

高压直流输电在新能源领域的应用研究

白玛央金

(国网西藏电力有限公司电力科学研究院, 西藏 拉萨 850000)

摘要 高压直流输电技术在新能源领域发挥着重要的作用。本文研究了高压直流输电在新能源领域的应用, 包括新能源并网、分布式供电系统和跨区域输送可再生能源等方面。通过案例分析, 探讨了高压直流输电技术的实际应用和解决方案。研究表明, 高压直流输电技术对于新能源领域的能源利用和可持续发展具有重要意义。

关键词 高压直流输电; 新能源; 分布式供电系统; 跨区域输送; 可再生能源

中图分类号: TM8

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)01-0004-03

随着人们对可再生能源的关注度不断提高, 新能源领域的发展越来越受到重视。作为一种清洁、高效的能源输送方式, 高压直流输电技术在新能源领域具有广泛的应用前景。文章将介绍高压直流输电在新能源领域的应用潜力, 并探讨其在新能源并网、分布式供电系统和跨区域输送可再生能源等方面的应用研究。

1 高压直流输电在新能源领域的应用潜力

高压直流输电在新能源领域具有广泛的应用潜力和发展前景。首先, 与传统的交流输电相比, 高压直流输电的输电距离可以达到数千公里, 能够有效地减少功率损耗, 特别适合于长距离、大容量的输电需求。在新能源领域, 由于风能、太阳能等可再生能源往往分布较为分散, 因此高压直流输电技术可以有效地解决新能源发电的远距离输送问题^[1]。其次, 高压直流输电具有较小的输电损耗, 特别是在输送相同功率的情况下, 高压直流输电的损耗要明显低于交流输电。这对于新能源发电来说非常重要, 因为新能源发电的功率输出容易受到天气、光照等因素的影响, 高压直流输电能够更好地适应这种波动性的功率输出。再次, 高压直流输电的电弧具有强大的穿透能力, 能够提高输电线路的负载能力和输电效率。在新能源领域, 由于新能源发电的输出功率容易受到外界环境的影响, 因此高压直流输电的这一特点能够更好地适应新能源发电的需求。同时, 高压直流输电技术可以促进可再生能源的发展和优化能源结构。通过高压直流输电技术, 可以将新能源发电更加便捷地接入电网, 并且可以实现新能源发电与常规能源的互补, 提高能源利用效率。最后, 高压直流输电系统具有较小的电磁辐射, 对周边环境的干扰相对较小。在新能源领域, 由于新能源发电本身具有环保、清洁的特点, 因此高压直流输电

技术的这一特点能够更好地发挥新能源发电的优势。

2 高压直流输电在新能源领域的应用研究

2.1 新能源并网

1. 并网方案设计, 在设计高压直流输电在新能源并网的应用方案时, 我们需要考虑以下几个方面: 首先, 需要确定新能源发电系统与电网的接口, 包括电压等级、电流类型、接口形式等。根据新能源发电系统的规模、位置和特点, 选择适合的并网接口。其次, 电力电子变换器是高压直流输电的核心设备, 需要根据并网接口的参数要求, 设计合适的电力电子变换器。同时, 需要考虑电力电子变换器的效率、损耗和可靠性等因素。最后, 新能源发电存在间歇性和波动性, 对电网的稳定性带来影响。因此, 需要采取措施对系统的稳定性进行控制。可以采用动态无功补偿装置、直流电流控制系统等措施, 提高系统的稳定性。同时, 为了满足电网对电能质量的要求, 需要对电能质量进行控制^[2]。可以采用先进的逆变器和电能质量控制系统, 确保发出的电能质量符合标准。同时, 在受电端设置电能质量监测装置, 对接收的电能质量进行实时监测和调整。在方案设计过程中, 需要考虑能耗与效率的优化。可以通过选择高效的电力电子器件、优化线路布局和减少能量损失等方式, 提高高压直流输电系统的能效。总之, 通过科学合理的方案设计, 可以实现新能源发电的高效利用和电网的安全稳定运行。

2. 并网技术难点与解决方案, 在新能源并网中, 由于新能源如风能、太阳能等, 发电的功率输出容易受到天气、光照等因素的影响, 导致功率波动和不稳定, 这是其中一个技术难点和挑战。同时, 新能源发电的并网技术还需要考虑电网的稳定性、电能质量等问题, 这给并网带来了额外的复杂性。针对这些问题, 我们

可以采取直接力矩控制的技术。在直接力矩控制中,首先,要对电机的扭矩进行测量和计算。扭矩测量可以通过使用相应的传感器来实现,例如电磁式扭矩传感器或光电式扭矩传感器等。这些传感器可以安装在电机输出轴上,通过测量轴的扭转角度或转速来推算出扭矩。其次,根据电机的转速和负载情况,通过控制算法计算电机的扭矩,可以通过电机的动态模型和相应的控制算法来实现。例如,基于矢量控制的控制算法可以将电机的电流分解成直流量和交流量,然后通过控制直流量和交流量的幅值和相位来调节电机的扭矩。接下来,根据扭矩计算结果,对电力电子变换器的输入电流进行控制。电力电子变换器是实现电机控制的核心部件,它可以实现将电源的电转换成适合电机的电流和电压。通过调节 PWM (脉冲宽度调制) 信号的占空比,可以实现对电力电子变换器输入电流的精确控制。在直接力矩控制中,实时调整是非常重要的。根据电机的运行状态和负载变化,实时调整控制策略可以确保电机扭矩的准确控制^[3]。例如,当负载增加时,可以增加 PWM 信号的占空比,从而增加电力电子变换器的输入电流,进而增加电机的扭矩。这种技术的研发和应用对于推动新能源产业的发展具有重要意义。

3. 案例分析——中国“风电北送”工程,在中国的“风电北送”工程中,北方地区的风能资源非常丰富,为了充分利用这些资源,同时满足南方地区的电力需求,该项目采用了高压直流输电技术进行风电输送。在该项目中,风力发电机组在北方地区的风电场中安装,当风力充足时,风能发电的电力通过整流器转换为直流电,然后通过高压直流输电线路输送到南方地区,这个过程使用了先进的电力电子变换器和控制系统,确保了电力输送的稳定性和可靠性。在电力输送完成后,南方的电力系统可以顺利地接收并使用这些清洁的电能。这个项目的实施,不仅满足了南方地区的电力需求,同时也促进了北方地区的风电产业发展。这个案例表明,高压直流输电技术在新能源领域的应用是非常成功的,它解决了新能源发电的波动性和不可预测性问题,提高了电力输送的效率和可靠性。同时,它也证明了新能源领域与高压直流输电技术的结合是非常有前景的。

2.2 分布式供电系统

1. 分布式供电系统中的应用方案,在分布式新能源供电系统中,高压直流输电的主要应用方案包括以下几点:第一,利用高压直流输电线路将新能源发电站与城市电网连接起来。考虑到新能源发电的不稳定

性,这种输电方式能够最大限度地减少能源传输过程中的损失。第二,在新能源发电站和城市电网之间设置电力电子变换器,以实现直流电和交流电之间的转换。这样,新能源发电站产生的直流电可以通过变换器转换为交流电,然后输送到城市电网。第三,通过建立远程监控系统,实时监控高压直流输电线路的运行状况,以及电力电子变换器的运行数据,一旦发现异常情况,可以立即采取措施进行处理。

2. 技术难点与解决方案。首先,由于风能和太阳能等新能源具有波动性,导致电力供应不稳定。为了解决这一问题,可以采取储能技术,如电池储能和飞轮储能等,来平衡电力供应和需求。电池储能系统可以通过充电和放电来平衡电力供应和需求,飞轮储能则可以利用高速旋转的飞轮来存储能量,并在需要时释放。此外,超导储能也是一种具有潜力的技术,它利用超导体的零电阻特性来传输电能,具有高效率、大容量和快速充放电等优点。在降低电力电子变换器能量损失方面,研究和开发更高效的电力电子器件和冷却技术确实是非常重要的。例如,碳化硅(SiC)和氮化镓(GaN)等宽禁带半导体材料具有更高的耐压能力和更低的导通损耗,可以大大提高电力电子器件的效率。同时,研发先进的冷却技术,如液体冷却、热管冷却等,可以帮助降低变换器的工作温度,从而降低能量损失。关于提高高压直流输电系统的可靠性,加强设备的质量控制和运行维护工作是必不可少的。例如,对关键设备进行定期检查和维修,及时发现和解决潜在问题,可以增强系统的稳定性。同时,采取多种措施来提高系统的稳定性也是非常关键的。引入先进的控制算法可以帮助优化系统的运行状态,而保护装置可以在系统发生故障时快速切断电流,保护系统和人员的安全。

3. 案例分析——上海市分布式海洋能供电系统项目。上海市位于长江入海口,拥有丰富的海洋能资源。为了开发利用海洋能资源,该区政府决定在辖区内实施一项分布式海洋能供电系统项目。该项目主要利用海洋能发电机组产生电能,通过电力电子变换器将直流电转换为交流电,然后通过低压配电线路输送到用户端。在项目的初期,首先在海岸线附近安装了海洋能发电机组,总装机容量达到数兆瓦。这些海洋能发电机组产生的电能一部分用于为当地的设施和居民提供日常用电,另一部分则通过并网发电系统卖给国家电网。通过以上案例,我们可以看到高压直流输电在分布式新能源供电系统中的应用在不同城市和地区都取得了显著的成果。这些项目不仅提高了能源利用效

率,降低了能源成本,还促进了可再生能源的发展,为城市的可持续发展做出了贡献。

2.3 跨区域输送可再生能源

1. 高压直流输电在跨区域输送中的技术方案。高压直流输电(HVDC)是一种有效的输电方式,适用于跨区域输送可再生能源。在跨区域输送中,HVDC技术方案主要包括以下几个方面:第一,根据需要输送的能量量、距离和地理条件,对输电线路进行规划和设计,选择合适的线路路径和导体类型,以最大化输电效率和稳定性。第二,换流器是HVDC输电系统的核心设备,用于将交流电转换为直流电或反之^[4]。根据输送能源的特性和需求,设计合适的换流器,以满足系统的电力电子需求。第三,控制系统用于调节和稳定HVDC输电系统的运行。设计一个可靠的控制系统,能够实时监测和调节输电线路的电压、电流和相位等参数,以保证系统的稳定性和可靠性。第四,保护系统用于应对突发的故障和异常情况。设计一套完善的保护系统,能够快速检测和处理各种故障,如短路、断线、过载等,以保证输电系统的安全和稳定。第五,建立一个高效的调度和控制系统,对输电系统进行实时的监控和管理。通过与电力市场的协调,实现能源的高效调度和输送,以满足不同地区的需求。

2. 技术难点与解决方案。在跨区域输送中应用高压直流输电技术存在以下技术难点:高压直流输电过程中存在一定的能源损耗,如何降低损耗和提高输电效率是技术难点之一。解决方案如下,在高压直流输电过程中,由于电流的电阻和传输线路的阻抗,电能会以热能的形式损失掉,这种损耗在长距离、高电压的传输中尤为明显。为了降低这种损耗,提高输电效率,我们可以采用新型的导体材料,其中一种新型导体材料是超导材料。超导材料在低温下具有几乎为零的电阻,因此电能传输过程中的损耗可以大大降低。相比传统导体材料,超导材料具有更高的载流能力和更低的损耗,因此可以有效地提高输电效率。在实际应用中,我们可以考虑将超导材料应用于高压直流输电线路中。通过采用超导导线来替代传统的铜、铝导线,可以大幅降低传输过程中的能源损耗。同时,由于超导材料的零电阻特性,还可以提高线路的传输容量和稳定性。通过应用超导材料等新型导体材料,可以提高输电效率、降低能源损耗并减少对环境的影响。

3. 案例分析——Ticma 太阳风能项目。该项目位于西班牙和摩洛哥之间,通过跨区域输送可再生能源,将西班牙的太阳能和风能输送到摩洛哥。该项目包

括一个太阳能电站和一个风能发电站,总装机容量为2GW。太阳能电站和风能发电站分别位于西班牙和摩洛哥的边境地区。通过一条1500kV的高压直流输电线路将电能输送到摩洛哥。首先,在西班牙和摩洛哥的边境地区选址并建设太阳能电站和风能发电站,采用高效能的太阳能电池板和风力发电机等设备。同时建设相应的电力电子变换设备,将直流电转换为交流电。其次,在电站和摩洛哥之间建设一条1500kV的高压直流输电线路,确保电能稳定传输。同时建设相应的换流站和直流变压器等设备,实现电压的变换和电流的转换。在受电端设置电能质量监测装置,对接收的电能质量进行实时监测和调整^[5]。该项目成功实现了西班牙太阳能和风能电能的跨区域输送,并通过高压直流输电技术将电能稳定地输送到摩洛哥。该项目的实施不仅提供了可再生能源的有效利用途径,还降低了摩洛哥的碳排放和能源成本。同时,该项目为高压直流输电技术在新能源并网中的应用提供了有益的实践经验和技术参考。

3 结论

高压直流输电技术在新能源领域具有广泛的应用前景,其在新能源并网、分布式供电系统和跨区域输送可再生能源等方面都具有重要的应用价值。通过解决技术难点和优化方案,高压直流输电技术可以为新能源领域的能源利用和可持续发展提供有效的支持和解决方案。本文所介绍的案例分析表明,高压直流输电技术在新能源领域的应用已经取得了一定的成果,同时也为未来的研究方向提供了参考。随着技术的不断进步和应用的不断深化,高压直流输电技术在新能源领域的应用将进一步拓展和提升。

参考文献:

- [1] 崔陆兵. 新能源发电高压直流输电系统并网稳定性研究[J]. 自动化应用, 2022(06):108-110.
- [2] 蔡晖, 彭竹弈, 张文嘉, 等. 柔性直流输电技术在江苏电网的应用研究[J]. 电力电容器与无功补偿, 2021,42(02):90-94,100.
- [3] 刘春堂. 探讨特高压直流输电技术现状及在我国的应用前景[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(09):369-370.
- [4] 省天骄, 李积泰, 权慧娟, 等. 适应高比例新能源直流外送输电能力提升的分布式调相机配置方法研究[J]. 青海电力, 2023,42(02):1-7.
- [5] 饶宏, 黄伟煌, 郭知非, 等. 柔性直流输电技术在大电网中的应用与实践[J]. 高电压技术, 2022,48(09):3347-3355.