

[开关设备]

直流旁路开关系列产品简介和工程化应用

文/西安西电高压开关有限责任公司 吉利 刘伟 张黎阳 刘世奇

介绍了直流旁路开关的工作原理，主要技术参数，产品外形，结构特点以及工程化应用等内容。

直流旁路开关作为直流输变电系统中必备的开关设备，在系统中起着举足轻重的作用。为了打破国外公司在直流旁路技术上的垄断，国内高压开关行业生产厂家都在积极研制，近年来我公司陆续成功开发 $\pm 1120\text{ kV}$ 、 $\pm 816\text{ kV}$ 和 $\pm 408\text{ kV}$ 系列化的直流旁路开关，提高了公司在直流旁路开关市场上的竞争优势。

直流旁路开关的作用

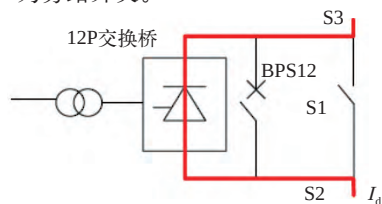
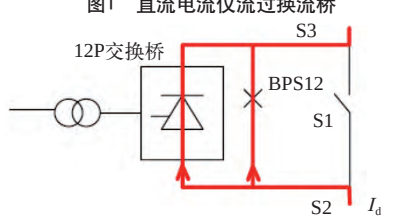
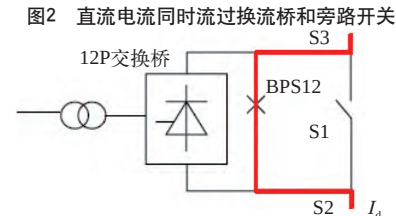
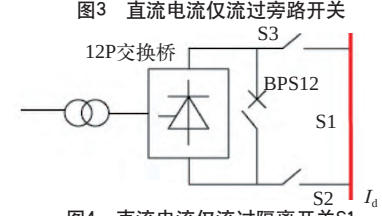
在特高压直流系统中，旁路开关有以下两个主要作用：退出正在运行的12P换流桥，且不影响剩余换流桥的正常运行；将闭锁的12P换流桥重新投入运行，且不影响已经投运的换流桥的正常功率输送。

操作时序

直流旁路开关实现上述2个作用，需完成以下操作时序。

1) 旁路开关合闸，使并联的正常运行的12P换流桥闭锁退出运行。初始状态见图1，旁路开关在分闸状态，电流仅流过换流桥。由于故障或者检修需要，投旁通对闭锁12P换流桥，旁路开关合闸，此时系统状态见图2，直流电流同时流过换流桥和旁路开关。闭锁旁通对的触发脉冲，直流电流仅流过旁路开关支路，系统状态见图3。依次合S1、分旁路开关、分S2和S3，此时系

统状态见图4。旁路开关合闸、退出换流桥的操作时序过程中，系统状态变化依次为：图1、图2、图3、图4。图中：S1、S2、S3为隔离开关，BPS12为旁路开关。



产品外形

ZPLW1-1120/Y6600-6600直流旁路开关外形如图5所示。每台直流旁路开关由一极组成，整体结构呈T形，包括灭弧室、支柱、辅助支撑和操动机构。产品总高度为17.5 m。



图5 ZPLW1-1120直流旁路开关

ZPLW1-816/Y6300-6300直流旁路开关外形如图6所示。每台直流旁路开关由一极组成，整体结构呈T形，包括灭弧室、支柱和操动机构。产品总高度为14.6 m。



图6 6ZPLW1-816直流旁路开关

ZPLW1-408/Y6300-6300直流旁路开关外形如图7所示。每台直流旁路开关由一极组成，整体结构呈T形，包括灭弧室、支柱和操动机构。产品总高度为10.5 m。



图7 ZPLW1-408直流旁路开关

产品结构特点

1. 灭弧室结构

该系列直流旁路开关的灭弧室采用压气式灭弧原理，每极灭弧室均为双断口结构，每个灭弧室断口配置一个并联电阻，并联电阻与灭弧室断口水平布置。在灭弧室两端和躯壳上下分别布置均压环，如图8所示。

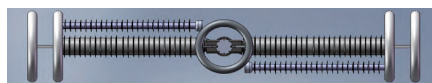


图8 直流旁路开关的灭弧室结构

此外，灭弧室绝缘子选用空心复合绝缘子，一方面可以满足直流场设备爬电比距高的要求，另一方面可以有效减轻产品的重量，易于产品的装配和运输。

2. 电阻选型

直流电压下均压电阻有两种：一种是纯电阻，在暂态电压和稳态电压下电压分布不同；另一种是阻容式电阻，在暂态电压下按电容分布，稳态电压下按照电阻分布，因此在暂态和稳态电压下电压分布相同。

为了使直流旁路开关灭弧室断口电压不均匀系数不大于1.05，该系列产品均选择阻容式电阻来进行均压，有效平衡了断口电压的分配。在暂态电压下，电容的作用提高了直流旁路开关对瞬态冲击电压的耐受能力；在稳态电压下，电阻的作用保证了直流旁路开关在不同工况运行过程中的均压，从而提高直流旁路开关的可靠性。

3. 支柱结构

该系列直流旁路开关产品高度较高，为了提高产品在分合闸过程中的稳定性，在该系列产品支柱内部设有专门的导向装置，如图9所示。特别的，ZPLW1-1120直流旁路开关的支柱有四节复合套管组成，除了在整个支柱内部设计了五处导向装置外，还增加了两根辅助支撑设计，如图10所示。两根辅助支撑设计与支柱形成了三角形，从而进一步提高了产品的稳定性。

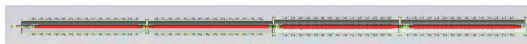


图9 直流旁路开关的导向装置结构



图10 ZPLW1-1120直流旁路开关的支柱结构

(下转第90页)

S1A、S1B和S1C为微动开关常闭点，串联后接入合闸回路；S2A、S2B和S2C为微动开关常开点，接入分闸回路。S3A、S3B和S3C为微动开关另一对常闭节点，S4A、S4B和S4C为另一对常开节点，通过电缆引致就地控制柜后引至主控室，用于远方监控刀开关的实际状态，预防在非全相分合闸的工况下操作。

3. 电信号可靠性论证

电信号丝杠固定在传动系统的传动主轴上，如图8所示。

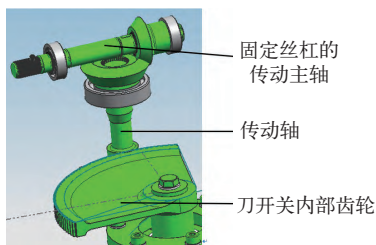


图8 刀开关内部传动部分

4. 电信号的试验验证

为验证输出电信号是否如实反映刀闸的实际分合闸状态，需要在安装此装置的样机上进行实际操作，将操动机构装配在A相，验证B、C相分合位置信号与A相机构显示的分合闸信号的一致性，同时验证三相分合闸电信号与刀开关内部断口分合的一致性。

试验过程中，未经过调整，B、C相连接机构合闸、分闸位置信号与A相操动机构分合闸位置信号始终一致。设置在B、C相连接机构上合闸、分闸电信号与刀开关内部合闸、分闸断口状态始终一致。

结束语

三相分合闸机械指示的直观性和可靠性，可防止非全相操作的发生，加大已运行产品维护的安全性；电信号的引出便于就地和远方控制的联锁应用，也为未来设计整体智能化电站奠定基础。EA

(收稿日期：2018.06.18)

(编辑：白文亭)

(上接第81页)

4. 传动结构

为了满足直流旁路开关的操作特性，对传动结构进行了特殊设计，如图11所示。断路器产品一般分闸时间较短，操动机构的输出功中分闸操作功大，合闸操作功小；而直流旁路开关一般合闸时间较短，要求机构输出功合闸操作功大，分闸操作功小。因此直流旁路开关的传动结构可以在断路器的传动机构进行变换，即改变传动拐臂的装配方向，从而使机构活塞杆向上推（机构的合闸）带动灭弧室的分闸，机构活塞杆向下拉（机构的分闸）带动灭弧室的合闸。

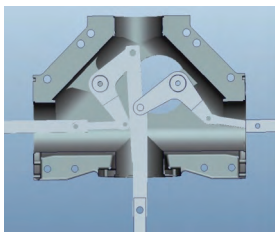


图11 直流旁路开关的传动结构

5. 操动机构

因液压机构具有响应快，可靠性高，输出功率大等优势，该系列直流旁路开关均配置液压操动机构。根据该系列直流旁路开关对分合闸操动的不同需要，分别对其配置的液压机构进行选

型，ZPLW1-1120直流旁路开关采用CYA8G型液压机构，ZPLW1-816直流旁路开关和ZPLW1-408直流旁路开关选用CYA6-7型液压机构，如图12所示。



图12 液压机构

工程化应用

山西-南京 ± 800 kV特高压直流工程为双极直流系统，额定输电容量8 000 MW。送端晋北换流站，受端南京换流站。本工程输电距离约1 100 km，直流电压 ± 800 kV，直流电流5 000 A。

2012年研制成功 ± 816 kV、 ± 408 kV直流旁路开关成功应用于山西-南京 ± 800 kV特高压直流输电工程晋北换流站。ZPLW1-408直流旁路开关供货2台，ZPLW1-816直流旁路开关供货2台，目前产品均运行良好。EA

(收稿日期：2018.07.01)

(编辑：白文亭)