

风电工程输变电工程技术难点与分析

田 广

甘肃国能风力发电有限公司 甘肃 兰州 730014

摘要: 随着风电规模的不断扩大,输变电工程在保障风电并网、优化能源配置中扮演着重要角色。当前超高压输电技术、风电并网控制技术、电网调度与运行控制以及环境保护与可持续性等方面均存在技术挑战。本文通过分析这些难点,旨在为风电工程输变电技术的优化与创新提供思路,促进风电行业的可持续发展。

关键词: 风电工程;输变电工程技术;难点

引言:风电工程作为可再生能源的重要组成部分,其输变电工程技术对于实现风能的高效利用和电网的稳定运行至关重要。随着风电规模的不断扩大和电网结构的日益复杂,风电工程输变电工程面临着诸多技术难点。这些难点不仅涉及到超高压输电技术、风电并网控制技术,还涵盖了电网调度与运行控制以及环境保护与可持续性等方面。基于此,对风电工程输变电工程的技术难点进行深入分析和研究,具有重要的理论意义和实用价值。

1 风电工程输变电工程技术的重要性

风电工程输变电工程技术的重要性在可再生能源开发和利用领域中具有举足轻重的地位。随着全球对环境保护和可持续发展的日益重视,风电作为一种清洁、可再生的能源形式,受到了广泛关注。而风电工程输变电工程技术作为风电产业中的关键组成部分,其重要性不容忽视。第一,风电工程输变电技术是实现风能高效利用的基础。风能具有分散性、不稳定性和间歇性的特点,需要通过风电场将风能转化为电能。然而,风电场产生的电能往往不能直接接入电网供用户使用,需要通过输变电工程技术将电能升压、传输和分配至用户端。第二,风电工程输变电技术对于保障电网稳定运行具有重要意义。随着风电在电网中的比重不断增加,风电的波动性和不确定性对电网的稳定运行提出了更高要求^[1]。风电工程输变电技术通过优化风电场与电网的协调控制策略、提高风电并网效率等措施,有助于降低风电对电网的冲击和干扰,保障电网的稳定运行。第三,风电工程输变电技术还对于推动能源转型和应对气候变化具有重要意义。随着全球能源危机的加剧和气候变化的威胁,各国纷纷加快能源转型步伐,推动可再生能源的发展。风电作为可再生能源的重要组成部分,其发展对于推动能源转型和应对气候变化具有重要意义。而风电工程输变电技术作为风电产业中的关键技术之一,其发展

将直接推动风电产业的进步和发展,为能源转型和应对气候变化做出重要贡献。

2 风电工程输变电工程技术难点分析

2.1 高压直流输电(HVDC)技术挑战

风电工程输变电工程中的高压直流输电(HVDC)技术是实现大规模风电场与电网之间高效、稳定连接的关键技术之一。在实际应用中,HVDC技术也面临着一些技术挑战和难点,这些挑战不仅关乎技术的可行性,还关系到风电工程的整体性能和经济效益。(1) HVDC技术的核心在于换流站的设计和运行。换流站作为HVDC系统的重要组成部分,其性能直接决定了整个系统的效率和稳定性。换流站的设计和运行涉及到复杂的电力电子技术和控制策略,如大功率电力电子器件的选择、换流阀的触发与熄弧控制、功率因数校正等,这些都需要高度的技术水平和丰富的实践经验。(2) HVDC系统的绝缘和过电压保护也是一个重要的技术挑战。由于HVDC系统工作在高电压、大电流的环境下,对设备的绝缘性能和过电压保护能力提出了极高的要求。一旦设备绝缘失效或发生过电压,不仅会导致设备损坏,还可能对电网的稳定运行造成严重影响。如何确保HVDC系统的绝缘性能和过电压保护能力,是技术设计和工程实施中必须充分考虑的问题。(3) HVDC系统在实际运行中还可能面临谐波抑制与滤波的问题。由于HVDC系统采用直流输电方式,会在系统中产生谐波,这些谐波会对电网的稳定性和设备的安全运行造成不利影响。如何有效抑制谐波并设计合理的滤波器,是HVDC技术需要解决的重要问题。

2.2 风电并网控制技术挑战

随着风电规模的扩大和电网结构的复杂化,风电并网控制技术面临着诸多挑战。一是风电功率受风速、风向等自然因素影响较大,具有显著的波动性和不确定性。这种波动性对电网的稳定运行带来了挑战。为了应对这一挑战,需要采用先进的风电功率预测技术,提高

预测准确率，为电网调度和运行控制提供有力支持。二是在风电并网过程中，并网电流的控制是一个关键问题。既要保证风电系统的功率输出，又要确保电网运行的稳定性。这需要对并网电流进行精确控制，以防止对电网造成冲击和干扰。三是随着风电在电网中的比重不断增加，对电网的稳定性和可靠性提出了更高要求^[2]。风电并网控制技术需要确保风电场与电网之间的协调运行，防止风电功率波动对电网造成不利影响。四是当前的风电并网控制技术的智能化和自动化水平仍有待提高。需要采用先进的传感器、通信技术和数据处理技术，实现风电场与电网之间的信息交互和智能控制。这将有助于提高风电并网控制的效率和准确性，降低运行成本。

2.3 电网调度与运行控制挑战

随着风电接入电网规模的扩大和电网结构的复杂化，电网调度与运行控制面临着诸多挑战。（1）风电功率的波动性是风电并网面临的主要挑战之一。由于风速、风向等自然因素的变化，风电功率存在较大的波动范围，给电网调度带来了很大的不确定性。电网调度需要实时预测风电功率的变化趋势，并据此调整其他电源的出力，以维持电网的稳定运行。（2）风电接入电网后，其功率波动性和不确定性会对电网的稳定性产生影响。当风电功率波动较大时，可能导致电网电压波动、频率偏差等问题，严重时甚至可能引发电网故障。因此，电网调度与运行控制需要密切关注风电接入对电网稳定性的影响，并采取相应的控制措施，确保电网的稳定运行。（3）随着电网规模的扩大和自动化水平的提高，电网调度自动化系统面临着数据处理、信息分流及异常监视等多方面的挑战。电网调度自动化系统需要同时接入所有变电站的数据信息，实现各变电站的状态监视、遥控操作及故障分析处理等功能。然而，随着风电接入电网规模的扩大，电网调度自动化系统需要处理的数据量急剧增加，对系统的处理能力、稳定性和可靠性提出了更高的要求。（4）随着智能电网技术的发展，电网调度与运行控制对智能化的需求越来越高。智能化调度与运行控制能够实现对电网的实时监测、预测分析、优化调度等功能，提高电网的运行效率和稳定性。如何实现智能化调度与运行控制、如何将人工智能等先进技术应用于电网调度与运行控制中，是当前面临的重要挑战。

3 风电工程输变电工程技术难点的对策

3.1 优化超高压输电技术

超高压输电设备是输电系统的核心，其性能直接影响输电效率和稳定性。需要采用先进的材料和技术，提

升输电设备的性能。采用高强度、低损耗的导线材料，减少输电过程中的能量损失；优化输电设备的结构设计，提高其承载能力和运行可靠性。另外，电网规划与设计是确保超高压输电系统稳定运行的基础。我们需要根据风电场的布局和电网结构，合理规划输电线路的路径和电压等级，还需要考虑电网的扩展性和灵活性，以适应未来风电规模的不断扩大。在电网设计过程中，还需要充分考虑电网的安全性和稳定性，确保在极端天气或故障情况下，电网能够保持稳定运行。接着，智能化监控与调度系统能够实时监测电网的运行状态，预测电网负荷变化，并自动调整输电设备的运行状态。通过引入智能化监控与调度系统，可以实现对超高压输电系统的精准控制，提高输电效率和稳定性，还能够快速响应电网故障，降低故障对电网运行的影响。再者，设备维护与检修是确保超高压输电系统长期稳定运行的关键。我们需要建立完善的设备维护与检修制度，定期对输电设备进行检查和维修，还需要加强设备维护人员的培训和管理，提高其专业技能和责任意识。通过加强设备维护与检修，可以及时发现和解决问题，降低设备故障率，提高超高压输电系统的运行可靠性。

3.2 提升风电并网控制技术

针对风电工程输变电工程技术中的风电并网控制技术的难点，可以采取优化风电场功率预测技术，通过引入先进的预测算法和模型，结合实时气象数据，提高风电功率的预测准确率。这将有助于电网调度部门提前做出反应，优化资源配置。随着风电场运行数据的积累，不断更新和优化预测模型，以提高模型的适应性和准确性。接下来，引入先进的并网控制器和算法，采用先进的并网控制器和算法，实现对风电并网电流的精确控制，防止对电网造成冲击和干扰。通过建立电网侧与风电场侧的通信和协调机制，实现双方之间的信息交互和协同控制，提高风电并网运行的稳定性。加强电网基础设施建设，通过加强电网基础设施建设，提高电网对风电的接纳能力和稳定性。如增加电网的冗余度、优化电网结构等。引入储能系统，在风电场中引入储能系统，如电池储能、超级电容器等，以平抑风电功率的波动，提高电网的稳定性。最后，引入智能化调度与运行控制系统^[3]。通过引入人工智能、大数据等先进技术，实现风电并网运行的智能化调度与运行控制，提高风电并网运行的效率和稳定性，推广自动化监测与检修技术，实现对风电并网设备的实时监测和故障预警，降低设备故障率，提高风电并网运行的可靠性。

3.3 改进电网调度与运行控制

通过引入云计算、大数据、物联网等先进技术,提升电网调度自动化系统的数据处理能力和智能化水平。这将有助于实现电网的实时监测、预测分析和优化调度,提高电网调度的准确性和效率。再者,优化系统架构,采用高可靠性的硬件设备,加强系统安全防护,确保电网调度自动化系统的稳定运行,建立完善的备份和恢复机制,以应对可能的系统故障或数据丢失。利用先进的风电功率预测技术,结合实时气象数据和历史数据,提高风电功率预测的准确率。这将有助于电网调度部门提前做出反应,优化电网调度计划,平衡电网负荷和供电能力。随后,根据风电功率预测结果和电网实际情况,制定合理的电网调度策略。例如,在风电功率高峰时段,通过优化火电厂等其他电源的出力,减少对电网的冲击;在风电功率低谷时段,则通过储能系统等方式,平抑风电功率的波动。提高调度人员的专业素养:加强电网调度人员的培训,提高其专业素养和操作技能。这包括掌握先进的电网调度技术和工具,了解风电工程的特点和难点,以及熟悉电网调度规程和操作流程等。最后,建立完善的电网调度管理制度,明确调度人员的职责和权限,规范调度操作流程,加强调度过程的监督和管理,建立完善的考核机制,激励调度人员积极参与电网调度工作,提高调度效率和质量。

3.4 加强环境保护与可持续性

随着全球对可再生能源和绿色发展的重视,加强风电工程在环境保护和可持续性方面的对策显得尤为重要。风电场的布局和设计应该充分考虑对环境的影响。在选址过程中,应避免生态敏感区和自然保护区,减少对生态系统的破坏,应尽量减少土地占用,采用高效的风力发电机组,提高风电场的发电效率,降低对环境的影响。另外,在风电工程输变电工程中,应优先采用环保型建筑材料和设备。这些材料和设备在生产、使用和废弃过程中对环境的影响较小,有助于减少污染和浪费。可以采用可回收材料建造风电塔筒,使用低能耗的

变压器和开关设备,降低输变电过程中的能耗和排放。在风电工程建设过程中,应实施绿色施工和管理措施。这包括减少施工噪音和扬尘污染,合理利用施工废弃物,保护施工现场的生态环境,加强施工现场的安全管理,确保施工过程中不对周围环境和居民造成影响。除此之外,风电作为可再生能源的一种,与其他可再生能源如太阳能、水能等具有协同发展的潜力。通过促进风电与其他可再生能源的协同发展,可以实现能源的多元化和互补性,降低对传统能源的依赖,减少能源开发和利用对环境的影响^[4]。最后,加强风电工程环境保护与可持续性的意识,是提高风电工程环保水平的关键。这包括加强宣传教育,提高公众对风电工程环保和可持续性的认识;加强行业自律,推动风电行业向更加环保和可持续发展的方向发展;加强政府监管和政策引导,推动风电工程在环保和可持续性方面取得更大的进步。

结语

总的来说,风电工程输变电工程作为连接风能与电网的桥梁,其技术难点与挑战不容忽视。通过对技术难点的深入分析与探讨,我们认识到在超高压输电、风电并网控制、电网调度与运行控制以及环境保护与可持续性等方面需要不断创新与优化。展望未来,随着科技的进步和政策的支持,我们有理由相信风电工程输变电技术将不断突破,为实现绿色、低碳、可持续的能源发展贡献力量。

参考文献

- [1]刘广宇,李琴,常阳.风电场并网输电系统的研究与分析[J].电力电缆,2020,37(4):49-53.
- [2]张燕,孙文凯,宋新瑛.风电场并网输电系统的技术现状与发展趋势[J].电业技术,2019,37(8):159-162.
- [3]赵宇萌,王永健.输变电工程在风电工程中的应用技术难点分析[J].电力系统保护与控制,2021,49(1):73-78.
- [4]康冬梅,张燕梅,朱明月.风电场并网输电工程技术难点探讨[J].电气技术,2020,21(3):57-60.