

关于补偿电网接地选线方式的探讨

李景禄¹, 李志强²

(1. 长沙理工大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410077; 2. 韶关供电公司, 广东 韶关 512000)

Discussion on the Modes of Faulty Line Detection of Compensation Network

LI Jing-lu¹, LI Zhi-qiang²

(1. Changsha University of Science and Technology, Changsha 410077, China;

2. Shaoguan Electric Power Company, Shaoguan 512000, China)

摘要: 对补偿电网在接地选线方面的要求、特点和存在的问题进行了分析、探讨,对目前一些主要接地选线方式进行了分析、类比,提出了复合型的选线方式。

关键词: 补偿电网; 接地选线; 接地电流

中图分类号: TM711

文献标识码: A

Abstract: This paper analyses the characteristics, requirement and some practical problems for different faulty line detection modes, and presents a composite intelligent approach to faulty line detection.

Key words: compensation network; fault line detection; grounding current

1 引言

配电网发生单相接地时,传统的查找故障线路的方法是由变电运行人员逐路断开每路馈线。这种方法因需对变电所的各路馈线逐一停电,影响了供电可靠性,为此人们研究出了自动选线装置。早期的自动选线装置一般是对各馈线加装零序电流互感器,利用互感器检测发生单相接地故障的零序电流选出故障线路。这种方法简单、易行,基本上能满足选线的准确性要求。但是随着电网的发展,现在我国电力系统大多采用消弧线圈对配电网电容电流进行补偿,特别是大量的自动跟踪补偿消弧装置在电网中得到了应用。由于自动跟踪补偿消弧装置可以工作在过补偿、欠补偿和全补偿3种状态^[1],这对限制配电网过电压、促使接地电弧可靠熄灭起了很大的作用,但电网经补偿后,有时故障点的残流变得非常小,以致于线路的零序电流很小,致使基于零序电流选线的接地选线装置选不出故障线路。如河南某单位就曾发生过因变电所投运了ZXB系列自动跟踪补偿消弧装置后,接地残流被补偿到非常小,原来的接地选线装置不能正常工作的情况^[2]。这就是说补偿电网,特别是经自动跟踪补偿消弧装置补偿的电网,对

接地选线提出了新的要求。

2 目前接地选线的方式及存在的问题

目前补偿电网的接地选线主要采用以下方式:

(1)谐波电流法。该方法主要是利用消弧线圈只能补偿工频电容电流而不能有效补偿谐波电流的特点,检测每条线路的谐波电流,用比较谐波电流的幅值和相位的方法来查找故障线路。该方法能适应于采用自动跟踪补偿的电网,但选线灵敏度与电网的电压质量有关,如电网的电压质量很好,谐波含量低,可能满足不了灵敏度的要求,检测不出故障线路。

(2)注波选线法。该方法主要是在接地故障发生时通过母线压变向母线注入特定频率的电压信号,该信号只有在故障线路才能形成回路,产生电流,利用装在开关柜上的传感器进行接收,比较各分路信号强弱来找出故障线路。该方法是利用特定频率的接收传感器来接收特定的电流信号,但在现场高温和低温恶劣的运行环境下,工作点容易漂移,一旦工作点漂移,就收不到特有频率的电流信号,且该方法容易受现场强电磁场的干扰。再者,传感器是利用空间信号接收,故障线路和非故障线路所接收信号的差异并不是特别大,有时并不能保证选线的准确性,所以该方法也有一定的缺陷。

(3)残流增量法,所谓残流增量法是配合一定型号的自动消弧装置,当消弧装置在处理单相接地故障时,在一定的时间内利用计算机控制消弧装置把残流放大,大到足以满足零序电流互感器灵敏度的要求,用零序电流法检出故障线路。该方法选线较为准确,但是以牺牲自动跟踪补偿消弧装置的功能为代价。在将接地故障残流放大的时间段内,有可能因为故障残流的增大而发生弧光接地过电压,或者由单相接地发展为相间短路。另外,该方法只是配合特定的自动跟踪补偿消弧装置,并不能用于其它场所,带有很大的局限性。

3 补偿电网的运行特点及对接地选线的要求

补偿电网,特别是经自动跟踪补偿消弧装置补偿的电网,最大的特点就是其残流或脱谐度小,一般要求经消弧装置补偿后的接地残流小于 10 A,这有利于电弧的熄灭。对采用消弧线圈接地的电网允许带接地故障运行 2 h,以保证供电可靠性。一些瞬时性接地故障(如因雷电过电压引起的绝缘子瞬时闪络,线路下的树木在风的作用下树梢扫向线路等),经补偿后接地电弧能够熄灭,线路能恢复正常运行。但也有一些故障是不能自动恢复的,如绝缘子的永久性击穿等,因绝缘子的对地绝缘电阻为零或绝缘电阻很低^[2],就需要把接地故障线路或接地故障点找出来,及时进行清除。也就是说,对补偿电网接地选线的首要任务是选线的准确性,在时间上并不要求非常迅速。找出故障线路后,能对故障性质进行判断,如金属性接地、过渡电阻接地或瞬时性故障,并能根据事先设定的时间切除故障线路,最好还能指示故障的范围,并及时查找故障点进行清除。

经对补偿电网进行大量的调研发现,补偿电网具有以下特点:

(1)经消弧装置补偿后的残流 I_d 在 0~10 A 之间,虽然一些消弧装置可接近全补偿状态下运行,但为了使补偿电网的长期中性点位移电压 U_n 不大于相电压的 15%,也为了消弧装置的运行稳定性,消弧装置在一般情况下不会一直控制在全补偿状态下运行, I_d 一般小于 10 A 即可。如 I_d 在一定的值,就可以采用零序电流互感器检测出来。但 I_d 的大小是随消弧装置的补偿状态而变的。

(2)由于电网中有非线性的铁磁元件存在,所以电网就一定有谐波电压和谐波电流存在。因消弧线圈补偿的仅是工频电流,即使消弧线圈在全补偿状态下运行,也只是接地的工频电流为零。因消弧线圈的感抗 X_L 随频率正比变化;而电网对地容抗 X_C 随频率反比变化,所以消弧装置不能有效补偿掉谐波电流,在接地残流中谐波电流将占很大成分。在理论上,故障线路的 5 次谐波零序电流应当最大,且与非故障线路相比,5 次谐波电流在相位上相差 180°。在实际电网中谐波电流受电网的运行情况影响会有很大的变化,比如铁磁元件的饱和程度,谐波污染源的变化等,故障线路的 5 次谐波电流并不一定总是最大,有时会出现检测不出的现象,即谐波电流也是一个变化量。

(3)暂态电流。当电网发生单相接地时,故障点的接地电流可分为稳态电流和暂态电流,暂态电流主要为电网故障相的对地电容放电波、非故障相的对地电容的充电波,以及消弧线圈电感电流分量等。暂态接地电流的频率很高,幅值很大,且暂态电流与零序电流的首半波之间存在着固定的相位关系,对放射型电网,在故障线路上两者极性相反,即非故障线路上,

两者极性相同,可为判定故障线路提供依据^[3]。

4 复合选线方式

经过以上的分析,对补偿电网提出了复合型的接地选线方式,即利用计算机和传感器技术,同时使用几种不同的选择原理和方式进行综合的分析判断。

(1)首先采用零序电流选线法和暂态电流选线法,利用计算机的快速取样和储存功能,对各分路的零序电流和暂态电流进行快速巡检,比较零序电流和暂态电流的大小。只要消弧线圈不是工作在全补偿状态,故障电流只要能满足零序电流互感器灵敏度的要求,就可用零序电流法检出故障线路。即使在全补偿状态,那么暂态电流由于幅值较大,也可以检出。这就要求取样装置的反应要尽可能快。通过比较暂态电流大小的方法,配合零序电流法检出的稳态电流值,基本上可以判断出故障线路。

(2)使用谐波电流检测法,在接地故障发生时,检测各馈线的谐波电流,特别是 5 次谐波电流的大小及相位,进行分析判断。在电网的谐波分量满足检测灵敏度要求时,该方法基本上能检出故障线路。

(3)采用谐波信号增值法,当电网谐波分量不能满足灵敏度要求时,可启动谐波发生器向母线注入 5 次谐波,在故障线路将有 5 次谐波电流流过,通过检测各分路的 5 次谐波信号可判别出故障线路。

这 3 种选线方法,前两种可作为主方法,第 3 种为后备选线法。在前两种选出故障线路时,第 3 种方法可不用,只有在前两种选线失败,或出现不同的结果时,才启用第 3 种进行验证。采用这 3 种选线方式作为互相补充,一般都能准确选出故障线路。这 3 种方式的取样方式相同,只是第 3 种增加了 5 次谐波发生器。复合选线对故障数据可通过通信接口远传、打印输出,为故障分析提供依据。该方式于 2001 年已完成了实验室试验,样机在电网试运行选线正确率达到 100%,目前已有多个套在电网中运行。

5 结语

补偿电网由于运行情况的不同,电网的一些参数会发生变化,使用单一的接地选线方式都有一定的局限性。复合型接地选线方式利用计算机的快速巡检、储存、运算和分析判断功能,使各选线方式互相补充,综合分析判断,提高了选线的准确性和适应性。

参考文献:

- [1] 李景禄. ZXB 系列自动跟踪补偿消弧装置 [J]. 中国电力, 1998(8):42-43.
- [2] 马心良, 李景禄. 自动跟踪补偿消弧装置与配电网的安全性[J]. 高电压技术, 1998(4): 62-64, 88.
- [3] 要焕年. 电力系统谐振接地[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

作者简介:李景禄(1955-),男,河南确山人,副教授。电话:0731-2619758。