

Analysis of Common Problems of GIS Equipment Electrical Interlock Circuit

Jiayin Du, Chen Yang, Qian Wang, Tong Shen

State Grid Jinan Power Supply Company, Jinan
Email: 5926383@163.com

Received: Sep. 5th, 2013; revised: Sep. 16th, 2013; accepted: Sep. 26th, 2013

Copyright © 2013 Jiayin Du et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: The interlock circuit of GIS equipment is very important. It is directly related to the operation of breaker and isolating switch, and affects the function of equipment. At present, we often encounter that isolating switch cannot work because of the fault in interlock circuit. This paper introduces general situation of GIS equipment and expounds the typical 220kV GIS system which is divided into: line, transformer, buscouple and PT interval. The classification and characteristics of all kinds of interlock circuit are also analyzed. Combining with the actual work, the common problems of interlock circuit are elaborated, and then the rectification measures and solutions are put forward, which are useful for dealing with related issues.

Keywords: GIS; Interlock Circuit; Breaker; Switch

GIS 设备电气联锁回路常见问题浅析

杜嘉寅, 杨 晨, 王 倩, 沈 通

济南供电公司, 济南
Email: 5926383@163.com

收稿日期: 2013 年 9 月 5 日; 修回日期: 2013 年 9 月 16 日; 录用日期: 2013 年 9 月 26 日

摘 要: GIS 组合电器设备联锁回路非常重要, 直接关系到断路器、隔离开关等的操作, 直接影响设备运行。目前经常遇到隔离开关无法操作情况, 相关原因多为联锁回路发生问题。本文详细介绍了 GIS 设备应用的大体情况, 针对典型 220 kV GIS 电气系统分为出线、主变、母联、PT 间隔分别进行了阐述, 细致分析了各类联锁回路的分类和特点, 同时结合实际工作对联锁回路常见问题进行了分析并提出了整改措施和解决办法, 对于相关问题的处理具有借鉴意义。

关键词: GIS; 联锁回路; 断路器; 隔离开关

1. 引言

GIS 组合电器即 SF6 封闭式组合电器, 它将一次设备(包括: 断路器、隔离开关、接地隔离开关、电压互感器、电流互感器、避雷器、母线、进出线套管等)组合在一个封闭整体内, 并在其内部充满 SF6 气体。具有占地少、安全可靠、环境污染小、易于安装维护等优势^[1]。

目前 GIS 组合电器已得到广泛应用, 近几年新建 220 kV 及 110 kV 变电站全部采用 GIS 组合电器形式。

GIS 组合电器与室外开放式设备不同, 无机械闭锁装置, 依靠电气联锁保证设备安全操作, 保证人身、设备及电网安全, 可以有效防止变电站一次设备的误操作。

《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》明

明确规定：

1) 切实落实防误操作工作责任制，各单位应设专人负责防误装置的运行、检修、维护、管理工作，防误装置应与相应主设备统一管理。

2) 应制定和完善防误装置的运行规程及检修规程，加强防误闭锁装置的运行、维护管理，确保防误闭锁装置正常运行。

3) 新、扩建变电工程或主设备经技术改造后，防误闭锁装置应与主设备同时投运。

4) 断路器或隔离开关电气闭锁回路不能用重动继电器，应直接用断路器或隔离开关的辅助触点。

5) 成套 SF6 组合电器出线侧应装设具有自检功能的带电显示装置，并与线路侧接地刀闸实行联锁。

6) 同一变压器三侧的成套 SF6 组合电器隔离开关和接地刀闸之间应有电气联锁。

可见，对于 GIS 电气联锁相关内容国网公司已做出明确要求，并且作为十八项电网重大反事故措施条目进行下发，所以在验收及运行维护中，对于 GIS 联锁回路应加以重视^[2]。

2. 220kV GIS 二次联锁回路

2.1. 回路功能

220 kV GIS 联锁回路中涉及一次设备包括：断路器、隔离开关以及接地隔离开关。我们需要其中某种元件的操作必须在本间隔或其他间隔元件在某种状态下才能进行，这种功能就由电气联锁回路来实现。比如：只有在断路器分闸状态下，才允许进行断路器两侧隔离开关的操作，否则断路器合闸时，隔离开关是无法进行操作的，电气联锁回路就是用来实现类似的功能^[3]。

2.2. 回路构成及原理

以某 220 kV 变电站为例进行说明，该变电站为典型 220 kV 双母线接线方式，全站 220 kV 系统采用新东北电气公司 GIS 组合电器设备，具备 220 kV GIS 组合电器系统的典型特征，图 1 为 220 kV 电气主接线图^[4]。

如图所示 220 kV GIS 二次联锁回路可以按类型分为线路、主变、母联及 PT 间隔，相同类型的间隔其联锁回路具有共通性，以下分别加以介绍：

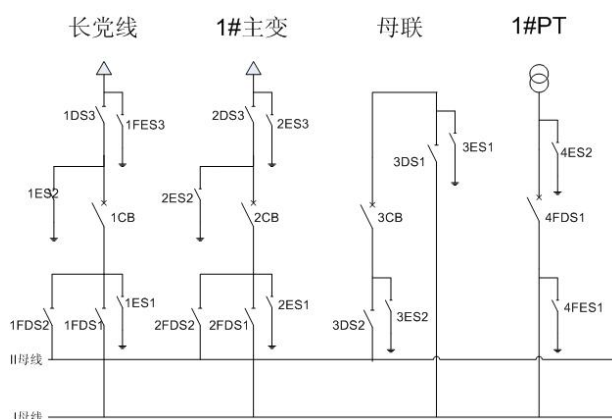


Figure 1. 220kV main electrical wiring diagram
图 1. 220 kV 电气主接线图

2.2.1. 220 kV 线路间隔

图 2 为线路间隔电气联锁图。

如图所示：

1) 断路器 1CB 不受电气联锁控制，可自由操作。

2) 1 母隔离开关 1FDS1 操作前提有三种：a) 解锁操作时；b) 母联间隔断路器和隔离开关均为合位，且本间隔 2 母隔离开关 FDS2 为合位时，此方式用于倒母线操作，即线路由 2 母转 1 母运行；c) 本间隔 2 母隔离开关为分位，且断路器 1CB、接地隔离开关 1ES1、1ES2 及 1 母 PT 间隔接地隔离开关 4FES1 均为分位时，此方式用于正常线路停送电时的分合操作，电气联锁回路的作用主要是避免带接地隔离开关合隔离开关，同时要求必须先分开断路器，才能进行隔离开关操作。

3) 2 母隔离开关 2FDS2 的电气联锁回路原理与 1FDS1 相似。

4) 线路侧隔离开关 1DS3 操作前提有二种：a) 解锁操作时；b) 本间隔断路器 1CB 及接地隔离开关 1ES1、1ES2、1FES3 均为分位时，此方式用于正常线路停送电时的操作，电气联锁回路的作用主要是避免带接地隔离开关合隔离开关，同时要求必须先分开断路器，才能进行隔离开关操作。

5) 接地隔离开关 1ES1、1ES2 操作前提有两种：a) 解锁操作时；b) 本间隔隔离开关 1FDS1、1FDS2、1DS3 均为分位时，用来保证只有间隔所有隔离开关全部拉开后，才能操作接地隔离开关 1ES1、1ES2。

6) 线路侧接地隔离开关 1FES3 操作前提有两种：a) 解锁操作时；b) 本间隔线路侧隔离开关 1DS3 为分

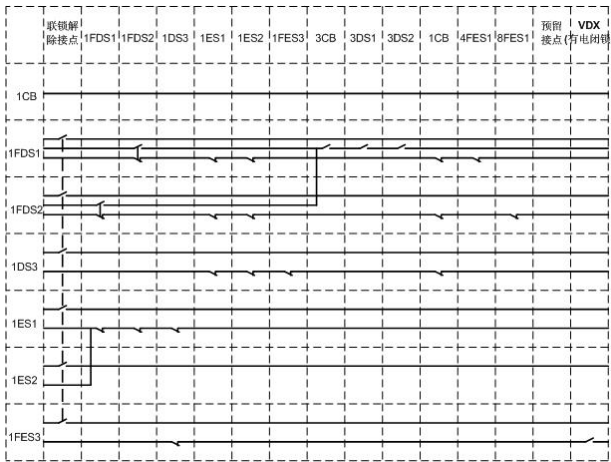


Figure 2. Line electrical interlock diagram
图 2. 线路间隔电气联锁图

位及 VDX (有电闭锁) 不动作时, 用来保证只有线路侧隔离开关分开及线路无电后, 才能操作线路侧接地隔离开关。

2.2.2.2. 220 kV 主变间隔

图 3 为主变间隔电气联锁图。

如图所示:

1) 断路器 2CB 不受电气联锁控制, 可自由操作。

2) 1 母隔离开关 2FDS1 操作前提有三种: a) 解锁操作时; b) 母联间隔断路器和隔离开关均为合位, 且本间隔 2 母隔离开关 2FDS2 为合位时, 此方式用于倒母线操作, 即线路由 2 母转 1 母运行; c) 本间隔 2 母隔离开关为分位, 且断路器 2CB、接地隔离开关 2ES1、2ES2 及 1 母 PT 间隔接地隔离开关 4FES1 均为分位时, 此方式用于正常线路停送电时的分合操作, 电气联锁回路的作用主要是避免带接地隔离开关合隔离开关, 同时要求必须先分开断路器, 才能进行隔离开关操作。

3) 2 母隔离开关 2FDS2 的电气联锁回路原理与 2FDS1 相似。

4) 线路侧隔离开关 2DS3 操作前提有二种: a) 解锁操作时; b) 本间隔断路器 2CB 及接地隔离开关 2ES1、2ES2、2FES3 均为分位时, 此方式用于正常线路停送电时的操作, 电气联锁回路的作用主要是避免带接地隔离开关合隔离开关, 同时要求必须先分开断路器, 才能进行隔离开关操作。

5) 接地隔离开关 2ES1、2ES2 操作前提有两种:

a) 解锁操作时; b) 本间隔隔离开关 2FDS1、2FDS2、

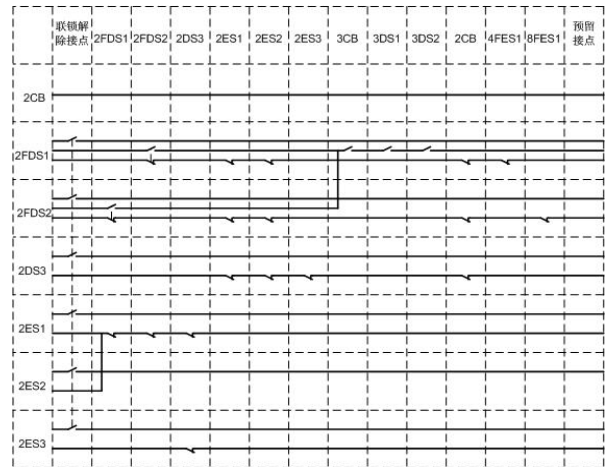


Figure 3. Main transformer electrical interlock diagram
图 3. 主变间隔电气联锁图

2DS3 均为分位时, 用来保证只有间隔所有隔离开关全部拉开后, 才能操作接地隔离开关 2ES1、2ES2。

6) 线路侧接地隔离开关 2FES3 操作前提有两种:

a) 解锁操作时; b) 本间隔线路侧隔离开关 2DS3 为分位时, 用来保证只有主变侧隔离开关分开后, 才能操作主变侧接地隔离开关。

总的来说, 220kV 主变间隔与线路间隔电气联锁回路相似, 只要把线路侧转换为主变侧即可, 同时主变间隔电气联锁回路不牵涉 VDX (有电闭锁)。

2.2.3. 220 kV 母联间隔

图 4 为母联间隔电气联锁图。

如图所示:

1) 断路器 3CB 不受电气联锁控制, 可自由操作。

2) 1 母隔离开关 3DS1 操作前提有两种: a) 解锁操作时; b) 本间隔断路器 3CB、接地隔离开关 3ES1、3ES2 及 1 母 PT 间隔接地隔离开关 4FES1 均为分位时, 其作用主要是避免带接地隔离开关合隔离开关, 同时要求必须先分开断路器, 才能进行隔离开关操作。

3) 2 母隔离开关 3DS2 的电气联锁回路原理与 3DS1 相似。

4) 接地隔离开关 3ES1、3ES2 操作前提有两种: a) 解锁操作时; b) 本间隔隔离开关 3DS1、3DS2 均为分位时, 用来保证只有间隔所有隔离开关全部拉开后, 才能操作接地隔离开关 3ES1、3ES2。

2.2.4. 220kV PT 间隔

图 5 为 1 母 PT 间隔电气联锁图。

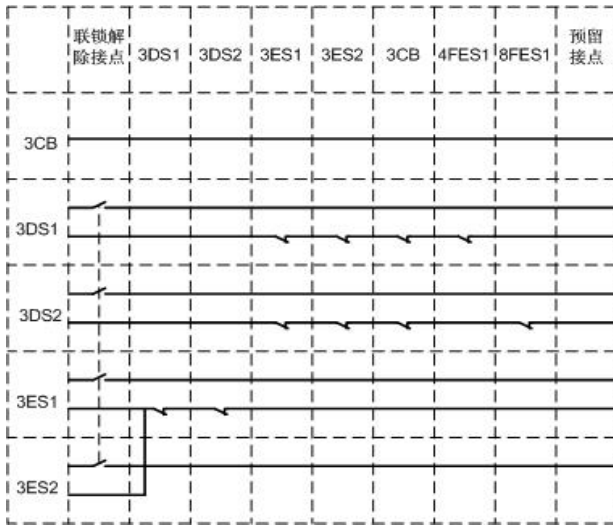


Figure 4. Coupling electrical interlock diagram
图 4. 母联间隔电气联锁图

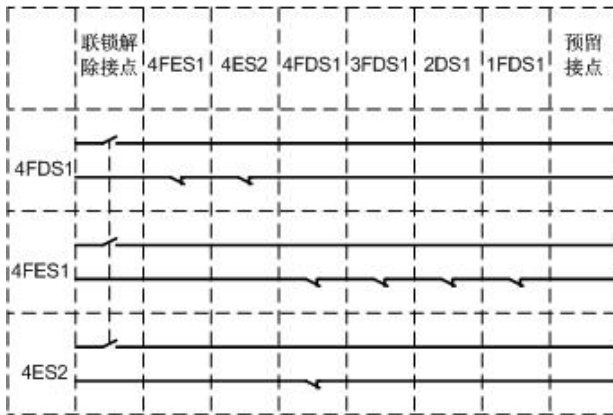


Figure 5. PT electrical interlock diagram
图 5. PT 间隔电气联锁图

如图所示:

1) 1 母隔离开关 4FDS1 操作前提有两种: a) 解锁操作时; b) 本间隔接地隔离开关 4FES1、4ES2 均为分位时, 其作用主要是避免带接地隔离开关合隔离开关。

2) 接地隔离开关 4FES1 操作前提有两种: a) 解锁操作时; b) 所有间隔(线路、主变、母联以及 PT)1 母隔离开关均为分位时, 用来保证只有 1 母线上所有隔离开关全部拉开后, 才能操作 PT 间隔的接地隔离开关 4FES1。

3) 接地隔离开关 4ES2 操作前提有两种: a) 解锁操作时; b) 本间隔隔离开关 4FDS1 为分位时, 用来保证 PT 间隔只有隔离开关 4FDS1 拉开后, 才能操作接地隔离开关 4ES2。

2.2.5. 220kV 电气联锁回路总结

1) 所有电气联锁回路都具备解锁操作功能, 但《国网十八项电网重大反措》对解锁操作进行了详细严格规定, 需满足相关条件方能解锁操作。

2) 220 kV 线路、主变、母联间隔断路器操作不受电气联锁控制, 可自由操作。

3) 隔离开关操作受本间隔断路器、接地隔离开关位置以及相关间隔接地隔离开关位置的控制。

4) 接地隔离开关操作受本间隔隔离开关位置、VDX (有电闭锁) 以及相关间隔隔离开关位置控制。

5) 电气联锁回路串联在隔离开关及接地隔离开关操作回路中, 若电气联锁回路出现问题导致不通, 则设备无法进行操作。

3. 电气联锁回路常见问题分析

在实际工作中, 对电气联锁回路相关异常情况进行总结, 存在以下几方面问题:

3.1. 设备接点损坏导致电气联锁回路不通

图 6 为某 110 kV 变电站 110 kV 系统一次系统图^[5]。

异常情况: 现场设备操作为 2 号主变、110 kV 内桥开关 CB31 停电, 当操作至 110 kV 内桥 DS31 隔离开关时, 发生 DS31 无法分闸的异常情况。

图 7 为内桥间隔隔离开关 DS31 联锁原理图。

异常分析: 可见, 内桥 DS31 操作联锁回路受本间隔断路器 CB31、隔离接地开关 ES31、ES32 以及 1 主变间隔接地隔离开关 ES41 的位置影响。经检查, DS31 操作联锁回路中 CB31 的常闭辅助接点(M21、M22)异常, 未闭合, 导致 DS31 操作回路不通, DS31 隔离开关无法分闸。

处理方法: 找到断路器 CB31 的备用辅助接点 (M17, M18) 替换原 (M23, M24)。

总结: 针对此类设备接点损坏异常, 检查方法为逆序查找法, 即从联锁回路负端往回进行电位测量, 直到检测到某点电位不正确, 则可判断为此处元件存在异常。若为接点损坏, 则需找到备用接点进行替换, 替换完成后再进行电位测量, 检验是否恢复正常^[6]。

3.2. 二次接线松动导致电气联锁回路不通

异常分析: 针对电气联锁回路异常的检查工作,

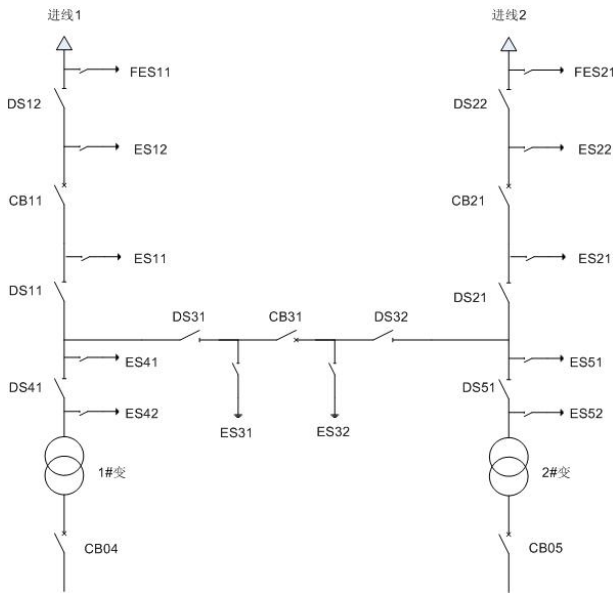


Figure 6. A wiring diagram of the 110 kV system
图 6. 110 kV 系统一次接线图

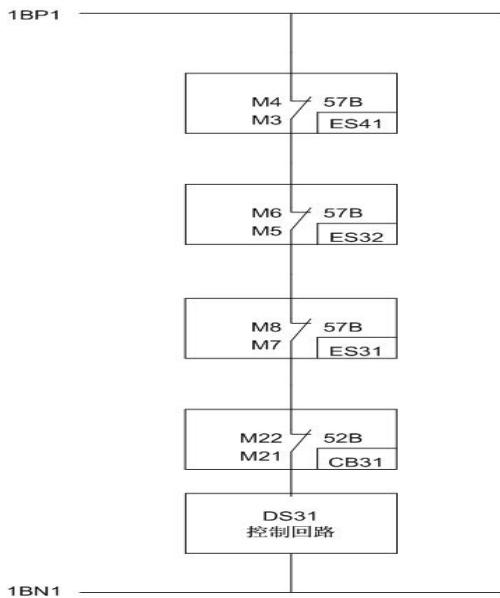


Figure 7. Bridge interval isolation switch electric interlock diagram
图 7. 内桥间隔隔离开关电气联锁图

通常的检查方法即为逆序查找法，检测到电位不正确时，可能是二次接线松动所致。回路中二次接线的位置包括断路器汇控柜内、断路器机构箱内、隔离开关机构箱内以及接地隔离开关机构箱内。发现接线松动情况，对松动接线进行校紧，一般均可恢复正常^[7]。

针对 GIS 电气联锁回路的检修，工作流程图如图 8。

总结：针对二次接线松动，在保护定检及设备维

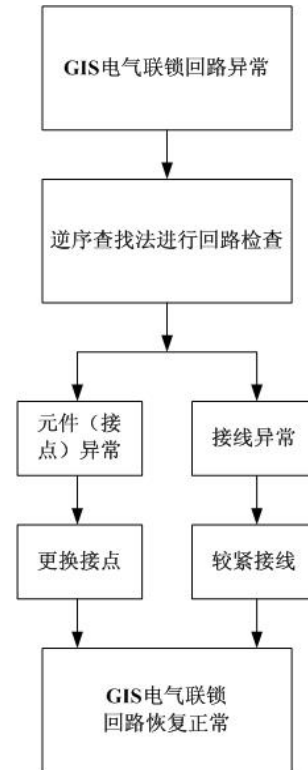


Figure 8. Electrical interlock circuit overhaul flow chart
图 8. 电气联锁回路检修流程图

护性工作中要特别注意对二次接线的校紧工作，尤其是汇控柜内接线的校紧，保证定检工作的完整性。

4. 结论

GIS 电气联锁回路具有极其重要的作用，是防止各类误操作的有力措施，所以其回路维护工作也具有极其重要的意义。在进行电气联锁回路检查过程中，首先要根据电气联锁二次回路图对回路结构了解透彻，然后采取逆序查找等方法对回路进行分段排查确定故障点，分清故障原因后加以排除^[8]。

二次回路的认知和研究应该作为继电保护工作人员的重点工作，在日常工作中，二次外回路出现异常的几率远远大于二次设备本身出现问题的几率，所以，只有切实把二次回路研究透、分析好，才能做好继电保护工作，为电网安全稳定运行保驾护航。

参考文献 (References)

- [1] 王国光 (2009) 变电站综合自动化系统二次回路及运行维护. 中国电力出版社, 北京.
- [2] 布兰德, 罗曼, 维莫尔 (2009) 变电站自动化. 中国电力出版社, 北京.

GIS 设备电气连锁回路常见问题浅析

- [3] 国家电网 (2011) 国网公司生产技能人员职业能力培训教材. 中国电力出版社, 北京
- [4] 新东北电气有限公司 (2007) 220kV GIS 设备原理图.
- [5] 济南电力设计院 (2010) 110kV 配电装置施工设计图.
- [6] 朱家华 (2011) 高压真空断路器和高压隔离开关的电气连锁. *科技情报开发与经济*, **10**, 85.
- [7] 钟恒强 (2006) 浅议变压器并列运行时的高低电压电气连锁改进. *电气制造*, **2**, 27-29.
- [8] 许岷 (2006) 多路电源供电单母线分段运行系统的电气连锁控制. *电气制造*, **9**, 24-26.