

# 直流电源可靠性应用研究

李辰龙<sup>1</sup>, 孔珍宝<sup>1</sup>, 刘亚南<sup>1</sup>, 倪颖<sup>2</sup>, 赵永涛<sup>2</sup>

(1.江苏方天电力技术有限公司,江苏南京 211102;2.国华徐州发电有限公司,江苏徐州 221000)

**摘要:**直流系统可靠运行是电网安全、稳定、连续运行的保证。分析了直流电源设备运行、监控、维护的现状,根据现场工作经验和国网安规,提出了一种直流系统隐患排查新方法,该方法既能保证电气设备的安全可靠运行、又可获得经济效益和社会效益。

**关键词:**直流系统;稳压精度;稳流精度;纹波系数;直流空气断路器

**中图分类号:**TM910.7

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2015)01-0059-03

直流电源系统是电力系统发电厂不可缺少的重要组成部分,为运行中电力设备计算机监控、继电保护装置、安全自动装置、DCS控制、断路器分合闸、音响信号等提供直流工作电源,直流电源安全、连续、可靠供电,直接关系到发电厂的运行安全。因此直流电源系统应严格执行相关标准、规范、制度和反事故措施规定。直流系统还应该满足接线合理、运行可靠、方式灵活、维护方便以及符合环保和节能的要求<sup>[1,2]</sup>。随着近年来大型火电机组及特高压直流变电站的迅猛发展,直流系统安全问题凸显,从系统设计选型、设备建造、安装及投产验收、运行维护管理得不到足够重视。近年来因直流电源系统问题直接或间接造成机组非停、开关跳闸及设备运行异常比比皆是。因此对发电厂与变电站直流电源系统进行可靠性研究,并将研究成果在全省发电厂及变电站进行推广,意义重大<sup>[3,4]</sup>。文中分析直流电源设备运行、监控和维护的现状,介绍了一种完整的直流系统隐患排查方法。

## 1 直流电源设备运行现状分析

电力系统中由于直流屏以及蓄电池故障导致的事故时有发生,严重的会造成电网解列事故,主要有以下几种情况<sup>[5]</sup>。

(1) 直流电源充电机运行分析。根据规程,直流电源成套装置技术指标需要达到标准要求,但大部分成套装置都忽略了纹波系数、稳压精度和稳流精度3个参数的在线监测。随着运行时间的增长以及外部环境的变化,充电机的参数会发生不同程度的偏移,造成蓄电池过早失效,严重的会造成保护误动事故。

(2) 蓄电池运行分析。阀控铅酸蓄电池已经得到了广泛应用,其具有全密封、无须加水及调酸等特点。但在实际使用过程中,许多电池未能达到使用寿命,主要原因是浮充状态下单体电池自放电一致性差。长期浮充状态下,由于各个电池的自放电能力不同,有的电

池过充造成电池失水、有的电池欠充造成电池容量不足。蓄电池一旦失效,不仅经济上受到损失,还会影响直流系统的供电可靠性,甚至会导致整个电网的安全性降低。

(3) 直流电源监控、维护现状分析。现有的直流电源检测工作需要专业人员按照检修周期,定期对蓄电池和充电机进行检修。试验分为:蓄电池放电时间、充电机参数测试试验以及级差配合试验。

DL/T 724—2000<sup>[6]</sup>对充电装置的稳压精度、稳流精度、纹波系数3项技术指标的现场交接试验有明确的规定及技术指标。现场必须定期对3项指标进行检查,这3项指标直接影响到蓄电池的性能。

## 2 直流系统隐患排查方法

由于直流系统隐患造成的系统故障频繁出现,因此提出一套完整的直流系统隐患排查方法很有现实意义,文中的方法可以及时发现并解决问题,避免造成大面积事故。直流系统隐患排查方法大致分为6个步骤,内容如下。

### 2.1 直流回路禁用交流空气断路器

直流回路中严禁使用交流空气断路器,原因主要是:交流断路器很难分断直流短路电流。直流电弧分断困难,直流断路器有专门的吹弧线圈或者使用永磁体吹弧技术,交流断路器没有该功能,安全性能差,容易造成机组故障。

### 2.2 空气断路器接线

直流系统中直流空气断路器的正负极性接线要正确。以免电流方向接反,直流空气断路器灭弧特性变差或无法灭弧,造成直流空气断路器损坏。

直流电流因无过零现象,电弧很难熄灭。直流空气断路器一般在静触头下方区域设置磁钢,利用磁钢产生磁场,强制将电弧拉长,迫使其从动、静触头之间流向灭弧室,最终达到分断直流电流的目的。磁钢的极性以固定的极性方向放置在断路器触头系统中,特别要

求电流在断路器内部以一定方向流动,这将使得产生的电弧受到磁钢磁场力的作用,被吹向引弧角。所以外接线时,必须按照断路器上正负极的标记进行接线,一旦接反,在事故状态下,电弧反吹,断路器将无法分断直流电流。检查过程中须要仔细检查正负极接线,保证系统的安全性和可靠性,避免因接线错误造成断路器烧毁。

### 2.3 安秒特性测试

定期对运行中的直流空气断路器进行安秒特性测试。常见的直流空气断路器主要分B型和C型,两者适用的场合和瞬时电流范围不同。B型:适应于直流无感或微感电路、短路电流敏感保护场合,额定电流4~7倍进入速断区;C型:适应于直流配电电路短路及过载保护,7~15倍进入速断区。直流空气断路器进入速断区的动作时间一般为几毫秒,非速断区的动作时间大于100ms,而且电流越小,动作时间越长。进行安秒特性测试时直流空开动作时间小于10ms即可进入速断区。安秒特性测试装置一般原理如图1所示。

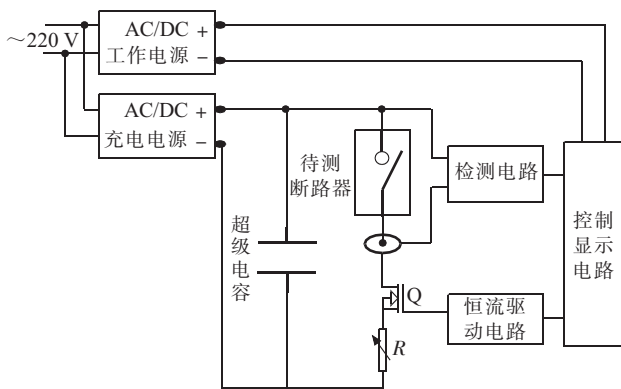


图1 安秒特性测试装置原理

充电电源并联超级电容作为测试电流源,通过恒流控制电路调节待测直流空气断路器。直流空气断路器在测试电流的作用下,跳闸脱扣,自动记录下动作时间值。再改变测试电流值,产生不同的动作时间,待过流保护和短路速断区全部测试完毕,即可自动生成直流空气断路器安秒特性曲线,完成整个测试过程。

某电厂B型直流空气断路器,额定电流为16A,实验结果如表1所示。

表1 安秒特性

电流/A	额定电流倍数	动作时间 $T_1$ /ms	动作时间 $T_2$ /ms	动作时间 $T_3$ /ms
54.4	3	9425	6018	5207
63.9	4	4501	4314	4191
80.6	5	2357	2232	2226
96.0	6	5	6	6
112.0	7	5	5	5

动作时间  $T_1$ 、 $T_2$  和  $T_3$  间隔 30 ms,从表1可以看出,16A开关在6倍额定电流时速断动作,时间在5

ms左右,证明该型号直流断路器的安秒特性比较理想,可以正常使用。通过安秒特性能够直接检查直流断路器的动作情况,保证故障状态时,直流断路器能够正常动作。

### 2.4 级差配合测试

流系统中应满足级差配合,直流空气断路器上下级之间必须保证2~4个级差。

在电力系统中,直流电源系统是继电保护、自动装置和断路器正确动作的基本保证。目前发电厂和变电站的直流馈电网络多采用树状结构,从蓄电池到厂、站内用电设备,一般经过三级配电,每级配电均采用直流空气断路器作为保护电器。如果上下级直流空气断路器保护动作特性不匹配,在直流系统运行过程中,当下级用电设备出现短路故障时,就会引起上一级直流断路器的越级跳闸,从而引起其他馈电线路的断电事故,进而引起发电厂和变电站一次设备如高压开关、变压器、电容器等的事故,因此为了防止事故扩大,直流开关上下级必须能够正确配合。

直流空气断路器常见额定电流规格有:1A,2A(3A),6A,10A,16A,20A,25A,32A,40A,50A,63A,每相邻两者之间为一个级差。直流空气断路器上下级之间必须保证2~4个级差。级差配合测试方法采用小电流预估法试验,原理图如图2所示。

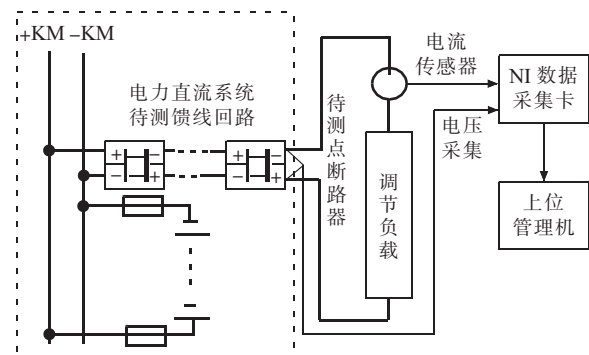


图2 小电流预估法原理

小电流预估法简单安全,可在线测试,但有一定误差,试验结果得出的级差配合概率 $\geq 100\%$ ,预估级差配合符合要求,配合概率0~100%,就提示有越级跳闸的可能;短路模拟校验法真实准确可靠,但有一定越级跳闸风险,通过该试验可直接校验上下级开关级差配合是否合格,同时可看出短路电流大小和开关灭弧特性好坏。以下为江苏某电厂级差配合测试实例:试验开关S252SDC-B4,预估短路电流160.9A,级差配合概率100%,短路电流为152A,能够跳闸。

试验结果:在1号磨煤机电源柜S252SDC-B4直流空气断路器下口直接短路,B4瞬时跳闸。上级1号机直流220V1号馈线屏GMB32M-2400R直流空气断路器未跳闸。B4下口短路时短路电流为152A,弧

前时间为 0.5 ms,灭弧时间为 5.5 ms。试验结论:该次受试直流系统满足级差配合要求。

## 2.5 直流系统稳压精度、稳流精度、纹波系数测试

发电厂及升压站直流系统充电机(整流模块)应满足反措要求。文献[7]要求新建或改造的变电站选用充电、浮充电装置,应满足稳压精度优于 0.5%、稳流精度优于 1%、输出电压纹波系数不大于 0.5%的技术要求。在用的充电、浮充电装置如不满足上述要求,应逐步更换。

稳压精度、稳流精度和纹波系数测试原理如图 3 所示。通过调压装置(如变压器)将充电机交流输入电压在额定电压 $\pm 10\%$ 内变化,负载调整装置(如放电电阻)使充电机的直流输出电压及输出电流在规定范围内变化(电压调整范围为额定值的 90%~110%,电流调整范围为额定值的 0~100%),在调整范围内测量电压、电流及纹波值,通过计算得到充电机的稳压精度、稳流精度及纹波系数,结果见表 2。

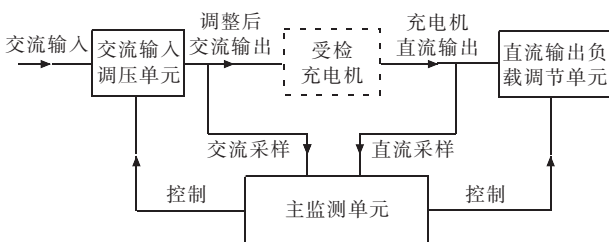


图 3 稳压精度、稳流精度和纹波系数测试原理

表 2 稳压精度测试结果

直流输出电压 整定 /V	交流输入 电压 /V	实测直流输出电压 /V			稳压精度 最大值 /%
		0%Ie (0.0A)	50%Ie (10.0A)	100%Ie (20.0A)	
198.0	324	197.30	196.84	196.61	-0.716
	380	197.32	196.82	196.62	
	437	197.29	196.80	196.58	
220.0	342	219.24	218.80	218.58	-0.662
	380	219.28	218.75	218.54	
	437	219.32	218.78	218.58	
275.0	342	274.46	273.98	273.79	-0.442
	380	374.51	273.99	273.79	
	437	274.52	273.99	273.78	

从表 2 可看出,在 DC198 V 和 220 V 点稳压精度超标,在 DC275 V 点稳压精度合格。但 3 点误差全部为负值,空载时 3 点输出值普遍比整定值小 0.5~0.7,满载时输出值普遍比整定值小 1.2~1.4;而空载满载差在 0.7 左右,并不太大。DC198 V、220 V 和 DC275 V 3 点电压绝对误差基本相同,DC275 V 点相对误差较小,由此可知,稳压精度不合格的主要原因是由充电机输出电压整体偏低而造成的。充电机稳压精度长期

超标,其后果是造成蓄电池欠、过充,威胁直流供电的安全性。基于以上分析,建议在半载状态下,重新校准充电机输出电压,使充电机稳压精度满足要求。

## 2.6 仿真直流系统窜入交流系统

直流回路分布广、数量多,常常出现运行与基建施工、设备改造同时并存,由于工作不慎,极易造成交流电源串入直流回路。由于直流回路存在分布电容,可能出现交流电源经分布电容启动相应继电器,导致多台断路器同时跳闸或合闸,造成极其严重的事故<sup>[8]</sup>。为了防范交流电源串入直流系统,一方面从设计源头、管理方面入手,减小事故发生的源头;另一方面,原有的直流系统绝缘监测装置,应逐步进行改造,使其具备交流窜直流故障的测记和报警功能,同时提高中间继电器动作功率,反措要求功率大于 5 W。这样将大大提高直流系统的安全稳定性。

## 3 结束语

直流系统可靠与否对发电厂和变电站的安全运行起着至关重要的作用,是安全运行的保证。根据现场的实际工作经验,总结并提出了一种新的直流系统隐患排查方法,该方法能够全面排查直流系统存在的安全隐患,为电网的安全稳定运行提供保障。

### 参考文献:

- [1] 赵希正. 强化电网安全保障可靠供电:美加“8.14”停电事件给我们的启示[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 1-7.
- [2] 李均甫, 张健能, 任雪涛. 浅谈变电站直流系统运行维护的几个问题[J]. 继电器, 2004, 32(17): 75-77.
- [3] 赵永生, 庄洪波. 交流电源串入直流电源回路导致断路器跳闸原因分析[J]. 湖南电力, 2010, 30(1): 27-29.
- [4] 张红彬. 电力直流系统的维护探讨[J]. 沿海企业与科技, 2009(5): 153-155.
- [5] 王洪, 张广辉, 梁志强, 等. 电力直流电源系统的网络化管理及状态检修[J]. 电网技术, 2010, 34(2): 185-189.
- [6] 国家经济贸易委员会. DL/T 724—2000 电力系统蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程[S].
- [7] 国家电网公司. 国家电网公司十八项电网重大反事故措施[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007: 14.
- [8] 周国平, 张炯, 李辰龙, 等. 交直流互串导致灭磁开关误动原因分析及防范措施[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(5): 10-12.

### 作者简介:

李辰龙(1980),男,辽宁朝阳人,工程师,从事继电保护工作;  
孔珍宝(1962),男,江苏高淳人,高级工程师,从事继电保护工作;  
刘亚南(1988),男,江苏徐州人,研究生,从事继电保护工作;  
倪颖(1966),女,江苏铜山人,高级工程师,从事继电保护工作;  
赵永涛(1979),男,山东滕州人,工程师,从事继电保护工作。

(下转第 64 页)

以满足配电自动化二遥、三遥功能。其中光纤覆盖节点为 165 个，公网无线 GPRS 覆盖节点为 730 个（如图 2、图 3 所示）。

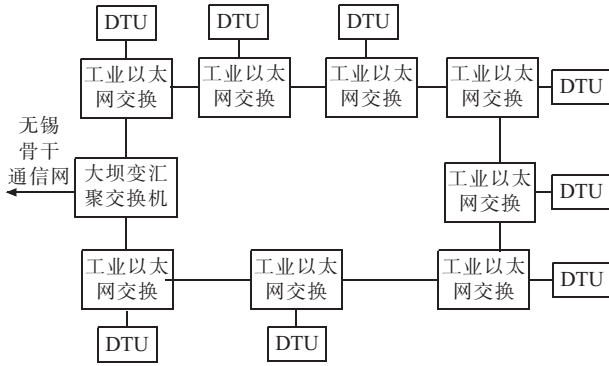


图 2 无锡配电通信光纤网络

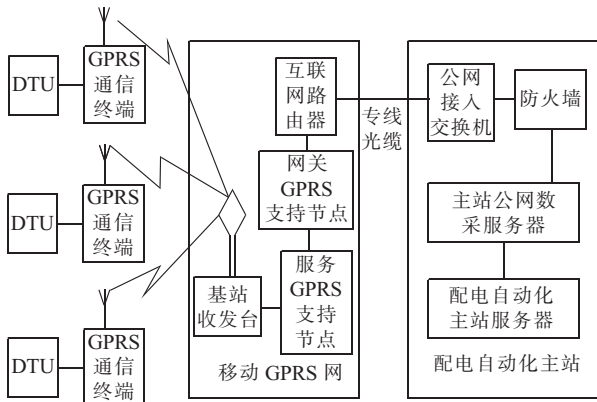


图 3 无锡配电通信网无线网络

### 3 结束语

在配电通信网建设和规划中，不能简单复制骨干通信网规划思路，要结合配电终端工作特点，重点研究无线公网在配电通信网的应用前景，突破无线公网信息传输安全上的瓶颈，加大无线公网在配电网的应用，同时在确立 EPON 和工业以太网作为配电通信网传输设备的前提下，研讨 PTN 通信技术在配电通信网的应用前景，以加快配电通信网建设步伐，更好地服务智能配电网的建设。

#### 参考文献：

- [1] 雷维礼, 马立香, 等. 接入网技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006:36-49.
- [2] 张中荃. 接入网技术 [M]. 3 版. 北京: 人民邮电出版社, 2013: 123-126.
- [3] 秦健, 施金阳, 孙超. 县域配电网配电自动化系统的通信方案选择 [J]. 江苏电机工程, 2014, 33(4):44-47.
- [4] 韦惠民, 李国民, 等. 移动通信技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006:92-98.

#### 作者简介：

胡慧萍(1964)女, 江苏无锡人, 工程师, 从事电力科技工作;  
周琦(1963)男, 江苏无锡人, 工程师, 从事电力通信管理工作;  
刘佳诞(1975)男, 江苏无锡人, 高级工程师, 从事电力通信管理工作。

## Construction and Technical Policy Analysis for the Communication Systems in the Distribution Network

HU Huiping, ZHOU Qi, LIU Jiadan

(Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214061, China)

**Abstract:** This paper introduces the current status and structure of the distribution communication network in Wuxi. The overall objective, technical route, networking principles, and network structure of Wuxi communication network are presented. Moreover, the existing problems in the construction of communication network are emphasized, the distribution route planning objectives and technical requirements are proposed, and the construction goal as well as development direction of distribution communication network Wuxi is clarified.

**Key words:** distribution communication network; planning objectives; technical route

(上接第 61 页)

## Research on the Reliability of DC Power Source

LI Chenlong<sup>1</sup>, KONG Zhenbao<sup>1</sup>, LIU Yanan<sup>1</sup>, NI Yin<sup>2</sup>, ZHAO Yongtao<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Frontier Electrical Power Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China;

2. Guohua Xuzhou Power Co. Ltd., Xuzhou 221000, China)

**Abstract:** DC system is an important part of power plants or substations. Reliable operation of DC system is critical to power grid security, stability and continuous operation. In recent years, a large number of new technologies and new equipment have been applied to the DC system. Therefore, exploring the hidden danger of DC system has a very practical implications. This paper analyzes the status of equipment operation, monitoring, maintenance in DC system. According to the operation experience and the state grid's safety regulation, this paper proposes a new method for hidden investigation in DC system. The method not only ensures reliable operation of DC power supply equipment, but also brings economic and social benefits.

**Key words:** DC system; regulation accuracy; steady flow accuracy; ripple coefficient; Dc air circuit breaker