

直流输电换流阀晶闸管过电压保护研究

刘家豪¹ 孙华东^{2*}

(1. 国网上海市电力公司特高压换流站分公司 上海 200000; 2. 国网西藏电力有限公司超高压分公司 西藏拉萨 850000)

摘要: 通过采取适当的过电压保护措施,可以有效降低晶闸管受到的过电压冲击,延长其使用寿命,并避免因过电压而引起的系统故障。这样可以提高直流输电系统的稳定性,并降低维修和更换成本。因此,在特高压直流输电中,采取必要的过电压保护措施对保护换流阀中的晶闸管至关重要。为此本文针对直流输电换流阀晶闸管过电压保护进行研究。

关键词: 直流输电; 换流阀; 晶闸管; 过电压保护

前言: 高压直流输电作为一种能源优化配置的重要途径和实现全球能源互联的关键环节,具有输送容量大、损耗低等优点。我国已建成多条特高压直流工程,如锦屏-苏南直流输电工程、哈密-郑州直流输电工程、酒泉-湖南直流输电工程等,并且目前还有数条特高压直流工程正在建设中。在特高压直流输电中,换流阀是核心装备之一,对直流输电系统的运行稳定性至关重要。目前,现有的特高压直流输电工程普遍采用晶闸管换流阀。然而,晶闸管本身的过压和过流能力相对较差,特别是对于瞬时过电压的承受能力较低,可能导致晶闸管的永久性损坏。而且,更换晶闸管需要直流输电系统断电,成本极高。因此,有必要采取必要的过电压保护措施来保护换流阀中的晶闸管,提升直流输电系统的稳定性和可靠性。

一、直流输电换流阀晶闸管概述

直流输电换流阀晶闸管,也称为直流输电晶闸管换流器,是直流输电系统中不可或缺的重要设备。这种设备主要用于控制和调节直流电的传输,将电能以直流方式传输,实现电能的稳定、高效的传输和调节。晶闸管是一种高电压和高电流的电子器件,具有独特的作用和优势。通过将交流电转换为直流电,或者将直流电转换成交流电,晶闸管能够实现电能的逆变和整流,从而满足不同场合和需求。直流输电换流阀晶闸管由多个晶闸管组成,通常是并联或串联的形式。这些晶闸管在换流过程中起着至关重要的作用。通过精确控制晶闸管的导通和关断,实现对电流的精细控制和调节。这种控制方式具有快速响应、高效率 and 可靠性的特点,使得直流输电系统能够实现远距离、大容量的电能传输。在直流输电系统中,换流阀晶闸管的应用具有广泛的实际意义。它们可以用于长距离输电,确保电力供应的稳定性和可靠性。此外,换流阀晶闸管还可以用于电网互联,实现

不同电网之间的电能交换和调节。这不仅能够提高电力系统的稳定性和可靠性,还能够实现电力资源的优化配置和能源结构的调整。

二、晶闸管过电压击穿对输电系统影响

(一) 晶闸管的破坏

当晶闸管受到过电压击穿时,电压将超过晶闸管所能承受的额定值,可能会导致晶闸管损坏或烧毁。这会导致输电系统中的电流无法被稳定控制,可能会在电路中引起故障和损坏。晶闸管的损坏会影响电路的正常工作,使得输电系统无法正常运行。因此,如果晶闸管过电压击穿,需要及时替换或维修损坏的晶闸管,并采取保护措施避免过电压再次发生,以避免输电系统的故障和安全风险。

(二) 输电系统稳定性下降

当晶闸管受到过电压的侵袭而发生击穿时,其电阻将急剧减小,使得电流急剧增加或减小,这会导致电压的突然波动。这种波动可能会对整个电力系统的稳定运行产生重大影响。电力系统的频率可能会变得不稳定,电压波动频繁出现,这不仅会影响到正常的电力使用,还可能对电网的传输能力产生负面影响,导致供电可靠性降低。此外,这种电压波动还可能引发一系列的连锁反应,导致整个电力系统的崩溃。因此,对于电力系统的稳定运行来说,保持电压的稳定是非常重要的。为了防止这种情况的发生,电力部门需要采取有效的措施来保护电力系统的稳定运行,例如安装过电压保护装置等。

(三) 触发系统保护

晶闸管过电压击穿可能会触发输电系统的保护装置,这是为了保护其他设备免受过电压的影响。一旦保护装置被触发,它可能会导致输电系统的自动切除或重置,以便保护电路和其他设备免受过电压的影响。这种保护措施可以最小化过电压引起的故障和损坏,但是它

也可能导致系统的中断和停电,给正常的供电工作带来一定的负面影响。

三、直流输电换流阀晶闸管过电压保护措施

(一) 优化储能元件

在直流输电换流阀中,储能元件作为直流电源被广泛采用。这些储能元件,如电容、电感等,具有特定的储能特性,能够在电路的开关操作过程中发挥重要的作用。由于这些元件能够在开关操作之前储存一定量的能量,因此它们可以在操作时向电路释放这些能量,从而有效地平衡电路中的电压和电流。这种平衡作用可以显著地抑制过电压的峰值,从而降低了晶闸管受到电压冲击的风险。采用储能元件作为直流电源,不仅提高了系统的稳定性和可靠性,还增强了过电压保护措施的有效性。这种保护措施在直流输电换流阀中具有重要的作用,因为过电压可能会对设备造成损害,甚至导致整个系统的故障。因此,采用储能元件作为直流电源是一种必要的措施,以确保系统的稳定性和可靠性。

(二) 引入电流平衡电路

在电力系统中,引入电流平衡电路是一种有效的措施,旨在防止单个组件过载。过载是指电流通过电路元件时超过了其规定的承载能力,这可能导致元件损坏或火灾等危险情况。电流平衡电路通过合理分配电流,确保每个组件的负载都在其承受范围之内,从而避免了过载情况的发生。此外,电流平衡电路还可以避免形成巨大的过电压。过电压是指电压超过设备或电路的正常工作电压,这可能会导致设备损坏或电路短路等问题。通过保持电流平衡,电流不会集中在某一特定组件上,从而有效地避免了过电压的形成。

综上所述,引入电流平衡电路是一种非常实用的方法,可以确保电力系统的稳定性和安全性,避免过载和过电压等潜在危险情况的发生。

(三) 降低换流电压

为了确保直流输电换流阀中的晶闸管免受过电压的损害,一种有效的策略是降低换流电压,并精准地控制其导通和关断速度。当晶闸管被激活时,电流开始流动,形成了电感储能。在关闭晶闸管之前,必须确保储存的电能完全释放,以避免产生过高的反向电压。通过精确调控晶闸管的导通和关断速度,我们可以确保电流在晶闸管完全关闭前完全消耗,从而减少反向电压的产生和传导。这种方法可以有效地保护晶闸管免受高反向电压的损害,延长其使用寿命,并提高整个直流输电系统的稳定性和可靠性。因此,降低换流电压并精确控制晶闸

管的导通和关断速度是一种关键的过电压保护措施。

(四) 过流保护

在直流输电换流阀系统中,为了避免因漏电引起的短路故障,可以采用过流保护方案。该方案通过监测电路中的电流大小,并设置合适的阈值,当电流超过阈值时,就会立即切断故障道路,避免过电压产生。过流保护可以及时发现并切断电路中的故障点,从而防止过电压传导到其他部分,避免故障扩大,同时也能有效地保护设备和系统的安全运行。这种保护方案常见于直流输电换流阀系统中,可以通过设置合适的保护电路和使用可靠的保护装置来实现过流保护功能,确保系统的稳定性和可靠性。因此,采用过流保护是直流输电换流阀系统中重要的一种过电压保护措施。

(五) 保护管的使用

使对于晶闸管来说,使用双向保护管,能够自动检测并切断电路中的过电压,从而有效地保护晶闸管不受损坏。相比之下,普通的电路通常配备的是单向保护管,这种保护管只能保护电路中的负载免受过电压的损害。然而,当过电压导致电弧产生时,单向保护管往往无法适应电弧中的状态改变,无法有效地控制电弧范围,从而可能引发更大的安全事故。而双向保护管则能够适应电弧中的状态改变,保证电弧范围的控制,从而避免安全事故的发生。因此,使用双向保护管对晶闸管进行保护是非常必要的。

结束语:总而言之,在高压直流输电系统中,换流阀晶闸管的过电压保护是确保系统稳定运行的重要研究方向。晶闸管作为核心元件,其过电压容忍能力直接影响直流输电系统的可靠性和运行安全性。对于特高压直流输电系统而言,晶闸管的过电压保护依然是一个挑战。因此,未来的研究方向可以包括改进过电压保护措施的性能和可靠性,开发新型的晶闸管保护装置,以及提高过电压检测和响应的精确性和速度。

参考文献:

- [1]孙文宝,付娇娇,成举等.换流阀在高压直流输电系统中的应用及技术展望[J].电气传动自动化,2023,45(05):47-50+23.
- [2]毕延河,邱文龙,申宏扬等.换流阀晶闸管电压监视单元综合测试系统研制[J].电工技术,2023,(17):195-197+203.DOI:10.19768/j.cnki.dgjs.2023.17.050
- [3]陈昊阳,杜巍,周晨阳等.换流阀内冷却系统换热特性的研究进展[J].能源与环境,2023,(04):72-76.