

具有电缆绝缘测试接口和操作机构密封罩的 24kV 环网柜的开发

王家耀

北京清畅电力技术股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v4i4.5857

[摘要] 泰国 MEA、PEA 两大电网公司根据其市场使用情况提出, 24kV 环网柜要具有电缆绝缘测试接口, 而国内未见相关产品; 同时该产品在沿海潮湿地区使用, 要避免高盐高湿空气腐蚀操作机构, 要保证操作机构的使用寿命和稳定性。为了解决上述问题, 本文提出一种具有电缆绝缘测试接口和机构密封罩的 24kV 环网柜的开发方案。

[关键词] 24kV 环网柜; 电缆测试接口; 机构密封罩; IP55 防护等级; 灭弧装置。

Development of 24kV ring network cabinet with cable insulation test interface and operating mechanism sealing cover

Wang Jiayao

Beijing Qingchang Electric Power Technology Co., Ltd

[Abstract] According to its market usage, MEA and PEA, the 24kV ring network cabinet should have cable insulation test interface, but no relevant products in China; at the same time, the product is used in the coastal wet areas, to avoid the operating mechanism of high salt and high humidity air corrosion, to ensure the service life and stability of the operating mechanism. In order to solve the above problems, in this paper, a development scheme of 24kV ring network cabinet with cable insulation test interface and mechanism sealing cover is proposed.

[Key words] 24kV ring network cabinet; cable test interface; mechanism seal cover; IP55 protection grade; arc extinguishing device.

引言

环网柜, 国外称之为环网供电单元 (RMU)。环网柜一般由三间隔组成, 即两个环网电缆进出线间隔和一个变压器间隔。两个环网进出线柜使用负荷开关, 即 C 柜; 变压器间隔使用负荷开关—限流熔断器组合电器, 即 F 柜^[1]。国内现有 12~40.5kV 环网柜 (RMU) 并没有电缆绝缘测试接口, 也未见相关产品。而国内环网柜主要使用三芯电缆, 安装较单芯电缆麻烦, 且安装时还要核对相序, 在固定之前需要外加力矩扭动, 而在安装好之后因扭动产生的内部应力会逐渐释放, 产生恢复力矩并作用在套管上, 造成套管损坏, 导致高压短路^[2], 电缆绝缘测试的时候拆卸、安装电缆使电缆头界面爬电或电缆头击穿的风险显著提高。

传统的环网柜操作机构易受外界环境影响, 在多尘、潮湿、沿海盐雾环境中运行时, 操作机构传动部件镀层磨损后易锈蚀, 从而出现卡滞或卡死, 造成操作机构性能不稳定, 出现分、合闸不到位, 甚至不动作, 产生电力运行故障, 严重的威胁设备运行和人身安全。因此解决该问题的一个有效方法就是将操作机构密封起来, 杜绝外界环境的影响。

为了解决上述问题, 本文依托 CCF 三间隔实现具有电缆绝缘测试接口和操作机构密封罩的 24kV 环网柜的开发。

1 此 24kV 环网柜需要解决的两个关键技术

1.1 CC 两间隔电缆绝缘测试接口设计

不管是刀闸式负荷开关, 还是直动式负荷开关都有两个明显的特征: 一是三工位, 即合闸 (导通电路)、分闸 (断开电路)、接地 (负载接地); 二是灭弧与载流分开, 灭弧系统不承受短时、峰值耐受电流, 而载流系统不参与灭弧^[1]。因此合闸、分闸组件不能改变, 为了实现电缆绝缘测试功能只能改变接地组件, 传统是将 3 个接地触头安装在一块铜排上, 再通过软连接实现开关接地, 而本开发方案是将 3 个接地触头固定在绝缘梁上, 再通过铜棒把 3 个接地触头分别连接到绝缘测试套管上, 绝缘测试套管外侧安装镀锡金属板作为接地使用, 当需要进行电缆绝缘测试时, 将此金属板取下, 在绝缘测试套管上插接开关柜试验终端, 按开关柜检修规程在开关柜试验终端上加高压即可实现电缆绝缘测试。具有电缆绝缘测试接口的 24kV 环网柜结构见图 1。



图1 含电缆绝缘测试接口的24kV环网柜

Fig. 24kV ring main unit with cable insulation test

1.2 CCF 三间隔操作机构密封罩设计

传统方式是将操作机构密封在一个类似鞋盒的盒内，机构操作轴伸出盒盖并通过密封圈密封，机构输出轴伸出盒底也通过密封圈实现密封，机械联锁安装于盒外，组成一个模块，使用时此模块固定在气箱上，盒体采用焊接成型后与盒盖拼装。这种结构不仅检修维护不方便，而且机构在手动操作的过程中会出现一定的晃动，金属盒刚性并不会随之而动，这就导致机构操作轴处密封圈易磨损，失去密封作用。另外机械联锁长期暴露在恶劣的环境中，易失效。

本文采用 3D 打印技术，打印一个密封罩将操作机构扣在气箱上，密封罩与气箱之间通过橡胶条实现密封，密封罩与操作机构之间没有硬连接不受操作机构晃动影响，机械联锁安装在密封罩内通过塔形胶圈伸出密封罩外，此塔形胶圈不仅可以伸缩还可以晃动，在密封罩上与机构操作轴对应处开有孔，此孔处安装密封盖，密封盖内有 Y 型密封圈，操作时打开此密封盖，操作完旋拧上密封盖，操作过程中进入的少量潮气可由干燥剂吸收，批量生产时可以开模浇注密封罩。此方案通过了国家电器产品质量监督检验中心（苏州所）检验，达到了 IP55 防护等级^[3]。试验照片见图 2，试验通过结果见图 3。

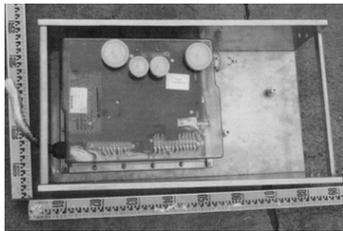


图2 试验密封罩

图2 试验照片

Fig.2 Test the sealing cover



图3 试验通过报告

Fig.3 Test report

2.开发过程中遇到的一些问题总结

2.1 绝缘问题

为了有效利用气箱空间，电缆绝缘测试套管与测试铜棒直接螺纹连接有利于绝缘试验，经验证此螺旋旋进套管 25mm 以上，有利于动热试验通过，旋进较少此处容易烧断。

2.2 局部放电问题

厂内试验发现主触头处局部放电较大，在主触头上加压 125kV 进行电场分析（见图 4）发现主触头圆角处与绝缘梁固定台锥面之间形成了一个楔形间隙，此处电场畸变，虽然没有达到放电条件，但是造成局部放电较大，通过验证在主触头与绝缘梁之间放一个 2mm 金属垫，局部放电就会降下来。



图4 电场分析

Fig.4 Electric field analysis

2.3 灭弧栅室优化

环网柜常采用灭弧栅室实现息弧，灭弧栅室由若干栅片固定在绝缘架上组成，栅片的形状多数为凹字形，并在缺口处压凹，其作用是增加栅片强度，增大电弧路径，可减少阻力，也可以优化磁路。设计灭弧栅室时，关键的是栅片的厚度，片间的距离和栅片的数量，栅片上有压凹片间距离又近，从侧面看栅片之间没有缝隙，这样可以防止向外飞弧。栅片越多，电弧被分割的越多，栅片冷却的面积大，有利于息弧。但是现在的环网柜体积小、短路分断能力要求又高，灭弧栅室又不能随意加大，加大了之后会影响分闸绝缘和相间绝缘，此外灭弧栅室用的绝缘架固定在隔离触头上，做额定短时耐受电流试验的时候绝缘架固定孔处受热变形，导致灭弧栅室下垂，存在风险，严重的会影响分闸。

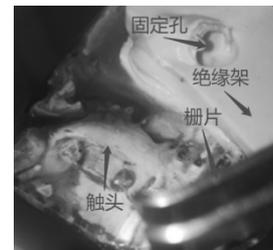


图5 绝缘架受热熔化

Fig.5 The insulation frame melts when heated

为了解决上述问题，本文开发了一款双金属环夹多圈铜带结构的灭弧装置，铜带一端与外环接触，另一端与内环接触，铜带层与层之间相互绝缘，外环与隔离铜排固定在一起，内环焊接一个引弧铜排，引弧铜排前端有一凹槽，此凹槽悬浮在隔离触头上，距隔离触头 2~3mm，分闸拉弧时，电弧顺着引弧铜排进入铜带，铜带足够长，电弧沿着铜带旋转产生磁场熄灭电弧，同时电弧在铜带内不断接触新鲜的 SF6 气体，释放掉大量的热能，快速冷却有利于息弧。这种独特的设计提升了本装置的导电性和散热性，使本装置能快速熄灭电弧。



图6 传统灭弧装置

Fig.6 Traditional arc extinguishing device



图7 新结构灭弧装置

图7 新结构灭弧装置

Fig.7 New structure arc extinguishing device
经验证, 转移电流能达到1600A。

3 主要技术参数

具有电缆绝缘测试接口和机构密封罩的24kV环网柜按照文12实现, 产品性能达到了相关标准要求, 详见表1。

表1 主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of 24kV

项目	GB 参数	IEC 参数
额定电压/kV	24	24
额定电流/A	630	630
额定开断电流/kA	20	20
额定工频耐受电压/kV	65/79	50/60
额定雷电冲击电压/kV	125/145	125/145
额定短路关合电流/kA	50	50
额定峰值耐受电流/kA	20	20

该产品已按照GB/T11022-2011^[4]、GB 3906-2006^[5]、GB 1985-2014^[6]、GB1984-2014^[7]等相关标准要求通过了全部型式试验, 参数相等或高于IEC62271-1-2007^[8]、IEC62271-200-2011^[9]、IEC62271-100-2011^[10]、IEC62271-102-2011^[11]等相关标准要求。

4 结论

文中介绍了满足泰国市场需要的具有电缆绝缘测试接口和机构密封罩的24kV环网柜, 总结如下:

- 1) 采用电缆绝缘测试接口设计, 满足泰国市场需要, 对国内市场也有借鉴意义;
- 2) 采用机构密封罩设计, 满足防护等级要求, 能达到IP55, 适合沿海潮湿地区使用;
- 3) 绝缘梁优化设计, 降低局部放电量;
- 4) 灭弧装置设计, 提高了负荷开关柜的开断能力及组合电器柜的转移电流能力。

[参考文献]

- [1]李建基.环网柜与负荷开关的发展[J].江苏电器 2008 (11) 1~5
LI Jianji. Development of ring main unit and load switches. Jiansu Electric.
 - [2]林立轩.10kV SF₆ 环网柜与电缆连接存在的问题与对策[J].供用电, 2007 (06): 63-65.
LIN Lixuan. Existing Problems and Solutions of 10kV ring main unit and cable connection [J]. Distribution & Utilization, 2007 (06): 63~65.
 - [3]GB/T 4208-2017 外壳防护等级 (IP 代码) [S].2011 Degrees of protection provided by enclosures (IP code) [S].2017
 - [4]GB/T 11022-2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求[S].2011
GB/T 11022-2011 Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards[S]. 2011.
 - [5]GB/T 3906-2006 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备[S].2006
GB 3906-2006 Alternating-current metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltage 3.6 kV and up to and including 40.5 kV[S].2006
 - [6]GB 1984-2014 高压交流断路器[S].2014.
GB 1984-2014 High-voltage alternating-current circuit-breakers[S].2014
 - [7]GB 1985-2014 高压隔离开关和接地开关[S].2014.
GB 1985-2014 High-voltage alternating-current disconnectors and earthing switches[S].2014
 - [8]IEC-62271-1-2011 High-voltage switchgear and controlgear-Part 1: Common specifications for alternating-current switchgear and controlgear [S].2011.
 - [9]IEC-62271-200-2011 High-voltage switchgear and controlgear-Part 200:AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltage 1kV and up to and including 52 kV [S].2006
 - [10]IEC-62271-100-2011 High-voltage switchgear and controlgear-Part 100: Alternating-current circuit-breakers[S].2011
 - [11]IEC-62271-102-2011 High-voltage switchgear and controlgear-Part 102: Alternating-current disconnectors and earthing switches[S].2011
 - [12]王家耀, 郑孟磊, 申国虎.一种带绝缘试验接口及机构密封装置的高压开关设备, 中国: 201921748067.8[P].2020.05.22
WANG Jiayao, ZHENG Menglei, SHEN Guohu. High-voltage switchgear with insulation test interface and mechanism sealing device. China: 201921748067.8 [P].2020.05.22
- 作者简介: 王家耀 (1982-), 男, 硕士, 工程师, 从事气体绝缘高压开关设备研发工作。