

基于铜铝复合技术的新型隔离刀闸设计研究

林鹏程¹ 程志龙¹ 傅梓昉² 杨志宏¹ 王佳¹ 卓世川¹

1 国网福建省电力有限公司惠安县供电公司 2 国网福建省电力有限公司泉州供电公司

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5661

[摘要] 在电力系统中,隔离刀闸主要作为一种手动开关设备,负责电路切换与安全隔离。特别是在高压环境中,隔离刀闸对于电力网络的安全稳定运行具有重要影响。传统的隔离刀闸多采用普通压簧式结构,其优点在于成本较低、结构简单,但缺陷也十分明显——体积庞大、装配复杂、缺乏消磁功能等,难以满足现代电力系统的需求。基于此,本研究基于铜铝复合技术,设计了一种新型隔离刀闸,利用铜铝材料的优势,实现了结构强度与电气性能的双重提升。同时,该新型隔离刀闸还能有效解决传统隔离刀闸在面临短路故障时容易发生误分闸的技术瓶颈,并创新性地引入了双重锁定机制,能够确保隔离刀闸在任何情况下都能保持稳定的闭合状态,最大程度上避免意外分闸现象的出现。

[关键词] 铜铝复合技术; 新型隔离刀闸; 设计研究

中图分类号: TV663 **文献标识码:** A

Research on the Design of a New Isolation Knife Switch Based on Copper Aluminum Composite Technology

Pengcheng Lin¹ Zhilong Cheng¹ Zijie Fu² Zhihong Yang¹ Jia Wang¹ Shichuan Zhuo¹

1 State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd. Huian County Power Supply Company

2 State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd. Quanzhou Power Supply Company

[Abstract] In the power system, the isolation knife switch is mainly used as a manual switching device, responsible for circuit switching and safety isolation. Especially in high-voltage environments, isolation switches have a significant impact on the safe and stable operation of power networks. Traditional isolation knife switches often use ordinary spring type structures, which have the advantages of low cost and simple structure. However, their defects are also very obvious – large volume, complex assembly, lack of demagnetization function, etc., which are difficult to meet the needs of modern power systems. Based on this, this study designed a new type of isolation knife switch using copper aluminum composite technology. By utilizing the advantages of copper aluminum materials, a dual improvement in structural strength and electrical performance has been achieved. At the same time, this new type of isolation knife switch can effectively solve the technical bottleneck of traditional isolation knife switches being prone to misoperation when facing short-circuit faults, and innovatively introduces a dual locking mechanism to ensure that the isolation knife switch can maintain a stable closed state in any situation, avoiding the occurrence of accidental disconnection to the greatest extent possible.

[Key words] Copper aluminum composite technology; New isolation knife switch; Design research

前言

本研究立足于铜铝复合技术,设计了一种新型隔离刀闸,旨在解决传统隔离刀闸在高压环境下容易出现的意外分闸问题,进而提升电力系统运行稳定性和安全性。具体来说,本设计以第一绝缘支柱和第二绝缘支柱作为核心支撑结构,有效确保了刀闸的整体强度。触刀闸的一端与静触板相连,另一端则装备了锁扣装置,这一设计使得触刀闸能够实现灵活的开合动作以及能够在合闸状态下实现稳固锁定。为了实现触刀闸的可靠锁定与

便捷解锁,本发明还设计了勾板这一关键组件。勾板位于动触板下方,可以实现与锁扣扣接,从而将触刀闸与动触板锁定在一起。从本次设计研究的实施情况来看,该新型隔离刀闸能够为用户带来更为便捷、高效的操作体验,具有较高的应用和推广价值。

1 铜铝复合技术概述

1.1 铜铝复合材料特点

1.1.1 物理性能

首先,铜作为一种具有良好导电和导热性能金属材料,因此铜铝复合材料在导电性能的表现上也具有显著优势。这一特性使得其在电子器件领域得到了广泛应用,例如,通过在集成电路板、电力传输线等设计中添加铜铝复合材料,可以有效降低能耗,提升设备效率。而从导热性能方面来看,与铜相比,铝的导热性能相对较差,但通过将二者进行复合,铜铝复合材料能够平衡两者的导热优势,形成比单一材料效果更佳的散热效果,因此广泛应用于散热器、汽车发动机冷却系统等高温环境中,能够有效保障系统运行稳定性,延长设备使用寿命。

1.1.2机械性能

铝具有显著的轻质化、高强度的特点,其在与铜材料复合后,不仅保留了其原本的特性,还使得两种材料发挥了更好的协同作用,提升了铜铝复合材料的整体强度,使其能够承受更大的载荷,更好地应对复杂的应力环境。这一特性使铜铝复合材料广泛应用于航空航天、交通运输等领域。此外,铜铝复合材料在硬度方面的表现也较为突出,且具有较强的耐磨性,因此成为了制造机械零件的理想选择。

1.1.3耐腐蚀性与抗氧化性

材料的耐腐蚀性和抗氧化性对于其使用安全性和使用寿命具有直接影响。在这方面,铜虽然具有良好的导电导热性能,但容易受到外界环境的影响而出现腐蚀和氧化问题,而与此相比,铝材料则具有良好的耐腐蚀性。铜铝复合材料充分发挥了铝的优点,能够在任何条件下保持长久的稳定性,因此广泛应用于海洋工程、化工设备等领域。

1.1.4焊接性能和加工性能

铜和铝本身在性质方面存在显著差异,传统的技术工艺无法将二者进行有效连接。近年来,我国工艺技术不断发展,铜铝复合工艺应运而生,通过创新的焊接工艺,能够实现铜铝之间的有效结合,进而提升了铜铝复合材料的整体焊接性能。此外,铜铝复合材料在加工性能方面也具有显著表现,在生产过程中,铜铝复合材料可以被灵活加工成各种形状,且在此过程中不容易出现变形和裂纹,这不仅有助于降低生产成本,还能提升设计的灵活性和自由度。

1.2铜铝复合材料工艺

1.2.1闪光焊铜铝过渡

在铜铝过渡领域,闪光焊的应用面临一定限制和挑战,主要体现在焊接界面的尺寸方面。由于焊接接触面较小,这使得其在焊接过程中容易形成力学性能较差的共晶体,这直接限制了焊接强度的提升。特别是在沿海等潮湿性和腐蚀性较强的区域,铜铝之间的电化学反应会加速,进一步加剧腐蚀现象,使焊接处成为薄弱环节,显著增加了断裂的风险,严重影响设备的安全性和使用寿命。

1.2.2摩擦焊铜铝过渡

与闪光焊相似,摩擦焊在铜铝过渡中也存在焊接面小、焊接强度低、易发生化学反应等问题。这使得过渡区域的稳定性不足,难以满足复杂的环境挑战和较大的机械应力挑战。

1.2.3钎焊铜铝过渡

钎焊技术通过扩大铜铝焊接接触面积,在一定程度上改善了焊接的稳定性和强度,其原理在于在钎焊过程中加入熔点较低的钎料,以此实现有效焊接。然而,钎料的热稳定性较差,因此在高温条件下容易熔化,形成间隙空腔,这不仅可能会导致局部过热问题的发生,还会增加接触电阻,进而引发焊接铜片的脱落故障。因此,钎焊铜铝过渡的应用范围较为有限,不适用于高温或高应力环境。

1.2.4铜铝复合热压过渡

针对上述三种铜铝过渡焊接技术的不足,铜铝复合热压过渡技术应运而生。该技术作为一种先进的金属连接方法,其核心在于利用高温高压的环境,促使铝与铜的接触面的原子或分子发生相互渗透和扩散,改变其物理及化学性质,进而形成一层牢固的冶金结合层。这不仅可以确保二者之间的结合率,还显著扩大了其实际接触面积,提升了材料整体的物理性能和机械性能。

2 基于铜铝复合技术的新型隔离刀闸设计研究

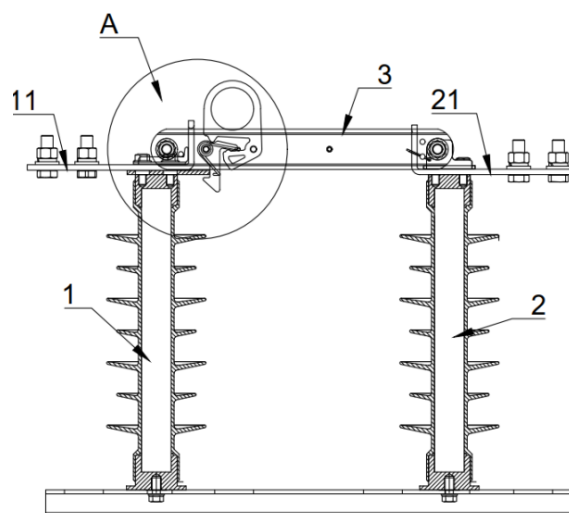


图1 新型隔离刀闸整体结构

2.1绝缘支柱设计

绝缘支柱的设计是隔离刀闸的关键。在本次研究设计中,该新型隔离刀闸设置了两套绝缘支柱系统,分别承担动触板与静触板的核心功能,共同组成了隔离刀闸的基本框架。在动触板与静触板之间,设计了“触刀闸”,其一端与静触板进行铰接;另一端则装备了专业的锁扣机制,能够与动触板下方的勾板相配合。为进一步提升隔离刀闸开关的稳定性和安全性,还可以在触刀闸与动触板之间引入一个锁定结构。该结构由动触板上的定位件与触刀闸上的抵接杆协同工作,形成了一个完整的容纳腔。这样,当触刀闸处于合闸状态时,其上的抵接杆就可以卡入到容纳腔内,并与定位筋紧密相连,从而有效避免触刀闸出现横向偏移问题,进而确保电力传输的稳定与安全。

2.2动触板设计

动触板同样作为隔离刀闸的重要组成部分,在设计这一部件时,需特别注意触板与触刀闸之间的协同关系,并在动触板上

设置了定位件。具体来说,定位件由定位板与定位筋组成,二者共同组成了“L”型结构。这一设计不仅增强了定位件的稳定性与耐久性,更为抵接杆的卡入提供了支撑。这种设计不仅能够有效防止触刀闸在受到外力作用时发生偏移或晃动,还能显著提升隔离刀闸的整体安全性与稳定性。

2.3 弧面设计

在铜铝复合材料的隔离刀闸结构中,为确保抵接杆能够顺利且准确地进入其预定的容纳腔内,就需要在定位筋上设计一个引导弧面系统。该系统由两部分组成:一是位于定位筋顶部的第一弧面,其能够为抵接杆提供了一个相对稳定的起始路径;二是位于定位筋与定位板衔接处的第二弧面,其不仅延续了第一弧面的引导作用,还确保了当触刀闸处于完全合闸状态时,抵接杆能够准确与第二弧面进行紧密接触,从而实现稳固的锁定效果。这显著提高了系统的可靠性和操作的流畅性。

2.4 触刀板设计

为进一步增强触刀闸与动触板之间的锁定效果及操作的便捷性,可以对动触板上的触头板及触刀闸的触刀板进行创新设计。具体来说,触头板应被安装在动触板上,并将其设置于定位筋背离容纳腔的一侧,以便与触刀闸的相应部分进行高效配合。触刀闸则包含第一触刀板和第二触刀板,这两块触刀板相对而设,共同形成了一个稳固的导电通道。同时,在第一触刀板和第二触刀板之间,还需预留一定位置,用来放置触头板,以确保触头板在合闸过程中实现准确卡入并紧密锁定。在此基础上,可以在第一或第二触刀板的上下两端增设斜面导向筋,这一设计使得触头板能够通过斜面设计直接滑入到卡槽内,有效减少了合闸过程中的阻力,同时还有助于简化合闸操作的流程。

2.5 延伸板与拉环组件设计

在隔离刀闸的拉环组件设计中,延伸板的使用可以更好地提升操作的流畅性与高效性。拉环组件主要由拉伸部和从动部两部分构成,在从动部背向拉伸部的一侧,需设置一个锁扣,这使得拉环组件能够与勾板实现精准锁合与分离。而在拉伸部与从动部接触的一侧,则设计了勾件,其作用在于,当拉环组件受到外力作用时,勾件能够促使动部发生旋转,进而带动锁扣与勾板之间的分离。这一设计不仅简化了操作流程,还显著提升了隔离开关的分合闸效率。此外,在动部上,隔离刀闸还增设了一块延伸板,其能够为勾件的旋转提供支持。同时,延伸板的设计还增强了从动部的整体结构强度和使用稳定性。

2.6 定位块及定位槽设计

定位槽与定位块设计的主要目的在于提升拉环组件的精确度和可靠性。通过在拉伸部上设置定位块,并在动部上配置相应的定位槽,使得拉伸部与从动部在连接过程中能够实现精准定位与对接,有效避免因位置偏差而导致的操作失误或性能下降。

同时,隔离刀闸还引入了扭簧,可以使从动部在不受外力作用时实现自动复位,这不仅有助于简化复位操作,还显著提高了整个系统的自动化程度。此外,动触板背向触头板的一侧的连接部采用了铝层与铜层复合结构的设计。铝层具有良好的耐腐蚀性能和轻量化的特点,而铜层则能够确保设备整体的导电性能与耐磨性。这种设计使得隔离刀闸可以更好地应对恶劣的工作环境,提升运行稳定性。

3 铜铝复合技术的新型隔离刀闸设计优势

本次研究提出的一种隔离刀闸设计,与传统的隔离刀闸相比,在提升运行安全性和稳定性方面具有显著优势。该设计引入了定位件与抵接杆的互锁机制,能够有效避免出现意外分闸问题。其中,定位件被设计为包含定位板和定位筋的复合结构,并与抵接杆形成了紧密的互锁配合。当触刀闸从分闸状态切换到合闸状态时,抵接杆会精准卡入到容纳腔内,实现了触刀闸的紧密闭合,并能有效限制动触板的横向移动。同时,该设计还充分考虑了触刀闸从合闸状态向分闸状态的切换过程。当需要执行分闸操作时,抵接杆会从容纳腔中自动脱离出来,这一设计既能确保合闸状态的稳定性,又可以提升分闸操作的便捷性。

4 结束语

综上所述,本研究提出的基于铜铝复合技术的新型隔离刀闸设计方案,不仅能够克服现有技术的局限,还能显著提升刀闸的实用价值。通过优化设计与性能验证,新型隔离刀闸有望在电力系统中得到广泛应用,为电力行业的整体发展注入新的活力。

【参考文献】

- [1]周科.铜铝复合管板在动力电池热管理技术中的研究[D].广东工业大学,2021.
- [2]陈贤卓,孙健焜,张森林.不同使用类别下隔离开关单极灭弧容量对比研究[J].电器与能效管理技术,2024,(06):37-41.
- [3]姚欣烈,何晓燕,樊道庆.基于顺控模式的隔离开关位置双确认技术研究与应用[J].中国设备工程,2024,(S2):279-281.
- [4]王文鹏,汪帅涛,张衡.发电机出口刀闸合闸不到位原因分析及处理办法[J].水电与新能源,2024,38(05):62-64.
- [5]万永峰,吕鹏瑞.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,(05):75-81.
- [6]马坚.双地刀隔离开关新型防误操作装置[J].电气技术与经济,2024(2):199-204.
- [7]段明才,谭倩,乐耀璟,等.一种新型融冰接地隔离开关研究与应用[J].湖南电力,2021,41(04):48-51.

作者简介:

林鹏程(1991--),男,汉族,福建安溪人,本科,工程师,研究方向:电气工程与自动化。