

# Electrical Characteristics of HVDC Contactor and Its Influence on System Performance

Wenbin Li

Shenzhen Youlitong New Energy Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

## Abstract

This paper explores the electrical characteristics of HVDC contactor, including contact resistance, arc formation and arc elimination, and the influence of these characteristics on the system performance, such as switching speed, contactor life and system reliability. By optimizing the design, improving materials and adopting new control strategy, the stability and reliability can be improved. Although the research of HVDC contactors faces many challenges, further theoretical research and experimental verification will help to promote the development of HVDC contactors and make greater contribution to the stable and reliable operation of the power system.

## Keywords

HVDC contactor; electrical characteristics; system performance; contact resistance; contactor life

## 高压直流接触器的电气特性及其对系统性能的影响

李闻斌

深圳市友利通新能源科技有限公司, 中国·广东深圳 518000

## 摘要

论文深入探讨了高压直流接触器的电气特性, 包括接触电阻、电弧形成和电弧消除, 以及这些特性对系统性能, 如开关速度、接触器寿命和系统可靠性的影响。通过优化设计、改进材料和采用新的控制策略, 可以有效地改进高压直流接触器的性能, 提高系统的稳定性和可靠性。尽管高压直流接触器的研究面临许多挑战, 但进一步的理论研究和实验验证将有助于推动高压直流接触器的发展, 为电力系统的稳定和可靠运行做出更大的贡献。

## 关键词

高压直流接触器; 电气特性; 系统性能; 接触电阻; 接触器寿命

## 1 引言

在电力系统中, 接触器作为一种重要的开关设备, 其性能直接影响到整个系统的稳定和可靠运行。特别是在高压直流(HVDC)系统中, 由于其特殊的工作环境和要求, 接触器的性能对系统性能的影响更为显著。

论文结合深圳市友利通新能源科技有限公司在该领域的研发经验, 深入探讨高压直流接触器的电气特性, 包括其开关能力、电气寿命、电气接触阻抗等, 并分析这些特性如何影响 HVDC 系统的性能。我们将通过理论分析和实验验证, 揭示高压直流接触器的关键性能参数对系统性能的影响, 以为设计和优化高压直流接触器提供理论依据和实践指导。

**【作者简介】**李闻斌(1967-), 男, 中国广东深圳人, 硕士, 高级工程师, 从事移动电话、无线通信设备、新能源高压直流接触器开发、设计研究。

## 2 高压直流接触器的电气特性

在电力系统中, 高压直流接触器的电气特性是其性能的重要指标, 这些特性包括接触电阻、电弧形成和消除等。这些特性不仅影响接触器本身的性能, 也对整个电力系统的稳定性和效率产生影响。

### 2.1 接触电阻

接触电阻是指接触器闭合状态下, 电流通过接触点时产生的电阻。这是一个非常重要的参数, 因为它直接影响接触器的传导效率和发热量。理想情况下, 接触电阻应尽可能低, 以减少能量损失和过热。接触电阻的大小受多种因素影响, 包括接触材料的性质、接触压力、接触面积、接触表面的清洁度等。在设计和制造接触器时, 需要考虑这些因素, 以优化接触电阻。接触电阻过高可能导致接触器过热, 影响其寿命和可靠性。因此, 测量和控制接触电阻是保证接触器性能的重要环节。在实际应用中, 可以通过改进接触材料、增大接触压力、增大接触面积、保持接触表面清洁等方法, 来降低接触电阻, 提高接触器的性能。

在高压直流接触器中, 由于其工作环境的特殊性, 接

触电阻的控制更为重要。高压直流接触器需要在高压和大电流的环境下工作，接触电阻的大小直接影响其开关能力和电气寿命。因此，对高压直流接触器的接触电阻进行精确测量和控制，是保证其性能的关键<sup>[1]</sup>。

## 2.2 电弧形成

电弧形成是接触器开断过程中的一个重要现象，它是由于接触点间电压的突然增加和电流的突然中断所引起的。在接触器开断过程中，当接触点开始分离，电流尚未完全中断时，接触点间就会形成电弧。电弧形成的过程受多种因素影响，包括接触点间的距离、电流的大小、电压的大小、接触点材料的性质等。在设计和制造接触器时，需要考虑这些因素，以控制电弧形成，提高接触器的开断能力。

在高压直流接触器中，由于其工作环境的特殊性，电弧形成的控制更为重要。高压直流接触器需要在高压和大电流的环境下工作，电弧形成的过程直接影响其开断能力和电气寿命。因此，对高压直流接触器的电弧形成过程进行精确控制，是保证其性能的关键。为了控制电弧形成，可以采取多种方法，包括优化接触器的结构设计，改进接触点材料，采用特殊的电弧消除技术等。通过这些方法，可以有效控制电弧形成，提高接触器的开断能力，延长其电气寿命。

## 2.3 电弧消除

电弧消除是接触器开断过程中的一个关键步骤。当接触器的接触点分离时，由于电流的存在，接触点间会形成电弧。电弧的存在会导致接触器的开断能力下降，同时也会对接触点造成热损伤，影响接触器的电气寿命。因此，有效的电弧消除是保证接触器性能的关键。

电弧消除的过程受多种因素影响，包括接触点间的距离、电流的大小、电压的大小、接触点材料的性质、接触器的结构设计等。在设计和制造接触器时，需要考虑这些因素，以优化电弧消除，提高接触器的开断能力。

在高压直流接触器中，由于其工作环境的特殊性，电弧消除的控制更为重要。高压直流接触器需要在高压和大电流的环境下工作，电弧消除的过程直接影响其开断能力和电气寿命。因此，对高压直流接触器的电弧消除过程进行精确控制，是保证其性能的关键<sup>[2]</sup>。

为了优化电弧消除，可以采取多种方法，包括优化接触器的结构设计，改进接触点材料，采用特殊的电弧消除技术等。通过这些方法，可以有效消除电弧，提高接触器的开断能力，延长其电气寿命<sup>[3]</sup>。

## 3 电气特性对系统性能的影响

高压直流接触器的电气特性，如接触电阻、电弧形成和电弧消除，对整个电力系统的性能有着重要影响。这些特性不仅影响接触器本身的性能，也对系统的稳定性、效率和可靠性产生影响。

### 3.1 开关速度

开关速度是指接触器从闭合状态到完全开启状态，或

从开启状态到完全闭合状态所需的时间。这是一个非常重要的参数，因为它直接影响系统的响应速度和可靠性。

开关速度的快慢受多种因素影响，包括接触器的结构设计、驱动方式、电气特性等。在设计和制造接触器时，需要考虑这些因素，以优化开关速度。

在高压直流接触器中，由于其工作环境的特殊性，开关速度的控制更为重要。高压直流接触器需要在高压和大电流的环境下工作，开关速度的快慢直接影响其开断能力和电气寿命。因此，对高压直流接触器的开关速度进行精确控制，是保证其性能的关键。开关速度过慢可能导致系统响应延迟，影响系统的稳定性和可靠性。因此，测量和控制开关速度是保证接触器性能的重要环节。在实际应用中，可以通过优化接触器的结构设计、改进驱动方式等方法，来提高开关速度，提高接触器的性能。

### 3.2 接触器寿命

接触器寿命是指接触器在正常工作条件下能够开闭操作的次数，它是衡量接触器性能和可靠性的重要指标。接触器寿命的长短直接影响到电力系统的运行成本和维护频率。

接触器寿命的长短受多种因素影响，包括接触器的设计、制造工艺、使用环境、工作条件等。在设计和制造接触器时，需要考虑这些因素，以优化接触器寿命<sup>[4]</sup>。

在高压直流接触器中，由于其工作环境的特殊性，接触器寿命的控制更为重要。高压直流接触器需要在高压和大电流的环境下工作，接触器寿命的长短直接影响其可靠性和维护成本。因此，对高压直流接触器的寿命进行精确控制，是保证其性能的关键。

接触器寿命过短可能导致频繁的维护和更换，增加系统的运行成本。因此，测量和控制接触器寿命是保证接触器性能的重要环节。在实际应用中，可以通过优化接触器的设计、改进制造工艺、合理选择使用环境和工作条件等方法，来延长接触器寿命，提高接触器的性能。

### 3.3 系统可靠性

系统可靠性是指电力系统在面对各种内外部干扰时，能够保持正常运行的能力。高压直流接触器作为电力系统的关键组件，其性能直接影响到系统的可靠性。

系统可靠性受多种因素影响，包括接触器的电气特性、开关速度、寿命等。在设计和制造接触器时，需要考虑这些因素，以提高系统的可靠性。

在高压直流接触器中，由于其工作环境的特殊性，系统可靠性的保证更为重要。高压直流接触器需要在高压和大电流的环境下工作，其性能的好坏直接影响到系统的稳定性和可靠性。因此，对高压直流接触器的性能进行精确控制，是保证系统可靠性的关键。

系统可靠性的降低可能导致系统的运行不稳定，甚至可能导致系统的故障。因此，测量和控制系统可靠性是保证接触器性能的重要环节<sup>[5]</sup>。在实际应用中，可以通过优化接

触器的设计、改进制造工艺、合理选择使用环境和工作条件等方法,来提高系统的可靠性。

## 4 改进高压直流接触器性能的方法

### 4.1 优化设计

优化设计是提高接触器性能的重要方法。通过优化接触器的结构设计,可以改善其电气特性,提高开关速度,延长寿命,从而提高系统的可靠性。

在接触器的设计过程中,可以考虑以下几个方面:

- ①接触点设计:接触点的设计对接触器的性能有着重要影响。通过优化接触点的形状、大小和材料,可以降低接触电阻,控制电弧形成和消除,从而提高接触器的性能。
- ②驱动机构设计:驱动机构的设计直接影响接触器的开关速度。通过优化驱动机构的设计,可以提高开关速度,提高系统的响应速度。
- ③冷却系统设计:在高压和大电流的环境下工作,接触器可能会产生大量的热量。通过优化冷却系统的设计,可以有效地散热,防止接触器过热,延长其寿命。
- ④在实际应用中,需要根据具体的工作环境和要求,进行综合的设计优化,以达到最佳的性能。

### 4.2 改进材料

接触器的性能在很大程度上取决于接触点材料的性质。因此,选择和改进接触点材料是提高接触器性能的重要方法。接触点材料需要具有良好的电导性,以降低接触电阻。同时,它还需要具有良好的抗氧化性和抗腐蚀性,以保证在高温和恶劣环境下的稳定性。此外,接触点材料还需要具有足够的硬度和耐磨性,以保证在大电流和高频率开关操作下的耐久性。在实际应用中,常用的接触点材料包括银、铜、镍、金等,以及它们的合金。这些材料具有良好的电导性和稳定性,但是它们的硬度和耐磨性可能不足。因此,可以通过添加硬质材料(如碳、氮化硅等)来改善其硬度和耐磨性。除了改进接触点材料,还可以通过改进接触器的其他部分的材料(如绝缘材料、冷却材料等)来提高接触器的性能。例如,选择具有良好热导性的冷却材料,可以有效地散热,防止接触器过热,延长其寿命。

总的来说,通过改进材料,可以从根本上提高接触器的性能,提高系统的可靠性。

### 4.3 采用新的控制策略

除了优化设计和改进材料,采用新的控制策略也是提高高压直流接触器性能的重要方法。通过精确控制接触器的开闭操作,可以优化其性能,提高系统的稳定性和可靠性。

在实际应用中,可以采用以下几种控制策略:①预充电策略:在接触器闭合前,先通过预充电电路对负载进行预充电,可以减小接触器闭合时的电流冲击,降低电弧形成的可能性,从而提高接触器的性能。②智能控制策略:通过采用微处理器或者数字信号处理器,可以实现对接触器开闭操作的精确控制。例如,可以通过实时监测电路的电流和电压,

精确控制接触器的开闭时间,以优化其性能。③保护策略:通过设置过电流保护、过热保护等,可以在接触器出现异常时及时断开电路,保护接触器和电路的安全。④通过采用新的控制策略,可以有效地提高接触器的性能,提高系统的稳定性和可靠性。同时,也可以提高接触器的智能化水平,提高系统的自动化程度。

### 4.4 未来发展趋势

随着电力系统的发展和电力电子技术的进步,高压直流接触器的性能要求也在不断提高。未来的发展趋势将主要体现在以下几个方面:

- ①更高的开关速度:随着电力系统对响应速度的要求越来越高,未来的高压直流接触器需要具有更高的开关速度。这将需要采用新的驱动方式和控制策略,以实现更快的开关速度。
- ②更长的寿命:随着电力系统对可靠性的要求越来越高,未来的高压直流接触器需要具有更长的寿命。这将需要改进接触点材料和冷却系统,以延长接触器的寿命。
- ③更高的智能化水平:随着电力系统的自动化程度越来越高,未来的高压直流接触器需要具有更高的智能化水平。这将需要采用微处理器或者数字信号处理器,实现对接触器开闭操作的精确控制。

总之,未来的高压直流接触器将需要在性能和智能化方面进行更深入的研究和开发,以满足电力系统的发展需求。

## 5 结语

论文深入探讨了高压直流接触器的电气特性,包括接触电阻、电弧形成和电弧消除,以及这些特性如何影响系统性能,如开关速度、接触器寿命和系统可靠性。我们还讨论了如何通过优化设计、改进材料和采用新的控制策略来改进高压直流接触器的性能。这些研究为设计和优化高压直流接触器提供了理论依据和实践指导。然而,高压直流接触器的研究仍然面临许多挑战,需要进一步的理论研究和实验验证。我们期待未来能有更多的研究者参与到这个领域,共同推动高压直流接触器的发展,为电力系统的稳定和可靠运行做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1] 王培龙.盐雾环境下直流接触器电性能实验研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2019.
- [2] 李思泓.高压直流接触器电弧分断关键技术研究[J].电器与能效管理技术,2022,615(6):15-19.
- [3] 陈伟阳,欧世峰,王莉.直流接触器电弧特性的仿真和试验研究[J].低压电器,2013,418(1):1-5+28.
- [4] 于春风,万明明,李伟林.航空直流接触器电寿命预测研究[J].测控技术,2020,39(12):69-73+91.
- [5] 邓举明,张焕礼,袁苏青.地铁车辆直流接触器可靠性测试装置设计[J].铁道技术监督,2021,49(9):27-30.