

浅析户内 10 千伏纵旋式开关柜 运检安全策略

缪芸^{1, 2} 王菲^{1, 2} 范子恺^{1, 2} 范逸斐^{1, 2} 刘晓波^{1, 2} 罗宇超^{1, 2}

(1. 国网江苏省电力有限公司经济技术研究院 江苏南京 210000; 2. 国网江苏电力设计咨询有限公司 江苏南京 210000)

0. 引言

KYN88-12 纵旋移开式户内交流金属封闭开关设备（以下简称纵旋柜）、适用于额定电压 12kV、额定频率 50Hz 的户内三相交流单母线电力系统，是工矿企业、变电所及发电厂等受、配电系统进行控制、保护、监测的成套配电装置。该型开关柜的典型功能单元自上而下依次为 4 个隔室；仪表室、母线室、断路器室和电缆室。见图 1。

纵旋柜的核心元件为隔离真空断路器手车，其功能复合既具有断路器功能同时还具备隔离开关功能。隔离真空断路器手车从工作位置到试验位置（隔离位置），无需移动手车，通过极柱旋转实现隔离开关合分功能，旋转操作手动和电动都能操作。操作者可通过柜前断路器室门板上的观察窗，直接看到极柱动触头与静触头配合状况和隔离断口。在配备互感器、母排、二次设备等元件后既形成功能齐全的配电方案，适用于 12kV 变电站的配电系统。本文从加强及提高运维安全性措施等方面，分析纵旋柜使用的安全性。

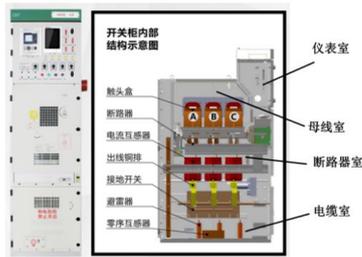


图 1 纵旋柜结构示意图

1. 安全可靠设计

纵旋柜的主体功能区，既仪表室、母线室、断路器室和电缆室均按金属铠装全封闭设计，能有效抑制任一功能区发生的燃弧蔓延。仪表室具有良好的抗电磁干扰性能。成套开关设备使用安全需要可靠性结构设计来保证。

1.1 触头盒（见图 2）

触头盒不同于常规手车柜内的封闭式结构，它的顶端面两侧分布有散热条形长孔。触头盒内腔的热空气会经条形长孔通过触头盒上安装的排气管排到柜体外部，使触头盒内空气与柜外空气形成对流，有助于降低触头盒内动静触头温升。



图 2 触头盒结构示意图

1.2 静触头

静触头与隔离真空断路器动触头配合，安装在触头盒内部，静触头采用了镀银处理，有极强的耐磨性和导电性，这样动静触头连接可靠，接触电阻小，能满足长期运行温升指标。

1.3 一次回路（见图 3）

纵旋柜三相主母线后中前纵向水平布置，一次回路从上至下垂直连接，没有支母线和支撑绝缘子，导电路径短，搭接面少，回路电阻小。减少了导体发热量，降低了成套开关设备运行的安全隐患。

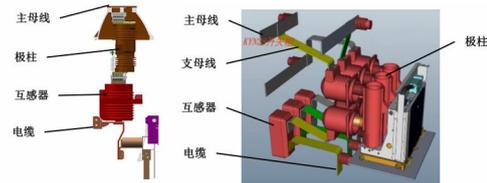


图 3 一次回路示意图

1.4 活门遮蔽装置

该装置与隔离真空断路器极柱旋转联动开启或闭合，这样做的目的是可以保证抽出隔离真空断路器手车后自动遮蔽触头盒，并且活门遮蔽装置带有自锁及挂锁装置，在拉出手车于柜外时，可以加上挂锁，防止操作者误触及带电体。

1.5 功能复合

隔离真空断路器既具有断路器开断功能又兼具隔离开关隔离功能，同时还具备隔离操作和断路器操作联锁、隔离开关与接地开关操作联锁、手车锁定等集成功能。三相极柱内的真空灭弧室负责开断额定负载电流和短路电流；三相极柱包括上下动触头往返旋转 90° 承担隔离开关分、合功能。提高了变电站智能化水平，降低了人为现场操作隔离开关存在的风险。

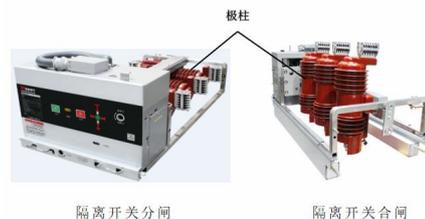


图 4 隔离真空断路器

1.6 隔离断口可见

现有常规手车柜的隔离断口是不可见的，它是通过机械位置指示判断他的状态，是工作还是隔离位置。而隔离真空断路器手车推入柜内无需再次移动，通过三相极柱的旋转实现隔离开关功能，既有机械指示显示工作状态，又可在隔离位置明显看见隔离断口，提高运维安全性。

1.7 柜子布置灵活

常规手车式开关柜主要一次元件布置在柜体后面，对一次元件的检修维护都需要在柜后完成，柜子布置局限性大。纵旋柜电缆室前后贯通，可柜前或柜后对电缆室进行检修维护。柜子布置可靠墙、非靠墙和背靠背，布置方式灵活。

2. 加强和改善安全防护措施

纵旋柜的各项操作，包括断路器分合，隔离开关分合以及接地开关操作，均可在纵旋柜柜门关闭状态下进行。

2.1 联锁的设计

纵旋柜的断路器与隔离开关，隔离开关与接地开关，接地开关与柜门之间设置了联锁结构。联锁功能以机械联锁为主，电气联锁为辅。

2.1.1 机械闭锁实现的功能

1) 当接地开关及断路器在分闸位置时, 隔离开关才能进行合分操作, 既隔离真空断路器三相极柱从水平状态/垂直状态(隔离位置/工作位置)逆时针/顺时针旋转到垂直状态/水平状态(工作位置/隔离位置); 而接地开关在合闸位置时, 隔离开关不能进行合闸操作。

2) 只有隔离真空断路器手车上三相极柱处于水平位置(隔离位置或试验位置), 接地开关才能操作。

3) 隔离真空断路器只有在三相极柱处于水平状态(隔离位置或试验位置)或垂直状态(工作位置)时才能进行断路器合分闸操作。断路器合闸后三相极柱不能旋转操作。

4) 隔离真空断路器手车上锁定装置在柜内与导轨上锁定孔没有配合正确到位置时, 三相极柱不能旋转操作。

5) 隔离真空断路器手车在垂直状态(工作位置), 二次插头被锁定, 不能拔出。

2.1.2 电气闭锁实现的功能

1) 分段联络柜, 分段柜中的断路器在分闸状态, 联络柜中的隔离手车才能操作。

2) 分段联络柜, 联络柜中的隔离手车在工作位置。分段柜中的断路器才能合闸。

2.2 “五防”功能的实现

开关柜必须具备防止误操作断路器、防止带负荷旋转隔离开关、防止带电合接地开关、防止接地开关在接地位置送电和防止误入带电间隔等“五防”功能。

开关柜的机械联锁装置不论平常使用频率如何, 都应做到在使用寿命期内灵活可靠, 并能有效防潮、防霉、防锈、不卡涩, 其结构应简单明了, 操作维护方便。开关柜在使用过程中, 还会遇到由于操作人员的疏忽或非正常操作而造成“非正规操作”的情况。在这种情况下, 高可靠的联锁应做到对操作者可能出现的“非正常操作”有充分的预防和阻止能力。既使在某些情况下进行了错误操作, 也应该做到错误操作可纠正并且可方便的恢复正常操作, 不至于引起重大的设备或人身事故。

机械联锁是开关柜的操作部位之间互相制约和联动的机械机构来达到先后动作的闭锁要求。机械联锁在操作中无需使用钥匙等辅助操作, 可以实现随操作顺序的准确进行, 自动的步步解锁。在发生误操作时, 可以实现自动闭锁, 阻止误操作的进行。机械联锁可以实现正向和反向的闭锁要求, 加之闭锁直观、强度高、不易损坏、检修工作量大、操作方便、运行可靠等优点, 因此受到运行和检修人员的欢迎。

2.2.1 “五防”联锁

国家标准中对于“五防”的要求, 除了防止误分、误合断路器这一条允许提示性的方法外, 其余联锁关系必须在开关柜结构中完备实现。从开关柜的操作来看, 每一项联锁要求, 都在一定的操作程序中体现出来, 因此不论是合闸还是分闸程序, 都有达到联锁要求。

2.2.2 防止带负荷分、合隔离开关

一般情况下, 固定柜基本上严格做到了断路器合分闸情况下不能操作隔离开关, 也不存在带负荷分、合隔离开关的情况。在纵旋柜中隔离真空断路器集断路器、隔离开关和连锁于一体, 断路器合闸状态下隔离开关无法实现分、合操作, 既三相极柱无法实现旋转操作。

2.2.3 防止带电合接地开关和接地开关接地位置送电

对于这两项要求, 单纯在同一台开关柜中基本就能完整地实现。纵旋柜采用一定的机械联锁结构, 当隔离真空断路器中隔离开关处于工作位置, 既隔离真空断路器三相极柱从水平状态(隔离位置)逆时针旋转到垂直状态(工作位置)时, 无论断路器这时是分闸还是合闸, 都闭锁操作接地开关孔活门, 如果接地开关有电动操作功能, 同时切断接地开关电机回路。当接地开关合闸, 隔离真空断路器三相极柱从水平状态(隔离位置)逆时针旋转到垂直状态(工作位置)手动操作孔被锁板锁定无法插入旋转把手, 同时旋转电机回路被切断, 手动、电动都不能操作隔离开关。

2.2.4 防止误入带电间隔

纵旋柜的电缆室前后贯通, 前后都有电缆室门。只有接地开关合闸, 电缆室前后门解锁才能打开, 前后门打开后接地开关被锁定, 不能进行分闸操作。只有前后门都关闭, 利用前后门提供的压力解除接地开关闭

锁, 可操作接地开关。

3. 有关改进措施

3.1 一体化电流互感器手车

电流互感器是高压开关设备主要元件, 为计量、测量、保护装置提供电流信号。在成套开关设备运维过程中, 对电流互感器运维检修是必不可少的工作。

高压开关柜内的电流互感器通常固定安装在柜内, 对其安装、更换需要运维人员进入柜内, 由于柜内空间狭小, 会带来运维人员在柜内安装、更换的不便, 存在安全隐患。纵旋柜内电流互感器纵向布置固定在柜内, 电流互感器在运维过程中也需要运维人员进入柜内进行安装、更换。为解决这一困扰, 将固定安装方式改为可移开式一体化手车安装方式, 柜内设有电流互感器手车导轨, 可移开式一体化手车通过定位轴和锁定装置安装固定导轨之上。需对电流互感器进行检修更换, 只需将电流互感器下端连接线拆除, 将可移开式一体化电流互感器手车从柜内导轨上解锁, 通过柜外电流互感器检修小车将其移至柜外。在柜外对移开式一体化电流互感器手车上的电流互感器进行更换、安装, 完成更换后将移开式一体化电流互感器手车通过电流互感器检修小车推进纵旋柜内, 并在导轨上锁定。安装更换方便, 劳动强度低, 安全性高。

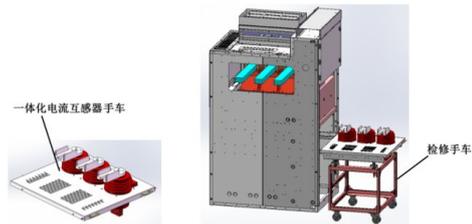


图5 一体化电流互感器手车

3.2 电缆室结构优化

纵旋柜的电缆室前后贯通, 前后有门, 门与接地开关有机械联锁。接地开关合闸, 前后门允许打开, 前后门关闭, 接地开关允许分闸。接地开关与门的联锁布置在电缆室靠近前门右侧立柱内侧, 电缆室内靠近前门附近两侧板处有二次电缆通道, 用隔板与电缆室隔开。实际操作过程中, 有时会遇到接地开关与前门之间的联锁装置发生卡滞无法操作接地开关、需要对二次电缆维护检修等情况。采用强制解锁前门对发生卡滞处进行检修, 会面临高压带电的危险。需要对电缆室优化, 采取把电缆室分割高压区和安全区, 用二道门将电缆室分割开, 二道门前面区域空间作为安全区, 安全区内包括接地开关与前门连锁装置、二次电缆通道。二道门后面作为高压区, 包括一次电缆、接地开关等一次元件。这样, 当遇到接地开关与前门之间的联锁装置发生卡滞, 需要对发生卡滞地方进行检修时, 二次电缆通道需要维护检修时, 这是强制解锁电缆室前门, 打开前门而二道门是关闭的打不开, 在电缆室安全区空间内对连锁卡滞、二次电缆进行检修维护, 检修维护完成后恢复强制解锁装置。电缆室的结构优化提升了保护运维人员在任何情况下操作的安全性。

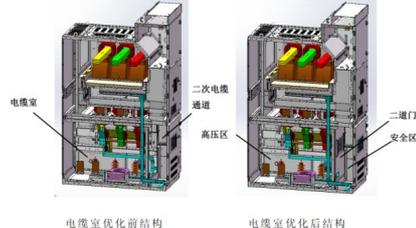


图6 纵旋柜电缆室结构

4. 结语

KYN88-12纵旋移开式户内交流金属封闭开关设备由于断路器功能复合、隔离断口可见、“五防”功能齐全、操作简单、体积小布置灵活和智能化程度高等优点, 给生产、运维带来了极大的便利和安全保障, 在现代电网建设中发挥着越来越重要的主要。但在实际生产运行中, 仍然存在一些不安全的问题, 只有正视这些问题, 思考分析, 从中找出相应的优化措施, 才能更好的保证电网的安全运行。