

小电流接地选线方法的探讨与分析

摘要在我国中性点不接地、中性点经消弧线圈接地系统称为小电流接地系统,在这些电网中单相接地故障是最常见的故障之一。当小电流接地系统发生单相接地故障时,故障电流很小,对供电设备不致造成很大的危害,但单相接地故障如果不作及时处理,很有可能发展成为两相接地短路故障,从而危及到电网运行的安全性。介绍小电流接地选线方法研究的历史及现状,阐述各种典型的小电流接地选线方法,分析总结各种方法的优缺点,提出对小电流接地选线方法的观点。

关键词小电流接地选线方法;单相接地故障;中性点经消弧线圈接地

在我国,电力系统中性点运行方式主要有三种:中性点不接地、中性点经消弧线圈接地和中性点直接接地。前两种接地系统统称为小电流接地系统,后一种接地系统称为大电流接地系统。在 10~35kV 电网中,普遍采用小电流接地方式,在这些电网中单相接地故障是最常见的故障之一。

当小电流接地系统发生单相接地故障时,故障电流很小,对供电设备不致造成很大的危害。此时,故障相电压降低,非故障相电压升高(最大为线电压),但线电压仍然保持对称,故允许电网继续运行一段时间,而不影响正常的供电。但单相接地故障如果不作及时处理,很有可能发展成为两相接地短路故障,从而危及到电网运行的安全性。

1 小电流接地选线方法研究的历史及现状简介 20 世纪 50 年代以来就开展了“接地选线”的研究,提出了多种选线方法。50 年代末,利用接地故障瞬时过程研制出了选线装置;60,70 年代,采用电磁型电流继电器、功率方向继电器构成零序电流保护和零序无功方向保护;80 年代中期,研制出微机接地

选线装置。其中所采用的选线原理多半为比幅法、比相法、群体比幅比相法、首半波法、谐波电流方向法、5 次谐波分量法等。基于上述原理已先后推出了几代产品,但实际应用中的效果并不十分理想。20 世纪 90 年代,国外还将人工神经网络原理及专家系统方法应用于保护。到目前为止中性点经消弧线圈接地系统中的单相接地故障保护并没有很完善的方案,所以对其进行进一步的深入研究具有重大意义。

2 典型的小电流接地系统发生单相接地故障时的选线方法

2.1 基于零序电流基波的选线方法

单相接地短路时,流过故障元件的零序电流在数值上等于所有非故障元件对地电容电流之和,即故障线路上的零序电流最大,所以只要通过零序电流幅值大小比较就可以找出故障线路。

2.2 基于谐波分量的选线方法

当小电流接地电网中发生单相接地故障时,高次谐波电流便随之产生。从过渡电阻的非线性可知故障点本身就是一个谐波源,且以基波和奇次谐波为主,根据谐波在整个系统内的分布和保护的要求,使用五次谐波分量为宜。在谐振接地网络中,消弧线圈的补偿度是依据基波系统制定的,对于 5 次谐波系统,感抗增大为原值的 5 倍,容抗值减小为原来的 1/5,两者不再能相互补偿。此时的网络可以看成是一个欠补偿的系统或近似等效为一个不接地系统。在理论上,故障线路中的 5 次谐波零序电流应当最大,且滞后 5 次谐波零序电压 90°;非故障线路中的 5 次谐波零序电流最小,且超前 5 次谐波零序电压 90°,依此可以进行对故障线路的选择。

2.3 基于首半波原理的选线方法

首半波原理是基于接地故障发生在相电压接近最大值的瞬间这一假设而提出来的。当相电压接近最大值时,若发生接地故障,则故障相电容通过故障线路向故障点放电,故障线路电感和分布电容使电流具有衰减振荡的特

性。对于中性点经消弧线圈接地系统,由于暂态电感电流的最大值应在接地故障发生相电压经过零值的瞬间,而接地故障发生在相电压接近最大值瞬间时,消弧线圈中的暂态电感电流接近于零,其过渡过程与中性点不接地系统相同。在这种故障情况下的电流首半波中,暂态电流的最大值远大于稳态电流;而零序电流的相位,故障线路与非故障线路存在 180° 的相差。因此,可以利用故障后暂态电流首半波的方向来判断故障线路。

2.4 基于负序电流的选线方法

文献提出基于负序电流的选线方法。当补偿电网中发生单相接地故障时,接地故障电流中含有的基波电流,又可分解为正序、负序和零序分量,其中的基波负序电流分量具有以下特征:基波负序电流分量与负荷电流无关;故障线路基波负序电流分量的有效值,与所有非故障线路者相比,不仅数值最大,而且比后者高出许多;故障线路与非故障线路的负序电流分量的相位相反。根据此理论分析而开发出的负序电流接地保护装置,适用于中性点谐振接地和不接地电网。

2.5 基于小波分析的选线方法

小波分析可对信号进行精确分析,特别是对暂态突变信号和微弱信号的变化较敏感,能可靠地提取出故障特征。根据小波变换的模极大值理论可知,出现故障和噪声会导致信号奇异,而小波变换的模极大值点对应着采样数据的奇异点,由于噪声的模极大值随着尺度的增加而衰减,所以经过适当的尺度分解后,即可忽略噪声影响得到较理想的暂态短路信号。小波变换是把一个信号分解成不同尺度和位置的小波之和,利用合适的小波和小波基对暂态零序电流的特征分量进行小波变换后,易看出故障线路上暂态零序电流特征分量的幅值包络线高于非故障线路的,且其特征分量的相位也与非故障线路相反,这样就能构造出利用暂态信号

的选线判据。

3 各种小电流接地选线方法的优缺点分析

以基频零序电流电压为特征的接地选线方法,主要是依靠群体比较电流的大小和方向。由于受线路参数、过渡电阻及消弧线圈的影响,接地故障电流变化很大,尤其是高阻接地或消弧线圈全补偿的时候,接地电流很小,幅值和方向的测量困难,影响保护精度,灵敏度不高。基于零序5次以上谐波的方法虽然不受消弧线圈的影响,但故障信号中谐波分量小,灵敏度受到很大限制。而且,这些方法都需要比较各条支路电流的大小和方向,所以很难与馈线保护合为一体,不能满足配电自动化的要求。单相接地时,接地电容电流的暂态分量往往比稳态值大十几倍到几十倍,基于暂态信号的选线方法灵敏度较高且不受消弧线圈的影响,但现有方法大多有待完善。首半波法其极性关系成立时间极短(远小于暂态过程),检测可靠性不高,而且在相电压过零时故障,首半波电流的暂态分量很小,以及过渡电阻的影响,该方法可能失效。基于小波变换的选线方法利用了故障电压和电流瞬时过程的特征量,具备了快速性和精确性,但易受外界电磁干扰和过渡电阻的影响。基于故障暂态方向的保护原理,虽然不受消弧线圈影响,但在故障过程中,故障线和健全线的方向参量 $q(t)$ 的区别不是时时存在。其他如利用人工神经网络(ANN)模式识别方法虽然有一定的自适应和容错性,但一方面得出结果的精度依赖于提供的样本的数量和完备性,另一方面训练样本需要大量的时间,这两点对一定规模的配电网是很难满足的。

4 结束语

总结现有的以零序电流电压为特征的常规选线方法,无论是基于基波还是谐波分量,究其根本都需要比较电压电流等电气量的幅值或者相位。但在小电流接地系统(尤其是经消弧线圈接

地)中,存在着电气量的准确获取和定值整定的困难,我国现有的选线装置在理论上多采用零序电流高次(以五次为主)谐波原理来实现故障选线,首半波法,有功

分量法及其它选线手段均有使用。但是,由于装置要使用的谐波分量在信号中所占比例较小,难于分离和提取,及负荷的谐波干扰,使基于谐波原理的装置在实际运行中出现误判。首半波原理的前提假设是发生故障时相电压在最大值附近,但实际运行中,故障时的相电压有可能出现在零附近,这使该方法的应用受到很大限制。其余多数选线方法都是基于故障后的稳态信号进行分析,但稳态时的接地电流很小,使基于幅值比较的保护选线精度降低。然而,单相接地时接地电容电流的暂态分量往往要比其稳态值大几倍到几十倍,利用这些暂态信息进行分析更有效、准确。

综上所述,笔者认为利用能对突变的、微弱的非平稳故障信号进行精确处理的小波分析理论或者其他理论,可以很好的从电磁暂态过程中提取故障特征,构成有效的选线判据。当然,这还需进行更深一步的研究与论证。

参考文献

[1]丁书文,黄训诚,胡起宙.变电站综合自动化原理及应用.北京:中国电力出版社,2004 谭文恕.变电站通信网络和系统协议 IEC61850 介绍[J].电网技术,2001,25(9):8~15.

[2]傅周兴,万耕.小电流接地系统单相接地故障选线方法.低压电器,2002,3:43~47.

[3]尹项根,曾克娥.电力系统继电保护原理与应用(上册).武汉:华中科技大学出版社,2001.

[4]肖白,束洪春,高峰.小电流接地系统单相接地故障选线方法综述.继电器,2001,29(4):16~20.

[5]曾祥君等.适应配电自动化的馈线接地保护研究.电力系统自动化,2000,24(15):37~41.

[6]王建赅.基于小波变换的电力系统暂态信号分析方法研究.哈尔滨工业大学.博士学位论文,1999,1~59.

[7]唐东晖.新型微机小电流接地选线装置,新疆电力,2005.