

# 基于 PSCAD 的 10 kV 母线电压异常故障分析

张登徐云杨松

(广东电网有限责任公司东莞供电局, 广东 东莞 523000)

**摘要:**针对一起 110 kV 变电站 10 kV 母线电压异常故障的原因进行分析,通过模拟故障时的电网工况在 PSCAD 中建立仿真模型进行分析,根据仿真结果可迅速找出故障原因,并针对 PASS 设备故障提出相应的解决方法,同时也为今后查找解决其他类似的故障提供了经验。

**关键词:**电压异常; PSCAD; PASS; 隔离开关

中图分类号: TM643 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2019)06-0078-03

DOI: 10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2019.06.016

## Analysis on Abnormal Voltage Fault of 10 kV Bus Based on PSCAD

Zhang Deng, Xu Yun, Yang Song

(Dongguan Electric Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Corporation, Dongguan 523000, Guangdong, China)

**Abstract:** The causes of an abnormal voltage fault on 10 kV bus in 110 kV substation are analyzed, and the simulation model is established in PSCAD under fault condition of power grid. The causes of fault will be found out quickly based on the simulation results, and the corresponding solutions are proposed aiming at fault of PASS, which can provide experiences for solving other similar faults in the future.

**Key words:** abnormal voltage; PSCAD; PASS; disconnector

## 0 引言

10 kV 母线电压异常偏高或偏低是电力系统中较常见的故障之一,通常是由于系统有相间或相对地短路故障引起<sup>[1-2]</sup>,而因变压器高侧设备故障引起 10 kV 侧电压波动的情况一般不多。

下面分析所涉及到的接插式开关电器(plug and switch system, PASS)是一种介于敞开式设备与气体绝缘开关设备(gas insulated switchgear, GIS)之间的新型户外封闭式组合电器。因其占地面积小、结构简单、可靠性高、维护工作量小等优点,在电力系统中的应用较为广泛<sup>[3-6]</sup>。但由于 PASS 设备部件大多为内置式,其在发生故障前的某些潜移特征或表现很难被发现,因此当其内部有某些隐患或缺陷时,其较敞开式设备往往更容易造成故障扩大化<sup>[7]</sup>。

• 78 •

## 1 缺陷情况

某检修人员在某 110 kV 变电站进行 3 号主变压器高压侧、中性点套管加装防雨罩以及 3 号主变压器高压侧、中性点避雷器高压端子接线板更换工作,完成后经运行人员验收合格,将 3 号主变压器及低压侧 3M 母线送电,送电后无异常情况。当日,运行人员在集控中心监测时发现变电站 10 kV 3M 母线电压波动,其中 A、B 相电压显著降低(3 kV 左右),主变压器高压侧线路电压正常,并随后出现“10 kV 3M 母线接地”故障信号,但转由 2 号主变压器带 10 kV 3M 母线负荷正常,且对主变压器进行检测也无异常。

## 2 仿真分析

为查找缺陷原因,利用 PSCAD 做一个仿真计

算,按以下思路确定仿真初始条件:

1) 因 2 号主变压器带 10 kV 3M 母线负荷正常,且对主变压器进行检测也无异常,可排除 3 号主变压器本体及低压侧设备故障;因高压侧线路电压正常,可排除高压侧接地故障。

2) 根据以上情况可初步判断 3 号主变压器高压侧发生近似开路故障。为确定故障位置,按表 1 中初始条件建立不同仿真模型进行计算。

表 1 仿真初始条件

电气元件	初始条件
电源系统	理想模型 无穷大电网
输电线路	理想模型 阻抗为 0
变压器	理想模型 ,YN,d11 连接
负载	电阻性负载 50 Ω
模拟工况	主变压器高压侧近似开路

注:分别用 A、B、C 三相近似开路进行仿真,其中接触电阻分别选取千欧级(5 kΩ)、兆欧级(0.5 MΩ)及完全开路 3 个电阻值。

经过仿真计算与实际对比,最终确定了与实际情况最符合的仿真模型,即初始条件为 B 相接触电阻 0.5 MΩ,如图 1 所示。

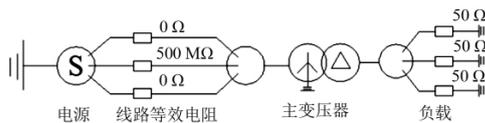


图 1 仿真模型

其仿真结果如图 2、图 3 及表 2 所示,可以看出 110 kV 主变压器高压侧 A、C 相电压正常,B 相电压下降明显;而其低压 10 kV 侧 A、B 相电压显著降低,C 相电压正常。

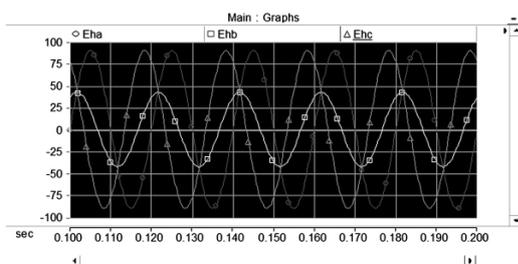


图 2 主变压器高压侧电压波形

从以上仿真分析可知,当 3 号主变压器高压侧 B 相对系统接触电阻增大至兆欧级时,其低压侧 A、B 相电压下降十分明显,与实际现象较符合,通过仿真分析为现场设备故障快速定位提供了技术支持。

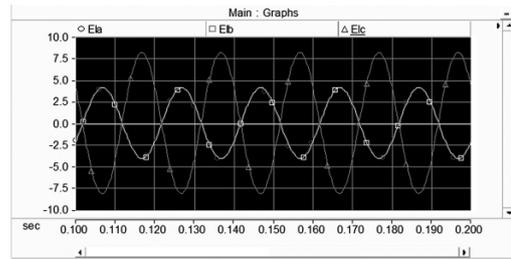


图 3 主变压器低压侧电压波形

表 2 仿真变压器高、低压侧电压峰值及有效值

测量位置	峰值/kV	有效值/kV
A 相高压侧	89.2	63.5
B 相高压侧	43.5	30.0
C 相高压侧	89.2	63.5
A 相低压侧	4.1	2.9
B 相低压侧	4.1	2.9
C 相低压侧	8.2	5.8

### 3 故障检查与处理

对 3 号主变压器高压侧进行检查,测得 3 号主变压器绝缘电阻、直流电阻、介质损耗、绕组变形、变比等各项参数均正常。继续检查 103 PASS 设备,如图 4、图 5 所示,发现当 1034 隔离开关在分闸位置,机构输出主拐臂中的对位孔与固定设置对位校正板的分闸对位孔没有对正,定位销不能插入,由此初步判断该 1034 隔离开关的电动机构分闸输出行程不足。当 1034 隔离开关在合闸位置,合闸对位孔与主轴上的对位孔未能对齐,初步分析该 1034 隔离开关的电动机构合闸输出行程不足,如图 6 所示。



图 4 103 PASS 设备

针对上述问题,对 103 PASS 设备进行全面解体检查,其中重点对 1034 隔离开关及其操作机构进行检查,关键是检查机构动作及其输出行程,机构输出连接、隔离开关连杆及轴销连接、本体调节盘及其轴

封、本体传动主轴及其连接、本体动静触头及其装配等位置,排查隔离开关合闸导致不到位的卡阻、摩擦、行程消耗的根本原因。

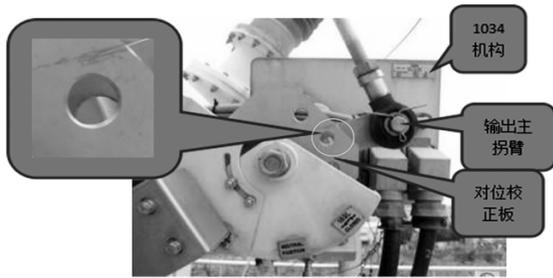


图5 1034 隔离开关合闸对位情况



图6 1034 隔离开关分闸对位情况

1034 隔离开关 B 相重轴连接部位如图 7 所示。

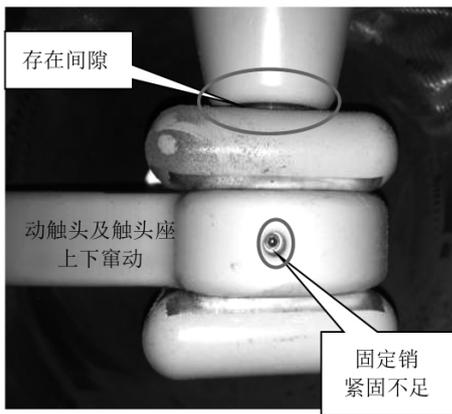


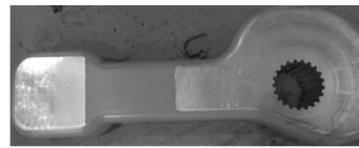
图7 1034 隔离开关 B 相主轴连接部位

图7显示B相触头与旋转绝缘子有较大缝隙,B相触头杆端部摆动幅度检测约为±2mm。解体过程发现其固定销紧固不足,触头经手摇,有明显窜动现象。

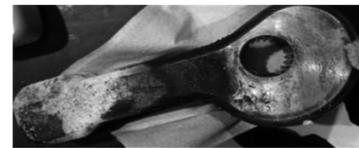
1034 隔离开关动触头烧损情况如图8所示。从图中可以看出,三相动触头均有放电痕迹;B相动触头杆颜色较深,动触头靠合闸方向一端两侧的接触面烧蚀严重,烧伤面及深度均达1/3。

1034 隔离开关静触头烧损情况如图9所示:三相静触头座及其内嵌表带均有烧伤,其中A、C相静触头表带颜色较深显示过热痕迹,B相静触头烧蚀

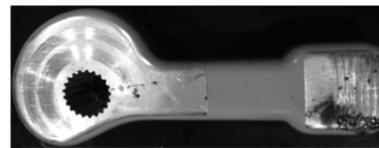
严重,往合闸方向一侧表带及触头座工装角烧蚀量达1/3,为接触不良导致的导电部位烧蚀。



(a) A 相



(b) B 相



(c) C 相

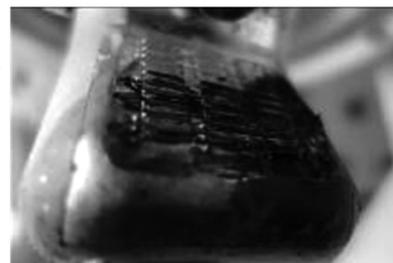
图8 1034 隔离开关动触头烧损情况



(a) A 相



(b) B 相



(c) C 相

图9 1034 隔离开关静触头烧损情况

(下转第87页)

考虑借鉴锦屏换流站的软件逻辑,在两组 HP3 同时不可用时,使用其他类型滤波器组代替运行,并研究在这种情况下 3 次和 5 次谐波对电网的危害和影响程度,分析在不消除 3 次和 5 次谐波分量的情况下直流满负荷时是否可以长时间运行。

参考文献

[1] 赵晚君. 高压直流输电工程技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.

[2] 邓艳平, 杨秀, 张美霞, 等. ±800 kV 向上直流换流站交流滤波器的配置与控制 [J]. 高压电器, 2017, 53(2): 8-13.

[3] 浙江大学发电教研组直流输电教研组编. 直流输电 [M]. 北京: 电力工业出版社, 1982.

[4] 许鸿飞, 刘晓波, 刘源, 等. 酒湖工程无功控制功能浅析及优化建议 [J]. 湖南电力, 2017(增刊 1): 83-87.

[5] 吕飞孔, 白雪松, 杨开黎, 等. 黑河换流站 HP3 滤波器保护动作原因分析 [J]. 黑龙江电力, 2012, 34(4): 312-315.

[6] 胡宇洋, 余珊珊. 德阳换流站 HP3 滤波器差动保护动作原因分析 [J]. 华中电力, 2011(1): 64-67.

作者简介:

孙光宇(1984), 硕士, 工程师, 研究方向为特高压直流输电技术;

任阿阳(1986), 本科, 工程师, 研究方向为特高压直流输电技术。

(收稿日期:2019-06-12)

(上接第 80 页)

通过上述解体结果可知,1034 隔离开关 B 相内部动触头杆装配固定销不紧固,触头杆窜动导致合闸时受力卡阻,造成隔离开关三相动静触头均存在不同程度接触不良现象,其中又以 B 相为最严重,在长期接触不良发热的影响下引起烧熔触头,从而使 B 相动静触头之间产生兆欧级电阻的开路情况,并最终导致该变电站 10 kV 3M 母线电压 A、B 相电压降低,并出现“10 kV 3M 母线接地”故障。

确认故障原因后,运维人员对烧损部件进行更换,并调整隔离开关后重新进行分合闸测试行程及到位情况,确保满足相关标准要求。

4 结 语

前面针对一起因变压器高压 110 kV 侧 PASS 设备故障导致变压器低压 10 kV 侧母线电压异常的案例进行仿真分析,为快速查找故障提供技术支持。

结合仿真分析结果与现场检查情况,快速确认故障部位为 1034 隔离开关 B 相触头,并进一步确定故障发生的根本原因是 PASS 设备装配隔离开关主轴固定销紧固不足所致。针对故障原因,提出相应的处理方案,为其他同类型设备类似故障提供经验总结。

参考文献

[1] 周宣. 一起 10 kV 母线停电事故的成因分析 [J]. 华电技术, 2011, 33(10): 48-50.

[2] 余卫成, 徐剑峰. 一起非典型的 10 kV 母线单相接地故障分析 [J]. 浙江电力, 2013, 32(1): 17-19.

[3] 王喜俊, 张富刚. PASS M0 紧凑型组合电器在变电站改造中的应用 [J]. 供用电, 2010, 27(1): 57-60.

[4] 王志刚. PASS M0 在 110 kV 变电站中应用的可行性 [J]. 企业科技与发展, 2008(22): 160-162.

[5] 王喜俊, 方向. PASS M0 设备在洛阳电网中的设计与应用 [J]. 电子设计工程, 2009, 17(12): 87-89.

[6] 于长顺. 发电厂电气设备 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1991.

[7] 宋学贵, 李洋. 龙首二级水电站 PASS 故障的分析及经验教训 [J]. 水电站机电技术, 2007, 30(3): 51-53.

作者简介:

张 登(1985), 硕士研究生, 工程师, 从事变电一次设备故障诊断分析研究;

徐 云(1992), 硕士研究生, 助理工程师, 从事变电一次设备故障诊断分析研究;

杨 松(1975), 助理工程师, 从事变电一次设备故障诊断分析研究。

(收稿日期:2019-10-25)