

三工位开关电动操作机构研究

颜聪明

(ABB (中国) 有限公司厦门分公司, 福建 厦门 361000)

摘要: 结合三工位操作机构的功能需求, 分析总结了三工位电动操作机构应用过程中需要解决的一些问题。针对这些技术问题, 介绍了一套功能完善、结构紧凑、操作简便和安全可靠的三工位开关电动操作机构。该机构已在工程上广泛应用。

关键词: 三工位开关; 电动; 操作机构

Research on the motor operated mechanism for three position switch

YAN Congming

(ABB (China) Co., Ltd. Xiamen Branch, Xiamen 361000, China)

Abstract: This paper analyzes and summarizes some issues to be solved during the application of the motor operated mechanism for three position switch based on the function requirement of the operated mechanism. A motor operated mechanism for three position switch, which is full function compact, safe and reliable and easy to operate is introduced. This operated mechanism has been applied widely in the engineering.

Key words: three position switch; motor; operated mechanism

0 引言

三工位隔离-接地开关作为隔离开关和接地开关两者的复合体, 自身能够实现隔离、接通和接地三种状态, 是气体绝缘金属封闭开关设备 (GIS) 的主要元器件之一, 在中压和高压开关设备中得到了广泛应用^[1]。三工位开关在实际应用时, 隔离、接通和接地三种状态之间的转换, 需要通过三工位操作机构来实现。三工位操作机构的种类按照动力源进行分类, 可分为手动操作机构和电动操作机构; 按执行机构进行分类, 可以分为旋转式操作机构和直动式操作机构^[2]; 按照传动原理进行分类, 主要有以下四种: 丝杠螺母加槽板传动、齿轮加槽轮传动、链条加异形齿轮传动以及摆动滚子从动件圆柱凸轮传动^[3]。

目前, 越来越多的中压和高压开关设备的生

产厂家开始对三工位操作机构进行研发, 同时对三工位操作机构的结构、成本、操作性以及安全性也提出了更高的要求。但是由于设计及应用经验的不足, 生产厂家在具体研发的过程中都会存在一些技术问题。如何解决研制过程中遇到的技术问题, 开发出一套功能完善、结构紧凑、成本低、操作简便且安全可靠的三工位电动操作机构是每个开发人员共同关注的问题。

1 三工位开关电动操作机构的功能需求

作为一台功能完善的三工位开关操作机构, 应该具有以下几方面的功能。

(1) 电动-手动操作功能

三工位电动操作机构在正常情况下能够通过电动机的正反转实现三工位隔离开关的接通、隔

离和接地三个工作位置的转换。在紧急情况下，无法通过电动操作对三工位开关进行驱动时，能够通过手动的方式对三工位开关进行操作，实现三工位隔离开关的接通、隔离和接地三个工作位置的转换^[4]。

(2) 机械闭锁功能

- 1) 当接地开关接地时，隔离开关不能操作。
- 2) 当隔离开关接通时，接地开关不能操作。
- 3) 当断路器处于合闸状态时，三工位操作机构不能操作。
- 4) 只有当三工位操作机构操作到位后，断路器才能操作。

(3) 位置指示功能

通过操作机构上的状态指示器，准确指示三工位开关当前所处的位置状态（接通、隔离或者接地）。

2 三工位开关电动操作机构的关键问题

2.1 手动操作困难

如前面提到的，三工位开关电动操作机构一般是通过控制电动机的正反转来改变三工位开关的位置状态。设计时，为了降低操作机构的成本，通常会采用功率较小的电动机进行驱动。整个机构的传动系统中会采用多级齿轮传动，通过电动机带动小齿轮，小齿轮再驱动固定在大轴上的大齿轮，从而使输出轴的输出力矩放大，实现三工位开关的合闸、分闸或者接地等操作。

但是，当对该机构进行手动操作时，一方面需要克服反向传动时大齿轮驱动小齿轮带动电动机转动所需要的阻力矩；另一方面，还需要克服三工位开关分合闸时产生的阻力矩。因此，手动操作往往需要提供更大的操作力矩才能完成相关的操作，这也造成了手动操作比较困难，有时甚至还会出现因为所需的手动操作力矩过大而无法操作的问题。

2.2 隔离操作与接地操作的机械闭锁复杂

笔者发现，很多现有的产品都是通过一系列的连杆机构和限位机构来实现隔离操作和接地操

作之间的机械互锁。这种实现方式往往需要比较复杂的设计。此外，有文献也指出了这方面的闭锁设计存在设计复杂的问题^[5]。

2.3 电动操作定位不可靠

三工位开关电动操作机构在进行电动操作时，电动机通过传动系统带动三工位开关进行运动，运行到指定位置后，通过设置的行程开关来切断电动机的电源，使三工位开关处于到位的状态。

文献[6]中指出，在某地铁中使用的某型号的三工位开关电动操作机构在实际运行过程中，多次发生操作机构的电动机在三工位开关还未运行到位后就停止转动，从而导致三工位开关处于未到达指定位置的状态。另外，由于机构中的行程开关控制组件跟行程开关在生产装配过程中，工艺控制出现偏差，装配间隙以及控制组件对行程开关的过度挤压作用等都会导致三工位机构运行不到位而提前停止^[7]。

进行电动操作时，由于运动惯性的存在，直流电动机在切断电源的瞬间，电动机很难马上停下来，往往会继续运转一定的角度，从而带动行程开关的控制组件随之运动，这种情况也会出现定位不准确的现象^[8]。

2.4 位置指示系统控制不到位

三工位开关电动操作机构中的位置指示系统，也是二次电气控制装置的一部分，一方面控制着指示器的分合闸状态；另一方面还控制着机构中如辅助开关等二次电气元件的分合^[9]。在现有的机构中，往往采用连杆拨动的方式进行控制。这种驱动方式的连接节点太多，传动过程中的损耗太大，指示器与传动系统的同步性差，容易造成指示器指示和辅助开关的状态切换都不到位。此外，这种方式在设计上比较复杂，加工制造的成本也比较高。

3 三工位开关电动操作机构的设计

3.1 传动系统设计

为了解决电动操作机构手动操作困难或无法

操作的问题,通常的做法是增加离合器,即在电动机输出与传动轴之间加入离合器或者直接采用自带离合器装置的直流电动机^[10-11]。虽然这是一种有效的解决办法,但是离合器装置的增加,一方面会增加整个操作机构在深度方向上的外形尺寸;另一方面也会导致操作机构的物料及安装调试成本的增加,同时也会导致整个机构的结构比较复杂。三工位开关电动操作机构传动系统示意图如图1所示。

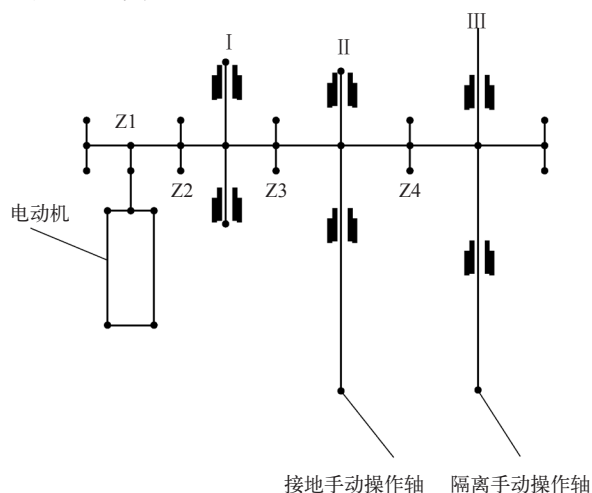


图1 三工位开关电动操作机构传动系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of transmission system of three position switch electric operating mechanism

通过分析发现,手动操作时主要受到传动系统中多级减速和三工位开关分合闸产生的阻力带来的影响,笔者对传动系统进行设计时,主要从降低三工位开关分合闸力矩和减少传动层级入手。在保证三工位开关接通时所需要最小保持力的前提下,通过连杆传动来降低分合闸三工位开关所需的力矩,在此基础上确定图1的三工位开关电动操作机构传动系统图。虽然传动系统中采用了二级齿轮传动,但是只对Z1齿轮和Z2齿轮采用减速传动比3:1,对于Z3齿轮和Z4齿轮之间的传动则采用1:1进行传动。当进行手动操作时,只需要通过一级大齿轮带动小齿轮就可以轻松驱动电动机,这样可以减小驱动电动机所需的操作力矩。整个传动系统中并没有在电动机和传动轴之间引入离合装置,也没有采用多级减速进行传动,大大简化了整个操作机构的结构。

3.2 隔离操作与接地操作的机械闭锁设计

为了区分三工位操作机构上的隔离开关操作与接地开关操作,提高人员操作的安全性和可操作性,笔者为操作机构设计了两个操作孔:一个为接地开关操作孔;另一个为隔离开关操作孔,如图2所示。通过这两个操作孔,分别对隔离开关和接地开关进行操作。

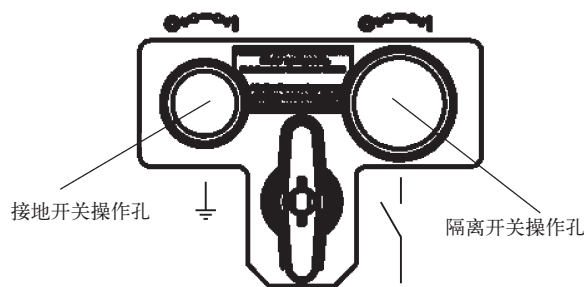


图2 三工位操作机构面板示意图

Fig. 2 Schematic diagram of three position operating mechanism panel

两个操作孔间设计了一块盖板,通过盖板的转动实现两个操作孔间的闭锁。如图3所示,转动盖板打开隔离开关操作孔,则接地开关操作孔自动闭锁;隔离开关合闸到位后,接地开关操作孔就无法被打开;类似的情况,转动盖板打开接地开关操作孔,则隔离开关操作孔自动闭锁,接地开关合闸到位后,隔离开关操作孔就无法被打开。这样,采用这种简单的设计结构就可以实现隔离开关操作孔和接地开关操作孔的机械闭锁。

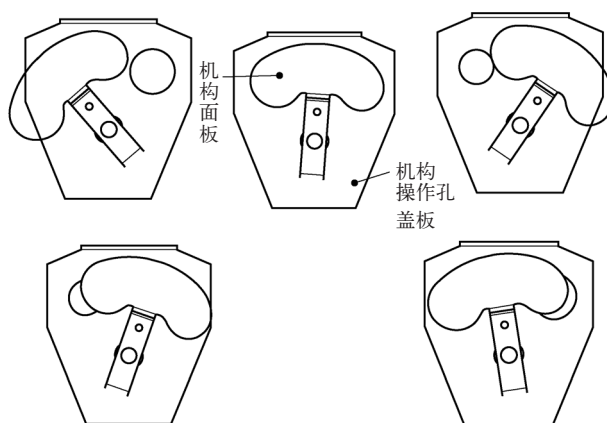


图3 隔离开关操作孔与接地开关操作孔闭锁设计示意图

Fig. 3 Schematic diagram of locking design for operating hole of disconnector and grounding switch

3.3 电动操作的定位设计

通过前面对电动操作定位不可靠的原因进行分析,笔者在此基础上对电动操作机构的定位进行了设计。如图4所示,设计采用特定形状的凸轮设计,凸轮直接安装在接地开关和隔离开关的操作轴上,通过该凸轮作用在行程开关的触点上对电动机进行控制。进行电动操作时,电动机通过齿轮传动带动操作轴转动,轴上的凸轮跟着一一起转动。当凸轮接触到行程开关的触点后,行程开关切断电动机的回路,使电动机停止运行,从而使三工位开关停于既定的位置。

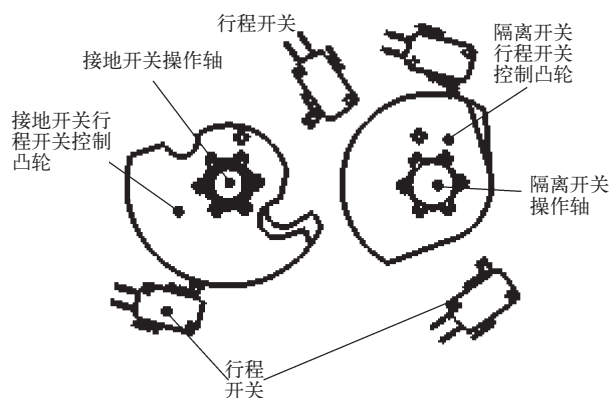


图4 三工位操作机构面板示意图

Fig. 4 Schematic diagram of three position operating mechanism panel

对于行程开关的选择,4个行程开关均采用滑轮式行程开关。这种行程开关的触点与凸轮接触时产生的是滚动摩擦力,能够减小凸轮在转动过程中与开关触点接触瞬间产生的冲击力。采用这种行程开关不仅可以提高行程开关的使用寿命,而且还可以使行程开关的触点从凸轮的低位点顺利上升到凸轮的高位点,保证行程开关通断的可靠性。

考虑到产品在运行过程中会产生振动,容易引起凸轮脱离行程开关的触点,笔者在设计时采用了主动凸轮和从动凸轮相结合的双凸轮设计,到位时始终至少有一个凸轮跟行程开关的触点接触,这样可以保证行程开关通断的可靠性。同时,在安装行程开关的位置上留有可调整的间隙,对行程开关的安装调试进行严格的控制,以消除装配误差导致的定位失效。

3.4 位置指示系统控制的设计

图5为位置指示控制系统示意图,设计上采用间歇齿轮传动机构对辅助开关及分合闸位置指示器进行控制驱动。控制系统中的几个塑料齿轮直接与机构输出轴上的齿轮进行啮合传动,中间传动的齿轮采用带有间歇特性的齿轮,辅助开关的旋转轴固定在其中一个齿轮4上面,随着齿轮4进行转动,位置指示器也直接与旋转辅助开关的旋转轴进行固定。这种驱动方式的连接节点少,传动效率高,可以较好地保证指示器与传动系统的同步性,有效地保证了操作机构在使用期间指示器指示到位,辅助开关准确分合闸。

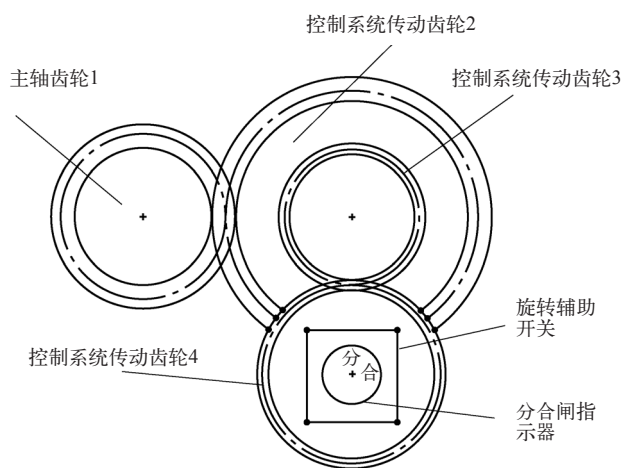


图5 位置指示控制系统示意图

Fig. 5 Schematic diagram of position indication control system

4 结束语

能否解决文中提到的三工位开关电动操作机构在研发及使用过程中出现的这些关键问题,直接关系到能否研制出一套符合更高要求的三工位开关电动操作机构。文中设计的这款三工位开关电动操作机构,成功通过了标准GB 1985规定的相关试验,机械寿命试验超过了3 000次。试验结果表明,该机构有效解决了文中提到的问题,其性能稳定可靠,结构简单,经济适用,已在多个工程中成功应用。

参考文献

- [1] 宋广民,刘宇,王守山.一种GIS用三工位操动机

- 构技术研究[J]. 高压电器, 2015(10): 188-192.
- [2] 张艳晓, 张杰, 赵成, 等. 双凸轮组合定位的三工位隔离开关电动操作机构研究[J]. 高压电器, 2018(4): 211-215.
- [3] 刘朋, 马明. 一种新型三工位开关机构的设计[J]. 电大理工, 2009(3): 21-23.
- [4] 邵淑敏, 张英杰, 贾华景, 等. 12 kV环保充气柜用三工位隔离开关操作机构的研发[J]. 高压电器, 2019(9): 236-240.
- [5] 姚永其, 张银穗, 刘罗鹏. 浅谈三工位隔离—接地开关配用机构的设计问题[J]. 科技信息, 2008(22): 644-662.
- [6] 陈崇焜, 肖涛古. G93-3000-1S型三工位开关操作机构缺陷分析及整改措施[J]. 机电信息, 2016(6): 46-47.
- [7] 陆学文, 刘晓晖, 王小虎. 地铁供电系统某型三工位刀闸操作机构缺陷典型案例[J]. 机电信息, 2016(7): 74-75.
- [8] 独田娃, 许锡盛. 三工位开关操作机构开发中的问题解析[J]. 城市轨道交通, 2011(11): 90-92.
- [9] 独田娃. 基于三工位隔离开关用简易型手动操作机构的研制[J]. 高压电器, 2011(5): 100-107.
- [10] 独田娃, 王存富. 三工位开关操作机构用离合器的设计[J]. 煤矿机械, 2010, 31(11): 152-154.
- [11] 李灿, 檀金华, 柏耀星, 等. GIS用三工位开关操动机构及控制方案设计[J]. 煤矿机械, 2015(11): 30-33.

作者简介



颜聪明

颜聪明(1984—), 男, 硕士, 工程师, 长期从事中压金属封闭开关设备的研发工作。

(收稿日期: 2020-07-01)EA

广告 | AD

全新改版

色彩丰富 凸显主题

2020《电气应用》以鲜明色彩和新颖版式呈现精彩内容, 力求赏心悦目。

栏目设置 独具风格

坚持继承与开拓并举, 以丰富内涵充实经典栏目, 持续深化专家访谈、EA经理人等栏目, 密切关注电气技术的发展和运用。

专家点评 精辟深刻

每期都将围绕一个热点话题, 隆重推出一场专题讨论的盛宴, 共邀知名专家、产品用户和生产厂家汇聚一堂, 针对焦点问题作出评析。

行业案例 生动丰富

关注电力、建筑、石化和冶金等电气行业应用, 以典型深刻的案例分析、方案设计构建技术互动的空间, 促进应用经验交流。

国内邮发代号: 82-341 国外发行代号: M1409

每期定价: 25.00元 全年定价: 300.00元



· 电气应用 盛情呈现 ·

2020