

[开关设备]

KYN28型中置开关柜电动化升级改造

文/马 力
大庆油田电力运维分公司

KYN28型中置开关启停操作模式已经不适用现有的运行模式。从现场实际工作出发，通过分析KYN28型中置开关柜目前存在的问题，利用加装电动控制装置对其进行优化，优化后的开关柜每年可减少大量的人工操作次数，全年可减少车辆损耗和油料20.4万元，取得了较好的效果。

油田变（配）电所由有人值守到无人值守的转变，既减少了人员用工成本，又实现了降本增效、提升管理水平，也是油田积极应对新形势的一项重要举措。在无人值守变电所倒闸操作过程中，KYN28型中置开关柜需要操作班员工在变电所现场配合手动操作开关摇进、摇出。一是开关受力不均，容易造成开关的性能指标及安全可靠性逐渐下降，出现各种机械传动部件变形、卡滞和电气元件的老化，进而影响电网运行安全；二是工作量较大，员工日常操作任务逐渐增加，安全风险增加。需要采取技术手段提供支持，实现远程操作具备电动化功能的手车开关，减少现场启停机操作次数，减小工作强度，降低工作风险，提高电力运维系统面对困难任务的执行能力。

KYN28型中置开关柜电动化改造主要研究内容

研究方向是将KYN28型中置开关柜启停机人工手摇操作全部实现自动化远程遥控。

（1）通过电驱动装置实现断路器开关自动进出断路器手车底盘改为电动底盘，电动底盘包括电动底盘本体和操作控制单元，操作控制单元安装于开关柜仪表室内。电动底盘可分别进行电动和手

动操作，电动和手动操作机构应有离合装置（电动和手动操作自动切换装置），使电动和手动操作相互独立，电动操作和手动操作自动切换，互为闭锁。在电动操作发生故障时，应能在不停母线情况下，保证用手动方式把小车摇出至试验位置，如图1所示。

电动底盘驱动电动机采用横置安装，不应安装在断路器机构箱内；电动底盘驱动电动机的驱动模块（含整流模块）不应安装在断路器机构箱及电动底盘内；电动底盘的传动方式宜采用齿轮传动。电动底盘操作控制单元可就地/远方控制底盘车进出操作，进出操作过程中手车应缓慢和平稳行进，并应有电动机堵转保护和故障报警功能，当进出操作过程中出现阻滞时发出报警信号，及时切断电动机电源，防止相关机械闭锁元件的损坏。

电动底盘操作控制单元应有电动机制动和自动脱扣功能。电动底盘电动操作进出操作过程中发生电动机堵转，电动底盘应停止行进，同时电动机反转使电动底盘退回前一位置；如退回过程中再次堵转，则操作停止，发出告警信号。

电动底盘操作控制单元的防误闭锁逻辑应按开关柜和断路器的防误闭锁功能配置，手车及柜体的机械防误闭锁功能优先。电动底盘电动机回路应设

置闭锁继电器，防止运行过程中由于控制单元损坏发生电动底盘误动作。手车通过指示牌分别指示手车的试验位置、中间位置和工作位置状态。试验位置、工作位置需有指示灯明确标识，指示灯均不亮表示中间位置。电动底盘机械操作寿命为3 000次。

电动底盘电动操作时间小于30 s。

电动底盘驱动电动机应使用直流电动机，驱动电源以设计单位确认图样配置为准，电动底盘操作控制单元的控制回路、开关量输入回路和闭锁回路应采用强电。

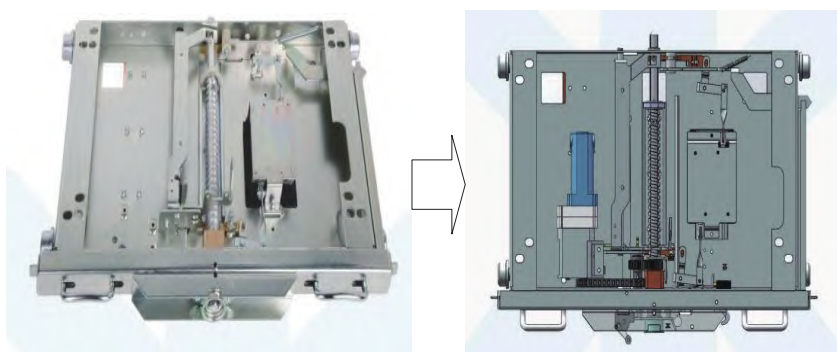


图1 电动底盘车

(2) 利用现有控制网络实现远方遥控驱动

如图2所示，该控制器为底盘车带五防锁、强电、RS485通信等，该功能分为卡轨安装及面板安装。现场旧款断路器增加电动手车功能，手动底盘车更换为电动底盘车，增加断路器二次回路相关电

动部分接线。手车断路器的工作位置、试验位置不但有行程开关监测，而且还增加了光电传感器监测手车断路器的工作位置、试验位。这样手车断路器的工作位置、试验位置各有两个安全确认点，使手车断路器就地、远程操控更安全，如图2所示。

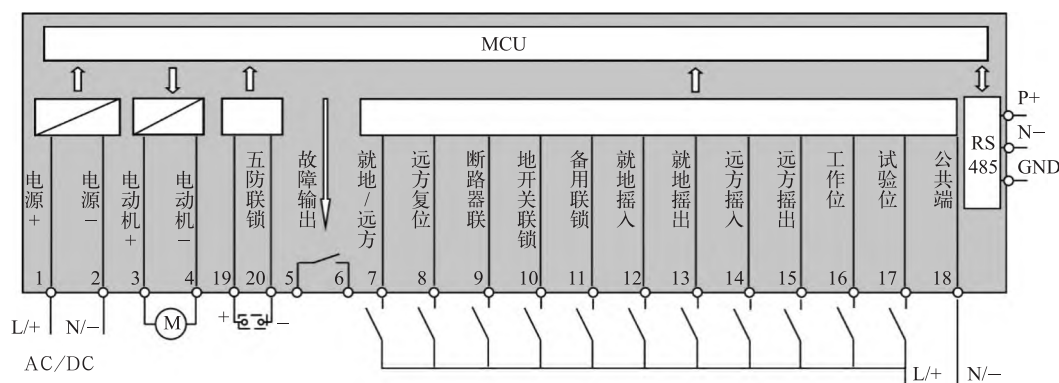


图2 底盘车控制器

(3) 增加相应限位控制器及授权方式，保证操作安全及设备可靠

电动底盘应设有防误闭锁功能，主要包含以下几部分：断路器手车处于中间位置（非工作位置及试验位置）时，电动底盘应配置机械联锁防止断路器进行合闸操作；断路器处于合闸位置时，断路器及底盘应配置机械联锁装置，防止断路器手车进出操作；断路器手车处于工作位置或中间位置时，电动底盘应配置机械闭锁装置，防止电动丁刀开关合闸操作；仅当断路器手车处于试验位置和检修位置

时，电动丁刀开关方可合闸；当电动丁刀开关处于合闸位置时，电动底盘应配置机械闭锁装置，防止断路器手车进出操作；断路器手车推入开关柜后，电动底盘应配置机械联锁装置，使手车固定在开关柜体上；断路器手车在中间位置和工作位置时，电动底盘应自带机械闭锁，防止断路器从开关柜中移走。断路器室关门操作闭锁功能：仅当断路器室门处于关闭状态时，断路器方可进行进出操作。断路器室门闭锁功能：仅当断路器手车处于试验位置时，断路器室门才可被打开；断路器进出操作过程

中或断路器手车处于工作位置时柜门不能被打开。

(4) 电动丁刀开关的改造, 实现远程遥控操作到检修状态

电动丁刀开关应安装在开关柜中下部, 电动丁刀开关本体有位置状态指示, 在仪表室面板上有电动丁刀开关分合闸指示灯, 电动丁刀开关操作过程的分合闸指示灯状态必须和电动丁刀开关本体的转换状态一致, 从观察窗应能检查接地开关三相触头状态, 便于检修。电动丁刀开关应在两侧接地, 接地导体应使用多股软铜线, 导体截面积应不小于 50 mm^2 , 有防断股措施(选型方案)。电动丁刀开关应具备电动操作功能, 设有就地/远方切换控制按钮。电动丁刀开关包括接地开关本体、电动操作机构及操作控制单元。电动操作机构与接地开关本体不应一体化安装, 电动操作机构的安装位置应便于检修, 操作控制单元设置在开关柜仪表室内。电动丁刀开关可分别进行手动和电动操作, 手动操作和电动操作自动切换, 互为闭锁。驱动电动机应安装在机构框架内。驱动电动机配离合器, 实现电动和手动操作相互独立, 互为闭锁。

电动丁刀开关电动操作控制单元可远程控制接地开关进行电动操作, 并应具有电动操作电动机堵转保护和故障报警功能, 当接地开关电动操作的齿轮机构在运行过程中出现阻滞时进行报警, 可及时

切断电动机, 防止电动操作机构继续损坏相关机械部件。操作控制单元具有电动机制动功能, 以防止接地开关合闸或者分闸到位后电动机因惯性停转卡死。电动丁刀开关的操作必须满足开关柜防误闭锁要求: 断路器手车处于工作位置或中间位置时, 电动丁刀开关不得进行合闸操作, 仅当断路器手车处于试验位置或检修位置时, 电动丁刀开关方可进行合闸操作; 当电动丁刀开关处于合闸位置时, 断路器手车不得从试验位置移入工作位置; 只有当电动丁刀开关合闸后, 电缆室门才能打开; 只有当电缆室门关闭后, 才能进行电动丁刀开关的分闸。

电动丁刀开关操作控制单元有与开关柜防误闭锁功能一致的逻辑功能, 接地开关及柜体的机械防误闭锁功能优先。合分闸操作过程中, 如果电动机出现堵转, 控制器将停止操作, 同时故障灯亮起示警。机械操作寿命为3 000 次。电动合闸/分闸时间 $< 10 \text{ s}$ 。

驱动电动机应使用直流电动机, 驱动电源以设计单位确认图样配置为准, 操作控制单元的控制回路、开关量输入回路和闭锁回路应采用强电。若电动丁刀开关需进行程序化操作, 要求使用两种不同原理的辅助开关或传感器检测接地开关位置信号。现场取样如图3所示, 现场接地联锁如图4所示。



图3 现场取样

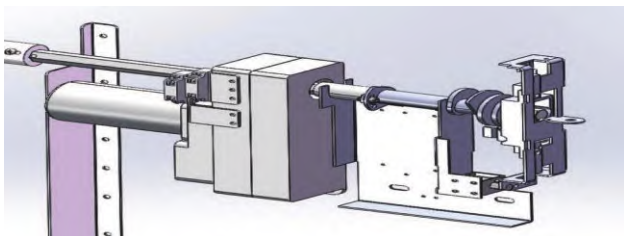


图4 现场接地联锁

KYN28型中置开关柜电动化改造效益评价

1) 人工成本。注水电动机起停约占变电所年操作总量的45%，将高压电动机小车开关升级为电动化小车开关后，通过集控中心远程操作注水电动机的起停，减少员工现场工作量，全年可减少现场操作1 200余次，进而降低员工操作风险。

2) 车辆及燃油成本。改造后省去了操作班前往变电所进行就地操作的环节，操作班出车次数明显降低，极大地降低了能源损耗及行车风险，全年可减少车辆损耗和油料20.4万元。

3) 提高工作效率。改造后集控中心能够远程操作注水电动机的起停，省去了操作班驱车前往现场及操作人员准备的时间，极大地缩短了注水电动机起停倒闸操作时间，从而提高了工作效率。在同时面对大型操作任务及紧急事件时，操作班能合理安排人员配置，全力保证电网平稳运行。

结束语

中置式高压开关柜目前在油田电网建设中发挥

着越来越重要的作用，随着光伏发电、风力发电等新能源接入，中置开关柜的稳定性变得尤为重要。因此，采用上述方法对KYN28中置开关柜改进后，开关柜的整体功能将更加合理，对变电站内安全起到保障作用，同时对于电网巡检、故障诊断也非常方便，整体效果更有利于油田电网的安全平稳运行。EA

(收稿日期：2023-03-11)

参考文献

- [1] 石嘉川, 刘玉田. 中低压配电网电压优化调整[J]. 中国电力, 2005, 38(1): 26-31.
- [2] 3.6-40.5 kV交流金属封闭开关设备和控制设备 GB 3906—2006: [s].
- [3] 孙成宝. 配电技术手册(低压部分)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007: 426.
- [4] 吴昊, 韩浩江, 柴俊, 等. 基于变电站开关柜的三相交流电相位核序方法[J]. 电气应用, 2021, 40(7): 88-92, 102.

(上接第73页)

图分布如图5所示, 电场强度最大值为25.4 kV/mm。1 100 kV断路器最低功能SF₆充气压力为0.5 MPa(表压), 根据《SF₆高压电器设计》一书, 该气压下SF₆气体的许用场强为29 kV/mm。因此其绝缘性能安全可靠, 且具有一定的安全裕度。

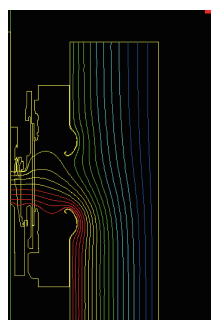


图5 1 100 kV断路器灭弧单元电场分布

结束语

1) 对于每极多断口串联的断路器, 为充分有效利用单个灭弧单元的绝缘能力, 应设置合适的断口并联电容。

2) 对1 100 kV四断口断路器断口均压电容进

行了优化设计, 优化结果表明两个边断口2 600 pF和两个中间断口2 400 pF的并联电容设置可以确保1 100 kV断路器每个断口的电压不均匀系数小于1.1。

3) 基于电场不均匀系数1.1, 对1 100 kV断路器单个灭弧单元在雷电冲击联合加压试验方式下的绝缘性能进行了电场数值仿真, 其电场强度最大值为25.4 kV/mm, 满足绝缘性能要求。EA

(收稿日期：2023-03-15)

参考文献

- [1] 周小谦. 我国的能源结构与电力规划[J]. 高压开关, 2003(2): 25-28.
- [2] 刘振亚. 特高压电网[M]. 北京: 中国经济出版社, 2005.
- [3] 徐国政, 张节容, 钱家骊, 等. 高压断路器原理和应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [4] 林莘. 现代高压电器技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [5] 黎斌. SF₆高压电器设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.