

一种 GIS 故障快速定位方法

王 一, 黄 超, 顾水平, 吴建伟

(国网浙江省电力公司检修分公司, 杭州 311232)

摘 要: GIS 因其诸多优点近年来获得了广泛应用, 与此同时, GIS 发生故障时, 故障点的查找、隔离及电网恢复都比敞开式设备复杂。通过分析 GIS 故障时的保护动作行为以及母线故障零序电流的分布特点, 提出了一种 GIS 故障快速定位方法, 该方法采集信息少、分析简便。通过 2 起 GIS 母线故障案例验证了该方法的有效性, 发现通过该方法, 可缩小故障查找范围, 尽快恢复系统安全稳定运行。

关键词: GIS; 故障定位; 母线故障; 零序电流

中图分类号: TM595

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2017)02-0043-04

A New Method of Rapid GIS Fault Location

WANG Yi, HUANG Chao, GU Shuiping, WU Jianwei

(State Grid Zhejiang Maintenance Branch Company, Hangzhou 311232, China)

Abstract: Due to its advantages, GIS (gas insulated switchgear) has been widely used in recent years. Mean-time fault point location, separation of GIS and power grid restoration are more complicated than that of open type devices in the case of faults. By analysis on the behavior of protection action and distribution characteristics of zero-sequence fault bus current, a rapid GIS fault location method is proposed, which collects less information and is simple and easy for analysis. Through two examples of bus faults, the method is proved effective; besides, the method can narrow fault detection range and restore operation safety and stability of the system as quickly as possible.

Key words: GIS; fault location; bus fault; zero-sequence current

0 引言

GIS(气体绝缘组合电器)由断路器、隔离开关、接地开关、母线、TA(电流互感器)、TV(电压互感器)、避雷器、套管等诸多电器设备组合而成, 因其系统性强、集成度高、占地面积小、检修周期长、不受环境干扰及安装周期短等诸多优点, 近年来获得了越来越广泛的应用^[1]。特别是 1 000 kV 特高压工程中, 由于外绝缘设计可靠性和占地面积小等原因, GIS 更是成为了不二选择^[2-4]。但是近年来 GIS 设备故障时有发生, 并且故障率持续上升。相比其他电器设备, GIS 故障类型复杂, 并且一旦发生故障, 其影响范围较大^[2]。当母线及其相邻元件内部发生故障后, 因外观无恙, 难以凭肉眼直接查找故障点, 需要通过逐个检测各气室 SF₆ 气体的含量进行故障点定位, 工作量巨大, 工作效率低, 电网恢复时间长, 特别是对于 1 000 kV 特高压工程, 母线持续非正常停运将严重影响电网系统的安全稳定运行。因

此, 有必要对 GIS 母线故障进行分析, 寻求一种故障点快速定位方法, 缩短故障恢复时间, 保证电网的安全稳定运行。

文献[5]提出了一种通过保护动作电流定位 1 000 kV GIS 故障点的方法, 但是该方法需采集全站所有间隔故障电流, 而且应用不直观。以下对该方法进行优化, 考虑到 GIS 设备构造特点, 且绝大多数故障为接地故障, 故可以仅采集故障母线所连支路的零序电流, 通过简便分析便可进行快速精确的故障定位。

1 通过零序电流快速定位 GIS 故障点

1.1 GIS 故障保护动作分析

GIS 内任一电站设备发生故障都会引起保护动作, 并且不同点发生故障保护动作行为有所不同。下面以 3/2 接线保护为例说明。

1.1.1 母线故障(K1 点)

若图 1 中母线 K1 点发生故障, 在母线差动保护范围内, 母差保护动作。

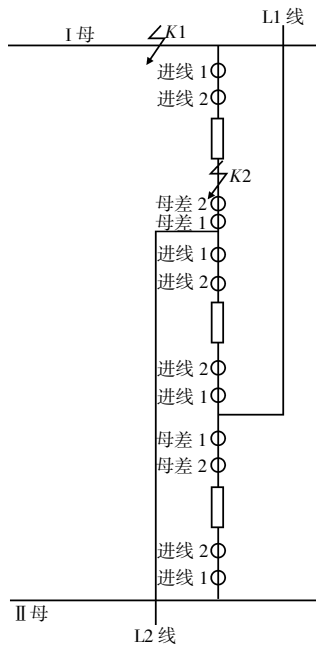


图1 3/2接线GIS设备保护TA配置

1.1.2 TA与开关之间死区故障(K2点)

若图1中K2点发生故障，在母线差动保护与线路保护范围内，母差保护与线路保护将会同时动作。

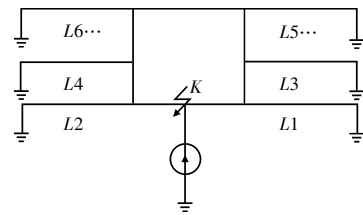
因此可以通过线路保护是否与母差保护同时动作，确定故障发生在母线上还是开关死区。如果是死区故障，那么故障点就在开关与TA之间，定位较为精确；如果是母线故障，由于母线范围广，气室多，还需进一步精确定位。

1.2 GIS母线故障零序电流分布估算

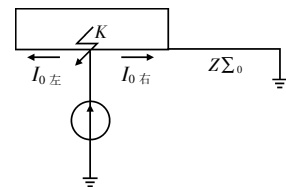
零序网络具有网架结构相对稳定、不受过渡电阻和负荷分量影响的特点。由于零序电流的故障特征量更为明显，因此采用零序电流进行故障点定位较全电流估算更为精确。

鉴于GIS设备本身阻抗相对系统阻抗要小得多，故假设GIS设备阻抗为0，在此前提下得到经简化处理的零序网络如图2所示。零序电源作用在故障点K处，假设该变电站有L1—L6共6条零序分支。

图2(a)表示在故障点作用一个零序电动势，零序电流经零序支路L1—L6流入大地；图2(b)在图2(a)基础上进一步简化，将各零序支路等效简化后合并为零序总支路，忽略GIS设备阻抗，那么在故障点左右两侧的零序电流将平分，为零序总电流的1/2，即：



(a)零序等效网络



(b)分支等效后的零序等效网络

图2 GIS母线故障零序等效网络

$$I_{0左} = I_{0右} \quad (1)$$

根据母线故障点的不同，可进一步划分成2种情况。

1.2.1 靠母线侧设备故障的零序电流分布

图3表示3/2接线的母线，支路2所在的母线分支发生故障，各支路的零序电流分布。故障可能发生在该支路的母线侧隔离开关、接地开关或者预留开关间隔。

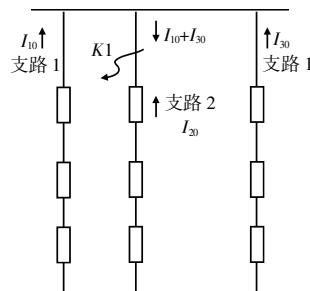


图3 靠母线侧设备故障的零序电流分布

因故障点两侧电流相等，由式(11)可以得到式(2)：

$$I_{20} = I_{10} + I_{30} \quad (2)$$

式中： I_{10} 、 I_{20} 、 I_{30} 分别为支路1、2、3的零序电流。

考虑到实际GIS内部阻抗的影响，故障点左右两侧支路的零序电流并不绝对相等，因此得到式(3)：

$$I_{k0} = \sum_{i=1, i \neq k}^n I_{i0} \quad (3)$$

式中： I_{k0} 为第k个故障支路零序电流； I_{i0} 为第i

个非故障支路零序电流。

即故障支路零序电流约等于该母线上其他非故障支路零序电流之和。

1.2.2 母线气室故障的零序电流分布

图4表示3/2接线的母线在母线气室发生故障时各支路的零序电流分布。

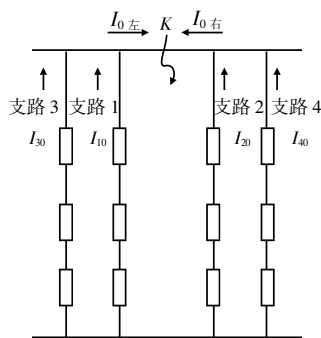


图4 母线气室故障的零序电流分布

因故障点两侧电流相等, 由式(1)可得到:

$$I_{10} + I_{30} = I_{20} + I_{40} \quad (4)$$

式中: I_{10} , I_{20} , I_{30} , I_{40} 分别为支路1, 2, 3, 4的零序电流。

考虑到实际GIS内部阻抗的影响, 故障点左右两侧支路的零序电流并不绝对相等, 因此有:

$$\sum_{i=1}^n I_{i0} \approx \sum_{j=1}^m I_{j0} \quad (5)$$

式中: I_{i0} 为故障点左侧第*i*个支路零序电流; I_{j0} 为故障点右侧第*j*个支路零序电流。

1.3 GIS 母线故障快速定位方法

GIS 母线故障快速定位步骤如下:

(1) 通过保护动作为判定故障在开关死区还是在母线上, 若仅母差保护动作, 那么故障点在母线上, 需进一步精确定位。

(2) 通过故障录波图记录故障母线上各支路的零序电流。

(3) 找出最大零序电流所在支路。

(4) 比较其余支路零序电流, 若其余支路零序电流总和 \approx 支路最大零序电流, 那么最大零序电流所在支路即为故障支路, 故障点在该支路TA至母线之间, 转入步骤(6), 否则转步骤(5)。

(5) 若不满足步骤(4)估算结果则判断故障点在母线气室, 将母线气室分段, 分别估算每段母线零序电流是否满足式(5), 吻合度最高的分段

母线气室即为故障点。

(6) 对故障点相关气室进行SF₆气体检测分析, 准确定位故障点。

(7) 对故障间隔进行隔离, 恢复母线运行。

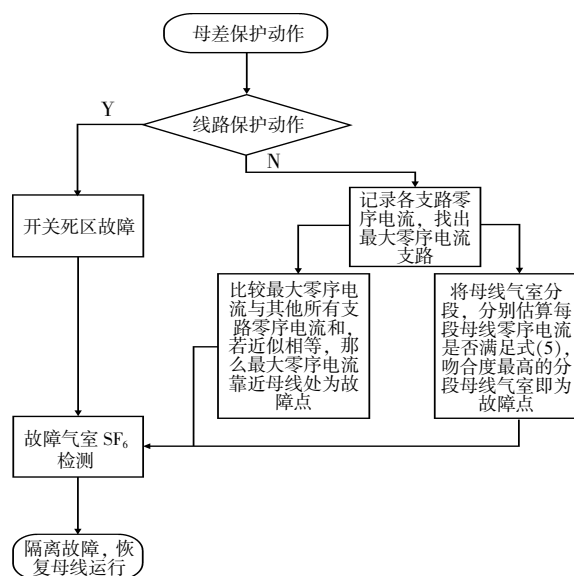


图5 GIS 母线故障定位流程

2 案例分析

2.1 案例一

2014年, 某特高压变电站1000kV II母发生C相接地故障, 第一套、第二套母差保护正确动作, 线路保护未动作, 母线各支路零序电流见图6, 因此可判断故障点在母线上, 需进一步定位。

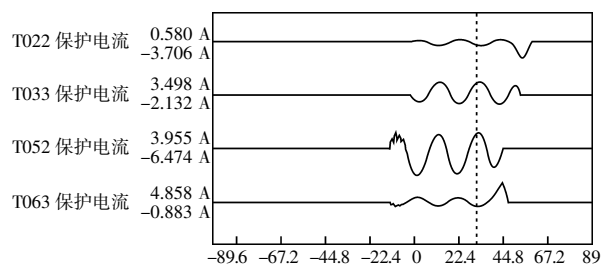


图6 案例一故障母线各支路零序电流录波

(1) 根据故障录波图读取零序电流, 选取故障1个周波之后的零序电流, 按照TA极性调整相位, 得到零序电流分布如图7所示。

(2) 找出最大零序电流所在支路为T052支路。

(3) 经比较发现T052支路电流与其它支路电流总和近似相等。

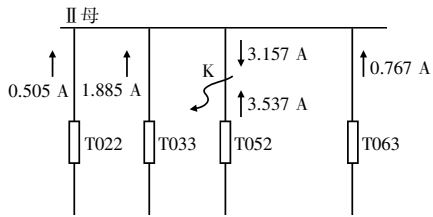


图7 案例一故障母线各支路零序电流分布

(4)对 T052 支路相关母线气室进行 SF₆ 气体检测分析,在对预留 T053 开关间隔 C 相 5 号气室(位于 T0522 隔离开关 C 相与 T0532 隔离开关 C 相之间)进行检测时发现异常分解物,由此可确定,预留 T053 开关间隔 C 相存在故障。

(5)对故障间隔进行隔离,恢复母线运行。

2.2 案例二

2015 年,某特高压变电站 1 000 kV I 母发生 C 相接地故障,第一套、第二套母差保护正确动作,线路保护未动作,母线各支路零序电流见图 8,因此可判断故障点在母线上,需进一步定位。

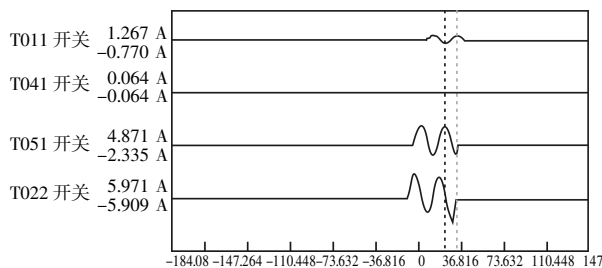


图8 案例二故障母线各支路零序电流录波

(1)根据故障录波图读取零序电流,选取故障 1 个周波之后的零序电流,按照 TA 极性调整相位,得到零序电流分布如图 9 所示。

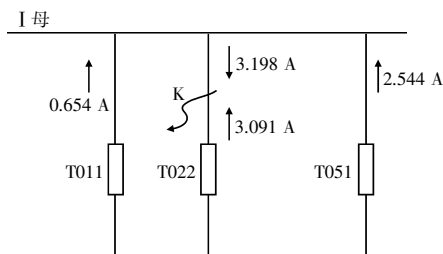


图9 案例二故障母线各支路零序电流分布

(2)找出最大零序电流所在支路为 T022 支路。

(3)经比较发现 T022 支路电流与其它支路电流总和近似相等。

(4)对 T022 支路相关母线气室进行 SF₆ 气体检测分析,在对预留 T021 预留间隔 C 相 6 号和 8 号气室(位于 T0211 隔离开关与 T0221 隔离开关之间)进行检测时发现异常分解物,由此可确定,预留 T021 开关间隔 C 相存在故障。

(5)对故障间隔进行隔离,恢复母线运行。

3 结语

提出了一种 GIS 故障快速定位方法。首先通过分析故障时的保护动作行为确定是母线故障还是开关死区故障。若是母线故障,通过进一步分析母线故障时母线所连各支路的零序电流分布特点,快速判断故障点所在位置。最后以 2 起 GIS 母线故障案例加以佐证。结果表明,通过该方法可缩小故障查找范围,节省时间,提高工作效率,有助于尽快恢复系统安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 罗学琛.SF₆ 气体绝缘全封闭组合电器(GIS)[M].北京:中国电力出版社,1999.
- [2] 崔杨柳,马宏忠,王涛云,等.基于故障树理论的 GIS 故障分析[J].高压电器,2015,51(7):125-129.
- [3] 李乃永,张辉,苏欣,等.气体绝缘全封闭组合电器母线跳闸快速恢复方案[J].电力系统自动化,2015,39(22):170-175.
- [4] 李乃永,张美玲,王昕,等.实现 GIS 故障精准辨识切除及自动恢复供电的母线保护新原理[J].电网技术,2015,39(10):2965-2971.
- [5] 赵晓明,余志慧.通过保护动作电流定位 1 000 kV GIS 故障点的实例分析[J].浙江电力,2014,33(9):6-9.
- [6] 姜炯挺,邵先军,周建平,等.一起 GIS 支柱绝缘子内部击穿故障的定位与分析[J].浙江电力,2015,34(8):4-8.
- [7] 李秀广,郭荣坤,马波,等.一起 110 kV 变电站 GIS 绝缘子故障定位分析[J].电气技术,2016(12):162-166.
- [8] 张浩,吴凯,管敏渊,等.一起 GIS 设备 SF₆ 气体泄漏故障的分析与处理[J].浙江电力,2016,35(9):35-38.

收稿日期:2016-12-01

作者简介:王 一(1985),女,工程师,从事电力系统继电保护工作。

(本文编辑:方明霞)