

[开关设备]

小型化带隔离开关、接地开关真空断路器的设计

文/福建逢兴机电设备有限公司 苏太育

介绍了集隔离开关、固封断路器、接地开关、操作机构、传动机构和联锁机构为一体的小型化真空断路器的设计。阐述了该真空断路器的结构特点以及该型号断路器的主要结构设计，并提出了设计过程中的关键工艺问题，完成了小型化、结构简单且环保的真空断路器产品的研发。

断路器是指能够关合、承载和开断正常回路条件下的电流，并能关合、在规定的时间内承载和开断异常回路条件下的电流的开关装置。根据灭弧介质的不同，断路器分以下几种类型：一种是油断路器，它以油作为灭弧介质；一种是压缩空气断路器，它以压缩空气作为灭弧介质和绝缘介质；一种是 SF_6 断路器，它以 SF_6 气体作为灭弧介质或兼作绝缘介质；最新一种是真空断路器，它以真空作为绝缘介质和灭弧介质。

一般来说，油断路器运行经验比较丰富，它易于维护，但是油易劣化，所以需要另外配备油处理装置，而且还需要防火、防爆。而压缩空气断路器需要另配一套压缩空气装置作为气源，并且运行过程中噪声较大，需要的维修周期也比较长。 SF_6 断路器，由于使用的 SF_6 气体是一种温室效应极强的气体，因此它是非环保的产品。而真空断路器，可连续多次操作，开断性能好，灭弧迅速，运行维护简单，它的灭弧室不需要检修，也不会有火灾及爆炸危险，并且运行时噪声低，因此真空断路器成为目前发展前途最好的一种断路器。真空断路器的发展越来越趋向于模块化和小型化，本公司开发设计的VFE(C)-12真空断路器正是适合该发展趋势的一种新产品。

VFE(C)-12真空断路器结构特点

VFE(C)-12真空断路器的重要特点是它将隔离开关、固封断路器、接地开关、操作机构、传动机构和联锁机构集成一体，它是一种小型化的新产品。VFE(C)-12真空断路器结构如图1所示。

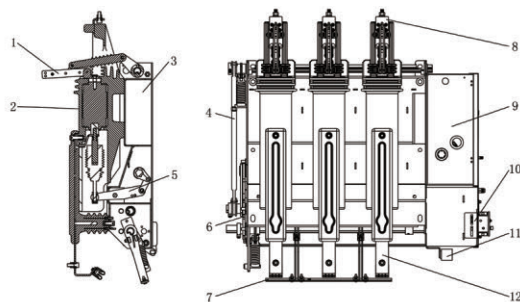


图1 VFE(C)-12真空断路器结构图

- 1—隔离开关 2—固封极柱 3—框架 4—断路器传动机构
5—隔离开关传动机构 6—联锁机构 7—接地开关
8—进线端 9—断路器操作机构 10—门板联锁压板
11—二次线接线端子 12—出线端

VFE(C)-12真空断路器设计

1. 整体机构设计思路

VFE(C)-12真空断路器是集旋转式隔离开关、固封断路器、旋转式接地开关、操作机构、传动机构和联锁机构为一体的、小型化的新产品。设计可独立操作并且断口可见的隔离开关和接地开关，并在隔离开关、固封断路器与接地开

关之间设有机机械联锁防止误操作；使用固封极柱技术，采用横向磁场结构触头的灭弧室可使开断的短路电流达到25 kA/31.5 kA，其灭弧室先用硅橡胶灌封，再同主回路其他零件一起固封在环氧树脂绝缘层内，免受外界环境因素影响；对自动柜门闭锁机构进行免调整设计，闭锁机构主要配件安装在开关内，柜门上只需按图样要求安装联锁板，无须调整位置、长度；在断路器的出线端内置感应式传感器，连接带电显示器可实时显示回路通电状态，方便监控断路器的工作状态。

2. 固封技术

断路器内部灭弧室采用横向磁场结构触头进行电流的开断（可开断25 kA/31.5 kA短路电流），采用硅橡胶灌封，注塑环氧树脂绝缘层的固封极柱技术。其加工工艺是：①用硅橡胶灌封灭弧室，只露出灭弧室静端面和动杆。②使用环氧树脂 APG工艺制造极柱，将灭弧室及主回路其他零件灌封在极柱内，只露出与灭弧室静端面连接的导电块和灭弧室动杆。这样将灭弧室全部固封在极柱内，避免受到外部机械力破坏，以及避免外部环境粉尘、湿气等因素的影响。选用性能优异的环氧树脂，确保真空密封性能好、绝缘性能可靠，并使产品的力学性能、电气性能和耐热等性能得到提高。使用固封技术，将灭弧室及主回路其他零件已灌封在极柱内，大大地简化了产品的装配工艺。固封极柱结构图如图2所示。

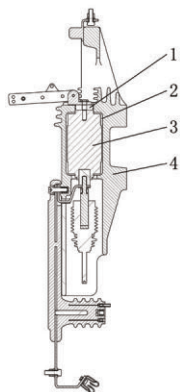


图2 固封极柱结构图

1—导电块 2—硅橡胶层 3—灭弧室 4—极柱

3. 灭弧室的设计

VFE(C)-12真空断路器灭弧触头材料选用了优质CuCr，一方面因为在断路器灭弧触点采用了横向磁场结构的触头。在横向磁场触头中，当电流瞬间高达10 kA时，电弧是呈现扩散型的，而电流更高时，其电弧将呈现出聚集型。当电流值

低于最小阈值时，金属蒸气电弧会在正常电流零点前被阻断，从而产生过电压。因此在感性回路中，为防止较高的过电压产生，电流最小阈值应尽量降低。而阈值电流的高低很大程度上取决灭弧触头材料。采用电开、断性能良好的CuCr材料触头可使截流平均值低至3 A；另一方面由于在真空中，它的触头表面干净并且没有污染，所以使用优质CuCr的触头材料能保证接触电阻降到最低。因此温升也相应较低，使其可开断电流达到25 kA和31.5 kA。这样灭弧室的配备触头压力也能相应达到2 800 N和3 300 N，从而确保有充足的触头压力使开关在分、合时不会熔焊。

4. 旋转式刀开关的设计

隔离开关和接地开关都采用旋转式刀开关的设计方式，可清晰观察隔离、接地断口，确定刀开关状态。

隔离开关连接座安装在极柱导电块上，隔离刀开关用螺栓固定在连接座上，可旋转运动，并有弹簧调节压力。隔离刀开关合闸时隔离刀开关另一端旋转运动到静触头位置，同样有弹簧调节压力，保证接触可靠。

接地开关地刀夹安装在出线端上，接地刀可绕接地刀操作轴转动，接地刀由接地软连接到接地点。

这样设计的隔离开关和接地开关在运行时能够清楚地观察到其运行状态，有效防止操作不到位运行的情况。旋转式刀开关结构图如图3所示。

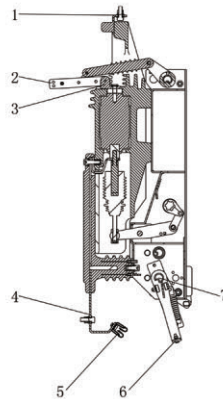


图3 旋转式刀开关结构图

1—进线端 2—隔离刀开关 3—导电块 4—出线端
5—接地刀夹 6—接地刀 7—接地开关操作轴

5. 隔离开关、固封断路器和接地开关之间机械联锁防止误操作的设计

隔离开关、固封断路器和接地开关之间设计相互的机械联锁，防止误操作。

断路器合闸如图4所示,隔离开关合闸,接地开关分闸。该状态下断路器主轴定位板推动连板至隔离开关操作轴定位板半圆槽中,使隔离开关操作轴无法操作,隔离开关无法分闸,满足五防要求,防止断路器带负荷分、合隔离开关;隔离开关操作轴定位板卡入接地开关操作轴定位板中,使接地开关操作轴无法操作,接地开关无法合闸,满足五防要求,避免带电挂接地线送电。

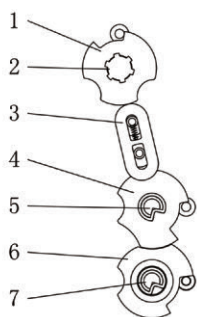


图4 断路器合闸图

- 1—断路器主轴定位板 2—断路器主轴 3—连板
4—隔离开关操作轴定位板 5—隔离开关操作轴
6—接地开关操作轴定位板 7—接地开关操作轴

断路器分闸状态下隔离开关分闸,接地开关合闸。该状态下接地开关操作轴定位板卡入隔离开关操作轴定位板中,使隔离开关操作轴无法操作,达到隔离开关无法合闸的目的;同时隔离开关操作轴定位板推动连板至断路器主轴定位板半圆槽中,使断路器主轴无法操作,达到断路器无法合闸的目的,保证满足五防要求,防止带地线送电。

6. 免调整的柜门闭锁装置设计

根据杠杆的原理,利用自动柜门的关和开进行自动柜门闭锁机构的设计,实现柜门免调整设计:在柜门关闭过程中压板把门联锁销拉出,实现接地开关解锁,只有解锁后接地开关才能操作。当接地开关分闸时,通过拐臂可以把柜门拴住确保其不会打开;只有当接地开关合闸后,拐臂拉动门栓才能解除对柜门联锁,使其打开,柜门开启后通过门联锁销上的复位弹簧使其自动复位恢复柜门闭锁装置。免调整的柜门闭锁装置设计,一方面可以防止柜门未关好时或柜门未关闭到位时可以随意可操作接地开关;另一方面可以确保接地开关未合闸时柜门打不开,从而实现高压开关的“五防”联锁。柜门闭锁装置结构图5所示。

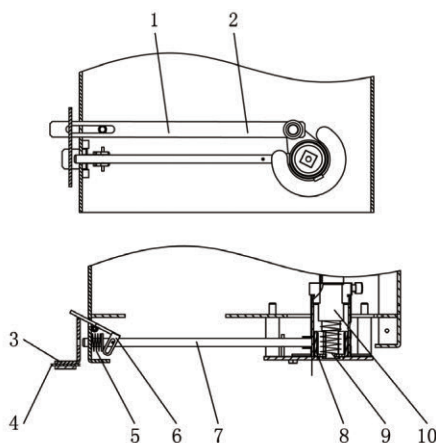


图5 柜门闭锁装置结构图

- 1—门栓 2—拐臂 3—联锁板 4—门板
5—锁销复位弹簧 6—压板 7—门联锁销 8—门联锁套
9—锁套复位弹簧 10—操作轴

产品设计过程中的主要工艺

产品设计过程中的主要工艺:①采用进口固封极柱中环氧树脂材料以使机械强度得以保证;②灭弧室采用专用设备灌注硅橡胶;③隔离开关传动机构中采用进口传动绝缘件材料并注塑后增加增韧工艺;④出线端采用APG工艺,增强绝缘性能,减小断路器整体尺寸;⑤出线端增设非接触式传感器,可连接带电显示器监控回路通电状态;⑥采用了加工中心、数控设备等来制造保证机构中的合闸保持连杆等精密零件准确度;⑦隔离刀增加了磁锁板以增大隔离刀合闸时的触头压力;⑧真空管、绝缘部件和弹簧等元器件选择国内具有资质并且制造设备先进的企业定点制造。

结束语

通过全新的设计和改进,完成了小型化、一体化、结构简单且具有“五防”要求的环保型真空断路产品研发,采用的固封极柱技术大大降低了外界机械力及环境粉尘、湿气对断路器的影响,旋转式刀夹的隔离开关、接地开关操作可靠,且断口明显易确认,内置的非接触式传感器,降低成套成本且节约柜内空间,隔离开关、接地开关和断路器之间强制机械联锁,安全可靠,且不易发生故障,柜门闭锁有效防止带电打开柜门,无须复杂的调整安装。该断路器投入生产后,降低了生产成本,且更加适合市场需求,取得了良好经济效益。EA

(收稿日期:2020.03.26)

(编辑:朱金凤)