

光伏用隔离开关触头装置的研发实践探析

曹旭

(德力西集团有限公司 浙江 温州 325604)

摘要: 在此次研究过程中, 主要是以动态系统中使用的旋转隔离开关为基础完成触头装置设计工作。在触头装置使用过程中对相应的性能要求和参数要求相对较高, 隔离开关触头装置的设计效果会直接影响隔离开关的电气性能和使用寿命。在研究过程中需要从光伏用隔离开关的实际情况和触头装置的作用出发, 探讨装置研发的设计原理和隔离开关触头装置研发要求。与此同时, 需要对光伏用隔离开关触头装置在后期使用过程中的具体性能进行测试验证, 才能够对触头装置整体性能进行准确掌握, 确保隔离开关触头装置可以满足相应的性能需求。

关键词: 光伏用隔离开关; 触头装置; 研发要点; 实践应用

0 引言

在我国光伏产业快速发展的背景下, 每一年的新增光伏装机容量都越来越高, 配套元器件需求也在不断增加。隔离开关主要在逆变器进线端和出线端应用。隔离开关的使用性能也会对触头装置性能产生影响。因此, 在装置设计过程中, 要根据光伏系统隔离开关的实际要求保证触头装置设计的效果。

这就需要根据光伏发电的直流电源系统开展光伏用隔离开关触头装置设计和研究工作。

1.2 光伏隔离开关触头装置的设计原理

在光伏用隔离开关触头装置设计过程中, 需完成产品零部件组成和工作过程设计, 其具体的装置设计结构如图所示。

在光伏用隔离开关处的装置运行中, 在零部件组成及运转过程中, 需要将旋转驱动轴作为核心, 旋转驱

1 触头装置的作用与原理

1.1 触头作用

在光伏系统建设中, 不管是独立发电还是并网发电, 在建设过程中都会使用太阳能电池板、控制器和逆变器等部件。而在光伏系统建设中, 逆变器起着不能忽视的作用。为了保证逆变器正常稳定运行, 需要重视隔离开关的科学选择, 它是逆变器结构设计中不能缺少的重要元器件。而触头装置作为隔离开关设计中的重要执行部件, 其主要作用是接通和分断电路。触头装置还要承受系统要求过载、短路电流, 对规定的过载电流进行分断。因此, 在触头装置设计过程中对其接触性能和分断能力要求比较高。在以往应用隔离开关时, 一般是在交流电源系统中应用, 其性能无法满足光伏发电的直流电源系统需求。因此, 在使用过程中可能会存在一些问题,

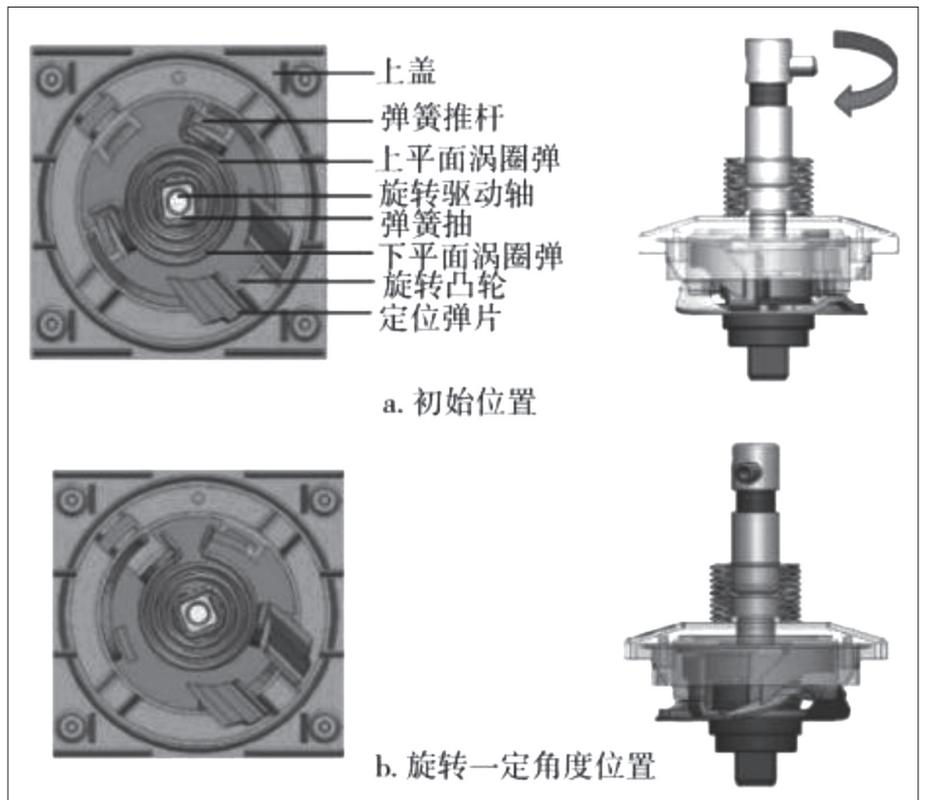


图 触头装置零部件组成与工作过程

动轴在外力影响下顺时针旋转,此时旋转凸轮受旋转驱动轴的影响会随之逆时针转动。在旋转凸轮转动的过程中,可以拉松下弹簧弯曲脚,确保下弹簧被拉紧,弹簧推杆和连接轴作为一体部件,上盖限位特征卡住定位弹片时,弹簧推杆及连接轴也处于固定状态。弹簧弯曲脚在受弹簧推杆影响的情况下,驱动轴旋转时不会出现变形情况。而旋转驱动轴顺时针转动时,旋转凸轮的顶起特征与定位弹片的定位脚接触会出现转动情况。此时,旋转凸轮的顶起特征可以抬起定位台的定位脚,定位弹片及旋转轴仍然不会动作,下弹簧持续拉紧。

在这个环节,下弹簧的主要功能是完成能量存储,确保后续连接轴驱动动触头系统转动时能够提供充足的能量。抬起定位弹片的定位脚后,上盖定位特征限制脱离,下弹簧可以存储充足的能量,而弹簧轴将存储的能量可以传到上弹簧,上弹簧一脚驱动弹簧推杆限位特征,转动后弹簧推杆、连接轴、定位弹片都会转动,定位弹片可以转动到上盖下一个定位特征再次被卡住。在上盖设计过程中设计的旋转相隔为 90° ,每一次定位都能够旋转 90° ,连接轴在转动过程中会带动其他连接轴驱动,动触头系统在运行时可以确保其在短时间内接通或者断开。完成转动后每个零部件都能够恢复之前的状态,但是都只进行 90° 轴向转动。如果旋转驱动轴为逆时针旋转的状态,上弹簧和下弹簧动作方向相反,产品在逆时针和顺时针旋转时都能够自由动作,动作效果不变。

部件组成和动作过程主要是以旋转驱动轴为核心的,安装的旋转驱动轴受外力影响会顺时针旋转,旋转凸轮与旋转驱动轴形成一体部件。因此,旋转凸轮会随着旋转驱动轴逆时针转动。在旋转凸轮拉松下弹簧弯曲脚完成转动过程,下弹簧会被拉紧。

弹簧推杆及连接轴在模具中是一体部件,当定位弹片被上盖的限位特征卡住无法动作时,弹簧推杆和连接轴也无法旋转。上弹簧的弯曲脚被弹簧推杆的限位特征卡住,旋转驱动轴旋转时也不会出现形变情况。如果旋转驱动轴按照顺时针方向转到一定角度,旋转凸轮的顶起特征会接触定位弹片的一个定位脚,持续转动,旋转凸轮上的顶起特征也会逐渐将定位台面上的定位脚抬起,在这种情况下,定位弹片和旋转轴仍然无法动作,下弹簧会被继续拉紧,这时下弹簧的主要作用是储存能量,为后续连接轴驱动动触头系统转动提供能量。

在定位弹片的定位脚抬起后,可以脱离上盖定位特征限制,此时,下弹簧因为有一脚被不断拉紧,可以存储充足的能量,利用弹簧轴可以将存储的能量传递到上弹簧,上弹簧的一脚驱动弹簧推杆限位特征进行转动,弹簧推杆、连接轴、定位弹片本身是一体化的部件,

因此,它们都可以随着弹簧推杆转动而转动。定位弹片将转动到上盖的下一个定位特征后,会再次被卡柱。因为上盖定义特征在设计过程中相隔是 90° ,每一次定位都可以旋转 90° ,连接轴受气氛影响也会转动其他连接轴驱动。

动触头系统进行动作后,可以使触头系统短时间内接通或者断开。转动过程完成后,每一个零部件可以恢复到转动之前的状态,但是都只完成 90° 的轴向转动,如果旋转驱动轴为逆时针旋转,上弹簧和下弹簧的动作方式与现实相反,并且产品在逆时针和顺时针状态下都能够自由动作,且动作效果相同。

2 光伏用隔离开关触头装置研发要求

2.1 触头材料选择

在光伏用隔离开关触头装置研发过程中,需要对触头材料进行科学选择。在具体的设计过程中,需要从动/静触头材料两方面出发进行研究。第一,选择静触头结构。在此次设计利用的材料厚度为 1.25mm ,最窄部位宽度为 5.5mm ,因此最小的截面积为 6.875mm^2 。第二,动触头材料研发。动触头结构的材料厚度为 0.5mm ,最窄部位的宽度为 5mm 。因此,每一个动作在具体的设计过程中,产品的正常工作电流量最大为 32A ,完成2个动触头铆接后,需要进行静触头连接。1个动触头的最大工作电流为 16A 。

我国的相关规范对导体横截面积的设计有明确说明: 32A 工作电流的导体横截面积要达到 6mm^2 以上。因此,静触头的横截面余量相对较大,但是动触头横截面积余量比较小。因此,在选择动触头材料时,需要使用导电、导热性能良好的材料,而静触头材料的导电、导热性能要求比较低。

在动触头材料选择过程中,以铜银合金等材料为主,其具有良好的导电性能与机械性能,流动性和浸润性也满足动触头材料的使用要求,硬度、耐磨性能和抗熔焊性能等都相对比较好。因此,在低电压器领域的应用比较普遍。而动触头装置在经过冲压成型后的性能也比较突出。两片动触头之间需要完成铆接,因此,在选择过程中需要对材料的机械性能进行充分考虑。而静触头在设计研发过程中,材料主要以铜H65为主,该材料维氏硬度为125,可以镀 $10\sim 12\mu\text{m}$ 银层。铜H65的性能比较稳定并且成本比较低,虽然该材料中含有锌、铅等其他金属,会使其导电性能和热传导性受到一定影响,但是符合此次研究过程中的产品使用需求。

2.2 导电润滑脂

完成光伏用隔离开关触头装置设计工作时,需要对触头装置的具体使用情况进行综合分析。在触头装置使用过程中可能会出现过度磨损的情况。因此,除了对触

头材料进行优选之外,还要对辅助材料进行合理应用,从而改变触头装置的接触性能。而导电润滑脂是触头装置在设计过程中使用到的重要辅助材料。导电润滑脂的主要功能是提高动/静触头之间的导电性能,并且可以减少动触头和静触头在接触过程中产生的摩擦力,这样有利于延长动/静触头的使用寿命。

在此次设计研究过程中,使用的导电润滑脂是特殊锂皂稠化剂稠化耐热性优异合成油,以及可以抗氧化、防腐蚀的其他添加剂,在特殊处理之后可以制作成耐高温触点润滑剂。这样制作成的导电润滑脂可以在10A以上的大电流设备旋转和滑动开关、电机、电刷、转向器的抗氧化和抗磨损方面发挥作用,能够抑制在触头装置相对转动过程中出现电火花等问题,降低接触表面的温升,防止出现电化腐蚀,延长触头装置的使用寿命。

2.3 动/静触头接触方式与断点数量

在对动/静触头接触方式进行设计的过程中,需要了解断路器触头系统的接触方式。动/静触头主要是通过焊接固定在触头臂,可以绕着固定点旋转一定的角度,连杆驱动机构与动触臂连接,可以形成四连杆,从而使动/静触头实现接通和断开操作。

在接触器触头系统设计过程中,需要对接触方式进行科学确定,一般情况下是以拍合式为主。但是拍合式旋转触头在运转过程中与断路器触头系统会存在一些差别,需要将一对动触点在动触壁上进行铆接,动触头与电磁驱动机构连接后,电磁驱动机构的线圈在通电和断电的情况下,可以使电磁力产生或者消失,借此对动/静触头的接通和断开进行有效控制。旋转式触头系统在运行过程中需要将动触头安装在轴体上,轴体和旋转驱动机构进行连接,轴体在旋转时,动触头可以随着轴体进行旋转,达到动/静触头接通和断开的目的。在旋转式触头系统设计过程中,也有触头压力、触头开距和超行程要求,其参数性能与拍合式触头系统有一定差异。

此外,在研究过程中需要对动/静触头装置的断点数量进行科学确定。断点数量代表的是产品实现动/静触头电路接通和断开的数量。双断点与单断点产品相比,其灭弧能力更强。因此,接通和分断电流的能力也比较强。但是双断点结构形式比较复杂,在动/静触头断点数量确定的过程中,其对动作时的同步性要求也比较高,制造成本和工艺要求都比较高。在此次研究过程中,触头装置主要是在光伏发电系统逆变器中应用,单断点触头无法使用,因此,需要利用双断点触头达到系统要求。

2.4 驱动机构研发

在低压电器产品设计过程中,动/静触头接触方式

一般为拍合式设计。驱动机构在运行中需要使用连杆机构或者电磁机构实现连接,保证动/静触头能够有效地接通和分断。但是这一驱动机构的设计比较复杂,对相关的工艺要求比较高,会导致成本上升,再加上其在产品中占用的空间也比较大,不能实现驱动多断点触头,不利于扩展产品极数。以这些问题为基础,对此次研究过程中的驱动机构进行设计时,主要选择旋转驱动机构,可以防止这些问题出现。在此次设计过程中,使用的工作电压为300~1000VDC,工作电流为16~32A。

考虑到在应用过程中的电压范围比较大,直流电灭弧的难度相对较高,可以利用双断点旋转式设计驱动机构。除此之外,双断点能够串联成多断点,从而满足工作电压比较高的要求。在此次驱动机构设计研发过程中,可以充分发挥旋转式接触方式和双断点触头装置的优势,并且在运行过程中接通和分断电流也相对较大,能够满足更高的工作电压要求。在短路分断的情况下分断电流比较高且断开时间短,能够保证产品的使用寿命。

除此之外,产品的结构比较复杂,制作成本比较高,对动触头的同步性要求也相对较高,在设计过程中对动/静触头的材料性能要求比较高。

3 光伏用隔离开关触头装置实践要点

3.1 温升试验

完成光伏用隔离开关触头装置设计后,需要对其具体的使用效果进行试验。温升试验是隔离开关触头装置试验的重要内容。在试验过程中要在封闭发热电流下开展,在产品通过额定工作电流时,可以完成产品不同位置的温升测定工作。在具体的试验过程中使用的连接导线为单芯聚氯乙烯绝缘铜导线。主电路部件均为金属部件,因此,温升的极限值为15K。经过测试后,测试样品的相应要求都在15K以下,证明该触头装置的温升试验合格。

3.2 电流泄漏试验

在开展电流泄漏试验的过程中,需要以额定工作电压在50V以上的隔离功能产品为标准进行试验,对每一个断开触头间隙和每一个端子对框架之间的电流泄漏进行验证。因为此次设计过程中的隔离开关触头装置使用的是DC-21B要求,每一级线路电流在2mA以下。在试验过程中电压为1.1倍产品的电压,经过测试可以确定测试样品的电流线路值都在2mA以下。因此,设计的触头装置满足相应的标准规定,确定其电流泄漏验证结果合格。

3.3 接通与分断能力试验

在测试过程中需要以光伏用隔离开关触头装置的具

体使用对产品的测试条件进行确定。在开展接通-断开试验的过程中,必须保证发热电流为400A以下,在接通-断开的循环操作中,循环时间要间隔 (30 ± 10) s,每一次在接通-断开操作循环时,等待检测的产品必须在闭合位置保障足够的停留时间,确保通断操作能够顺利完成。等待检测产品的运动部件要保持在静止状态。完成操作循环后,电压值恢复要保持0.05s左右。测试完成后要及时开展空载接通-断开操作,从而保证设备能够正常运行。在正常操作下,如果被测产品手柄经过满行程,其触头装置可以完全闭合,可以确定产品能够承载额定电流,可以确定闭合操作为正常状态,在完成测试后,也可以满足机电性能和温升规定要求。

4 结语

总而言之,在此次光伏用隔离开关触头装置设计过程中,主要是以光伏发电系统中的直流电源为基础对隔离开关的触头装置进行设计。在具体的设计过程中,需要加强动/静触头材料的科学选择,保证动/静触头材料性能可以满足触头装置后期使用需求,同时还要对导电润滑脂的使用进行合理确定。经过研发设计后,

制作的光伏用隔离开关触头装置符合标准规定,并且通过温升试验、电流泄漏试验和接通与分断能力试验,可以确定该触头装置能够满足隔离开关系统的应用需求,其在光伏直流发电系统中具有广阔的推广应用空间。

参考文献:

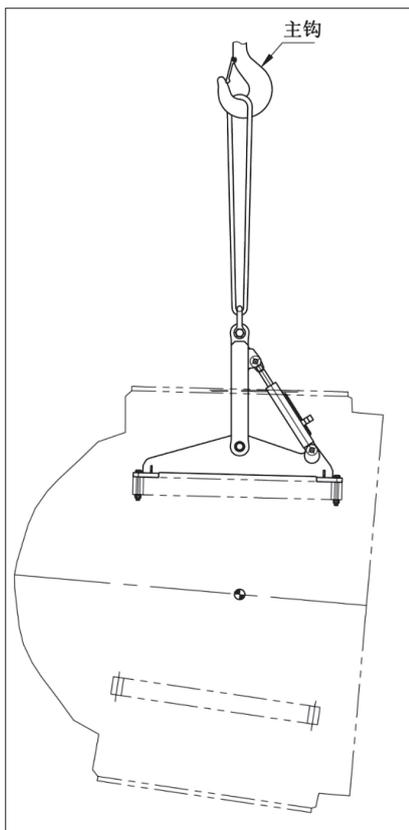
- [1] 蔡焯凯. 光伏用隔离开关触头装置的研发[J]. 机电元件, 2019, 39(3): 5.
- [2] 靳康怡, 贺冰. 关于高压隔离开关电触头性能改善的思考[J]. 山东工业技术, 2019(24): 103.
- [3] 刘勇辉, 吕旺燕, 郑克勤, 等. 隔离开关触头材料环境耐久性模拟试验及带电性能评价研究[J]. 环境技术, 2018, 36(6): 6.
- [4] 潘卓, 杜燕雄, 刘辰曦, 等. 高压隔离开关触头发热处理及预防方法研究[J]. 工业, 2016(005): 146-148.
- [5] 滕松, 刘新, 李毅, 等. 电网中高压隔离开关触头接触温升实验测试分析[J]. 电子测量技术, 2019(8): 4.

(上接第22页)

快接插头使之与液压缸分离,然后主吊钩起升将轮毂与空中的机舱进行对接。此轮毂智能翻身吊具,使其解决了风电轮毂起吊后翻身、调整倾斜角度的难题,从而克服了场地空间受限、条件不理想的问题。

3 结语

风电轮毂智能翻身吊具通过负载敏感的液压系统为液压缸提供动力,并通过液压缸的伸缩实现轮毂起吊时轮毂的翻转角度和重力变化随动调节,图4 轮毂翻身完毕后状态图



使调整好的轮毂倾斜角度利于安装到机舱上,减少了轮毂在空中和机舱安装时的调整工作量,不需要再更改轮毂的结构,使轮毂和机舱在空中的安装更加方便、快捷。结构简单,操作方便,对场地的要求低,还可以在运输车上直接起吊轮毂,省时、方便、灵活性强,具有很好的经济性。

参考文献:

- [1] GB/T 26079-2010,《梁式吊具》[S].
- [2] 黄靖运, 龚剑霞. 机械设计学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [3] 吴宗泽. 机械结构设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [4] 张质文, 虞和谦, 王金诺, 包起帆. 起重机设计手册[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998.
- [5] 曾亿山. 液压传动与气压传动[M]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2008.
- [6] 黄锡恺, 郑文纬. 机械原理(第六版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.

作者简介: 杨超(1993.08-),男,汉族,河北保定人,本科,研究方向:机械设计。