

Research on Fault Location Method of GIS Busbar Based on Fault Current Distribution

Kaiyuan Duan¹, Ting Wang¹, Shangfeng Lai¹, Xiaobo Jin², Xinhua Xu²

¹Zhejiang Electric Power Maintenance Company, Hangzhou Zhejiang

²Beijing Join Bright Digital Power Technology Co., Ltd., Beijing

Email: 761443032@qq.com

Received: Feb. 12th, 2016; accepted: Feb. 26th, 2016; published: Mar. 4th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The requirement of the capability of isolating faults rapidly after GIS busbar faults happen is enhanced due to the increasing number of the gas insulated switchgears (GIS equipment) which are used in the substation. However SF₆ micro-water test method so far is greatly influenced by external environment, which is time-consuming and cannot locate to the point of failure quickly. Therefore, we research on the principle of faults location and the measures that we take when GIS busbar failure occurs, and propose the existing problems and the ideas for improvement, according to the software for locating the GIS busbar faults developed by a power dispatching unit based on the analysis of fault current distribution in this paper.

Keywords

GIS Busbar, SF₆ Micro-Water Test Method, The Fault Current Distribution

基于故障电流分布的GIS母线故障定位方法的研究

段开元¹, 王艇¹, 赖尚峰¹, 金小波², 徐信华²

¹国网浙江省电力公司检修分公司, 浙江 杭州

²北京中恒博瑞数字电力科技有限公司, 北京

Email: 761443032@qq.com

收稿日期：2016年2月12日；录用日期：2016年2月26日；发布日期：2016年3月4日

摘要

随着采用气体绝缘开关设备(即GIS设备)的变电站越来越多,对于GIS母线发生故障后快速隔离故障能力的要求也越来越高,而目前采用的SF₆微水测试法受外部影响较大,费时费力且无法快速定位到故障点。本文针对以上问题,根据某电力调度单位基于故障电流分布研发的GIS母线故障定位软件,研究了其故障定位原理及当GIS母线发生故障时采取的措施,并提出了存在的问题及改进的思路。

关键词

GIS母线, SF₆微水测试法, 故障电流分布

1. 引言

在电力网络中,母线设备起着汇聚和分配电能的作用,对电力系统的安全稳定运行具有至关重要的作用。母线一旦发生故障,将会对电网和用户产生极大地影响,有可能造成性质非常恶劣的停电事故,必须尽快查找、隔离故障,恢复电网正常运行。

目前,由于采用气体绝缘开关设备(即GIS设备)的变电站越来越多,当GIS母线发生故障后,故障现象一般都不明显,所以很难查找定位故障点的位置。目前比较有效的方法是对母线气室逐个进行SF₆微水测试[1],检测故障气体,但这种方法受故障气体扩散速度、检测设备、人员等影响比较大,需要耗费相当多的人力物力,且短时间内找到故障并将其隔离困难也很大。

本文针对使用SF₆微水测试法定位GIS母线故障,费时费力且短时间内很难找到故障并将其隔离的问题,根据某电力调度单位基于故障电流分布研发的GIS母线故障定位软件,研究分析了此GIS母线故障定位软件的故障定位原理及GIS母线发生故障后的处理措施。

2. 故障电流分布定位故障原理

根据电路的基本原理,GIS母线发生故障后,故障电流的分布是有一定规律的。若已知母线各气室、断路器、隔离开关的电气参数及连接关系,假设各气室发生故障,则根据电路学知识可以很简单的计算出各气室发生故障时的故障电流分布[2],将各故障电流分布与故障时录波器所录故障电流进行比较,对比结果最接近的假设故障点就是定位的故障点。

以母线 $\frac{3}{2}$ 接线为例,GIS母线故障后故障电流分布原理如图1所示。

如图1所示,I母上的气室为Q0~Q5,II母上的气室为Q0~Q4,断路器T₀₁₁、T₀₁₂、T₀₁₃连接于I母和II母的Q0气室,断路器T₀₂₁、T₀₂₂、T₀₂₃连接于I母和II母的Q3气室,当II母Q2气室发生故障时,流过各出线及断路器的故障电流分布如图1所示,根据电路基本原理可知:流入某节点的电流等于流出该节点的电流。故可知图1各分布电流满足以下的关系:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_{T3} - \dot{I}_{T2} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{T1} + \dot{I}_{T2} \\ \dot{I}_3 = \dot{I}_{T6} - \dot{I}_{T5} \\ \dot{I}_4 = \dot{I}_{T4} + \dot{I}_{T5} \end{cases} \quad (1)$$

在已知各气室、断路器及隔离开关电气参数的情况下，将故障时的故障录波器测出的各出线电流 i_1 、 i_2 、 i_3 、 i_4 当作恒流源，假设两条母线的各气室发生故障，根据式(1)的关系使用计算机可以很简单的算出各气室发生故障时流过各断路器的电流 i_{T1} 、 i_{T2} 、 i_{T3} 、 i_{T4} 、 i_{T5} 、 i_{T6} ，将根据出线电流算出的各断路器电流与故障录波器测出的各断路器电流进行比较，比对结果最接近的假设故障点的就可以认为是 GIS 母线的故障点。

3. 母线故障时系统处理措施

本 GIS 母线故障定位软件中的母线一次模型是根据 GIS 母线实际结构人工绘制，且可以录入各元件的电气参数，并可以设置各断路器的分合状态。

假设某母线的结构和图 1 一样，在故障时的开关方式为： T_{011} 、 T_{012} 、 T_{013} 、 T_{021} 闭合、 T_{022} 、 T_{023} 断开，则该母线一次模型如图 2 所示。

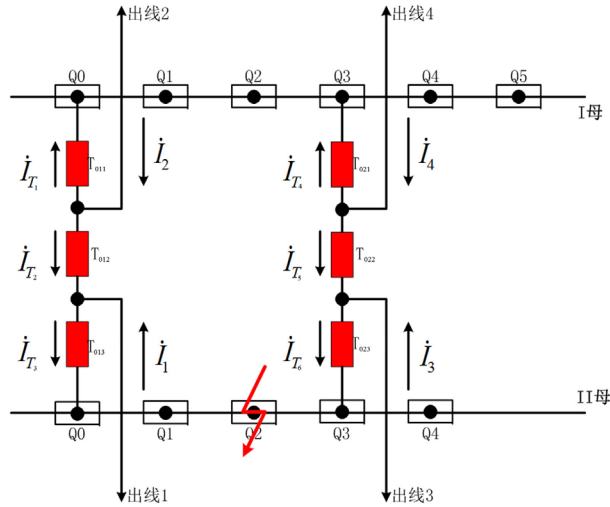


Figure 1. The schematic diagram of GIS busbar fault current distribution
图 1. GIS 母线故障电流分布原理简图

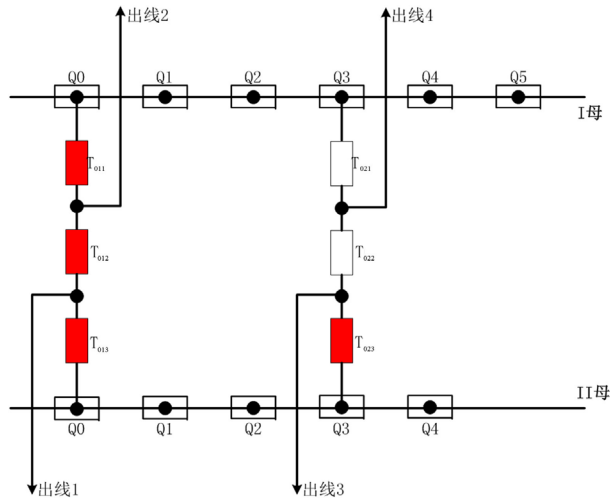


Figure 2. The diagram of GIS busbar structure
图 2. GIS 母线结构示意图

当母线上某个气室发生故障后，使用本软件定位故障点的处理过程为：获取故障信息、假设故障点计算、故障点定位。

3.1. 获取故障信息

当 GIS 母线发生故障，故障录波器将启动录波，各出线及断路器的故障信息将保存在故障录波文件之中，但录波文件中除了这些故障信息外，还包含很大一部分无用的数据。

本 GIS 母线故障定位软件通过元件名称匹配录波文件中的数据[3]，将假设故障点计算需要用到的数据从录波文件读取到软件中。如：流过 T_{011} 的故障电流是从录波文件中对应于元件名称为 T_{011} 的故障信息中读取。假设读取的各元件信息如表 1 所示。

3.2. 假设故障点计算

将所有断路器及出线的故障电流读取完毕后，根据图 2 所示的结构模型即可进行假设故障点计算。

分别假设 I 母 Q0、Q1…至 II 母 Q4 发生故障，根据表 1 所有出线的故障电流，计算出各气室故障情况下的所有断路器电流[4]，并与表 1 所有断路器电流比对，计算出幅值及角度偏差。

假设在 I 母 Q0 气室发生故障时计算出流过断路器 T_{023} 的 A 相电流幅值为 $a10'$ ，角度为 $\varphi a10'$ ，则：幅值偏差为：

$$\theta_1 = \frac{a10' - a10}{a10} \times 100\% \quad (2)$$

角度偏差为：

$$\varphi\theta_1 = \frac{\varphi a10' - \varphi a10}{\varphi a10} \times 100\% \quad (3)$$

根据式(2)及式(3)可以算出各断路器的电流幅值及角度偏差，并可以得出在各气室发生故障情况下的所有断路器电流最大偏差及平均偏差，如表 2 所示。

3.3. 故障点定位

本 GIS 母线故障定位软件通过将计算出的偏差度与设置的偏差度比对定位故障点，若设置的最大偏差为 3%，平均偏差为 1%，且表 2 中只有 II 母 Q2 对应的最大偏差小于 3%同时平均偏差小于 1%，则可定位故障点为 II 母 Q2 气室。

Table 1. The table of component fault information

表 1. 元件故障信息表

名称	类别	相别	幅值	角度
出线 1	出线	A	$a1$	$\varphi a1$
		B	$b1$	$\varphi b1$
		C	$c1$	$\varphi c1$
...				
T_{023}	断路器	A	$a10$	$\varphi a10$
		B	$b10$	$\varphi b10$
		C	$c10$	$\varphi c10$

Table 2. The table of fault current deviation

表 2. 故障电流偏差表

故障点	I 母 Q0	...	II 母 Q4
幅值	θ_{1m}	...	θ_{1m}
最大偏差		...	
角度	$\varphi\theta_{1m}$...	$\varphi\theta_{1m}$
最大偏差		...	
幅值	θ_{1p}	...	θ_{1p}
平均偏差		...	
角度	$\varphi\theta_{1p}$...	$\varphi\theta_{1p}$
平均偏差		...	

4. 改进思路

4.1. 存在的问题

本文第 2 章及第 3 章详细介绍了基于故障电流分布的 GIS 母线故障定位原理及处理措施，由于此方法是通过计算机计算来定位，故相比 SF₆ 微水测试法此方法具有精度高、速度快、成本低的优点。

但由于该软件是一个离线的系统，在故障发生后无法直接获取故障信息，需要人工先从故障录波器选取故障录波文件，再将该录波文件导入该 GIS 母线故障定位软件，这个过程对母线故障点定位的速度有很大的影响。故为了解决这一问题，提出了改进思路。

4.2. 改进的思路

针对 4.1 提出的问题，本文提出的改进思路为：将该 GIS 母线故障定位软件与故障录波器对接，当发生故障启动录波后，会自动将录波文件传给 GIS 母线故障定位软件，这样就可以在故障发生后，直接进行假设故障点计算，使得故障点的定位速度大大提高。

改进后，若母线发生故障导致故障录波器启动，则该 GIS 母线故障定位软件会自动获取本次录波的文件，并根据启动录波的时间点自动解析该时间点对应的各元件故障电流，基于此故障电流根据第 3 章节所介绍的处理措施就可以快速的定位到故障发生在母线上的哪一个气室。

由以上分析可知，改进后系统获取故障信息的速度比人工选取故障信息要快的多，使得故障后定位隔离故障的效率大大的提升。

5. 结语

本文主要研究了某电力调度单位基于故障电流分布研发的 GIS 母线故障定位软件，分析了其故障定位的原理及发生故障后的处理方案，并提出此方案的缺点及针对该缺点的改进思路。为相关运维人员提供了理论依据，对 GIS 母线故障后快速隔离故障并恢复电网的运行有非常重要的作用。

参考文献 (References)

- [1] 杨琪. GIL 与 GIS 母线的结构特点与应用[J]. 高压电器, 2011, 47(8): 72-74.
- [2] 彭增焰. 基于分布计算的配电网小电流故障动态分析方法[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2014.
- [3] 何赞峰, 赵冬梅, 高曙, 等. 一种基于故障录波信息的电网故障诊断方法[J]. 电网技术, 2002, 26(5): 39-43.
- [4] 张东虞. 电力系统运行中的短路故障与短路电流计算[J]. 硅谷, 2009(7): 51-53.