

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2026.05.010

40.5 kV 及以下 GIS 三工位隔离开关配用的操作机构的设计与开发

张艳晓, 张杰, 吴为, 贾晨曦, 黄勇

(许继集团有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 文中设计与开发了一种 40.5 kV 及以下 GIS 直动式三工位隔离开关配用的操作机构, 解决了三工位隔离开关定位不精确、电气信号发生故障或延迟时无法实现开关本体动触头极限位置的准确限位、手动操作时无法精确到位、与断路器的联锁等问题。文中先介绍了该三工位隔离开关操作机构的整体布局, 然后结合其功能需求, 从位置定位、极限位置机械限位、手动操作到位确认、与断路器之间的联锁 4 个方面出发, 对其进行详细的介绍。结果表明, 该机构操作可靠、功能完善、结构紧凑、安全性高, 并已在多个工程广泛应用。

关键词: 三工位隔离开关; 操作机构; 功能需求

Design and Development of the Operation Mechanism for Three-position Disconnecter of GIS at 40.5 kV and Below

ZHANG Yanxiao, ZHANG Jie, WU Wei, JIA Chenxi, HUANG Yong

(Xuji Group Corporation, Henan Xuchang 461000, China)

Abstract: In this paper a operating mechanism for direct acting three -position disconnecter of GIS at 40.5 kV and below is designed and developed, which has solved such problems as inaccurate positioning of the three-position disconnecter, inability to accurately limit the extreme position of the switch's moving contact in case of either electrical signal failure or delay, inability to accurately position during manual operation and interlocking with the circuit breaker. The overall layout of the operating mechanism for the three - position disconnecter is introduced firstly. Then, it is introduced in detail in combination with its function requirement and also from such four aspects as position positioning, mechanical limit of the extreme position, confirmation of manual operation in place, and interlocking with the circuit breaker. The results show that the mechanism is reliable in operation, comprehensive in function, compact in structure and high in safety, and has been widely applied in multiple projects.

Key words: three- position disconnecter; operating mechanism; functional requirement

0 引言

在输配电系统中,三工位隔离开关是不可或缺的开关装置,常用于 40.5 kV 及以下气体绝缘金属封闭开关设备^[1-5](以下简称 GIS)中。三工位隔离开关操动机构的操作轴与开关本体绝缘螺杆传动配合,并通过绝缘螺杆带动动触头在接地合闸位和隔离合闸位之间往复移动,形成分闸、接地合、隔离合

3 个工作位置及其他非工作位置^[6-8]。

随着开关技术的发展,对三工位隔离开关操作机构的结构、成本、操作性及安全性提出了更高的要求^[9-11]。为了保证三工位隔离开关准确可靠的动作,需要解决其准确定位问题。同时,当操动机构的操作轴到达接地合极限位或隔离合极限位时,位置信号会触发输出轴上的位置开关停止向操作轴动力输入。在电气信号发生故障或延迟时,无法实

现对开关本体动触头极限位置的准确限位, 造成安全事故。对三工位隔离开关进行手动操作时, 会出现不到位或越过工作位置的情况, 无法实现工作位置的精确定位。断路器在合闸状态下, 是严禁对三工位隔离开关进行操作的, 否则便会烧坏三工位隔离开关, 带来事故^[12-14]。相应地, 在三工位隔离开关处于非工作位置时, 也是严禁对断路器进行合闸操作的。

因此, 文中从位置定位、极限位置机械限位、手动操作到位确认、与断路器之间的联锁 4 个方面出发, 设计了一种 40.5 kV 及以下 GIS 中直动式三工位隔离开关配用的操作机构, 以解决三工位隔离开关定位不精确、电气信号发生故障或延迟时无法实现开关本体动触头极限位置的准确限位、手动操作时无法精确到位、与断路器联锁的问题, 并且安全可靠, 功能齐全, 能够满足工程需要。

1 三工位隔离开关操作机构的整体布局

三工位隔离开关操作机构的整体布局见图 1。如图 1 所示, 三工位隔离开关操作机构主要包括传动机构 2、不完全齿轮定位机构 3、极限位置机械限位机构 1、与断路器的联锁装置及手动操作到位确认机构 4 部分。驱动轴既是电动操作轴, 也是手动操作轴, 同时也是三工位隔离开关操作机构的输出轴, 带动三工位隔离开关本体的绝缘螺杆转动。

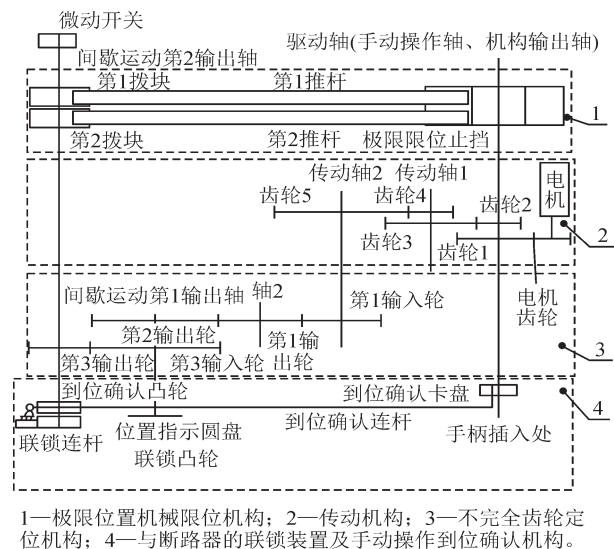
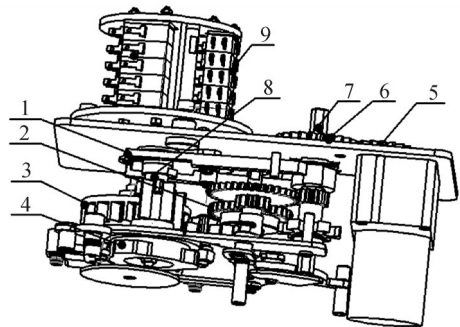


图 1 机构整体布局示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the overall layout of the mechanism

三工位隔离开关操作机构的三维图见图 2。三工位隔离开关电动操作时, 电机动力经电机齿轮传递给齿轮 1 带动驱动轴转动。三工位隔离开关手动

操作时, 操作手柄插入驱动轴带动驱动轴转动。不完全齿轮定位机构 3 通过传动轴 2 与传动机构 2 连接, 传动轴 2 的动力传递给间歇运动第二输出轴, 间歇运动第二输出轴输出的间歇运动来触发不同位置的微动开关^[15-16], 实现三工位隔离开关不同工作位置的精确定位。极限位置机械限位机构连接了间歇运动第二输出轴和驱动轴, 当驱动轴转够相应的圈数带动三工位隔离开关的绝缘螺杆到达相应位置时, 通过间歇运动第二输出轴转动推动推杆摆动进而使推杆与极限位置限位止挡配合限制驱动轴的转动, 实现极限位置的机械限位。到位确认凸轮和联锁凸轮转动安装在间歇运动第二输出轴上, 随三工位隔离开关动作。到位确认机构由到位确认连杆、到位确认凸轮、到位确认卡盘组成。当三工位隔离开关到达工作位置时, 到位确认连杆落入到位确认卡盘的凹槽内, 限制手动操作轴的转动实现手动到位确认。联锁机构由联锁凸轮及联锁连杆组成, 断路器处于合闸位置时, 联锁连杆落入联锁凸轮的凹槽内并压紧联锁凸轮, 三工位隔离开关不能操作。



1—极限位置机械限位机构; 2—传动机构; 3—不完全齿轮定位机构; 4—与断路器的联锁装置及手动操作到位确认机构; 5—电机齿轮; 6—齿轮 1; 7—驱动轴; 8—间歇运动第二输出轴; 9—微动开关。

图 2 样机三维图

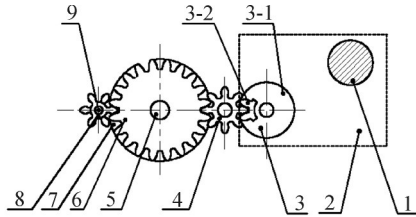
Fig. 2 3D diagram of prototype

传动机构的工作原理是基本的齿轮传动, 不再进行详细的叙述, 下面对不完全齿轮定位机构设计、极限位置机械限位机构设计、与断路器的联锁装置及手动操作到位确认机构设计进行详细的介绍。

2 不完全齿轮定位机构设计

2 级不完全齿轮传动^[17-18]和 1 级完全齿轮传动组成不完全齿轮定位机构^[19-21], 其定位原理分别见图 3、4。第 1 级不完全齿轮传动包括第 1 输入轮 3、第 1 输出轮 4, 第 1 级完全齿轮传动包括第 1 输出轮 4、第 2 输出轮 6。第 1 输出轮 4 既是第 1 级不完全齿轮传动的输出轮, 又是第 1 级齿轮传动的输入轮。

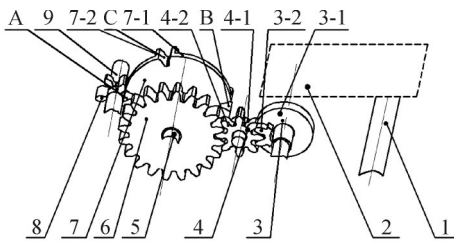
第2级不完全齿轮传动包括第2输入轮7、第3输出轮8。第1输入轮3通过传动机构2与驱动轴1连接。第2输出轮6、第3输入轮7固定在间歇运动第1输出轴5上,第3输出轮8固定在间歇运动第2输出轴9上。



1—驱动轴; 2—传动机构; 3—第1输入轮; 4—第1输出轮;
5—间歇运动第1输出轴; 6—第2输出轮; 7—第3输入轮;
8—第3输出轮; 9—间歇运动第2输出轴(驱动位置开关)。

图3 不完全齿轮定位机构主视图

Fig. 3 Main view of incomplete gear positioning mechanism



1—驱动轴; 2—传动机构; 3—第1输入轮; 4—第1输出轮;
5—间歇运动第1输出轴; 6—第2输出轮; 7—第3输入轮;
8—第3输出轮; 9—间歇运动第2输出轴(驱动位置开关)。

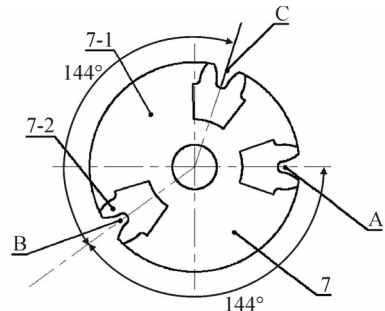
图4 不完全齿轮定位机构三维图

Fig. 4 Three-dimensional diagram of incomplete gear positioning mechanism

如图2-4所示:第1输入轮3由两部分组成,一部分为一圆盘3-1,另一部分为设有一组齿数为 z'_3 的不完全齿轮3-2。本例中设 $z'_3=2$,布满齿时的假想齿数为 $z_3=10$,不完全齿的齿顶圆直径与圆盘直径相同,圆盘3-1含有 $(z'_3-1)=1$ 个齿槽,与不完全齿轮3-2的齿槽对应。第1输出轮4由两部分组成,一部分是不完全齿轮4-1,一部分是完全齿轮4-2,不完全齿轮部分每隔 $(z'_3-1)=1$ 个完整齿有一个不完整齿,第2输出轮6设有 $z_6=20$ 个完全齿,第3输入轮7也是由两部分组成,一侧为一圆盘7-1,且圆盘布满齿时的假想齿数为 $z_7=20$,只不过不完全齿轮7-2部分设有3组不完全齿组,用于反映三工位隔离开关操作机构的隔离合位置A、分位置B、接地合位置C,隔离合位置A与分位置B之间的角度为 144° 、分位置B与接地合位置C之间的角度为 144° 。每个不完全齿组由 $z'_7=2$ 个不完全齿和 $(z'_7-1)=1$ 个齿槽组成,且第3输入轮7的圆盘7-1部分包含3组个数为1的齿槽,与不完全齿轮7-2部分的齿槽对应。第3输出轮8同第1输出轮4结构

类似。

第3输入轮7的结构图见图5。如图5所示,三工位隔离开关机构处于隔离合位置A,当三工位隔离开关机构从隔离合位置A向分位置B运动时,驱动轴1通过传动机构2将动力传递给第1输入轮3。通过第1输入轮3上的不完全齿3-2与第1输出轮4的完全齿4-2部分啮合,第1输入轮3推动第2输出轮6实现间歇式的输出运动。同时,与之同轴的反映三工位隔离开关机构3个工作位置的第3输入轮7实现固定角度的运动与停歇。当第3输出轮7上的反映分位置B的不完全齿与第3输出轮8上的齿啮合时,定义三工位隔离开关机构到达分位置B。同时第3输出轮8输出的间歇运动触发分位置微动开关,实现三工位隔离开关分位置的准确定位。



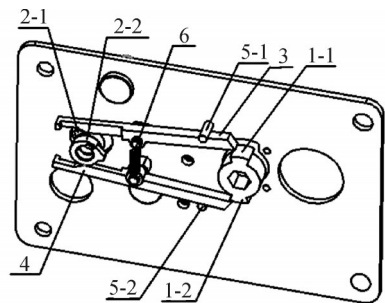
7—第3输入轮; 7-1—圆盘; 7-2—不完全齿轮; A—隔离合位置;
B—分位置; C—接地合位置。

图5 第3输入轮7的结构图

Fig. 5 Structure diagram of third input wheel 7

3 极限位置机械限位机构设计

极限位置机械限位机构示意图见图6。如图6所示,文中设计的极限位置机械限位机构是机械反向联锁形式的限位装置,安全可靠,结构简单、能够满足高限位精度的设计需求。



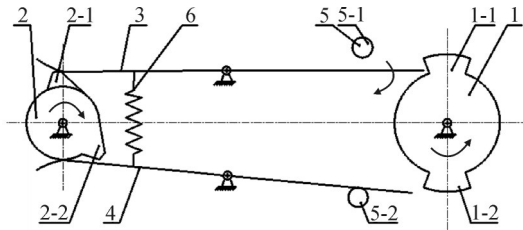
1-1—第1极限限位止挡; 1-2—第2极限限位止挡;
2-1—第1拨块; 2-2—第2拨块; 3—第1推杆; 4—第2推杆;
5-1—限位销1; 5-2—限位销2; 6—复位拉簧。

图6 极限位置机械限位机构示意图

Fig. 6 Schematic diagram of mechanical limit mechanism at extreme position

接地合极限位置限位过程见图7。如图7所

示,在驱动轴 1 逆时针转动转够相应的圈数带动三工位隔离开关绝缘螺杆到达第 1 极限位后,与驱动轴 1 传动配合的间歇运动第 2 输出轴 2 顺时针转动,同时随间歇运动第 2 输出轴 2 同步转动的第 1 拨块 2-1 推动第一推杆 3 的左端转动使第 1 推杆 3 的右端与随驱动轴 1 逆时针同步转动的第 1 极限位限位止挡 1-1 配合,阻止驱动轴 1 的继续转动,实现在驱动轴 1 到达第 1 极限位后,对驱动轴 1 的机械限位功能。

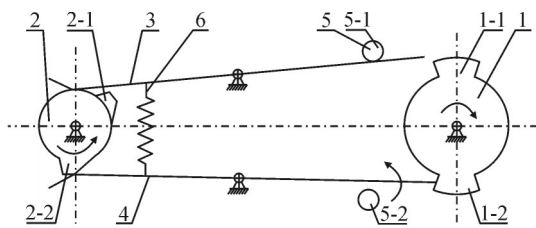


1—驱动轴; 1-1—第1极限位限位止挡; 1-2—第2极限位限位止挡;
2—间歇运动第2输出轴; 2-1—第1拨块; 2-2—第2拨块;
3—第1推杆; 4—第2推杆; 5—限位销; 5-1—限位销1;
5-2—限位销2; 6—复位拉簧。

图7 接地合极限位置限位过程

Fig. 7 Limit process of grounding close at extreme position

隔离合极限位置限位过程见图 8。如图 8 所示,在驱动轴 1 顺时针转动转够相应的圈数带动三工位隔离开关绝缘螺杆到达第 2 极限位后,与驱动轴 1 传动配合的间歇运动第 2 输出轴 2 逆时针转动,同时随间歇运动第 2 输出轴 2 同步转动的第 2 拨块 2-2 推动第二推杆 4 的左端转动使第 2 推杆 4 的右端与随驱动轴 1 顺时针同步转动的第 2 极限位限位止挡 1-2 配合,阻止驱动轴 1 的继续转动,实现在驱动轴 1 到达第 2 极限位后,对驱动轴 1 的机械限位功能。



1—驱动轴; 1-1—第1极限位限位止挡; 1-2—第2极限位限位止挡;
2—间歇运动第2输出轴; 2-1—第1拨块; 2-2—第2拨块;
3—第1推杆; 4—第2推杆; 5—限位销; 5-1—限位销1;
5-2—限位销2; 6—复位拉簧。

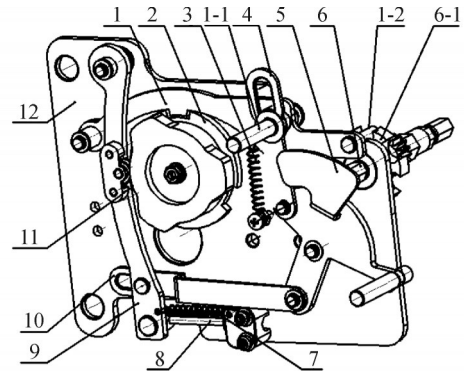
图8 隔离合极限位置限位过程

Fig. 8 Limit process of isolation close at extreme position

在驱动轴 1 处于第 1 极限位和第 2 极限位之间时,第 1 推杆 3 和第 2 推杆 4 在复位拉簧 6、限位销 5 的共同作用下保持在一定的位置,推杆结构位于解锁位,第 1 推杆 3 的右端、第 2 推杆 4 的右端均避让对应的极限位的摆动路径,保证驱动轴 1 的良好转动。

4 与断路器的联锁装置及手动操作到位确认机构设计

文中设计了三工位隔离开关操动机构与断路器的联锁装置^[22-24]及到达工作位置时的到位确认机构,其示意图见图 9。

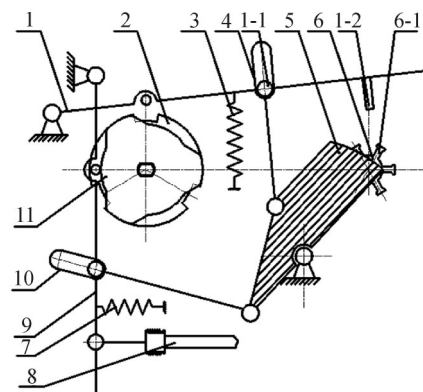


1—到位确认连杆; 1-1—到位确认拨杆; 1-2—到位确认止挡;
2—到位确认凸轮; 3—复位弹簧; 4—第1连杆; 5—活门;
6—手动操作轴; 6-1—到位确认卡盘; 7—复位弹簧;
8—联锁输出件; 9—联锁连杆; 10—第2连杆;
11—联锁凸轮; 12—板。

图9 联锁装置及到位确认机构示意图

Fig. 9 Schematic diagram of interlocking device and position confirmation mechanism

断路器合闸且三工位隔离开关处于工作位置时装置示意图见图 10。



1—到位确认连杆; 1-1—到位确认拨杆; 1-2—到位确认止挡;
2—到位确认凸轮; 3—复位弹簧; 4—第1连杆; 5—活门;
6—手动操作轴; 6-1—到位确认卡盘; 7—复位弹簧;
8—联锁输出件; 9—联锁连杆; 10—第2连杆; 11—联锁凸轮。

图10 断路器合闸且三工位隔离开关处于工作位置时装置示意图

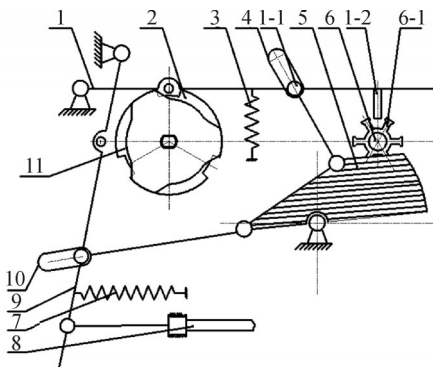
Fig. 10 State diagram of the device when circuit breaker is closed and three-position switch is at working position

当断路器合闸且三工位隔离开关处于工作位置时,联锁连杆 9 落入联锁凸轮 11 凹槽内,安装在联锁连杆 9 上的联锁输出件 8 被断路器拉动压紧联锁凸轮 11,三工位隔离开关不能动作从而实现断路器闭锁三工位隔离开关。此时三工位隔离开关操作活门 5 不能打开,活门 5 挡住手动操作轴 6 上的手

动操作孔,手柄不能插入。活门5推动第1连杆4向上运动,进而推动到位确认连杆1抬起。三工位隔离不能手动操作和电动操作。

当断路器分闸时,不管三工位隔离开关处于工作位置还是非工作位置都可以进行电动操作,电动操作时,活门需处于关闭状态。到位确认连杆1在连杆4的推力作用下处于抬起状态,此时到位确认连杆2上的到位确认止挡1-2处于与到位确认卡盘6-1卡槽脱离的状态,操作轴6可以持续转动。不会受到到位确认卡盘6-1的影响,实现电动操作的顺利进行。

当断路器分闸且三工位隔离开关处于工作位置时,三工位隔离开关可以手动操作和电动操作。断路器分闸且三工位隔离开关处于工作位置状态下手动操作三工位隔离开关时装置示意图见图11。如图11所示,手动操作三工位隔离开关时,顺时针打开活门5,手柄插入手动操作轴6,到位确认连杆1在复位弹簧3的作用下复位,落入到位确认凸轮2凹槽内。到位确认连杆1上的到位确认止挡1-2落入手动操作轴6上的到位确认卡盘6-1卡槽内,操作轴6无法继续运动,实现手动操作时的到位确认功能;若要继续往前转动,则需向上抬到位确认拨杆1-1使到位确认止挡1-2脱离到位确认卡盘6-1卡槽,操作轴6才能继续往前转动。



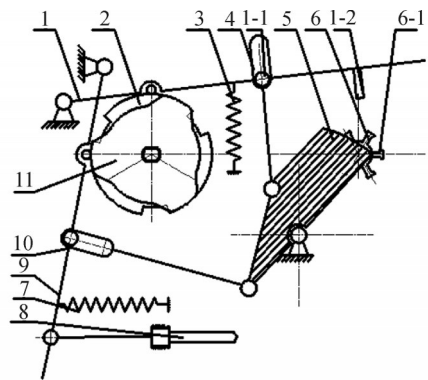
1—到位确认连杆; 1-1—到位确认拨杆; 1-2—到位确认止挡;
2—到位确认凸轮; 3—复位弹簧; 4—第1连杆; 5—活门;
6—手动操作轴; 6-1—到位确认卡盘; 7—复位弹簧;
8—联锁输出件; 9—联锁连杆; 10—第2连杆; 11—联锁凸轮。

图11 断路器分闸且三工位隔离开关处于工作位置状态下手动操作三工位隔离开关时装置示意图

Fig. 11 State diagram of the device for manual operation of the three-position switch when the circuit breaker is opened and the three-position switch is at working position

三工位隔离开关处于非工作位置时见图12、13。无论手动操作还是电动操作三工位隔离开关,到位确认连杆1一直处于被到位确认凸轮2顶起的状态。如图13所示,顺时针打开活门5,手柄可以插入手动操作轴6进行手动操作。此时手动到位确认结构处于解锁位,操作轴6可以持续转动而使三工位

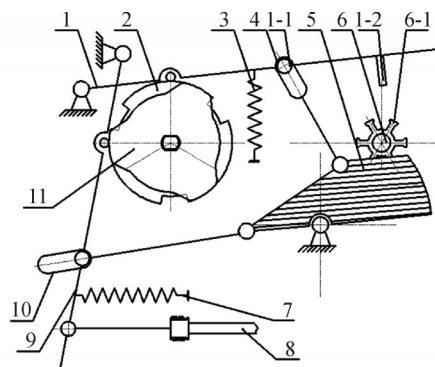
隔离开关向工作位置切换,直至达到工作位置时,到位确认连杆1落入到位确认凸轮2凹槽内,手动到位确认结构闭锁,从而将操作轴6和到位确认凸轮2锁止,限制操作轴6和到位确认凸轮2的继续转动,从而确认了三工位隔离开关的工作位置,最终实现三工位隔离开关的工作位置的精确定位。此时三工位隔离开关的手柄无法继续转动,需要对到位确认功能解锁后才能继续操作。同时,联锁连杆9一直处于被联锁凸轮11顶起的状态。此时,联锁输出件8被联锁连杆9拉动向左运动一段距离,实现三工位隔离开关闭锁断路器,断路器不能合闸。由此解决了断路器与三工位隔离开关的联锁问题以及三工位隔离开关到达工作位置时的到位确认问题。



1—到位确认连杆; 1-1—到位确认拨杆; 1-2—到位确认止挡;
2—到位确认凸轮; 3—复位弹簧; 4—第1连杆; 5—活门;
6—手动操作轴; 6-1—到位确认卡盘; 7—复位弹簧;
8—联锁输出件; 9—联锁连杆; 10—第2连杆; 11—联锁凸轮。

图12 三工位隔离开关处于非工作位置状态下电动操作三工位隔离开关时装置示意图

Fig. 12 State diagram of the device when electrically operating the three-position switch at a non working position



1—到位确认连杆; 1-1—到位确认拨杆; 1-2—到位确认止挡;
2—到位确认凸轮; 3—复位弹簧; 4—第1连杆; 5—活门;
6—手动操作轴; 6-1—到位确认卡盘; 7—复位弹簧;
8—联锁输出件; 9—联锁连杆; 10—第2连杆; 11—联锁凸轮。

图13 三工位隔离开关处于非工作位置状态下手动操作三工位隔离开关时装置示意图

Fig. 13 State diagram of the device for manual operation of three-position switch at non-working position

5 结语

文中设计的一种 40.5 kV 及以下 GIS 中直动式三工位隔离开关配用的操作机构, 解决了三工位隔离开关定位不精确、手动操作时无法精确到位、电气信号发生故障或延迟时无法实现动触头极限位置的准确限位、与断路器的联锁等问题。运行过程中, 安全可靠, 功能齐全, 能满足三工位隔离开关操作机构的设计要求^[25-26]。该三工位隔离开关操作机构及联锁装置已成功应用于 GIS 中, 取得了较好的经济效益。

参考文献:

- [1] 苏太育. 环保气体全绝缘金属封闭开关设备的研制[J]. 电气时代, 2023(3):78-80.
SU Taiyu. Environmentally friendly gas fully insulated metal enclosed switch development of equipment[J]. Electric Age, 2023(3):78-80.
- [2] 兰剑, 冯英, 李向阳, 等. 中压环保气体绝缘金属封闭开关设备研究现状[J]. 供用电, 2018, 35(11):72-77.
LAN Jian, FENG Ying, LI Xiangyang, et al. Review of medium voltage environment - friendly gas - insulated metal - enclosed switchgears[J]. Distribution & Utilization, 2018, 35(11):72-77.
- [3] 陈利民, 张罗锐, 李红雷, 等. 40.5 kV 环保型充气柜三工位开关绝缘结构优化设计[J]. 科学技术创新, 2022(29):31-34.
CHEN Limin, ZHANG Luorui, LI Honglei, et al. Optimization design of insulation structure of three-station switch of 40.5 kV environment - friendly inflatable cabinet[J]. Scientific and Technological Innovation Information, 2022(29):31-34.
- [4] 王永峰, 吕鹏瑞, 郭鹏. 多触指刀闸式接地开关短路关合过程动稳定性仿真分析[J]. 电器与能效管理技术, 2024(5):75-81.
WAN Yongfeng, LYU Pengrui, GUO Peng. Simulation analysis on dynamic stability during short-circuit closing process of MTKS-ES [J]. Electrical & Energy Management Technology, 2024(5):75-81.
- [5] 盛勇兵, 唐付龙, 张进, 等. 智慧小型断路器操作机构设计与分析[J]. 电器与能效管理技术, 2024(7):50-53.
SHENG Yongbing, TANG Fulong, ZHANG Jin, et al. Design and analysis on operating mechanism of smart miniature circuit breakers[J]. Electrical & Energy Management Technology, 2024(7):50-53.
- [6] 刘威. 浅析 72.5 kV GIS 用三工位隔离接地开关的核心技术及创新点[J]. 科技视界, 2012(19):188-189.
LIU Wei. Analysis on the core technology and innovation of three-station isolated earthing switch for 72.5 kV GIS[J]. Science & Technology Vision, 2012(19):188-189.
- [7] 孙龙勇, 李付永, 姚灿江, 等. 复合式组合电器三工位组合开关的设计与开发[J]. 高电压技术, 2021, 47(1):296-304.
SUN Longyong, LI Fuyong, YAO Canjiang, et al. Design and development of three - position combination switch of compound combined electrical apparatus[J]. High Voltage Engineering, 2021, 47(1):296-304.
- [8] 贾翠龙. 110 kV GIS 设备两种三工位隔离/接地开关的优缺点分析及技术性能比较[J]. 低碳世界, 2016(3):39-40.
JIA Cuilong. Analysis of advantages and disadvantages and technical performance comparison of two three position isolation/grounding switches for 110 kV GIS equipment[J]. Low Carbon World, 2016(3):39-40.
- [9] 张永刚. 新型三工位隔离/接地开关的设计[J]. 电气技术, 2017(2):83-88.
ZHANG Yonggang. The design of new three-position disconnector/ground switches[J]. Electrical Engineering, 2017(2):83-88.
- [10] 章柯. GIS 中两种三工位隔离/接地开关的结构性能比较[J]. 广西电力, 2012, 35(3):78-80.
ZHANG Ke. Comparison of two type three-position isolation/ground switches in GIS[J]. Guangxi Electric Power, 2012, 35(3):78-80.
- [11] 朱佩龙, 欧张力, 林复明. 大电流气体绝缘金属封闭开关设备的三工位隔离开关设计[J]. 高压电器, 2020, 56(12):297-301.
ZHU Peilong, OU Zhangli, LIN Fuming. Design of three position disconnector for high current gas insulated metal - enclosed switchgear[J]. High Voltage Apparatus, 2020, 56(12):297-301.
- [12] 廖巍, 季怡萍, 周谷亮, 等. 126 kV GIS 三工位隔离开关用绝缘拉杆击穿故障分析[J]. 电力与能源, 2020, 41(2):194-199.
LIAO Wei, JI Yiping, ZHOU Guliang, et al. Analysis on an accident of insulated pull rod in 126 kV GIS disconnector with three positions[J]. Power & Energy, 2020, 41(2):194-199.
- [13] 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, 55(9):236-240.
SHAO Shumin, ZHANG Yingjie, JIA Huajing, et al. Development of operating mechanism for three-position isolating switch based on 12 kV environmental protection gas insulated switchgear[J]. High Voltage Apparatus, 2019, 55(9):236-240.
- [14] 郑川崎. 浅谈一二次融合成套环网箱—环保气体的三工位开关布置方案及其技术分析[J]. 电器工业, 2023(8):34-38.
ZHENG Chuanqi. Discussion on the layout plan and technical analysis of the three position switch for integrating primary and secondary fusion into a ring cage and environmental protection gas [J]. China Electrical Equipment Industry, 2023(8):34-38.
- [15] 孟巧云, 窦艳艳. 基于 PLC 三工位隔离开关的研究[J]. 电子制作, 2021(4):3-5.
MENG Qiaoyun, DOU Yanyan. Research on PLC based three station isolation switch[J]. Practical Electronics, 2021(4):3-5.
- [16] 曹善军, 张杰, 赵成, 等. 基于一开一闭双信号控制的三工位操作机构控制器设计[J]. 电气时代, 2017(3):48-50.
CAO Shanjun, ZHANG Jie, ZHAO Cheng, et al. Design of a three station operating mechanism controller based on one open and one close dual signal control[J]. Electric Age, 2017(3):48-50.
- [17] 徐志伟. 高压开关柜隔离接地三工位操作装置设计研究[J]. 电工电气, 2021(10):59-62.

- XU Zhiwei.The design of three working position disconnecting/earthing operating device for high voltage switch cabinet[J]. Electrotechnics Electric,2021(10):59-62.
- [18] 张艳晓,张杰,吴为,等.不完全齿轮定位的三工位隔离开关操作机构研究[J].高压电器,2021,57(5):157-162.
ZHANG Yanxiao,ZHANG Jie,WU Wei, et al.Study on operating mechanism of three - position disconnecter with incomplete gear positioning[J]. High Voltage Apparatus,2021,57(5):157-162.
- [19] 富贵根,印爱红,蒋原成,等.齿轮间歇传动机构设计[J].机电设备,2003,20(4):1-6.
FU Guigen,YIN Aihong,JIANG Yuancheng, et al.Design of gear intermittent drive mechanism[J]. Mechanical and Electrical Equipment,2003,20(4):1-6.
- [20] 郭宏,王双成,李鑫,等.10 kV-3 150 A环保充气柜用三工位隔离开关操动机构的研发[J].电气应用,2022,41(3):44-48.
GUO Hong,WANG Shuangcheng,LI Xin, et al.Research and development of three-station isolating switch operating mechanism for 10 kV-3 150 A environmental protection inflatable cabinet[J]. Electrotechnical Application,2022,41(3):44-48.
- [21] 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,2018,54(4):211-215.
ZHANG Yanxiao,ZHANG Jie,ZHAO Cheng, et al.Research on the electric operation mechanism of three position disconnecter with double cam combined positioning[J]. High Voltage Apparatus,2018,54(4):211-215.
- [22] 颜聪明.三工位开关电动操作机构研究[J].电气应用,2020,39(11):44-48.
- YAN Congming.Research on the motor operated mechanism for three position switch[J]. Electrotechnical Application,2020,39(11):44-48.
- [23] 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,2011,47(5):100-102.
DU Tianwa.Development of simple operating mechanism for three-position isolating switch[J]. High Voltage Apparatus,2011,47(5):100-102.
- [24] 郝强,洪鹤,王勇,等.封闭组合电器中三工位隔离开关试验方法[J].东北电力技术,2016,37(11):45-47.
HAO Qiang,HONG He,WANG Yong, et al.Research on test methods of 3 position switchgear[J]. Northeast Electric Power Technology,2016,37(11):45-47.
- [25] 王承玉.环网柜中隔离接地三工位开关布置方式[J].高压电器,2018,54(8):242-245.
WANG Chengyu.Discussion on arrangement of three - position disconnecting and earthing switch in ring main unit[J]. High Voltage Apparatus,2018,54(8):242-245.
- [26] 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(15):74-75.
LU Xuewen,LIU Xiaohui,WANG Xiaohu.Typical case analysis of a type of three-station knife brake operating mechanism in subway power supply system[J]. Mechanical and Electrical Information,2016(15):74-75.
- 张艳晓(1986—),女,工程师,硕士研究生,主要从事中压开关机械设计研究(通信作者)(E-mail:13253739853@163.com)。