

# 一起由遥控回路引起的直流接地故障 原因分析与处理

党小宇, 赵阔, 林安静, 刘科, 张渝

(重庆市电力公司江津供电局, 重庆 402260)

**摘要:** 针对某变电站的一起由遥控回路引起的直流接地故障, 经分析是由于远动遥控回路中的装置电源与站用直流电源出现交叉, 引起站用直流系统发出接地告警信号。通过对遥控回路的改造, 断开了遥控回路与站用直流电源的连接, 消除了直流接地故障, 保证了遥控动作和遥控出口信号的正确性和可靠性。提出在今后新投变电站中, 必须加强对变电站设计图和自动化监控系统原理图的审查, 保证远动遥控回路均采用无源节点, 且与其它电源回路不能有任何电气上的连接。

**关键词:** 遥控回路; 直流接地; 无源节点; 遥控动作; 改造

## Analysis and processing of the DC grounding fault caused by the remote control circuit

DANG Xiao-yu, ZHAO Kuo, LIN An-jing, LIU Ke, ZHANG Yu

(Jiangjin Power Supply Bureau, Chongqing Electric Power Company, Chongqing 402260, China)

**Abstract:** The DC grounding fault in the substation caused by the remote control circuit is analyzed. The power supply of the telecontrol equipment affects the DC system in the remote control circuit, so the DC system gives the DC grounding fault alarm. The remote control circuit is improved. It is disconnected with the DC system and the alarm is disappeared. The remote action and the signal are correct and reliable. The circuit designs of the new substations and the principles of the automation of electric power systems must be reviewed. The remote control circuits must use the passive joints. And they must not connect with any other circuit.

**Key words:** remote control circuit; DC grounding fault; passive joints; remote action; improvement

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)13-0116-03

## 0 引言

直流系统是变电站的一个重要组成部分, 它为继电保护装置和自动化装置等提供可靠的直流电源。直流接地是直流系统常见的故障, 而由遥控回路引起的直流接地故障, 除了对继电保护装置的正确动作产生较大影响外, 还会对自动化装置遥控动作的可靠性和正确性产生影响。

江津供电局 110 kV 某变电站发生了一起由遥控回路引起的直流接地故障。远动人员通过对遥控回路进行改造, 消除了寄生回路对直流系统的影响, 保证了直流系统的正常工作和自动化装置遥控动作的可靠性和正确性。

## 1 故障现象及原因分析

110 kV 某变电站投运以后, 运行人员发现该站发出直流系统绝缘降低信号, 继保人员随即对该站

直流系统接地点进行查找。继保人员将直流系统所接回路按照先装置后操作回路的顺序进行一一拉合, 最后发现拉开至远动主机屏的直流电源后, 发出直流系统负接地信号, 合上该回路直流空开后, 发出直流系统绝缘降低信号。

根据以上现象, 初步判断直流系统绝缘降低信号与至远动主机屏的直流电源回路有关。

远动人员对至远动主机屏的直流电源回路进行了进一步的分析和查找。至远动主机屏有两路电源, 一路直流电源, 一路交流电源, 交流电源由站用电屏提供, 直流电源由站用直流系统提供。交流电源和直流电源经过远动主机屏的交直流切换装置转换成直流 220 V 电源供远动主机屏和其他测控屏使用。交直流切换装置的两路输入电源中交流电源作主供电源, 直流电源作备用电源。

远动人员先拉开至远动主机屏的直流电源, 直流系统监控屏发直流系统负接地信号; 再拉开至远动主

机屏的交流电源,使远动主机屏退出运行。结果发现,直流系统负接地信号消失,直流系统工作正常。

再做一次实验,只合上远动主机屏的直流电源,结果发现直流系统工作正常;只合上远动主机屏的交流电源,直流系统发直流负接地信号。

由此我们判断,交直流切换装置转换成的直流 220 V 电源影响了站用直流系统,两者之间可能存在寄生回路。

该站自动化系统中与站用直流系统有联系的除了至远动主机屏的直流电源回路外,还有遥控回路。遥控回路的遥控公共端+110 V 电压、遥控合闸/分闸端-110 V 电压取自保护屏的操作电源,操作电源取自站用直流系统,如图 1 所示。

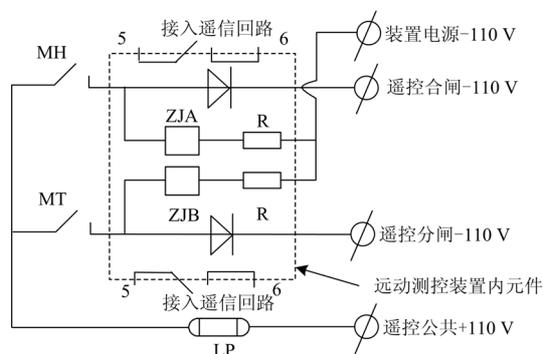


图 1 某站遥控回路原理图

Fig.1 Principle of the remote control circuit in the substation

图 1 中,装置电源为远动测控装置提供的直流电源,遥控合闸/分闸回路的电源为断路器的操作电源。LP 为遥控压板, MH/MT 触点取自远动测控装置的遥控板,它们分别串入遥控合闸回路和遥控分闸回路中。遥控继电器 ZJA/ZJB 的启动电压为 DC60~220 V, ZJA/ZJB 的一对常开触点 5、6 接入遥信回路。当 ZJA/ZJB 动作时,发遥控动作出口信号。ZJA/ZJB 线圈的一端接在遥控合闸/分闸回路中,另一端通过电阻 R 接至装置负电-110V 端。

遥控操作时, MH/MT 触点闭合,遥控回路导通,遥控公共端+110 V 电压通过 MH/MT 触点导通至 ZJA/ZJB 线圈的一端, ZJA/ZJB 线圈和电阻 R 的两端电压差达到 220 V, ZJA/ZJB 动作,常开触点 5、6 闭合,遥信回路导通,发出遥控继电器动作出口信号。

但是,未进行遥控操作时,装置负电-110 V 电压通过电阻 R、ZJA/ZJB 线圈和二极管串入了遥控合闸/分闸回路中。

测控装置的电源是取自交直流切换装置,它和直接取自站用直流系统的操作电源是两个独立的直流电源,两个电源出现交叉,互相影响。

为什么两个独立的直流电源出现交叉后,会使直流系统误发直流接地信号呢<sup>[1]</sup>?

直流系统绝缘监测装置的简化示意图如图 2 所示。

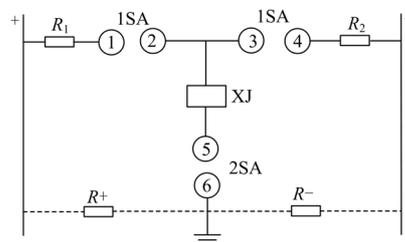


图 2 直流系统绝缘监测装置的示意图

Fig.2 Principle of DC system insulation monitoring device

图 2 中, XJ 代表信号继电器,电阻  $R_+$ 、 $R_-$  是直流母线对地的绝缘电阻,电阻  $R_1$ 、 $R_2$  与电阻  $R_+$ 、 $R_-$  构成电桥。直流母线绝缘良好时,  $R_1 = R_2$ ,  $R_+ = R_-$ , 电桥处于平衡状态, XJ 线圈中无电流流过。当直流母线绝缘降低时,  $R_1 \neq R_2$ ,  $R_+ \neq R_-$ , 电桥失去平衡, XJ 线圈中有电流流过。当绝缘电阻降低到 30 kΩ 以下时,流过 XJ 线圈的电流足够大,信号继电器 XJ 动作,其触点闭合,发出直流系统绝缘降低信号或直流系统接地信号。

当一个负载的两端分别接在两个直流系统的负极时,即图 1 中所示情况,遥控合闸/分闸端-110 V 和装置负电-110 V 通过二极管、遥控继电器 ZJA/ZJB 线圈和电阻 R 联系在一起。简化示意图如图 3 所示。

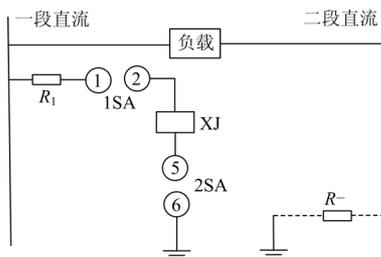


图 3 寄生回路对直流系统绝缘监测装置的影响

Fig.3 Impact that the parasitic circuit has on the DC system insulation monitoring device

图 3 中,两个直流母线负极来自不同的直流系统,存在电压差,所以电流会从电位高的一段直流母线负极流向电位低的另一段直流母线负极。电流流经直流系统绝缘监测装置、接地点和图中所示二段直流母线负极对地电阻  $R_-$ 。如果流过信号继电器 XJ 线圈的电流足够大, XJ 动作,发出直流系统绝缘降低或直流系统负接地信号。

## 2 故障处理

要解决以上问题，必须使两个直流电源彼此独立，无电气上的连接。所以，我们对遥控继电器的输入电源进行改造，使遥控继电器的输入电源为单一电源，该电源可以取自操作电源，也可以取自装置电源。

### 2.1 遥控继电器的电源改为操作电源

#### 2.1.1 将遥控继电器 ZJA/ZJB 线圈并联接入遥控回路中

将图 1 中 ZJA/ZJB 线圈和电阻 R 直接接入遥控回路中。此接线方式如图 4 所示。

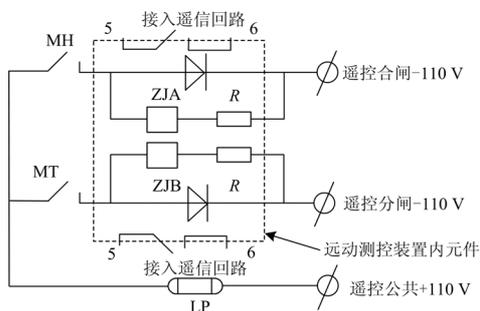


图 4 遥控继电器并联接入遥控回路中

Fig.4 Telecontrol relays connect with the remote control circuit in parallel

二极管和 ZJA/ZJB 线圈、电阻 R 并联。当遥控回路导通时，由于二极管的单向导通性，ZJA/ZJB 线圈和电阻 R 相当于被短接，ZJA/ZJB 线圈两端的电压达不到动作值，ZJA/ZJB 不能正常动作。

所以，将遥控继电器的输入电源按照图 4 所示接线方式改造后，不能正常发出遥控继电器动作出口信号。

#### 2.1.2 将遥控继电器 ZJA/ZJB 线圈串接入遥控回路中

将图 1 中遥控合闸/分闸回路的二极管和电阻去掉，将 ZJA/ZJB 线圈串接入遥控回路中。此接线方式如图 5 所示。

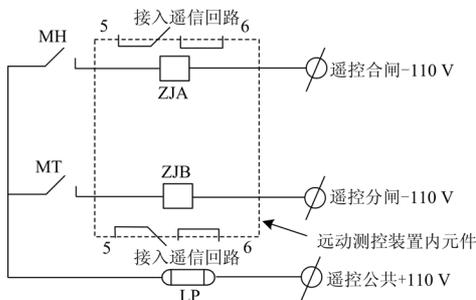


图 5 遥控继电器串接入遥控回路中

Fig.5 Telecontrol relays connect with the remote control circuit in series

由于 ZJA/ZJB 线圈和断路器合闸/分闸线圈串联，因此 ZJA/ZJB 线圈分担的电压  $U_{ZJ}$  和断路器合闸/分闸线圈分担的电压  $U_{断}$  如式 (1)：

$$\begin{cases} U_{ZJ} = \frac{R_{ZJ}}{R_{ZJ} + R_{断}} U \\ U_{断} = \frac{R_{断}}{R_{ZJ} + R_{断}} U \end{cases} \quad (1)$$

式中： $U$  为遥控回路的电压；遥控继电器 ZJA/ZJB 线圈的电阻  $R_{ZJ}$  为  $1.7 \text{ M}\Omega$ ，断路器合闸/分闸线圈的电阻  $R_{断}$  一般为  $100 \sim 400 \Omega$ 。由于 ZJA/ZJB 线圈的电阻远远大于断路器合闸/分闸线圈的电阻，由式 (1) 分析可知，ZJA/ZJB 线圈几乎全部分担了遥控回路的  $220 \text{ V}$  直流电压，断路器合闸/分闸线圈分担的电压不能达到其正常动作值。

所以，将遥控继电器的输入电源按照图 5 所示接线方式改造后，不能正常进行遥控操作。

### 2.2 遥控继电器的电源改为装置电源

将图 1 中遥控合闸/分闸回路的二极管和电阻去掉，遥控继电器 ZJA/ZJB 线圈的一端接至装置电源  $-110 \text{ V}$  端，另一端经过 MH/MT 触点接至装置电源  $+110 \text{ V}$  端；ZJA/ZJB 的另一对常开触点 3、4 串入遥控回路中。此接线方式如图 6 所示。

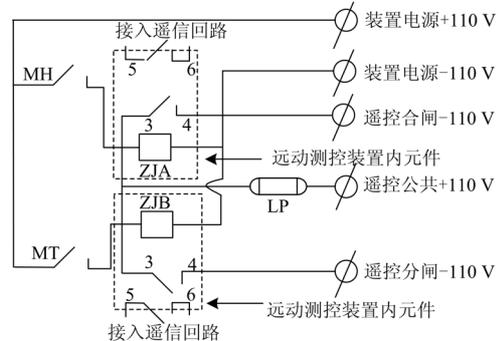


图 6 遥控继电器的电源改为装置电源

Fig.6 Telecontrol relays get the power from the telecontrol equipment

分析可知，遥控操作时，MH/MT 触点闭合，ZJA/ZJB 线圈电压达到  $220 \text{ V}$ ，ZJA/ZJB 动作，常开触点 3、4 闭合，遥控回路导通；常开触点 5、6 闭合，遥信回路导通，发出遥控继电器动作出口信号。

将遥控回路按照图 6 所示进行改接，并做一次遥控试验。结果发现，遥控操作执行正确，遥控继电器正常动作，遥信回路导通，发出遥控继电器动作出口信号。

(下转第 123 页 continued on page 123)

- [7] Huneault M, Langheit C, St-Arnaud R, et al. A dynamic programming methodology to develop de-icing strategies during ice storms by channeling load currents in transmission networks[J]. IEEE Trans on PD, 2005, 20 (2): 1604-1610.
- [8] René Cloutier, André Bergeron, Jacques Brochu, et al. On-load network de-icer specification for a large transmission network[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2007, 22 (3): 1947-1955.
- [9] 李正, 杨靖波, 韩军科, 等. 2008 年输电线路冰灾倒塌原因分析[J]. 电网技术, 2009, 33 (2): 31-35. LI Zheng, YANG Jing-bo, HAN Jun-ke, et al. Analysis on transmission tower toppling caused by icing disaster in 2008[J]. Power System Technology, 2009, 33 (2): 31-35.
- [10] 陈永进, 任震, 黄雯莹. 考虑天气变化的可靠性评估模型与分析[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(21): 17-21. CHEN Yong-jin, REN Zhen, HUANG Wen-ying. Model and analysis of power system reliability evaluation considering weather change[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (21): 17-21.
- [11] 谢运华. 导线覆冰频率分析研究的进展[J]. 电力建设, 1999 (6): 30-32. XIE Yun-hua. The research development of line's ice frequency[J]. Power Construction, 1999 (6): 30-32.
- [12] 林智敏, 林韩, 温步瀛. 天气相依失效模型的电力系统可靠性评估[J]. 华东电力, 2008, 36 (1): 81-84. LIN Zhi-min, LIN Han, WEN Bu-ying. Power system reliability evaluation based on weather dependent failure models[J]. East China Electric Power, 2008, 36 (1): 81-84.
- [13] Billinton R, Kumer S, Chowdhury N, et al. A reliability system for education purposes-basic data[J]. IEEE Trans on PS, 1989, 4 (3): 1238-1244.
- [14] IEEE Committee Report. IEEE reliability test system [J]. IEEE Trans on PAS, 1979: 2047-2054.
- [15] 王守礼, 李家垣. 电力气候[M]. 北京: 气象出版社, 1994: 59-60.
- [16] 李文沅. 电力系统风险评估模型、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 60-62.
- [17] 电力规划设计总院. 火电送电变电工程限额设计参考造价指标(2004 年水平)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 155-159.

收稿日期: 2009-08-20; 修回日期: 2009-11-04

作者简介:

张勇军 (1973-), 男, 副教授, 研究方向为电力系统优化规划与控制、可靠性和 HVDC 等;

黄慧 (1986-), 女, 硕士研究生, 主要从事电力系统风险研究; E-mail: huihuangjw@126.com

唐捷 (1979-), 男, 电气工程师, 工学博士, 从事电力一次设备状态检修、电力系统可靠性及电力需求侧管理等方面的研究。

(上接第 118 页 continued from page 118)

所以, 将遥控继电器的输入电源改为装置电源后, 遥控操作正常, 有遥控继电器动作出口信号。

### 3 小结

现代电网普遍采用无人值班变电站, 站内的开关、刀闸、主变调档和主变风扇等均是采用遥控操作, 这就对遥控回路的正确性和遥控操作的可靠性提出了很高的要求。自动化系统应保证远动遥控回路均采用无源节点, 且与其它电源回路不能有任何电气上的连接。在今后新投变电站中, 我们要加强对变电站设计图和自动化监控系统原理图的审查, 防止遥控回路出现寄生回路, 保证遥控动作的正确性和可靠性。

### 参考文献

- [1] 甘景福. 直流系统间的寄生回路造成的直流系统接地假象[J]. 华北电力技术, 2004(2): 41-42. GAN Jing-fu. DC unreal grounding caused by parasitic circuit between DC systems[J]. North China Electric Power, 2004(2): 41-42.

收稿日期: 2009-07-13; 修回日期: 2009-11-03

作者简介:

党小宇 (1983-), 女, 本科, 助理工程师, 从事电力系统自动化工作; E-mail:dxy35@sohu.com

赵阔 (1977-), 男, 大专, 助理工程师, 从事电力系统自动化工作;

林安静 (1981-), 女, 本科, 助理工程师, 从事电力系统自动化工作。