

# 变电站中直流系统存在的环网问题及解决办法

罗志平, 熊迪, 谢智浩, 乐予仲

(湖南省电力公司超高压管理局, 湖南 长沙 410015)

**摘要:** 介绍了变电站中二次设备的直流系统运行方式改变给继电保护带来的影响, 列举了实践工作中因二次寄生回路或接线错误而引起的三类直流电源环网问题, 以及针对此三类直流环网问题提出了相应的解决办法, 在解决第一类环网问题巧妙的借助了便携式直流系统接地故障定位装置, 并简明分析了形成直流环网的具体原因, 指出了现场实践中存在的问题, 同时指出了辐射式直流供电设计对于查找直流环网问题的优越性。

**关键词:** 蓄电池; 直流环网; 二次回路; 绝缘

## Looped network problems and their solutions in DC system in substations

LUO Zhi-ping, XIONG Di, XIE Zhi-hao, YUE Yu-zhong

(Hunan Provincial EHV & Transformation Company, Changsha 410077, China)

**Abstract:** This paper introduces the influence of the change of operation mode in DC system of secondary equipments in substations to relay protection. It enumerates the three-category looped network problems of DC power caused by secondary parasitic circuit or connection faults in practice, provides relevant solutions to those three-category problems, concisely analyzes the concrete causes of developing looped network in DC system, and points out existent problems in practice. Meanwhile, it also points out the advantage of radiant DC supply design in finding problems in looped network of DC power.

**Key words:** storage battery; looped network of DC power; secondary circuit; insulation

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)03-0071-04

## 0 引言

近年来随着电网的发展, 在系统中占据重要地位的变电站二次设备的直流系统也暴露出很多问题, 直流电源是电力系统的重要组成部分, 是继电保护的控制中心, 所有继电保护装置的工作电源都是用直流电源, 而且, 许多大的电网事故发生都和直流系统出现的问题存在关系, 对一个变电站来讲, 直流是一个公用部分, 直流某一点有故障, 将影响整个站保护装置的安全运行, 直流系统在变电站中的重要地位不言而喻。但是, 原来的变电站直流系统老化, 特别是 220 kV 及以下的变电站, 基本上都是一段蓄电池向全站二次设备提供电源。因此, 系统中不断开展直流整治活动, 直流系统不断得到更新。但是在由一段蓄电池改善为两段独立蓄电池独立供电的直流运行方式改变后, 经常会因继电保护二次回路接线错误而引起直流系统的各种环网问题, 从而反过来严重影响整个变电站的二次设备正常运行, 甚至会引起更大的电网事故。

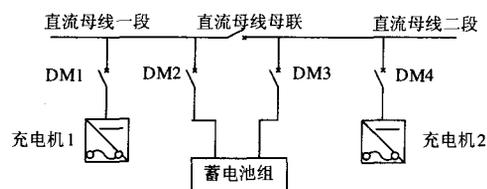


图1 一组蓄电池相控整流装置运行方式示意图  
Fig. 1 Sketch of operation mode in one storage battery phase-controlled rectifier

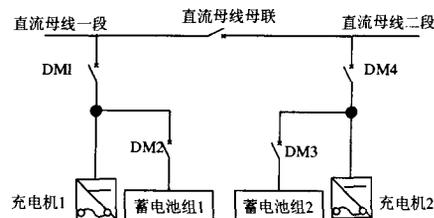


图2 两组蓄电池高频开关电源装置运行方式示意图  
Fig. 2 Sketch of operation mode in two storage battery high-frequency switch power

220 kV 变电站直流运行方式如图 1, 在图 1 中, 站内直流两段小母线均由一组蓄电池提供, 为了提高变电站二次设备的直流电源供电可靠性, 改造后的直流系统运行方式一般为图 2 所示<sup>[1]</sup>。但是如果变电站二次回路中存在寄生回路或接线错误, 均会引起两段直流的各类环网, 从而影响直流系统的正常运行和继电保护的正确动作<sup>[2]</sup>。

## 1 第一类直流环网问题及其解决办法

最常见的直流环网为两段直流系统共正极或共负极运行, 甚至两段直流正极和负极均连接在一起, 此类环网形成的原因一般是因为二次回路存在寄生回路, 导致共极运行。例如断路器跳合闸回路、电压切换回路中容易发生此类问题<sup>[3]</sup>。即使直流系统采用图 3 中两段直流的母联开关断开的运行方式, 如果其中一段直流发生接地情况, 就因为两段共极会造成整个系统接地。众所周知, 直流正极接地或负极接地均可能造成继电保护误动或拒动的可能。可见直流共极现象必须解决, 我局维护的 220 kV 变电站在直流系统由原来的一组蓄电池供电改造为两组独立的蓄电池供电的运行方式, 共有 8 个站存在不同程度的共极现象。要解决此类共极问题, 我局采用了如下技巧: 即正常运行时模拟一段直流发生高阻接地, 借助便携式直流系统接地故障定位装置查找的方法。此法在寻找二次回路中存在的共极寄生回路的实践中行之有效, 解决了我局维护的 8 个站中二次回路寄生回路引起的直流系统共极运行问题。两段直流母线如果并列共极运行, 因为两组蓄电池出口电压不等, 在两组蓄电池内部形成环流, 严重影响蓄电池使用寿命。两段直流母线如果没有严格分开, 存在共正极或共负极现象。将造成一段直流母线的设备故障扩大到另一段上。如果一段正极与另一段负极环网的话, 因为两段直流母线为独立电源系统, 在保护动作时将有可能造成中间继电器动作不可靠<sup>[4]</sup>。

借助便携式直流系统接地故障定位装置的判断接地故障原理是: 该装置由信号发生器和故障检测器两部分组成, 信号发生器在直流母线电源端向直流系统注入适宜系统检测且对系统无影响的直流检测信号, 故障检测器可在直流负荷端各回路检测对地的直流信号漏电流, 并能自动检测接地故障支路, 对于 220 V 直流系统可以检测 0~70 k $\Omega$  的直流接地电阻<sup>[5]</sup>。

图 3 中一段直流小母线如某间隔  $N$  线路保护中第一组跳闸线圈负极与第二组跳闸线圈负极存在寄生回路, 即通过连线将间隔  $N$  中两组直流负极直接

短接在一起, 从而导致两段独立的蓄电池正常运行时存在共负极的环网问题。如果其中一段直流发生接地, 另一段也会同样发生接地, 从而严重影响直流系统的正常运行<sup>[6]</sup>。在现场实践中, 我们是采取如下办法来逐一解决此类直流环网问题。

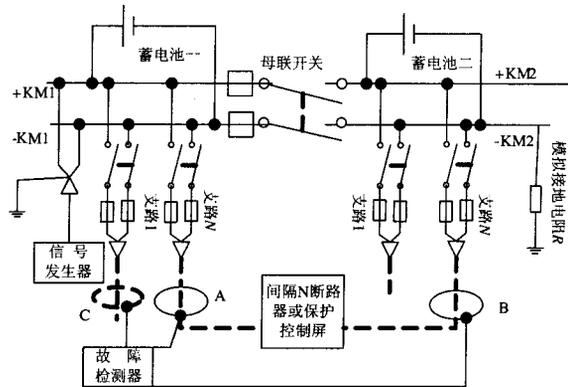


图 3 第一类直流环网查找示意图

Fig. 3 Sketch of the 1st type lookup in looped network of DC power

方法如下: 在 II 段小母线负极通过某电阻模拟 II 段直流负极接地, 用便携式直流接地测试仪故障定位装置在 I 段小母线上各支路上测量接地情况, 根据便携式直流接地测试仪原理可以判断, 如果在支路  $N$  中 A 点检测到直流接地信号, 而其他支路如 C 点没有接地信号, 则可以怀疑支路  $N$  所对应的某间隔  $N$  内存在直流共极现象, 再在直流 II 段的支路  $N$  所对应的该间隔  $N$  负荷端 B 点测量, 如同样出现明显的直流信号, 则可断定在该间隔中的回路中必然存在寄生回路将两段直流共负极环网。接下来便通过便携式直流接地测试仪逐步断定该间隔两组直流回路存在接线错误问题。采用该方法应该注意以下问题:

首先应该断开两组直流之间的所有联络开关。

其次, 尽量采用模拟负极接地 (模拟正极接地容易导致保护误动), 而且在灵敏度能保证的前提下, 选择接地电阻不能太小 (以免造成保护拒动); 同时应将信号发生器始终接在直流支路的电源端, 而故障检测器和钳表始终在直流支路的负荷端进行检测<sup>[7]</sup>。

再次, 如果直流系统中绝缘监察装置与该便携式直流接地测试仪互相干扰, 可暂时关闭绝缘监察装置<sup>[8]</sup>。

## 2 第二类直流环网问题及其解决办法

在现场实践中, 往往存在除上述的第一类环网

问题,即可能存在 I 段直流正极与 II 段直流负极或 I 段直流负极与 II 段直流正极通过电阻、线圈等连接环网问题,这类问题大多因为出现以下两种情况所导致的,

现场中,我们经常碰到此类情况,如变电站装配有两套电压为 220 V 的直流电源系统,正常运行时两组直流电源及所带负荷相互之间没有电气联系。如果不慎将第一组直流系统的正极与第二组直流系统的负极短接,则两组直流系统的电压与短接前相同, I 段正极对大地电位为+220 V, II 段负极对大地电位为-220 V, I 段负极与 II 段正极对地电位均为零,原因如下:

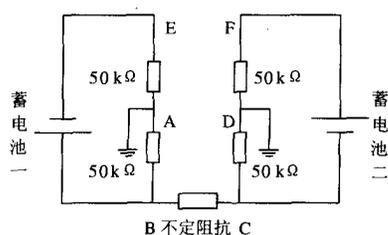


图 4 第二类直流环网简要示意图

Fig. 4 Sketch of the 2nd type looped network of DC power

如果出现 I 段直流正极与 II 段直流负极混在一起,如图 4,直流 I 段正极和 II 段负极均发直流接地信号,如果图 4 中 B 点与 C 点之间电阻为零,即直接连接,根据叠加法原理,如图 4 直流系统示意图所示,则出现 B 点与 C 点对地电位为零,出现直流 I 段正极和 II 段负极均发直流接地的异常情况。普遍存在是 B 点与 C 点通过不定电阻连接,主要是因为下列两种情况引起:第一种是:某间隔保护中的线圈或信号指示灯正负极分别取自两段直流电源,原来的直流系统如果采用一组蓄电池供电,即使线圈或指示灯正负极取自不同的直流小母线,线圈同样可以正常励磁,但是直流系统由一组蓄电池改造为两组蓄电池的方式后,以上的情况就会造成线圈不能正常励磁或信号指示灯不能正常指示<sup>[8]</sup>。

第二种情况:由两组蓄电池供电的变电站中,如某间隔进行二次回路改动时,如出现保护中线圈或指示灯正负极分别取自两组直流电源,同样会出现此种情况。

如出现以上直流环网,如果两段直流之间存在正常时励磁的线圈或亮灯的信号指示灯,因为线圈或指示灯电压太低,即出现线圈失磁或信号指示灯亮度不够的现象,现场中可以根据此现象查找到问题引起的原因,如果出现两段直流直接连接的情况,就只能通过以上采用便携式直流接地测试仪测试的

方法才能排除<sup>[7]</sup>。

### 3 第三类直流环网及查找方法

第三类直流环网其实与第二类情况相似,如图 5 所示。

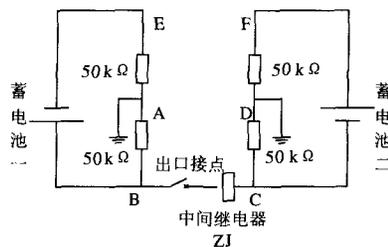


图 5 第三类直流环网简要示意图

Fig. 5 Sketch of the 3rd type looped network of DC power

在此类环网中,我们在现场工作中,需要认真试验,特别需要拉开其中一路直流电源,方能在接点闭合后引起类似第二类环网的情况,其中间继电器 ZJ 不会动作,但此时直流系统会发生直流接地信号,查找方法不需要那么复杂,只需要顺藤摸瓜,抓住引起两段直流环网的该回路进行查找,拉开电源后,通过通路法和摇测绝缘便可找出环网点。

### 4 结论与思考

在现场实践中,我们碰到的直流接地问题比比皆是,近年来随着两组蓄电池分别独立供电的运行方式出现,直流环网问题同样屡见不鲜。因此我们需要不断总结经验,本文作者通过总结现场经验找到一些解决直流各类环网的处理方法,仅供各位专家作为参考。目前,我省以前的直流系统都采用环形供电方式,即直流屏经空开上小母线,在下一级实现环网。环网结构虽然从表面上提高了可靠性,降低了设计成本,但实际上它也有很多缺点,特别是运行时间长了以后,容易产生更多的问题,特别是给绝缘监察和查找接地或环网造成极大的困难,容易造成回路迂回,不利于查找故障点,特别是在老旧变电站和绝缘总体下降的变电站。因此改直流系统环网结构为辐射型网络结构,采取直流分屏方式,保证直流回路的完整清晰。这样对于查找直流接地或环网,也有特别明显的效果。

### 参考文献

- [1] 贾秀芳,等. 直流系统绝缘监测综合判据[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(16): 47-49.  
JIA Xiu-fang, et al. Synthesized Criteria of DC System Insulation Monitoring and Detecting[J]. Automation of

- Electric Power Systems,1999 ,23(16) :47-49.
- [2] 李晓明,等. 直流系统接地点探测新原理[J].电力系统自动化,2000 ,24(13) :55-56.  
LI Xiao-ming , et al.A New Method of Detecting Grounding Point in DC System[J].Automation of Electric Power Systems ,2000 ,24(13) :55-56.
- [3] 费万民,等. 电力系统中直流接地电阻检测的新原理[J].电力系统自动化,2001 ,25(6) :54-56.  
FEI Wan-min , et al. A New Method for Measuring Insulating Resistance Between Ground and DC Power Supply in Power System[J].Automation of Electric Power Systems, 2001,25(6) :54-56.
- [4] 杨伟,等. 微机选线式直流系统绝缘监察装置的研究[J].电力自动化设备,2000 ,20(4) :19-21.  
YANG Wei , et al .Research on Direct Current System Insulation Supervisory Device with Microcomputer Line Detection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2000 ,20(4) :19-21.
- [5] 李峥,等. VRLA 蓄电池容量落后原因分析[J]. 蓄电池,2002, (2) : 58-59.  
LI Zheng, et al. Cause Analysis of Capacity Lagging in VRLA Batteries[J]. Storage Battery, 2002, (2) : 58-59.
- [6] 赵春华. 防止蓄电池早期失效延长其使用寿命[J]. 电源技术,2001, 25 (6) : 445-446.
- ZHAO Chun-hua. Methods of Preventing Early Invalidation of Lead-acid Battery and Prolonging Its Service Life[J]. Technology of Power Source, 2001, 25 (6):445-446.
- [7] 吴平安,等. 直流系统漏电检测方法的比较[J]. 华北电力技术,2003, (2) : 52-54.  
WU Ping-an, et al. Comparison of Methods for Detecting Grounding Faults of DC System[J]. Electric Power Technology of North China, 2003, (2) : 52-54.
- [8] 徐海明. 直流设备检修[M]. 北京:中国电力出版社,2003.  
XU Hai-ming. Examining and Repairing of the Direct Current Equipment[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.

收稿日期:2007-05-09; 修回日期:2007-06-02

作者简介:

罗志平(1977-),男,学士,工程师,从事继电保护检修管理工作;E-mail:lyrlzp@yahoo.com.cn

熊迪(1979-),男,学士,工程师,从事继电保护检修工作;

谢智浩(1979-),男,助理工程师,从事变电站直流专业检修工作。

(上接第 50 页 continued from page 50)

原因不能配置其它厂商 IED。笔者认为经过 IEC61850 工程实施组织和各家厂商的努力后,多个厂商 IEC61850 产品互联的系统组态完全可以按第二阶段方案实现。

## 5 结语

三个阶段只是笔者在对 IEC61850 系统组态的一个设想,当然,目前还只能按第一阶段实施。在总结一些 IEC61850 工程的实际经验后,加上各厂商产品的不断改进,完全可以进步到第二阶段。第三阶段目前是一个理想阶段,但是现代电子和通信技术日新月异,TC57 工作小组也在不断修订 IEC61850 标准的部分错误和不足之处,也许到时,工程配置中的这些问题已经迎刃而解了。

技术的发展肯定会朝着更具兼容性、开放性、可扩展性和可继承性方向前进。笔者相信,经过 TC57 工作小组和国内外各大厂商的不断协调改进,IEC61850 变电站的系统组态将更灵活,通用性更强。

## 参考文献

- [1] 张结.IEC61850 的结构化模型分析[J].电力系统自动化,2004,28(18):90-93.

ZHANG Jie. Analysis on Structure Model in IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(18): 90-93.

- [2] Brunner C.Using IEC61850 Configuring the Substation, IEC61850 Seminar[A].In: Implementation and Application Workshop[C].Beijing: 2004.

- [3] 胡道徐.IEC61850 产品开发及工程化应用研究(硕士学位论文)[D].南京:东南大学,2006.

HU Dao-xu. Study on Products Development and Engineering Practice Using IEC 61850,Thesis[D]. Nanjing:Southeast University,2006.2006, 6.

- [4] 张健飞.XML 实用培训教程[M].北京:科学出版社,2003.

ZHANG Jian-fei. XML Practical Training Tutorial[M]. Beijing:Science Press, 2003.

收稿日期:2007-05-24; 修回日期:2007-07-03

作者简介:

王松(1977-);男,工学硕士,工程师,从事电力系统继电保护和计算机监控系统方面工作;E-mail:wangsongkeda@sina.com.cn

宣晓华(1965-),男,工程硕士,高级工程师,长期从事电力系统继电保护和计算机监控系统方面工作;

周华(1963-),男,工程硕士,高级工程师,长期从事电力系统继电保护电力系统生产管理工作。