对性的中小电流接地系统与接地故障择线方案。为工程使用及中小电流择线设备的实际使用提供了重要参照依据。

【关键词】小电流; 接地线路; 接地故障; 单相接地技术

引言

经过一定的研究和调查可以发现,在国内的6—66V中低压配电网当中,多数情况下都会采取小电流接地系统,虽然整体操作相对比较简便,应用广泛,但是也容易经常出现故障情况,据可靠调查研究发现,这一系统的故障发生了约在80%左右,而如果能够选择科学合理的选线方法,小电流接地系统的故障发生率会得到显著的降低,依据长期的工作实践也可以发现,国内针对小电流接地系统接地故障的改进方法已经实现了有效的改良,本文就将在此基础之上,通过更加有效的方式分析小电流接地系统接地故障情况,并且提出科学合理的选线方法。

1 小电流接地系统的基本概述

所谓的小电压接地系统,顾名思义,这一系指的是在中性点上不连接,又或者是采取低消弧线圈、高电阻等连接方法的三相系统。所以,在实际的使用流程中,小输出大电流接地线路中的某一个出现了接地故障的情形下,并不会形成所谓的短路回路,系统的安全性得到了较大的提升。另外,较小输出电压时接地系统的负荷电流也相对小,这也是这一系统得名的主要原因之一。

但是在长期的工作实践中不难看出,小电流接地系统的适用性虽然非常高,但是不得不提的一点是,小电流接地系统的故障现象也比较多。而之所以在应用小电流接地系统的过程中故障频繁出现,其重要原因在于小电流接地系统自身会出现母线电压不平衡的现象,由此,不同的故障情况开始出现。并且导致母线电压不平衡的因素也是比较多的,因此小电流接地系统接地故障问题的处理方式也不尽相同。譬如,在实际的小电流接地系统的过程中,如果电压内部的互感器的一相电压为零,而另外两相电压正常的情况下,这就会导致母线三相电压出现熔丝熔断的现象。针对这种小电流接地系统故障情况,相关的工作人员可以更换二次熔丝,从而确保系统的电压维持在一个正常的水平,除此之外,还需要进行电压互检查,尤其是在二次熔丝更换之后,需要观察系统的三相电压是否维持在一个正常的水平。

由于现代化工企业对电源安全性的要求愈来愈高,小电流接地线路事故时选择线路的重要性也日益突出。在城市供电网络故障中大部分都是单对接地事故。因为当小电流接地控制系统出现单对接地事故时并不会出现短接电路工作,而只是由于控制系统中分配电容器所引起的较小的零序电压,三相线之间电压依然相等,因而不会直接影响控制系统的工作。不过,当小电流接地控制系统出现单对接地事

故时,由于非故障相对地电压增高,所以一旦出现间歇性弧型接触电压时,就可以引起弧光过电压,整个控制系统电缆绝缘遭到危及,很易于扩展至相间短路电流范围。所以企业应该及早发现事故线路,并及时排除故障。近些年,中国国内也针对较小的输出大电流连接控制系统中出现单相接地故障的保护处理问题做了大量研究,并研发出了具有不同原理的选线设备。

2 小电流选线装置选线方法介绍

2.1 有功分量法

零序电流有功分量,是指由于该线具有相对地的输出电导并且消圆弧圈具有电阻损失,故障电压中出现的有功分数,由于非故障线路与消圆弧圈中的有功电压走向一致且都通过了故障点回路,所以,故障线路的有功分数比非故障线路大且走向恰恰相反。针对这一特征,可以选择故障线。在设计具体的选择线路装置时,可以使用零序电压和零序电压计算并比较各线路零序有功功率的高低和走向,来判断故障线路。

2.2 稳态零序电流比较法

在中性点不接地系统上形成的单一接地故障时,若流过故障元电子器件的零序电压其值小于全系非故障元电子器件的相对地电容电流之和,则故障线路上的零序电流走向很大,利用零序电压的幅值与地月相的电压比较,即可找到故障线路。局限性:①零序电流的检测数值受电流互感器中由于饱和而形成的不均匀电压的直接影响。②在中性点经消弧线圈接地系统时,由故障相形成的零序输出电压。③还会受过渡电流变化的直接影响。

2.3 注入信号寻迹法

灌注信号寻迹法又称灌注法,当出现接地故障线后,先利用三相电压互感器(PT)的中性点向连接线路灌注一定频段(225Hz)的高电压信号,灌注信息会顺着故障线经接位置流向大地,再用信号探针检查每一段线路,有灌注信息流过的该线就被选为故障线。该方案的好处是不受消弧线圈的危害,也不需要再装设零序电压互感器(CT),同时用探针沿故障线检查还能够判断架空线故障点的情况。

3 选线误判分析

小电流选择线路,及时正确地判断接地回路是迅速消除单相接地故障的重要基础,也是小电流选该线的核心功能。通过分析小电流控制系统在单对接地时的工作状况,它不同于一般系统工作状况的内容主要有以下2点:事故线路流过的零序电压是整个控制系统的电容电流再减去自己的电容电流,而不是事故线路流过的零序电压也只能是该线路的电容

电流。故障线路的零序电压从路径流过母线，而不是故障线路的零序电压从母线流过路径，二者走向完全恰恰相反，或者说二者反相。小电流系统单相接地故障路径的判别并不简单，其成因大致有这样一些主要方面。

3.1 电流信号太小

小电流系统在单接触地时形成的零序电压是系统电容电流，其高低与网络系统规模多少以及线路种类（光缆或架空线）相关，数字甚小，经中性点连接消弧线圈补偿后，其数字更小，且灭弧线圈的赔偿状况（过赔偿、欠赔偿、全部赔偿）也有所不同，且接地基波电容电流的特性也与无消弧线圈赔偿时恰恰相反或一致，对有灭弧线圈的小电流系统通过五次谐波电压或零序电压的有功功率方向测量时，其五次谐波电压较零序电压又要小 20~50 倍。

3.2 干扰大、信噪比小

小电流控制系统中的抗干扰问题一般涉及二主要方面：一是在变压器和发电厂之间的小电流控制系统，单相接地保障了装置的装设位置，对电磁干扰影响较大；二是，由于负载电流不均匀而引起的零序电流和谐波电流很大，尤其是当整个系统面积较小，对地电容电流也较小时，则接地电路的零序电流和谐波电流可能等于非接地电路的相应电压。

3.3 电容电流波形的不稳定

小电流控制系统的单相接地出现故障，往往是由于间歇性的不稳弧光接触，因而电容电流信号波形很不稳，对应的谐波传动电压大小也随时都在发生变化。

3.4 信号采集设备精度低

工程上所使用的零序电压互感器准确度太低。当原方零序电压在五 A 以内时，许多工厂所制造的零序电压互感器，带上规定的二次负荷电压后，变比偏差高达百分之二十以上，角偏差更达到了 20' 以上，在一次零序电压值低于一甲时二次侧基本无额定电流输出，因此无法提高接地测试的精度，且选择线路测试装置时所用的电流变换器线性性能不好，而目前变电站自动化控制系统的所选线路测试元器件也主要按保护等级选型，但保护等级互感器当测得电量远低于额定容量值时，综合偏差也无法满足设计要求，两级电流变换器件的综合偏差也是产生现场错误的主要因素。在工程设计实践中，采用的零序滤序器的线性测量区域超过了现实可能会存在的接地电容电流。

4 工程中采取的改善措施

经过上述分析后表明，测试环节的综合偏差是目前各类微机选线设备错误的主要因素，在工程使用中尽量使参数搭配正确，以降低测试环节的综合偏差，并有效提升小电流接触选线控制系统的选线准确度。工程设计中，一般采用的有效安全措施包括：

4.1 尽可能选用精确度高的专用零序电流互感器，额定原方电压的选取应确保控制系统产生较大接触电容电流时能

处在零序电流互感器的其线性区域内（精度限度），原方额定电流的线形测试区域宜向下扩展至零点二 A 左右，以满足经消弧线圈连接的小电流接地系统。

4.2 零序滤序器应尽可能采用变相比小的计量级（最佳为 S 级）电流互感器或并联构成，不大的变化比可使电容电流的二次值变化很大，也有利于通过测量装置的电量转换器采集电压设定值，而 S 级则使电流互感器的测量精度线性变化范围更广，也便于检测变化不大的电容电流。工程实际中，不得与测量系统共用同一个电流互感器线圈。

4.3 在应用接头中减少偏差和电磁干扰因素，二次电缆中选用屏蔽电缆，在屏蔽层二端连接。当设置零序电流互感器时标有“P1”（或“L1”）端应朝着高压电流母线连接，且零序电流互感器和母线的连接中间不应直接地点，而在高压线缆外表面的连接线也应该经过电流互感器后饱和并在线路侧连接，当线缆经过零序电流互感器时，从线缆头的连接线路应该经过零序电流互感器后连接，从线缆头至经过零序电流互感器后的部分，电缆金属保护层厚度和连接线都应该地绝缘。

结束语

本章主要根据小电流接地系统单项的接地故障原因和小电流选线装置，阐述了各种电流选线装置的不同选线机理，并剖析了各种选线装置的选线方式。还探究了选线装置产生错判的主要成因，并总结了在施工中采用的改进办法。随着科学技术的提高，目前中小电流接地选线系统的功能已逐渐完备，只要选用与原理和系统相适应的装置，在设计施工时减少了测量环节的综合误差，并采用必要的抗干扰保护措施，将明显提高目前的接地选线准确度和安全性。为设计应用中小电流选线设备的广泛使用，提供了重要参考依据。

参考文献：

- [1] 基于五次谐波电流变化特征的单相接地故障选线方法 [J]. 刘兴艳, 董洋洋. 电子质量, 2010, (3)
- [2] 小电流接地系统故障选线法的分析 [J]. 刘哲, 沈雯婷. 电工电气, 2018, (2)
- [3] 小电流接地故障暂态选线与定位技术 [J]. 薛永端, 张海台, 李成刚, 徐丙垠. 供用电, 2015, (4):
- [4] 李焱. 配电网单相接地故障的选线方法研究 [D]. 陕西理工大学, 2021.
- [5] 程文傲, 徐明, 高金峰. 小电流接地系统单相接地故障选线空间域图像生成及融合方法 [J]. 电力自动化设备, 2021, 41 (07)
- [6] 徐思畅. 基于多判据融合的小电流接地系统故障选线装置研究 [D]. 哈尔滨理工大学, 2021.
- [7] 童鑫, 郑盼龙. 基于改进 Prony 算法的小电流接地故障暂态选线方法 [J]. 电子技术与软件工程, 2021 (06)