

直流不接地系统临时接地装置在特高压南阳变电站的应用

特高压变电站用整流器装置较普通变电站数量多，直流不接地系统应用更为广泛。该系统不能测量母线对地电位，目前对该直流电源开关控制回路检查时使用的测量接点导通法和临时电缆法不能从根本上解决问题。借鉴当前变电站公用直流系统绝缘监测原理，提出不接地直流电源系统临时接地装置设计方案及应用原理。该临时接地装置不仅解决了不接地直流系统二次回路检查时不能测量对地电位的问题，还解决了不接地直流系统无法进行带电对地绝缘检查工作的问题。

刘 涛¹ 李凤旭² 杨 光¹ 焦海龙¹ 张海涛¹ / 1. 河南省电力公司检修公司
2. 华能玉环电厂



刘 涛/助理工程师

关键词/Keywords

特高压变电站·
直流不接地系统·
对地电位·
临时接地装置·
绝缘检查·

变电站公用直流电源系统一般配置有接地监察装置，为满足接地监测和告警功能，该装置设计有该直流系统正母线和负母线分别经电阻接地回路，因此地电位相对于该系统电压为 0 V，在进行直流系统维护或直流回路故障检查时，可以通过测量正母线和负母线的对地电位来进行。然而变电站某些直流电源系统配置较为简单，例如整流器系统不配置绝缘监测装置，正母线和负母线无经电阻接地回路，地电位对于正、负母线没有参考意义；在对整流器提供的直流电源系统进行维护或直流回路检查时，无法通过测量正、负母线的对地电位来实现。在过去的数十年中，我国电力工作者对此现象及带来的问题鲜有关注，基本无针对此问题的文献资料问世。特高压南阳变电站 1 000 kV 和 110 kV HGIS 隔离（接地）开关控制电源均由本间隔独立的 AC 220 V - DC 220 V 整流器提供，其控制回路故障检查遇到的问题困难更为明显和突出。

整流器的应用

特高压变电站公用直流电源系统的设计容量很大，若再考虑全站隔离（接地）开关控制电源负荷，公用直流电源系统容量将会更大，成本很高且难以配置。因此特高压变电站隔离（接地）开关控制电源尽量使用交流电源或者自身整流器提供的直流电源^[1,2]。由于直流电动机较交流电动机固有的良好特性，例如调速性能好、起动力矩大等，因此各设备生产厂家更愿意使用直流电动机。特高压南阳变电站 1 000 kV 及 110 kV HGIS 隔离（接地）开关控制电动机均选用直流电动机，因此这些间隔均需设备厂家配置相应的整流器，以将交流电源转换成直流电源。特高压长治变电站 1 000 kV GIS 隔离（接地）开关控制方案与南阳变电站类似。因此，包括我国其他特高压交直流变电站，隔离（接地）开关控制电源采用直流不接地整流器方案有广泛的应用。超高压及以下电压等级的变电站亦有不同程度的应用。

整流器直流输出为不接地系统，地电位对正、负母线电位无参考价值，隔离（接地）开关控制回路检查时不能对地测量电位，给该方案的应用及现场工作带来了极大的不便。

问题分析及当前解决办法

直流不接地系统对开关控制回路带来最明显的问题在于联锁回路的检查，因为联锁接点一般距离电源处较远，故障检查时在本机构箱或端子箱不能同时找到正、负电源，无参考电位不能测量回路电位。

南阳变电站有 1 000 kV HGIS 32 组, 110 kV HGIS 56 组, 每组的五防联锁接点为数个至数十个不等, 以上共计 88 组开关控制回路, 总计联锁接点数为 1 200 余个。自 2008 年 12 月南阳变电站正式投入运行以来, 这些回路联锁接点故障数十次,

造成隔离开关或接地开关不能操作, 严重影响特高压交流试验示范工程的停送电操作效率。现以 T0312 隔离开关控制回路联锁回路故障为例说明该问题。图 1 为 T0312 隔离开关联锁回路原理。

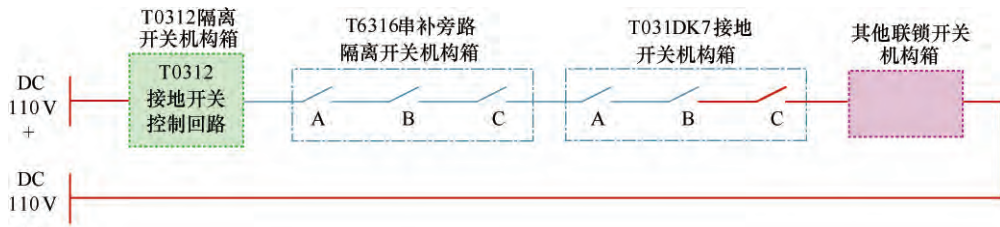


图1 T0312 隔离开关联锁回路原理

当发现 T0312 隔离开关因联锁回路故障不能操作时, 首先是尽快查找出哪一个接点出现了故障。比较便捷的办法是确定负电位到控制回路某个接点, 直流不接地系统地电位不能作为负电位的参考, 同时提供联锁接点的机构箱或端子箱远离正电源 T0312 开关机构箱, 因此可以作为负电位参考点的正电位由于距离太远而无法使用。目前该问题的处理办法有两种, 即直接测量接点通断法和使用临时电缆法, 但以上两种方法均不能从根本上解决问题。

1. 直接测量接点通断

该方法是使用万用表测量该回路所有联锁接点的导通情况^[3]。该方法的弊端如下:

1) 以图 1 所示 T0312 隔离开关联锁回路为例, 该回路联锁接点共计 31 个, 涉及 11 个端子箱及机构箱, 该方法工作量大, 效率低, 且打开

隔离 (接地) 开关机构箱需要使用解锁钥匙, 手续繁杂。

2) 长电缆单端接线松动的情况不能反应, 万用表不可能同时测量长电缆两端以判断其是否导通, 此种情况根本不能查出故障点。

2. 使用临时电缆

由于测量 “DC 110 V₋” 电位到控制回路某个接点可以反应出故障接点位置, 地电位无参考意义不能使用, 只能将 “DC 110 V₊” 电位通过一临时电缆引至联锁接点 T031DK7 机构箱, 如图 2 所示。从图 2 中可以看出, 若 B 相接点故障未合上, 借助于参考电位 DC 110 V₊, 就可以判断出 B 相接点负电源端电位为 DC 110 V₋ (万用表显示为 DC 220 V), B 相接点正电源端无电位 (万用表显示为 0 V), 很快判断出该回路在 T031DK7 开关 B 相接点处故障断开。

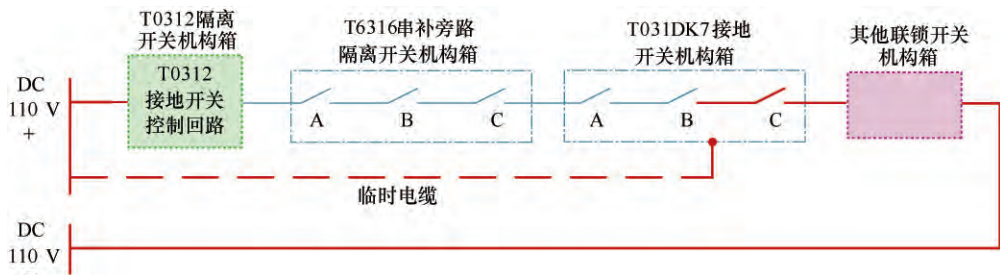


图2 使用临时电缆法检查回路

该方法虽然在原理上可以判断出回路故障点的位置, 但是存在问题很明显。

1) 现场在带电设备区布置临时电缆, 工作烦琐且存在安全风险。

2) 临时电缆无屏蔽及接地, 特高压变电站

电磁干扰明显, 引来的参考 “DC 110 V₊” 电位可能严重漂移, 远距离长电缆更为严重。

3) 对于 1 000 kV 串补设备区、500 kV 设备区和 110 kV 设备区的联锁接点, 因其距离 1 000 kV HGIS 设备区过远 (可能超过 500 m 甚至

更远) 且障碍过多, 根本无法使用临时电缆。

目前现场一般将以上两种方法结合使用, 但还是无法从根本上解决问题。

临时接地装置

影响南阳变电站 1 000 kV 和 110 kV HGIS 直流控制回路故障查找工作的根本因素在于该控制回路的直流电源为不接地系统。参考站内公用 DC 220 V 电源系统, 该系统配置有绝缘监测功能, 正、负母线分别经电阻接地, 检查回路时均可通过测量正、负母线对地电位进行^[4]。由于在设备机构箱和二次屏柜内, 地电位很容易找到, 回路故障检查时, 可以通过测量正、负母线的对地电位判断回路是否正常。

借鉴以上思路开发出了直流电源临时接地装置, 回路检查时将该直流系统的正、负母线分别经一适当阻值电阻接地, 使该直流 220 V 系统成为小电流接地系统, 地电位被强制拉至为 0 V。回路检查时可以通过检查联锁回路各处对地电位来判断出故障点的位置。为尽可能不影响原直流系统的运行状态, 该装置仅在回路检查时临时装设于对应间隔逆变器的正、负母线出口处, 工作完毕及时拆除。原理如图 3 所示。

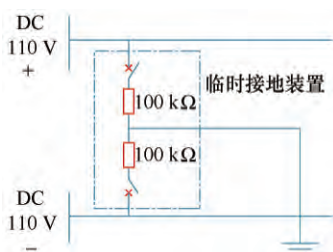


图3 临时接地装置原理

图中点画线框内为装设的接地装置, 为可靠起见, 两电阻经一双联空气开关接至正、负母线; 电阻值大小参考站内公用直流电源系统接地阻值, 取100 k Ω ; 该空气开关额定容量不宜过大, 选为1 A。由原理可知, 该临时接地装置包含三个元件(两个100 k Ω 电阻和一个1 A的双联空气开关)和三根导线(分别接正母线、负母线和大地)构成, 组成简单可靠, 成本低廉, 使用方便。

使用临时接地装置后, 该直流系统二次控制

回路故障查找效率大为提高。为判断“DC 110 V₋”电位位置, 只需测量回路接点对地电位, 逐步缩小检查范围直至测量到故障接点。对于1 000 kV HGIS 隔离(接地)开关控制回路, 1 000 kV串补区、500 kV设备区和110 kV设备区联锁接点故障的查找成为可能; 对于110 kV HGIS 隔离(接地)开关控制回路, 1 000 kV设备区、1 000 kV串补区和500 kV设备区联锁接点故障的查找成为可能。在2011~2014年南阳变电站历次1 000 kV或110 kV HGIS 开关控制回路故障查找和排除工作中发挥了关键作用。

直流不接地系统绝缘检查

该临时接地装置不仅成功解决了1 000 kV和110 kV HGIS 隔离(接地)开关直流控制回路故障检查的困难和问题, 在应用中还有另一个重要作用: 站内直流不接地系统的绝缘检查。

目前, 1 000 kV 特高压南阳变电站内存在的直流不接地系统有1 000 kV HGIS 隔离(接地)开关控制回路、110 kV HGIS 隔离(接地)开关控制回路、110 kV HGIS 断路器电动机控制回路、UPS 蓄电池直流系统和视屏监控直流蓄电池系统。以上系统均无支路绝缘巡检功能, 若系统发生单点绝缘损坏或接地故障, 站内自动化监控系统根本无法发出告警信号, 运维人员巡视和定期维护时通过现有手段也无法发现该类问题^[5]; 若同一系统单点接地故障发展成为正、负极两点接地故障, 则将会瞬间跳闸或严重损坏整流器(蓄电池组), 严重影响特高压设备的安全稳定运行。

使用临时接地装置可以满足和有效解决站内直流不接地系统的绝缘检查。该原理应用了平衡桥原理, 在对站内直流不接地系统进行定期维护检查工作时, 将临时接地装置装设于逆变器或蓄电池正、负电位处, 接地端接地, 分别测量直流正、负母线的对地电压, 若正、负母线的对地电压绝对值两者偏差过大, 则说明该系统发生了单点绝缘降低或接地。对于单端接地的绝缘阻值, 可以参照平衡电桥法和不平衡电桥法进行定量准确计算; 对于平衡接地的绝缘阻值, 可以参照不平衡电桥法进行定量准确计算^[6,7]。

临时接地装置技术改进

临时接于直流电源系统的接地装置热容量应满足安全要求,电阻发热功率过大则可能烧毁电阻,造成直流系统短路。作为直流系统接地检查使用的平衡桥应有较高的灵敏度,因此两电阻值误差不能太大。基于以上两点的考虑,对临时接地装置进行改进。一般五色环金属膜电阻额定功耗为 1 W,准确度为 1%,若将两接地电阻分别采用相同阻值的四支电阻形成两并两串结构,这样单支电阻功耗降为原来的 1/4,同时整体接地电阻准确度提高至 0.25%。改进后的临时接地装置原理如图 4 所示,改进后的装置实物照片如图 5 所示。

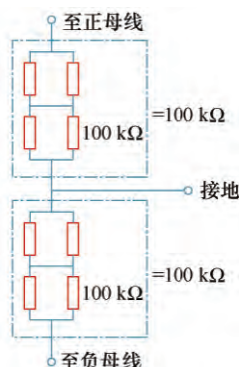


图4 改进后的临时接地装置原理

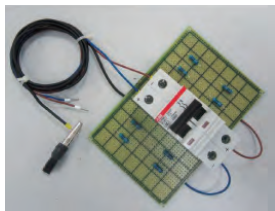


图5 改进后的接地装置实物照片

现场应用实例

2013年10月某日,南阳变电站在进行1 000 kV系统停电倒闸操作期间,1 000 kV HGIS T0222 隔离开关不能进行分闸操作,在五防联锁条件均满足的情况下,检查其控制回路的联锁回路未导通。该联锁回路联锁节点多达 25 副,现场维护人员立即使用了如图 5 所示的临时接地装置,直接测量该回路第 14 副联锁节点,发现 DC 110 V 负电位正常;测量第 6 副联锁节点 DC 110 V 负电位未到达;如此逐步缩小查找范围,步步接近故障点,很快发现 T0222 隔离开关控制端子至 1 000 kV 南

荆 I 线串补 T624 旁路断路器常开位置节点电缆的对侧接线松动,造成该联锁回路故障。若使用传统的直接量节点通断及临时电缆法,则工作量大且效率低下,对于本次故障点则根本无法找到。

UPS 蓄电池系统无论在正常运行期间还是检修期间均不能使用摇表检测其对地绝缘。南阳变电站该系统已稳定运行七年,若蓄电池组出口处发生某点对地绝缘下降或接地时,另一极再发生相同情况,则相当于蓄电池正、负极直接短路,轻则烧毁蓄电池熔丝,严重时则引起蓄电池爆炸。为此种情况的发生,南阳变电站运行维护人员在对蓄电池组定期维护时使用了临时接地装置,使南阳变电站 UPS 蓄电池组对地绝缘维护工作有了专业的保障。

结束语

临时接地装置不仅成功解决了 1 000 kV 和 110 kV HGIS 隔离(接地)开关直流控制回路故障检查的问题,还解决了站内直流不接地系统的对地绝缘检查问题。经调研,我国电网中相当比例的发电厂和变电站都存在直流不接地电源系统,这些变电站和发电厂在运行维护时也遇到与南阳变电站类似的情况,该直流系统临时接地装置及其方法具有一定的推广价值。

参考文献

- [1] 燕立,盛志宇. 晋东南 1 000 kV 变电站直流系统配置方案 [J]. 电网技术, 2009, 33 (10): 48-51.
- [2] 鲁东海,巫怀军,浦知新. 特高压变电站二次直流系统的配置研究 [J]. 华东电力, 2011, 39 (9): 1481-1484.
- [3] 韦斌. 500 kV 隔离开关常见的控制回路故障及分析 [J]. 电气应用, 2010, 29 (17): 64-66.
- [4] 武志松. 变电站直流电源回路对地电压分析 [J]. 电工技术, 2012 (5): 53-55.
- [5] 李成章,李秀荣,杨依振. UPS 应用与供电系统设计技术探讨 [J]. 电气应用, 2010, 29 (18): 14-17.
- [6] 王贵,沈岩. 直流系统绝缘电阻检测及其整定值 [J]. 电气应用, 2010, 29 (11): 48-52.
- [7] 李凡红,庄秋月. 500 kV 变电站直流绝缘降低分析及应对策略 [J]. 电工技术, 2013 (7): 57-58.

(收稿日期: 2014-02-08) EA