

新能源发电风力发电技术研究

肖 雪

天津市城市规划设计研究总院有限公司 天津 300000

摘要: 风能作为清洁可再生能源,其发电技术契合新能源发展需求。本文阐述了风力发电技术基础,包括原理、资源特性;分析了风轮、传动、发电及控制系统与新能源适配设计;研究了风能捕获优化、机组稳定性提升等关键技术;探讨了低风速地区效率瓶颈、大规模并网稳定性等挑战及大型化、智能化等发展趋势,为风力发电技术发展提供参考。

关键词: 风力发电; 新能源; 并网技术; 储能协同; 多能互补

引言: 在全球能源转型大背景下,新能源开发利用至关重要。风力发电凭借风能清洁、可再生优势,成为新能源体系关键部分。其能量转换遵循共性规律,与新能源系统紧密衔接。了解风力发电技术基础、核心系统适配设计及关键技术,剖析面临挑战与发展趋势,有助于推动风力发电技术进步,促进新能源产业可持续发展,满足社会对清洁能源的需求。

1 新能源体系下风力发电技术基础

1.1 风力发电的基本原理

风能捕获与能量转换机制契合新能源能量转化共性规律。风能作为清洁可再生能源,其捕获依赖风轮与气流相互作用,风轮叶片通过特定气动外形设计,使气流经过时在叶片表面形成压力差,推动风轮绕主轴旋转,将空气动能转化为机械动能^[1]。这一过程与其他新能源技术能量转换核心逻辑一致,均遵循能量守恒定律,注重自然能源高效提取与低损耗转化。后续机械动能经传动系统传递至发电机,发电机借电磁感应原理将其转化为电能,完成风能到电能的完整转换,为新能源体系提供稳定电能输出。风力发电系统的能量传递流程与新能源系统能量调度衔接紧密。风轮转化的机械动能先经主轴传递至传动系统,齿轮箱结构通过齿轮啮合调整转速后传递至发电机,直驱结构则直接传递主轴转速以减少能量损耗。发电机产生的电能经变流器处理为符合电网标准的电能,再通过集电系统汇集、升压变电站升压后接入新能源电网。此流程需匹配新能源系统能量调度需求,确保电能传输稳定,可根据电网负荷变化与调度指令调整输出,实现与其他新能源电能协同供应,保障系统能量供需平衡。

1.2 风力资源特性与新能源开发适配性

风能的自然属性与新能源开发选址关联密切。风能具有间歇性与地域性,不同区域风速、风向随季节、昼

夜变化,且受地形影响显著,平原、沿海、高原等区域风能分布不同。这些属性决定新能源开发选址需优先考察区域风能持续稳定性与强度,选择风速较高、风向稳定、风力持续时间长的区域,保障风力发电系统高效运行,同时结合土地利用规划,避免与生态保护、居民密集区域冲突,兼顾生态与生活需求。风力资源评估与新能源整体规划的核心维度相互关联。风力资源评估涵盖风速频率分布、风功率密度、风向玫瑰图等,通过分析判断区域风能可开发潜力。新能源整体规划中,需将风力资源评估结果与其他新能源分布结合,考量区域能源需求、电网现状、交通条件,规划风力发电项目规模与布局。如风能丰富但其他新能源匮乏区域可扩大风电规模,多种新能源丰富区域则按资源特性与开发成本平衡项目比例,实现资源优化配置,推动规划科学实施。

2 风力发电机组核心系统与新能源适配设计

2.1 风轮系统

风轮叶片的结构设计要点兼顾新能源高效节能需求。叶片需采用轻量化且高强度的材料,减少自身重量对风能捕获的损耗,通过优化翼型曲线,提升对不同风速气流的适应性,在低风速时能有效启动,高风速时降低风阻。叶片长度与数量需结合区域风能特性设计,确保在有限空间内最大化捕获风能,减少能量浪费,契合新能源体系对能源利用效率的要求。风轮转速调节与控制逻辑适配新能源电网负荷波动。当电网负荷增加时,需通过调节叶片角度增大迎风面积,提升风轮转速,增加发电量;当电网负荷降低时,减小迎风面积,降低转速,减少电能输出。调节过程需精准响应电网负荷变化信号,避免转速骤升骤降导致的电能波动,保障接入新能源电网的电能稳定性。

2.2 传动系统

传动链的组成与功能分工符合新能源系统能效标

准。传动链包含主轴、轴承、齿轮箱（或直驱结构）等部件，主轴负责传递风轮的机械动能，轴承减少转动摩擦损耗，齿轮箱通过调整转速匹配发电机工作要求，直驱结构则省去齿轮箱环节，减少传动损耗。各部件需协同工作，确保动能传递过程中能量损耗控制在较低范围，符合新能源系统对能效的严格标准。传动系统的效率优化方向助力新能源整体能效提升。可通过改进齿轮箱齿轮啮合精度，减少机械摩擦损耗；采用高性能轴承材料，提升耐磨性与润滑效果；对直驱结构优化电机设计，增强能量转换效率。这些优化措施能降低传动系统自身能耗，提升整体发电效率，为新能源体系整体能效提升提供支撑。

2.3 发电机系统

风力发电机的类型与工作原理匹配新能源电网接入要求。异步发电机、同步发电机等不同类型发电机，需根据电网的电压、频率标准设计工作参数，例如在低压配电网接入场景多选用异步发电机，在高压输电网络中则优先采用同步发电机，确保产生的电能符合并网要求。其工作原理需满足在不同转速下稳定输出电能，通过励磁调节装置实时调整磁场强度，避免因转速变化导致电能参数波动，便于顺利接入新能源电网，减少并网调试成本。发电机与新能源电网的适配特性保障电网稳定运行^[2]。发电机需具备电压调节功能，采用自动电压调节器，当电网电压波动时，及时调整输出电压，维持电网电压稳定；同时需具备抗干扰能力，通过电磁屏蔽设计减少自身运行对电网的电磁干扰，避免影响光伏逆变器、储能变流器等其他新能源发电设备的正常工作，保障新能源电网整体运行稳定，提升电网对多元新能源电力的接纳能力。

2.4 控制系统

机组运行状态监测功能融入新能源系统监控网络。控制系统通过分布式传感器实时采集风轮转速、发电机温度、电网电压、轴承振动等数据，采用边缘计算技术对数据进行初步处理，筛选关键信息后传输至新能源系统监控网络，实现对机组运行状态的远程实时监控，便于运维人员及时发现异常情况，如轴承温度过高、电网电压波动超标等，为新能源系统整体运维提供精准数据支持，减少故障排查时间。风速、负载变化下的调节策略响应新能源调度需求。当风速变化时，通过变桨距执行机构快速调整叶片角度，结合转速闭环控制维持发电量稳定；当电网负载变化时，根据调度指令调整发电机励磁电流，改变发电功率，确保电能供需平衡。调节策略需嵌入预测算法，结合短期风速预报与负荷预测提前

调整参数，快速响应变化，避免滞后导致的能源浪费或供电不足，满足新能源系统灵活调度的需求，提升新能源电力在整体能源结构中的占比。

3 新能源协同视角下风力发电关键技术研究

3.1 风能捕获优化技术

叶片气动外形设计技术提升新能源发电效率。通过模拟不同气流工况下叶片表面压力分布，优化叶片弧度与截面形状，减少气流分离现象，降低空气阻力。在叶片边缘采用特殊结构设计，减少涡流损失，让叶片在不同风速下都能高效捕获风能，提升单位时间内的能量转化效率，为新能源系统提供更多电能输入，助力整体发电效率提升。风轮偏航与变桨距控制技术适配新能源多能互补场景。偏航系统通过实时感知风向变化，调整风轮朝向，确保风轮始终正对来风方向，最大化捕获风能；变桨距系统则根据风速变化调整叶片角度，风速较低时增大桨距角提升风能捕获量，风速过高时减小桨距角限制功率输出。两种技术协同作用，使风力发电能灵活适配新能源多能互补场景，与光伏、水力等发电形式配合，根据能源需求动态调整出力，维持系统能源供应稳定。

3.2 机组稳定性提升技术

极端风况下的机组保护技术保障新能源供电连续性。针对强阵风、台风等极端风况，设计风速预警机制，当检测到风速超出安全范围时，快速调整叶片角度至顺桨状态，减少风轮受力；同时启动制动系统，控制风轮转速，避免机组因过载损坏。该技术减少极端风况对机组的影响，降低停机频率，保障新能源系统在复杂气象条件下仍能持续供电。振动抑制与结构强度强化技术降低新能源系统运维成本。在机组关键部件连接处采用减震结构，吸收运行过程中产生的振动能量，减少部件磨损；通过优化机组整体结构设计，选用高强度材料增强塔架、轮毂等部件的承载能力，延长部件使用寿命。减少部件故障频次，降低维修更换成本，从而减轻新能源系统整体运维压力。

3.3 并网技术

风力发电并网的功率调节技术协同新能源电网调频调压。通过实时监测新能源电网的频率与电压变化，调节风力发电机组的输出功率。当电网频率偏低时，提升机组发电功率；频率偏高时，降低功率输出。根据电网电压波动情况，调整机组无功功率，辅助维持电网电压稳定，实现与新能源电网的协同调频调压，保障电网运行平稳。并网过程中的谐波抑制技术维护新能源电网电能质量。在并网接口处设置滤波装置，过滤发电过程中

产生的谐波电流,减少谐波对电网电压波形的干扰。同时优化机组控制策略,降低开关器件动作产生的谐波分量,避免谐波影响其他新能源发电设备正常运行,确保新能源电网输出电能符合质量标准。

3.4 储能协同技术

风力发电与新能源储能系统的耦合方式多样。可通过直接连接将风力发电产生的电能导入储能设备存储,也可通过电网间接耦合,当风电出力过剩时,将多余电能存入储能系统,出力不足时由储能系统释放电能补充^[3]。不同耦合方式可根据新能源系统布局与能源需求灵活选择,实现风电与储能的高效协同。储能对风电波动性的平抑技术支撑新能源系统稳定运行。储能系统实时监测风电出力变化,当风电出力骤增时,快速吸收多余电能;出力骤降时,及时释放存储的电能,填补能源缺口。通过这种平抑作用,减少风电波动性对新能源电网的冲击,维持电网负荷平衡,为新能源系统稳定运行提供支撑。

4 新能源产业发展下风力发电技术挑战与趋势

4.1 当前技术面临的主要挑战

低风速地区发电效率瓶颈制约新能源开发范围。低风速地区风能密度低,现有风轮叶片与传动系统难高效捕获风能,机组启动风速阈值高,多数时段低功率运行,电能产出有限。这种瓶颈使新能源开发难覆盖广大低风速区域,限制地理空间拓展,无法充分利用各地风能资源,影响整体开发规模。大规模并网对新能源电网稳定性影响显著。风力发电装机容量增加后,大量风电接入电网,而风电出力受风速影响存在间歇性与波动性,易导致电能供需失衡。出力骤增可能使电网频率偏高,骤降则可能偏低,频繁波动破坏电压与频率稳定,增加调度难度,甚至引发故障,威胁电网安全。与其他新能源技术协同的适配难题突出。风力发电与光伏、储能等技术在工作原理、出力特性上有差异,如光伏依赖光照、风电依赖风能,出力高峰时段不同。现有协同机制缺乏统一调控标准,系统间数据交互不畅,无法高效调配能量,整体利用效率降低,阻碍多技术融合进程。

4.2 未来发展趋势

大型化、智能化机组技术方向契合新能源技术升级。机组大型化通过增大风轮直径、提升单机容量,提高单位面积风能捕获量,减少土地占用;智能化借助传感器与数据分析,实时优化叶片角度、转速,实现自主诊断与故障预警,降低人工成本,符合新能源高效低耗需求。海上风力发电技术发展重点拓展新能源开发空间。海上风能资源更丰富稳定,未来将优化机组防腐与抗风浪设计,提升高盐雾、强海风环境下的耐久性;改进施工与运维技术,降低安装检修难度,减少对海洋环境影响,缓解陆上资源压力。风力发电与新能源多能互补系统融合趋势明显。构建含风电、光伏、储能的多能互补系统,利用两者出力时段互补性,结合储能调节电能存储与释放,实现供需平衡。系统统一协调各模块运行,调整出力结构,提升供应稳定性,推动产业向综合能源服务转型。风力发电与新能源数字技术结合方向清晰。借助数字孪生构建机组虚拟模型,模拟运行状态优化方案;用大数据分析用电规律与风能趋势,实现精准调度;通过物联网连接设备,实现数据共享与远程监控,提升智能化水平,促进系统协同高效运行。

结束语

风力发电技术在新能源体系中占据关键地位,其基础原理、核心系统适配设计及关键技术研究,为技术发展筑牢根基。当前,低风速地区效率、大规模并网稳定性等问题待解,但大型化、智能化等趋势带来新机遇。未来,需持续创新,加强多能互补与数字技术融合,提升风力发电竞争力,推动新能源产业高质量发展,助力全球能源绿色转型。

参考文献

- [1]王博.新能源发电风力发电技术研究[J].电力设备管理,2024(20):134-136.
- [2]陈一凡.新时期新能源风力发电技术创新策略与发展趋势研究[J].光源与照明,2025(3):245-247.
- [3]李勇.新时期新能源风力发电技术的创新与未来发展研究[J].科技资讯,2025,23(14):159-161.