

经消弧线圈接地系统的中电阻快速选线方法

明志强, 许虎

(南充电业局, 四川省 南充市 637000)

摘要: 分析了传统选线方法在谐振接地系统中应用时存在的缺点, 针对系统间歇性短时接地故障, 介绍了一种新的预投入并联中电阻的快速选线方法。该选线方法可以使用户提前预判单相接地故障的发生线路, 并对真正发生接地故障时的选线提供重要依据。通过模拟试验确定了中电阻取值范围, 验证了该选线方法的优越性。

关键词: 消弧线圈; 谐振接地; 接地选线; 中电阻

0 引言

随着电力系统的发展, 配电网中采用的电缆线路越来越多, 电缆线路的增加使系统电容电流急剧增加, 这严重影响了电气设备的绝缘安全和保护设备的正确动作。DL/T620—1997 标准规定: 当系统电容电流超过 10A 时, 中性点需经消弧线圈接地。

我国 110kV 配电网普遍采用经消弧线圈接地系统(即谐振接地系统)^[1-8], 多种具有自动调谐功能的消弧线圈在国内得到了广泛应用^[9-12], 对维护系统安全、减少事故跳闸、提高供电可靠性起到了很大的作用, 但同时也带来了接地选线的困难。

谐振接地系统的选线方法是从中性点不接地系统的选线方法发展而来, 目前主要有基波比幅比相法、5 次谐波比幅比相法等^[13-14]。由于消弧线圈的补偿作用, 故障线路零序基波的幅值不一定最大, 受补偿程度的影响, 其零序基波电流的相位可能与正常线路的相位相同或相反, 这时不适合采用基波比幅比相法来判断接地线路。而由于实际系统 5 次谐波的幅值较小, 难于测量和区分, 基于零序 5 次谐波理论选线的实际运行效果不佳。

经消弧线圈过补偿方式接地的配电网发生单相接地故障时, 其零序电流达到稳态后, 故障线路的基频零序电流大于本身的对地电容电流, 但电容性无功功率的方向与非故障线路相同, 其方向是由母线流向线路, 故无法根据功率方向来判断和选取故障线路。另外, 由于补偿度不大(一般为 5%~10%), 很难根据基频零序电流的大小找出故障线路。可见原有的选线理论误判率较高, 特别是在高

阻接地时, 原有的选线理论已不适用。本文将针对谐振接地系统间歇性短时接地故障介绍一种新颖的预投入并联电阻快速选线方法。

1 并联中电阻选线原理

当系统发生单相接地故障时, 自动跟踪消弧补偿及接地选线控制器或小电流接地选线装置会在短时间内迅速投入中电阻设备^[15], 对线路进行选线。但是当系统发生铁磁谐振接地方式下的连续虚拟接地、线路间歇性放电、频繁短时接地故障时, 常规的消弧线圈设备无法对已经产生的系统线路隐患进行检测。当上述故障隐患发生时, 采用快速选线方法可以迅速投入中电阻设备, 快速实现对线路的预选线, 及时选择出即将发生故障的线路, 这有利于故障的预防和判断。

通过理论计算得到各条线路系数 K 和电阻投切有关的系统系数 δ , 根据 δ 判定是母线接地还是非母线接地, 根据线路系数 K 找出接地故障线路。

系统系数 δ 可描述为

$$\delta = \frac{\Delta I_i I_j}{\Delta I_j I_i}$$

式中 ΔI_i 、 ΔI_j 分别为第 i 、 j 条线路并联电阻投切前后的零序电流变化量。

线路系数 K 可描述为

$$K = \{[g_0 g_d (g_0 + g_d) + g_d x^2 - 2g_d x \omega C]^2 + [g_d^2 x - (3g_d + g_0)(g_d + g_0)\omega C - x^2 \omega C]^2\} / \{\omega C \{4g_d^2 x^2 + [(3g_d + g_0)(g_d + g_d) + x^2]^2\}\}$$

式中: g_d 为接地导纳; g_0 为并联电阻导纳; x 为系统对地总电容导纳, 即消弧线圈导纳; ω 为电网基波角频率; C 为系统对地电容。

系统发生接地故障时, 系统所有零序电流(容流、感流及零序有功电流)都通过接地形成回路, 通过理论分析, 可以计算各线路的线路系数:

$$K_{\text{正常}} = \Psi(i_d, i_0) = f(x, g_d, g_0)$$

$$K_{\text{故障}} = \Psi(i_d, i_0) = g(x, g_d, g_0, C_{\text{故障线路}})$$

式中： $C_{故障线路}$ 为故障线路对地电容。 K 的实际意义为故障线路和正常线路零序电流之比。考虑到系统电容电流的实际大小， g_0 的取值保证在线路发生单相接地时，故障线路比正常线路零序电流有明显增大。如果是母线接地，各条线路零序电流增加的比率相同， K 趋近于 100%。

10kV 系统中性点装设消弧线圈后，当系统发生单相接地故障时，经消弧线圈补偿后的接地点残流通常小于 5A，10 kV 出线零序电流互感器(TA)二次侧电流很弱，容易受到干扰，易影响选线的准确性。并联电阻后，增加了零序电流的有功分量，采用独特的计算方法可提高选线准确率。

该种选线方法也是一种残流增量法，克服了传统选线方法对高阻接地选线不准的缺点，能够对金属接地、高阻接地和母线接地故障进行准确选线，准确率达到 100%。

2 快速中电阻选线方法

2.1 快速中电阻选线方法控制原理

间歇性的瞬时接地故障发生频繁，每次持续时间很短，一般只有几 s 甚至不到 1s。接地发生后，消弧线圈先灭弧，如果是永久性接地故障，则中电阻在延时投入时间后动作并完成选线。对于间歇性瞬时接地，接地时间太短，中电阻来不及投入，这时要求装置应能判定故障性质。具体方法就是在选线软件(嵌于自动跟踪消弧补偿及接地选线控制器)中定好时间间隔、接地次数。如果系统在设定的时间间隔内超过设定的接地次数，则装置判定系统发生间歇性瞬时接地故障，此时立即预先投入中电阻。再次发生接地故障时，利用中电阻产生的较大有功电流立即完成故障选线，并可作用于跳闸出口、信号。如果在中电阻预投入 30 min 内没有再发生接地故障，则可认为该故障是短时性的，中电阻自动退出。程序框图如图 1 所示。 t_1 一般取 10 min； t_2 对于永久性接地取值 1s，而对瞬时性接地可取值 30 min。

2.2 快速中电阻选线方法的特点

1) 消弧线圈并联中电阻，综合了中性点谐振接地和电阻接地 2 种接地方式的优点，既保证了准确选线的优点，又可以减少接地点残流，限制弧光接地过电压。

2) 与其它方法相比，对非金属性单相接地故障的选线更准确。

3) 不需要准确判断零序 TA 的极性，对极性难以判断的出线也可以正确选线。

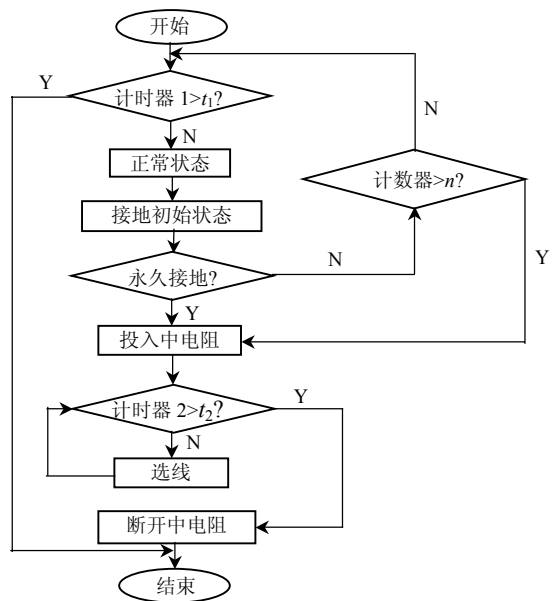


图 1 快速中电阻选线流程

4) 可以对线路间歇性放电、频繁短时接地故障进行及时准确的选线，这对于故障的预防和判断起到了很重要的作用。

3 快速中电阻选线方法的应用

3.1 实现快速中电阻选线方法的系统接线

快速中电阻选线方法是在常规的自动跟踪消弧补偿及选线成套装置基础上，增加 1 个真空接触器、1 只中电阻以及集成在成套装置控制器中的选线软件进行选线，其原理接线如图 2 所示。图中：IW、ZR 分别为真空接触器和中电阻。

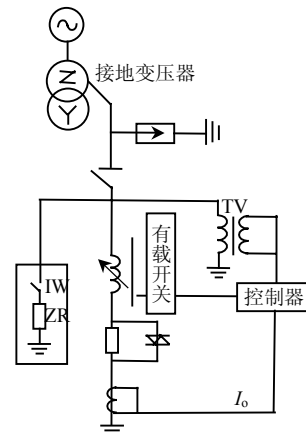


图 2 快速中电阻选线原理接线图

3.2 并联中电阻快速选线方法在系统中的应用

并联中电阻选线方法主要解决谐振接地系统的瞬时性接地故障选线问题，这种瞬时性接地故障有 2 种情况：

1) 偶然因素造成的，如风吹动树枝造成对导线的短暂碰触，瓷瓶表面脏污绝缘下降造成对地放

电, 变电所内的小动物活动造成接地等。此类故障消失后, 系统自动恢复正常, 基本上不需要人为干预和处理。

2) 间歇性发生的, 其产生原因多是电缆老化、损伤以及接头绝缘下降等。此类故障往往在某一线路的薄弱点连续发生, 使该薄弱部位的绝缘不断恶化, 进而发展成永久性故障。因此, 对这种间歇性瞬时接地故障进行准确、及时的选线, 及早发现故障隐患十分必要。

当电网类别和电压等级不同时, 中电阻阻值的选取范围见表 1。

表 1 电网类别和电压等级不同时中电阻阻值的选取

额定电压/kV	电网类别	电容电流/A	电阻阻值/ Ω
6	企业电网	10~50	40~250
10	企业电网	20~70	70~300
10	城市电网	70~200	80~350

我们在实际电网中进行了金属性接地和模拟 100、200、500 Ω 电阻接地试验, 选线成功率达到 100%。图 3 为模拟 200 Ω 电阻接地时的故障线路与非故障线路的零序电流试验波形。

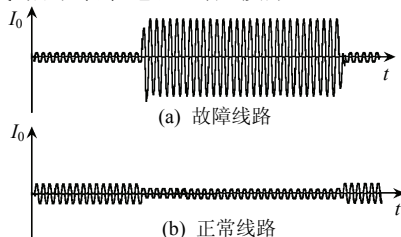


图 3 采用快速中电阻选线方法得到的试验波形

4 结论

1) 当谐振接地系统发生接地故障时, 传统的选线方法不能保证选线的正确性, 并联中电阻选线方法适用于对谐振接地系统进行选线。

2) 对于瞬时单相接地故障, 一般的并联中电阻选线方法并不适用, 通过模拟试验快速中电阻选线方法能可靠地选出故障线路。

3) 针对不同种类的配电电网, 快速中电阻选

线方法并联中电阻的阻值应当选取。

参考文献

- [1] 要焕年, 曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [2] 王东. 消弧线圈并联电阻接地在城市配网中的应用[J]. 江苏电机工程, 2005, 24(3): 31-33.
- [3] 要焕年, 曹梅月. 谐振接地技术新发展[J]. 中国电力, 2000, 33(10): 55-57.
- [4] 戴克铭. 配电系统中性点接地方式的分析[J]. 电网技术, 2000, 24(10): 52-55.
- [5] 李达义, 陈乔夫, 贾正春. 基于磁通可控的可调电抗器的新理论[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(2): 116-120.
- [6] Clerlaville J P, Juston P, Clement M. Extinguishing faults without disturbances compensation coil self-clears three or four faults[J]. Transmission & Distribution World, 1997, 8(2): 52-62.
- [7] 陆国庆, 姜新宇, 梅中健, 等. 配电网中性点接地新途经[J]. 电网技术, 2004, 28(2): 35-38.
- [8] 郝玉山, 高曙, 杨以涵, 等. MLN 系列小电流接地微机选线装置动作原理[J]. 电力情报, 1994(2): 7-11.
- [9] 唐艳波. 10 kV 配电网单相接地电容电流补偿方式的研究[J]. 电力自动化设备, 1999, 19(4): 52-55.
- [10] 张立华, 徐文立. 小接地电流系统单相接地故障选线的一种算法[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 1998, 38(9): 75-76, 81.
- [11] 潘克勤. 补偿电网正常运行时的中性点位移与消弧线圈的消谐运行[J]. 东北电力技术, 1995(9): 52-54.
- [12] Hanninen E, Iehtonen M. Characteristics of earth faults in electrical distribution networks with high impedance earthing[J]. Electric Power System Research, 1998(44): 155-161.
- [13] 张艳霞, 陈超英, 赵杰辉, 等. 配电网单相接地故障选线的一种新方法[J]. 电网技术, 2002, 26(10): 21-24.
- [14] 陆国庆, 姜新宇. 快速消弧和快速选线的配电网中性点理论接地运行模式研究[C]. 2006 年中国国际供电会议, 2006.
- [15] 陈维江, 蔡国雄, 蔡雅萍, 等. 10 kV 配电网中性点经消弧线圈并联电阻接地方式[J]. 电网技术, 2004, 28(24): 56-60.



明志强

收稿日期: 2009-03-25.

作者简介:

明志强(1970—), 男, 工程师, 主要从事电网高压技术等方面的研究工作, E-mail: mzzq13579@vip.sina.com;

许虎(1970—), 男, 工程师, 主要从事电网绝缘技术及变压器等方面的研究工作。

(责任编辑 李兰欣)

世界首个 800 kV、700 万 kW 级 6 英寸晶闸管换流阀通过全部型式试验

2009 年 5 月 27 日, 向家坝—上海 ± 800 kV 特高压直流示范工程奉贤换流站 800 kV、700 万 kW 级 6 英寸晶闸管换流阀顺利通过全部型式试验, 各项参数指标均达到或超过了合同技术要求。该换流阀由国内外共同研制(许继集团供货, ABB 公司提供技术支持), 是目前世界上容量最大的换流阀, 额定电压 800 kV, 额定电流 4 kA, 单个 12 脉动换流器换流容量达 180 万 kW, 采用了最新研制成功的 6 英寸、8.5 kV、4 kA 大功率晶闸管器件, 采用全新结构设计。本次型式试验系统、严格地考核了换流阀各个元件及 6 英寸晶闸管器件在各种严酷运行工况下承受电流/电压应力的能力以及绝缘承受能力, 验证了换流阀冷却水路、绝缘悬吊结构的绝缘性能, 以及阀厅中各种空气间隙设计的合理性。试验的顺利通过, 充分证明了 800 kV、700 万 kW 级 6 英寸晶闸管换流阀技术路线的可行性, 将极大地推动特高压直流输电技术的发展与应用。