

变电站直流系统寄生回路的排查方法探讨

袁成¹, 孙银权¹, 雷仲强¹, 邰能灵²

(1.上海市电力公司超高压输变电公司, 上海 200063; 2.上海交通大学电气工程系, 上海 200240)

摘要: 通过对变电站直流系统电压异常进行测试, 分析了存在直流寄生回路的原因。对比分析常用的排查方法及技术方案, 结果表明, 采用直流钳形表的方法测电源正负极差流, 采用试拉自动化系统直流、试拉二次保护直流的措施是有效可靠的。在此基础上, 总结出产生直流寄生的主要诱因, 主要有器件缺陷、设计缺陷以及管理原因等, 对提高本地区电网的运行可靠性有重要意义。

关键词: 直流寄生; 隐患排查; 直流试拉; 变电站; 保护与控制系统

Abnormal phenomenon discrimination method of DC parasitic loop for substation

YUAN Cheng¹, SUN Yin-quan¹, LEI Zhong-qiang¹, TAI Neng-ling²

(1. Shanghai Extra High Voltage Power Transmission Company, Shanghai 200063, China;

2. Department of Electrical Engineering, Shanghai JiaoTong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Based on measurement results of the abnormal DC system voltage, the reasons and the countermeasures of the DC parasitic loop are analyzed in this paper. Several investigation methods and technical program are proposed and compared, the discrimination methods include differential current measurement between positive and negative polarity with DC pincer instrument, testing break method of DC source for automation system and protection system. After that, the causes of the DC parasitic loop are summarized, for example apparatus defection, design defection, management defection and so on. It holds substantial essentiality in improving the reliability of the operation of regional power grids.

Key words: DC parasitic loop; abnormal phenomenon discrimination; DC testing trip; substation; protection and control system

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)06-0137-04

1 概述

2007年12月根据上海市电力公司《关于开展二次系统隐患排查治理活动的通知》精神, 超高压输变电公司设备维护人员对48座变电站的直流系统进行了全面检查, 其中检查的重点是直流回路是否存在并联寄生回路。在杨行站检查中发现直流母线数值异常, 为了进一步确认, 再用高内阻万用表测量负一段和正二段, 两段之间的内阻为1 K, 其测量结果见表1, 从而确定站内110 V直流一/二段存在寄生。但由于电压数值并非稳定持续异常, 因此无法判断何处以及如何产生寄生。本文对此展开分析, 并提出相应的排查方法。

表1 某站寄生电压测量值

Tab.1 Measured data of parasitic voltage

线路名	正对地电压 / V	负对地电压 / V
110 V 直流一段	175.2	57.7
110 V 直流二段	65.5	-52.6

2 排查方法

500 kV 杨行变电站是上海电网主网架中的重要变电站, 由于杨行变电站下属的直流负载众多, 误拉其任意直流回路都将造成严重后果。笔者通过对杨行直流寄生回路分析, 确定排查过程分三个阶段。第一阶段自动化遥信、遥控回路检查; 第二阶段 220 kV 开关保护、线路保护排查; 第三阶段 500 kV 开关保护、线路保护排查, 35 kV 无功设备、主变排查。

2.1 采用直流钳形表的方法测电源正负极差流

(1) 原理分析

由于站内设备都处于运行状态, 笔者考虑采用“直流钳形表测电源正负极差流”的方法进行查找。该方法主要基于基尔霍夫原理, 若直流存在寄生回路的话从正极流出的电源也就不等于负极流回的电源, 因此存在差流(此电流可以通过钳形表钳出)。示意图如图1, 其中图1(a)不存在寄生回路, 差流为

零。图 1(b)中存在寄生回路，差流不为零。

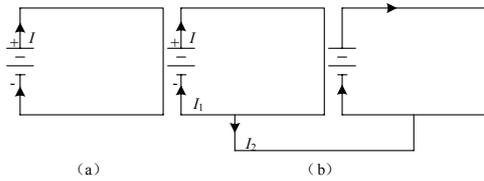


图 1 正负极电流示意图

Fig.1 Diagram of positive and negative pole current

(2) 检查结果

由于钳形表的设计不甚合理，操作起来不太灵活；况且直流分屏中的电缆较多，工作过程中需要对电缆进行抽动。为确保安全，笔者拟定了直流支路表，共涉及 376 个回路，工作耗时长、风险大，最后该方案被废除。

2.2 采用试拉自动化系统直流的方法

考虑到继电保护的重要性，消除寄生回路的第一步需将自动化及其他辅助信号电源回路排除在外。

(1) 方案分析

考虑以自动化系统为一个整体，其他专业系统为另一个整体，可能存在图 2 所示寄生回路。

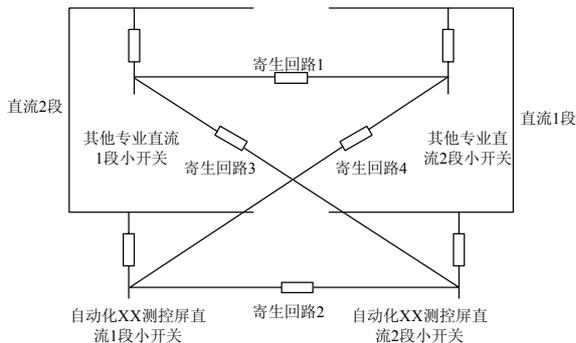


图 2 寄生回路示意图

Fig.2 Diagram of DC parasitic loop

在测量过程中，使绝缘监测装置脱离工作，排除装置本身的干扰，试验结束后及时恢复。一般认为，自动化各测控屏之间不存在寄生。由于自动化各测控屏之间不存在电气连接（只有交流动力电缆），通讯靠串口，各测控屏直流采用直流屏上独立开关，故各测控屏之间存在寄生的可能性非常小，可以不考虑。以不大范围影响自动化系统正常运行作为前提，拉开杨行站所有自动化测控屏直流 1 段输入空气小开关（直流屏上），此时再次实测杨行站直流系统，如果此时直流恢复正常，或者有明显好转，判断自动化系统中必定存在寄生。

(2) 检查结果

为确保安全，笔者同样拟定了需要试拉的自动

化系统直流小开关，共涉及 38 个回路，以下是部分监测数据。

(a) 220 kV 继保一室

表 2 测控直流未拉开时 110 V 处母线电压

Tab.2 Measured data at 110 V bus with automation system source

110 kV 直流正 I 段	131 V	110 kV 直流正 II 段	18 V
110 kV 直流负 I 段	16 V	110 kV 直流负 II 段	-100 V

表 3 拉开 220 kV 第一串测控单元时母线电压

Tab.3 Measured data without No.1 220 kV automation system source

110 V 直流正 I 段	138 V	110 V 直流正 II 段	23 V
110 V 直流负 I 段	22 V	110 V 直流负 II 段	-92 V

表 4 合上 220 kV 第一串测控单元时母线电压

Tab.4 Measured data with No.1 220 kV automation system source

110 V 直流正 I 段	138 V	110 V 直流正 II 段	23 V
110 V 直流负 I 段	22 V	110 V 直流负 II 段	-92 V

(b) 500 kV 继保室

表 5 测控直流未拉开时 110 V 处母线电压

Tab.5 Measured data at 110 V bus with automation system source

110 kV 直流正 I 段	109 V	110 kV 直流正 II 段	-7 V
110 kV 直流负 I 段	-8 V	110 kV 直流负 II 段	-125 V

表 6 拉开 550 kV 第一串测控单元时母线电压

Tab.6 Measured data without No.1 550 kV automation system source

110 kV 直流正 I 段	109 V	110 kV 直流正 II 段	-7 V
110 kV 直流负 I 段	-8 V	110 kV 直流负 II 段	-125 V

表 7 合上 550 kV 第一串测控单元时母线电压

Tab.7 Measured data with No.1 550 kV automation system source

110 kV 直流正 I 段	109 V	110 kV 直流正 II 段	-7 V
110 kV 直流负 I 段	-8 V	110 kV 直流负 II 段	-125 V

通过对杨行站自动化系统监控直流的试拉，基本排除自动化装置内部存在寄生的可能性，初步判断 110 kV 直流负 I 段与 110 kV 直流正 II 段可能存在电阻寄生，但具体回路无法判断，需要进一步检查。

2.3 直流电压异常分析

考虑自动化及其他辅助信号电源回路无寄生现象，需要重点研究保护二次回路。考虑到继电保护

的重要性,详细分析了直流系统瞬时接地故障信号出现的频次,发现站内平时无异常,但若有操作后该信号即出现,特别是2007年底这段时间。笔者统计了杨行站2007年12月20日至1月15日一、二次设备的操作,汇总了约40步操作,其中排除掉由于保护定值更改区域不会改变装置硬件状况,按照时间顺序排列约27步操作,进一步整理,按照回路操作的先后次序,约18步操作。这18步操作中包括500 kV线路、500 kV主变低抗操作,运行值班人员反映这段时间直流系统正常,而220 kV母线、线路操作后,直流系统异常,这样排摸的范围虽然缩小了,但也不能完全排除500 kV设备。

2.4 采用试拉二次保护直流的方法

(1) 试拉原则

(a) 按照先拉非重要回路后拉重要回路的原则,即先拉辅助回路直流后拉保护直流、控制直流。

(b) 针对每一回路分析保护配置情况,对双套配置的采用保护轮停方法,对单套配置的开关保护采用断路器轮停的方式,并结合检修计划结合设备停役进行检查,将试拉引发的设备停役机会降到最低。

(c) 具体分析每一试拉回路的风险,做好充分准备及计划申请,实施前结合当时运行状态及试验方法做好相关安全技术措施,以防误跳,误碰运行设备。

(2) 检查结果

2008年3月份杨行站有流变翻变比工作,220 kV线路出线轮停一遍。在此基础上,结合线路停电对220 kV保护和直流及相应的辅助直流进行试拉。在对二母线上所有的开关控制直流进行试拉过程中,发现2073开关控制直流存在寄生,同时发现2071开关也存在相应问题,决定结合行浏2194线翻变比工作停电处理,这样安排一方面排除了在施工过程中的安全隐患,另一方面也可以排除外界因素的干扰,至4月中旬杨行站的直流系统恢复正常。

2.5 杨行站直流寄生回路分析

图3、图4为开关部分控制回路接线图,其中KM1+为第一组控制直流正电源,KM1-为第一组控制直流负电源,KM2+为第二组控制直流正电源,KM2-为第二组控制直流负电源。RHWJ为合位继电器所串电阻,HWJ为开关合闸位置继电器,KJ为2073开关副触点,TQ为跳闸线圈。正常情况下两组控制直流应该完全独立,不可能存在寄生情况,且位置继电器应对应各自跳圈。

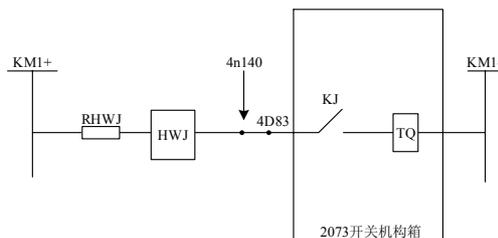


图3 开关部分控制回路接线图 1
Fig.3 Control diagram 1 of switch part

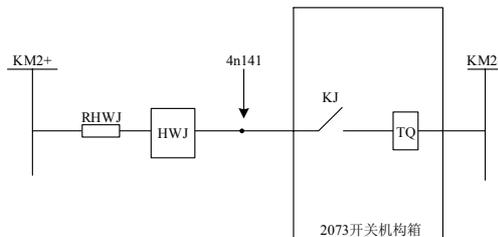


图4 开关部分控制回路接线图 2
Fig.4 Control diagram 2 of switch part

在试拉过程中发现若将第一组控制直流推上,第二组控制直流拉下时其直流小开关的正、负下桩头仍带负电。在实际接线检查中发现装置操作箱背后的4n140并没有接线,端子排上的4D83直接接至4n141。实际接线如图5所示,这样就产生了寄生回路。

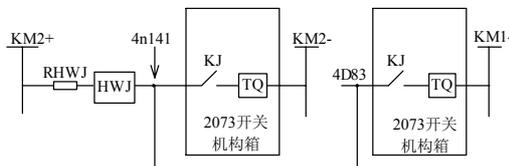


图5 控制回路实际接线图
Fig.5 Practical control diagram of switch part

当行浏2194线2073开关处于合闸状态之时,由于操作箱背板4n140无接线,因此KM1负电源将通过跳圈TQ和开关副触点KJ引至4D83,此时4D83带负电位。当4D83错接至4n141时,两段直流就发生了混淆,很容易可以看出直流负一段和直流正二段通过电阻RHWJ和HWJ继电器互联,这样就产生了寄生。直流负一段和直流正二段电压的数值也基本相同。现场察看中发现4n140和4n141只相差一个桩头是由于安装厂家的误接线所致。在做直流独立性试验,开关处于分位的情况下该寄生回路将不存在,只有当开关处于合位之时,寄生回路的效果得已显现。

3 直流寄生回路排查情况总结

杨行站直流寄生回路问题的发现和解决,对运行部门解决其余存在直流寄生回路的变电站提供了

重要技术依据和经验。一般说来，直流寄生回路的类型归纳起来主要有以下几种情况：

- 1) 绝缘监测装置因元器件问题，装置内部存在寄生；
- 2) 蓄电池检测小线绝缘不良引起寄生；
- 3) 外部二次回路接线有误所导致的寄生，如厂家操作箱背板线接错；
- 4) 闪光回路 I、II 段母线存在寄生、信号回路内部存在寄生等；
- 5) 自动化直流电源原理接线存在缺陷所引起的寄生；
- 6) 硅整流内部合母 I、II 段直连。

总之，由于站内直流系统的特殊性，要消除直流寄生，必须要有完备的组织措施和技术措施，及较高的人员技能，还有周密的生产计划，在将安全生产始终放在首位的同时，才能确保在试拉过程中其他设备能安全稳定运行，另外也要强调源头管理，只有将隐患消除在设备安装调试初期，这样才能对提高本地区电网的运行可靠性有重要意义。

参考文献

[1] 吴伯华. 变电所二次设备的接地技术 [J]. 中国电力, 1996, 29 (3): 57-60.

(上接第 95 页 continued from page 95)

XU Shao-liang, SONG Ye, MIAO Zhu-mei. Principle of Power Grid Energy Loss Calculation[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.

[5] 袁慧梅, 郭喜庆, 于海波. 中压配电网线损计算新方法[J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (11): 50-53.

YUAN Hui-mei, GUO Xi-qing, YU Hai-bo. New Method for Calculating Energy Losses in Medium-Voltage Distribution Systems [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (11): 50-53.

[6] 朱发国. 基于现场监测终端的配电网线损计算[J]. 电网技术, 2001, 25 (5): 38-40.

ZHU Fa-guo. Loss Calculation Method for Distribution Network with Information from Field Terminal Using[J]. Power System Technology, 2001, 25 (5): 38-40.

[7] 丁心海, 罗毅芳, 刘巍, 等. 配电网线损理论计算的实用方法—改进迭代法[J]. 电网技术, 2000, 24 (1): 39-42.

DING Xin-hai, LUO Yi-fang, LIU Wei, et al. A New Practical Method for Calculating Line Loss of Distribution Network-improved Iteration Method[J]. Power System Technology, 2000, 24 (1): 39-42.

[8] 文福拴, 韩祯祥. 基于分群算法和人工神经网络的配电网线损计算[J]. 中国电机工程学报, 1993, 13 (3): 41-50.

WEN Fu-shuan, HAN Zhen-xiang. Calculation of Energy Losses in Distribution Systems Based on Division

WU Bo-hua. Substation Secondary Equipment Grounding Techniques[J]. Electric Power, 1996,29(3): 57-60.

[2] 景胜. 我国微机保护的现状与发展 [J]. 继电器, 2001, 29 (10): 1-4.

JING Sheng. Development and Current Situation of Microcomputer Protection[J]. Relay, 2001, 29 (10): 1-4.

[3] 杨书文. 变电站直流系统接地故障分析与查找[J]. 湖北电力, 2008, 32 (1): 17-22.

YANG Shu-wen. Fault Analysis and Lookup of Substation DC System Grounding[J]. Hubei Electric Power, 2008, 32 (1): 17-22.

[4] 李冬辉, 周巍巍. 基于 ARM 微处理器的直流系统接地故障检测装置的设计与实现[J]. 低压电器, 2005, 22 (2): 55-56.

LI Dong-hui, ZHOU Wei-wei. Design and Implement of DC System Grounding Fault Detecting Device Based on ARM[J]. Low Voltage Apparatus, 2005, 22 (2): 55-56.

收稿日期: 2009-04-26; 修回日期: 2009-07-09

作者简介:

袁 成 (1969-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事变电站运行与技术管理工作; E-mail: yuancheng@sh163.net

孙银权 (1965-), 男, 工程师, 大学, 主要从事变电站直流维护管理工作;

雷仲强 (1966-), 男, 工程师, 大学, 主要从事变电站继保维护管理工作。

Arithmetic and ANN[J]. Proceedings of the CSEE, 1993, 13 (3): 41-50.

[9] 张铁峰, 苑津莎, 刘建新. 计及多种因素的配电网理论线损实用计算方法[J]. 华北电力大学学报, 2005, 32 (3): 5-8.

ZHANG Tie-feng, YUAN Jin-sha, LIU Jian-xin. Practical Method in Consideration of Multifactor for Calculating Line-loss of Distribution Network[J]. Journal of North China Electric Power University, 2005, 32 (3): 5-8.

[10] 任丕德, 刘发友, 周胜军. 动态无功补偿技术的应用现状[J]. 电网技术, 2004, 28 (23): 81-83.

REN Pei-de, LIU Fa-you, ZHOU Sheng-jun. The Application Situation of Dynamic Reactive-power Compensation Technology[J]. Power System Technology, 2004, 28 (23): 81-83(in Chinese).

收稿日期: 2009-04-07; 修回日期: 2009-06-10

作者简介:

刘甲庆 (1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电网规划与运行控制; E-mail: zdjiaqing@sina.com

张 皓 (1981-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统运行与分析;

章 健 (1963-), 男, 教授, 研究方向为电力系统运行与分析。