

广州地铁 33 kV 中压 GFC30 型开关柜 误动作分析及对策

莫斌涛, 高 劲, 蒋小聪, 孙俊明, 张泰明

(广州地铁集团有限公司 运营事业总部, 广东 广州 510310)

摘 要: 介绍广州地铁中压 GFC30 型 33 kV 开关柜的结构特点, 针对其隔离开关和接地开关误动作的问题, 从机械联锁和电气联锁两方面进行分析并提出改造方案, 增强该类型 33 kV 开关运行的可靠性, 以进一步确保地铁 33 kV 供电系统的正常稳定运行。

关键词: 33 kV 开关柜; 隔离开关; 接地开关; 误动作; 联锁; 广州地铁

中图分类号: U231^{+.8} 文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2016.02.024

广州地铁供电系统中, 33 kV 中压 GFC30 型开关柜在正式投入运用后, 陆续出现隔离开关 DS 和接地开关 ES 误动作的问题。因此, 对 33 kV 中压 GFC30 型开关柜的结构特点进行分析, 有针对性地对其机械方面和电气电路进行改造研究显得十分必要。

1 33 kV 中压 GFC 型开关柜结构特点及误动作情况统计

1.1 33 kV 中压 GFC 型开关柜结构特点

广州地铁 4 号线供电系统, 从车陂南变电所至庆盛区间所变电所, 共计 16 个变电所, 共计 160 面 33 kV 开关柜, 均使用 TOSHIBA 的 GFC30 型 C-GIS 系列产品。采用 SF₆ 气体绝缘, 断路器气室安装在一个气室内, 而 DS 和 ES 则共同安装在另外一个单独气室。

其中, 与 ABB 和施耐德的 33 kV GIS 开关不同, 4 号线 33 kV 开关柜的 DS 和 ES 特点如下^[1]:

- ①不是 1 把三工位刀闸, 而是 2 把独立的快速刀闸。
- ②具有一定灭弧能力。额定短时耐受电流 25 kA 及以下, 主电路额定短路持续时间 4 s, 接地电路额定

短路持续时间 2 s。

③由各自独立的操作机构进行驱动操作。

DS 和 ES 结构侧视图中, 左边是操作机构, 右边是一次导体电路, 见图 1。

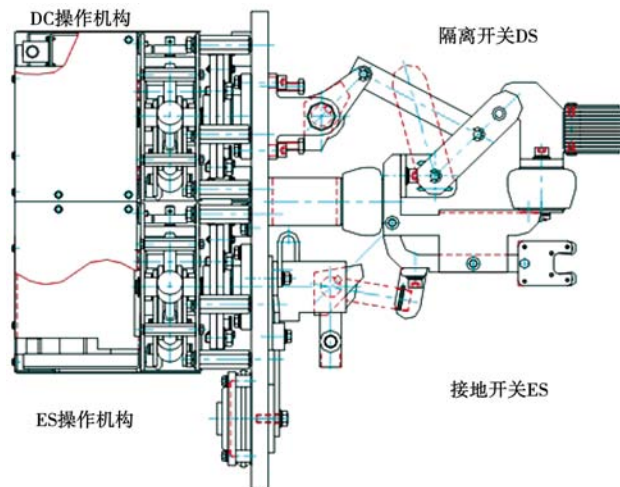


图 1 DS 和 ES 侧视图

1.2 DS 和 ES 误动作故障统计

以 2012 年 3 月广州地铁 4 号线大学城南站 1041BE 接地开关误动作为例进行分析, 当时巡检人员发现 1041BE 分位指示盘已转动, 见图 2 (上图为正常分闸位置, 下图为故障分闸位置)。

该型号开关柜自投入运用以来, 陆续出现了 DS 和 ES 误动作的情况, 见表 1。

综上故障, 可能会造成地铁 33 kV 系统直接短路接地, 或在断路器未分闸的情况下, DS 无故自动分闸, 造成系统停电的重大供电故障。



图 2 大南 1041BE 误动作现场

表 1 DS 和 ES 误动作情况清单

开关编号	DS 或 ES	误动作情况描述
海傍 1301E	ES	误将 1031E 合闸接地, 致使 33 kV 系统直接带电短路接地
庆盛 1041BE	ES	显示未定义状态, 机械位置指示盘已转动
大南 1041A	DS	检修期间电气分闸后自动合闸
官桥 1031E	ES	显示未定义状态, 机械位置指示盘已转动
兴业主 3171E	ES	显示未定义状态
官洲 1051E	ES	在 1051B 合闸的情况下, 1051BE 接地开关合闸, 导致官洲牵混所 33 kV II 段母排接地
凤凰新 1011B	DS	在断路器未分闸的情况下, DS 无故自动分闸, 造成凤凰新村 II 段母线停电

2 故障原因分析

对目前发生的同类型故障进行汇总后, 组织厂家和设计单位, 从电气联锁和机械联锁两方面进行原因分析。

2.1 电气联锁方面

正常情况下, GFC30 型开关柜内的 DS 和 ES, 电气联锁通过开关柜本体的综合继电保护装置 GRD150 进行软件内部程序联锁和外部二次接线电气联锁。

2.1.1 继电保护装置 GRD150 内部软件程序联锁^[1]

- ①真空断路器 VCB 处于合闸位置时, DS/ES 不能操作;
- ②DS (ES) 在操作过程中, VCB/ES/DS 均不能操作;
- ③DS (ES) 处于合闸位置时, ES (DS) 不能合闸;
- ④DS (ES) 手动操作和电动操作互锁;
- ⑤DS 就地操作和远程操作互锁;
- ⑥只有在电缆头 (ED) 无压、VCB 在分闸位置, 而且 DS 也在完全分闸位置时, ES 才允许合闸/分闸操作;
- ⑦ES 的分闸/合闸操作只能在当地操作, 远程不能遥控操作。

综上分析, 继电保护 GRD150 内部的软件程序联锁是非常充分和完善的, 据此可判断内部软件程序联锁不是造成 DS 和 ES 误动作的原因。

2.1.2 二次接线电气联锁分析

原 DS 二次操作电路图中 (ES 同理), 没有通过二次接线进行电气联锁。只要综合继电保护装置 GRD150 发出合闸/分闸命令脉冲, 均能直接接通 DS 操作机构的合闸/分闸电路, 从而驱动操作机构一次电路合闸/分闸, 见图 3。

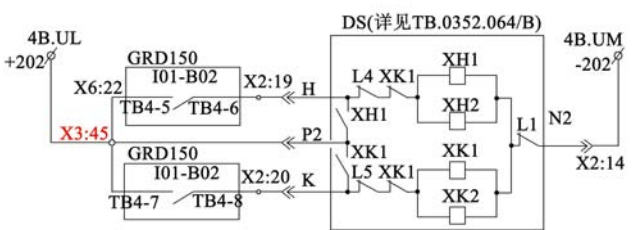


图 3 DS 二次操作电路图

所以, 原 DS 和 ES 二次操作电气电路中, 没有设置充分的二次电气联锁, 是造成 DS 或 ES 可能误动作的第 1 个重要原因。

2.2 机械联锁方面

原 ES 仅通过操作机构面板操作孔进行联锁, 即在 VCB 和 DS 均在分位情况下, 此“活门向右打开”的闭锁拉杆才能往右拉, 此时 ES 手动操作孔才能打开, 通过该方式实现联锁 (DS 同理), 见图 4。



图 4 原 DS 操作面板 (ES 同理)

在操作机构内部, 不存在机构联锁, 并且在气室内部, DS 和 ES 处于独立状态, 不存在其他机械联锁。经对广州地铁 1 号线至 8 号线其他线路已经投入使用的其他品牌的 33 kV 中压开关柜进行横向对比分析, 广州地铁 GFC30 型开关柜的 DS 和 ES 是 2 个独立的刀闸, 没有设立完全的机械联锁。所以在操作机构故障或二次回路窜电的情况下, 会造成 DS 和 ES 同时均处于合闸位置的故障状态。因此认为缺少必要的机械联锁, 是造成 DS 或 ES 误动作的第 2 个重要原因。

3 对策

经过上述分析, 原来的电气联锁和机械联锁的关系为: 电气联锁主要从综合继电保护装置的软件程序和二次接线两方面进行联锁; 而机械联锁则从一次操作机构面板进行联锁。电气联锁和机械联锁分别独立对 DS 和 ES 起联锁作用。

后续的改造重点针对增加二次接线电气联锁和机械联锁 2 个方面进行分析研究。

3.1 增加二次电路电气联锁

经过现场分析, 结合实际设备情况, 增加二次电路电气联锁。以下以 DS 二次操作电路图 (ES 同理) 为例进行说明 (见图 4^[2])。

改造后, 通过在 DS 的操作机构外部, 利用 VCB、DS 和 ES 的备用常开、常闭辅助触点, 增加二次电路联锁, 实现除 PLC 软件逻辑外的电气联锁。并且, 在不满足操作条件的情况下, 自动断开操作电路 DC 110 V 电源的正极和负极, 使 DS 和 ES 二次操作电路不会长期带电, 以进一步杜绝长期带电导致绝缘击穿的安全隐患。通过本点改造, 可以在二次接线上实现以下电气联锁^[2]: