

隔离开关与断路器的双功能一体化操动机构

随着科学技术的不断进步，电网控制也逐步向着智能化的方向发展。断路器和隔离开关是传统变电站设计中的重要元器件，二者相互独立用来完成不同的功能。但是在其发展过程中断路器的可靠性得到了较大的改善，出现了与隔离开关不配套的现象。为此提出将隔离开关和断路器设计成一个元件，在完成预定功能的基础上，实现其产品结构的简化，成本的降低，进而提高系统运行的可靠性。

吕 鸿 吴 吉 王流火 王增彬 庞小峰/广东电网有限责任公司电力科学研究院



吕 鸿/工程师

功能复合化是当今开关设备创新的一个重要内容。一个元件通过精心设计可以完成二个或多个元件的功能，一个部件通过合理设计就能起到二种或多种部件的作用，这对简化产品结构，实现设备小型化以及降低成本，提高运行可靠性等都是十分有利的。断路器和隔离开关是变电站设计中相互独立的两个元器件，二者相互配合共同保证电网运行的可靠性。近些年来，断路器逐渐由原来的油路、气动方式发展到了现在的弹簧结构，其稳定性得到了极大的提高，而隔离开关却没有得到相应的发展，导致二者之间经常出现匹配问题。为此提出将隔离开关的隔离功能集成到断路器的灭弧室内部，将二者功能合为一体，得到具有双重功能的一体化操动结构，实现对变电站的优化设计。

隔离开关和断路器的功能

隔离开关是在分位置时，触头间有符合规定要求的绝缘距离和明显的断开标志；在合位置时，能承载正常回路条件下的电流及在规定时间内异常条件

（例如短路）下的电流的开关设备。断路器是能够关合、承载和开断正常回路条件下的电流，并能在规定的时间内承载和开断异常回路条件（如短路条件）下的电流的机械开关设备。传统的变电站设计时，二者是两个相互独立的元件，运行稳定性较差，直接影响着变电站的运行稳定性。操动机构是断路器中的重要零部件，既要保证断路器长期动作的可靠性，又要满足灭弧特性对操动机构的要求。

传统的断路器在设计过程经常采用弹簧、液压和气动机构，配合连杆、锁扣以及能量供应系统来完成其预定功能。整个操作过程中涉及的环节较多，能量在传递过程中的损失量较大，且运动误差不断积累，导致系统在控制过程中的响应速度慢、控制性能较差和效率低。因此在传统变电站设计时，通常在断路器的两侧安装相应的隔离开关，方便对电路中的断路器进行检修，保证设备的正常运行。

隔离开关与断路器双功能一体化操动机构原理

隔离开关与断路器双功能一体化操动机构就是将断路器当成隔离开关的导电闸刀，同时完成断路器和隔离开关的功能。要使隔离开关与断路器功能复合成一个元件，关键在于实现元件在分位置时触头间有符合规定要求的绝缘距离和明显的断开标志，为此进行主回路复合设计，隔离断路器的极柱绝缘筒既是真空灭弧室的绝缘支承，又是断路器极

关键词/Keywords

隔离开关 ·
断路器 ·
操动机构 ·

柱旋转的骨架。设备的动静触头被保护在灭弧室内，兼具断路器和隔离开关的双重功能，可替代传统断路器与隔离开关。当断路器的导电闸刀旋转到原来隔离器开关的分闸位置时，断路器将电路中的电源部分和负荷分离；当断路器的导电闸刀旋转到原来隔离器开关的合闸位置时，断路器将电路中的电源和负荷连通。通过导电闸刀的旋转完成原有电路中隔离开关所要完成的功能，实现断路器和隔离开关的集成。

隔离开关与断路器双功能一体化操动机构组成及特点

隔离开关与断路器的双功能一体化操动机构由高压真空断路器操作装置、高压隔离开关操作装置两大主体部分组成，由驱动断路器的涡卷弹簧—凸轮—连杆机构和操作隔离开关的电动机—丝杆—拨叉机构实现传统断路器和隔离开关的双重功能。弹簧—凸轮—连杆结构图如图1所示。电动机—丝杆—拨叉机构结构图如图2所示。在使用过程中二者采用同心同轴的驱动中心为基准的布置方式，将驱动操作功能、控制保护功能、信号传递功能及其逻辑联锁功能结构模块化，分区集

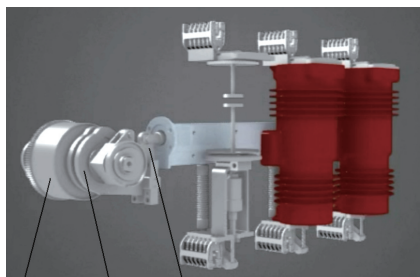


图1 驱动断路器的涡卷弹簧—凸轮—连杆机构

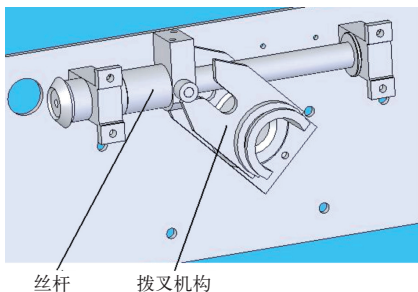


图2 操作隔离开关的电动机—丝杆—拨叉机构

成安装在一个机构箱体内部，实现断路器纵向直线驱动操作和隔离开关横向旋转驱动操作，即断路器的开断和关合以及隔离开关的隔离和接通4种工位电连接状态的操作和转换。

隔离开关与断路器的主回路进行功能复合设计为一个元件，它们各自的操动机构设计为双功能一体化操动机构，由于断路器的操作特性和隔离开关的操作特性差别很大，在使用过程中的操作原理和操作方法各不相同。双功能机构通过合理巧妙的结构布置，既能够采用电动操作，也可以采用手动操作，具有操作方便的特点。另外隔离操作与断路器操作的自身联锁，与接地开关的联锁以及手车的锁定等采用集成布置方式，具有结构简洁、美观、方便、紧凑和空间利用率高的特点，极大地提高了机械操作和联锁的可靠性，这是在操动机构功能合成上的一次结构创新。

各部件功能

1. 涡簧储能操动机构

涡簧储能操动机构主要由机箱、分合闸保持拐臂、主轴、储能弹簧、弹簧盒、储能离合器、输出拐臂、凸轮盘组、储能电动机、旋转电动机、脱扣器、辅助开关和面板等部件组成，具体的结构如图3所示。

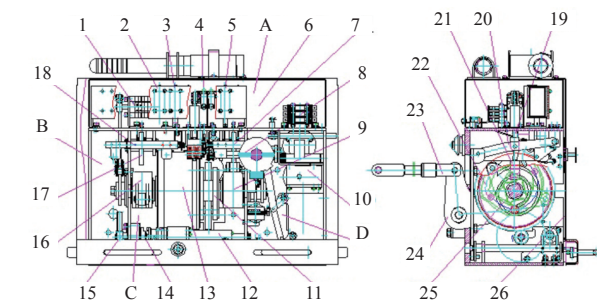


图3 操动机构结构

- 1—辅助开关 2—电流脱扣线圈 3—分闸线圈 4—储能行程开关
- 5—合闸线圈 6—机箱 7—分闸保持半轴 8—分闸保持掣子
- 9—分闸保持拐臂 10—旋转电动机 11—凸轮盘组 12—储能电动机
- 13—储能弹簧盒 14—储能离合器 15—组合齿轮组 16—合闸保持拐臂
- 17—合闸保持掣子 18—合闸保持半轴 19—联锁顶杆 20—联锁杆
- 21—联锁滑块 22—储能弹簧 23—转换副 24—输出拐臂 25—主轴
- 26—面板 A—二次元件室 B—传动与齿轮组室 C—涡簧驱动室
- D—旋转操作及联锁室

机箱由7块室板焊装成,分为4个隔室:上隔室为二次元件配置室;左室为传动与齿轮组室;中室为涡簧驱动室;右室为旋转操作及联锁室。主轴两端固定在涡簧驱动室侧板上,主轴上安装有涡卷弹簧、凸轮和拐臂。储能弹簧为平面接触型涡卷弹簧,安装在弹簧盒内,它的外端和内端分别固定在弹簧盒和主轴上,弹簧盒外圆上设有与储能电动机连接的齿轮,盒内设有储能联锁装置,在储能弹簧上可储存断路器进行一个操作循环所需的能量。分、合闸拐臂安装固定在主轴的两侧,互为 $150^{\circ}/210^{\circ}$,其内部设有多块弹性橡胶,在操作时起分闸、合闸保持和缓冲作用。凸轮盘组为两片对称布置的平面槽形结构,输出滚轴位于两片凸轮之间。脱扣器和辅助开关位于机箱上隔室,储能电动机安装固定在中室的底板上。涡卷弹簧既可电动储能,也可手动储能。旋转电动机安装在右室内,三相极柱旋转,也可手动或电动。

2. 旋转装置

旋转装置主要由旋转电动机、锥齿轮组、丝杆、滑块和拨叉等部件组成,具体结构如图4所示。旋转电动机的输出轴与手动旋转轴通过锥齿轮组换向 90° ,带动丝杆旋转,使滑块左右移动,推动拨叉和三相极柱顺时针旋转(从工作位置至隔离位置)或逆时针旋转(从隔离位置至工作位置)。本次设计所得的一体化操动机构能够采用电动和手动两种不同类型的操作方式。

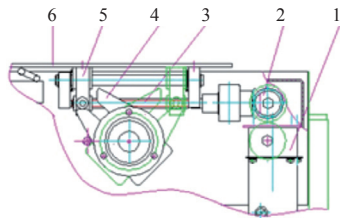


图4 旋转装置

1—旋转电动机 2—锥齿轮组 3—丝杆 4—拨叉 5—滑块 6—滑板

(1) 电动操作方式

如果隔离断路器处于隔离分闸状态,当旋转电动机1接通电源时,通过锥齿轮组2传动,将旋转运动变为水平移动,滑块5和滑板6在丝杆3的

带动下一起向左水平移动,推动拨叉4逆时针旋转 90° ,同时滑板压下左侧微动开关一对触点,切断电源,实现对电网的隔离操作。滑块和限位销上下限位,使隔离断路器保持在隔离合闸,即处于工作位置。

如果隔离断路器处于隔离合闸(工作位置)时,当旋转电动机1接通电源,通过锥齿轮组2传动,将旋转运动变为水平移动,滑块5和滑板6在丝杆3的带动下一起向右水平移动,推动拨叉4顺时针旋转 90° ,同时滑板压下右侧微动开关一对触点,切断电源。滑块和限位销上下限位,使隔离断路器保持在隔离分闸(隔离位置)。

(2) 手动操作方式

如果隔离断路器处于隔离分闸(隔离位置)时,将旋转手柄套入手动旋转输入轴上,顺时针旋转,通过锥齿轮组2传动,将旋转运动变为水平移动,滑块5和滑板6在丝杆3的带动下一起向左水平移动,推动拨叉4顺时针旋转 90° ,滑块和限位销上下限位,使隔离断路器保持在隔离合闸(工作位置)。

当隔离断路器处于隔离合闸(工作位置)时,将旋转手柄套入手动旋转输入轴上,逆时针旋转,通过锥齿轮组2传动,将旋转运动变为水平移动,滑块5和滑板6在丝杆3的带动下一起向右水平移动,推动拨叉4逆时针旋转 90° ,滑块和限位销上下限位,使隔离断路器保持在隔离分闸(隔离位置)。

国内外应用情况

目前ABB、西门子和ALSTOM三家公司均进行复合隔离断路器产品的研发和生产,其中ABB公司对复合断路器和隔离开关的研究较早,其产品在72.5 kV和550 kV的线路等级中均得到了非常广泛的应用。

瑞典是隔离断路器应用最早的国家,同时隔离断路器在挪威和新西兰也得到了较多的应用,特别是新西兰,其变电站大都分布在海边,受海风的侵蚀比较严重,导致传统断路器和隔离开关中的金属触头部位腐蚀比较严重。多功能复合隔

离断路器在设计过程中将所有的触头部位置于灭弧室内，避免了腐蚀性物质的侵蚀，延长了其使用寿命和运行效果。

国内对双功能隔离断路器的研究较晚，处于产品试制阶段，在设计过程中一方面吸取国外先进的设计理念，另一方面不断创新，克服了隔离开关和断路器功能复合化设计中存在的多种制约瓶颈，实现了隔离开关和断路器的组合。

结束语

随着智能变电站工程的不断实施，具有双重功能的隔离断路器得到了人们的广泛关注，且在变电站的设计中发挥着越来越重要的作用。本文主要介绍了一种具有隔离开关和断路器双重功能的一体化操作机构，由驱动断路器的涡卷弹簧－凸轮－连杆机构和操作隔离开关的电动机－丝杆－拨叉机构两部分组成，详细介绍了该复合机构的组成、原理以及传动的路线。通过设

计实现了主元件与主构件的功能复合，实现了隔离开关与断路器的双功能一体化操动机构的优化设计。

参考文献

[1] 黄新波, 王宵宽, 方寿贤, 等. 智能变电站断路器状态监测IED设计 [J]. 电力系统自动化, 2012, 36 (22) : 95-99.

[2] 刘骥, 黄国方, 徐石明. 智能电网状态监测的发展 [J]. 电力建设, 2009, 30 (7) :1-3.

[3] 陈安伟, 乐全明, 张宗益, 等. 智能变电站一次主设备在线监测系统工程实现 [J]. 电力系统自动化, 2012, 36 (13) : 110-115.

[4] 李劲彬, 陈隽. 新一代智能变电站中隔离断路器的技术特点分析 [J]. 湖北电力, 2013, 37 (7).

[5] 刘立峰, 刘海琼. 隔离断路器在新一代智能变电站中的应用 [J]. 湖北电力, 2013, 37 (9).

(收稿日期: 2015－03－07) EA

(上接第52页)

该市火车站共8个站台，按上述方法分别统计出每个站台的节能前后照明设备耗能情况如表4所示。

表4 车站站台照明设备耗能统计 (单位: kW·h)

站台	节能后耗能	累计	节能前耗能	累计	节能率 (%)
站台一	91.71	397.11	295.2	1 309.77	69.68
站台二	61.30		126.08		
站台三	83.62		287.82		
站台四	23.69		66.39		
站台五	38.96		100.82		
站台六	25.57		110.41		
站台七	19.74		61.06		
站台八	52.52		261.99		

按该市平均每kW·h电费0.92元计算，则采用照明节能控制系统后共节约电费为(1 309.77 kW·h－397.11 kW·h)×0.92＝1 391.65(元/每天)×30＝41 749.42(元/每月)。

结束语

本次研究和设计的车站照明节能控制系统经

试验其平均无故障时间MTBF≥20 000 h；系统平均修复时间MTTR≤30 min；系统支持7×24 h连续工作；状态信息发布到显示终端实时方式≤2 s。系统性能稳定，反应迅速。通过此系统的使用，可以有效节约车站照明能耗，达到节能减排的目的。同时此系统具有较强的可复制性，可以快速推广到全国各城市火车站及线路，预计应用前景良好。

参考文献

[1] 沈晓燕. 基于总线技术的智能照明监控系统 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.

[2] 赵志敏, 张柳芳. 教室照明区域化智能控制器的设计 [J]. 低压电器, 2008 (12) : 39-41.

[3] 姜亚南, 杨帅, 魏天勇, 等. 基于电力线通信技术的城市路灯节能监控系统 [J]. 水电能源科学, 2011, 29 (9) : 161-163, 184.

[4] 秦文, 胡天友, 叶琴瑜. 基于ATmega128的通信基站智能节能窗控制系统设计 [J]. 电子技术应用, 2011, 37 (11) : 99-102.

(收稿日期: 2014－11－10) EA