

New energy wind power technology innovation and application research

Weiguang Yang

Inner Mongolia Daban New Energy Co., Ltd., Chifeng, Inner Mongolia, 024000, China

Abstract

As a pivotal component of clean and renewable energy systems, wind power development and technological innovation play a vital role in advancing energy transition. This study comprehensively examines core aspects of wind power technology, including fundamental theories, key components, grid integration, and operational optimization. The analysis begins with evaluation methodologies for wind resources, classification of wind turbines, and their operational mechanisms. Subsequent sections delve into critical technologies such as aerodynamic blade design, generator conversion systems, and intelligent control systems. The discussion further addresses grid integration challenges including stability assurance, energy storage configurations, and microgrid integration. Finally, the paper explores operational strategies for fault diagnosis, performance evaluation, and lifespan enhancement, providing theoretical foundations for the efficient, reliable, and large-scale application of wind power technology.

Keywords

wind energy resource assessment; wind turbine; aerodynamic optimization; grid-connected technology; energy storage system; predictive maintenance

新能源风电技术创新与应用研究

杨伟光

内蒙古大板新能源有限公司, 中国·内蒙古 赤峰 024000

摘要

风能属于清洁能源的关键形成局部, 风能技术的发展及更新对于推进能源结构转型有着重要意义。本文全面探究了风电技术包含基础理论, 关键部件, 并网整合以及运维改良这些核心要点。先是剖析了风能资源评价手段, 风电机组的归类及其工作原理, 然后又细致地探究了叶片气动设计, 发电机变流, 智能控制等关键技术, 还针对并网稳定状况, 储能设置, 微电网结合等并网与储能方面的问题加以论述。最后, 就故障判断, 性能评定以及寿命提升等运维经营策略实施探讨, 希望给风电技术的高效, 可靠及大规模应用给予理论参照。

关键词

风能资源评估; 风电机组; 气动优化; 并网技术; 储能系统; 预测性维护

1 引言

能源是人类生存、发展的基础, 而技术创新是人类能源安全与可持续利用的保障。随着经济的快速发展, 能源消耗量持续增加, 人类正面临着日益严重的能源短缺和环境破坏问题, 全球气候变暖与能源转型已成为国际关注的热点。当下, 风电技术的发展重点已由单纯关注单机性能转为到加强全生命时段的可靠性, 电网适配能力和经济性这些综合性目标之上, 这就牵涉到气动设计, 材料, 控制, 电力电子等诸多领域的技术深入交融。而大型化, 智能化以及深远海开发渐渐成为主要潮流, 风电技术一方面存在效率改良的契

机, 另一方面却碰上诸多问题, 比如成本管理, 并网稳定性以及运维复杂化等方面的考验。系统梳理风电技术体系, 对于明晰改进路径, 促使产业向高质量方向发展十分关键。本文就风电技术基础, 关键部件, 并网储能以及运维改良等方面展开阐述, 力求创建起较为完善的技术框架, 为行业发展赋予理论层面的参考。

2 风电技术基础

2.1 风能资源评估

风能资源评定属于风电项目开发的基本工作, 该评定结果是否准确会直接影响到项目的选址, 机组选型以及发电效益。评定过程中需系统地剖析区域风能密度, 风向分布, 湍流强度等主要气象参数。当下大多采取长期观测与数值模拟关联的办法, 测风塔观测可给予精准的时序数据, 而且中

【作者简介】杨伟光(1988-), 男, 中国内蒙古赤峰人, 本科, 工程师, 从事风电工程建设研究。

尺度气象模型合适于大面积风能资源分布的模拟。伴随技术不断发展,激光雷达,声学多普勒等新的遥感探测技术渐渐被应用到复杂地形和海上风能评定当中,明显提升了评定的精准度。科学的资源评定要重视年平均风速,也要细致探究风速在时空上的变化特点,格外要关注风切变和湍流强度给机组运行带来的影响。这些评定成果为后续改善机组布局以及预测发电量给予了重要依据。

2.2 风电机组分类与结构

风电机组按照主轴方向可被划分成水平轴与垂直轴两类,水平轴机组由于具备更高的风能利用率,所以成了主要的应用机型。依循传动结构的差别,它还能进一步区分为直驱式,半直驱式以及齿轮箱式等等种类。直驱式机组经由去除齿轮箱部分而提升了系统的稳定性,齿轮箱式机组则凭借增速装置做到了发电机的微型化。风电机组包含许多重要结构,叶片,轮毂,主轴,齿轮箱,发电机,塔架等都是其关键构成单元。叶片属于获取风能的核心部件,它的气动性能会直接左右能量转换效率。伴随单机容量持续增长,机组结构明显朝着大型化方向发展,这就对材料性能和结构设计有了更高标准。要选出合适的机型,需综合考量风资源特点和场地环境状况。

2.3 风电系统工作原理

风电系统包含三个主要环节,用以达成从风能向电能的转变,即风能捕捉,机械能传递以及电能变换。风轮受气流影响而转动,形成旋转力矩,通过传动装置带动发电机转子切割磁感线从而产生电能。自然风速存在随机波动特性,所以系统要装有变桨距及偏航系统以保障稳定运行。控制系统采用最大功率点追踪策略,在风速低于额定值时提升风能捕捉效率,当风速高于额定值时利用功率限制保证设备安全。发电机产生的电能需经由变流器调整频率与电压,进而符合电网接入条件。此能量转换流程牵涉诸多子系统的协作,它们的动态特征及其运行稳定性都是系统设计时着重考虑的因素。

3 风电机组关键技术

3.1 叶片设计与气动优化

叶片气动设计对风能转换效率有着关键性的影响,现代大型叶片往往用翼型系列来设计,要综合考量升阻比,失速特性和结构重量之间的兼顾关系。气动改良的重点目标涵盖提升风能利用系数,减小气动噪声以及改善载荷分布状况。伴随叶片长度持续增长,柔性变形和气弹耦合效应变得越发突出,所以需采用气动弹性分析方法展开改良设计。计算流体动力学仿真技术给叶片外形改良给予了重要的技术支持,运用新的翼型设计以及尾缘襟翼等积极流动控制技术,可以有效地扩充叶片的高效运行范围。这些技术上的改进对于加强机组的整体性能有着重要的促进意义。

3.2 发电机与变流器技术

发电机属于风电系统的核心电气部件,其种类选取会

左右系统的总体性能。当前主要存在的种类有双馈异步发电机和永磁同步发电机,前者依靠部分功率变流器达成变速运行,该技术较为成熟而且成本比较低;后者利用全功率变流器,有着效率高,电网适应能力强的长处。在设计发电机的时候,要综合考量效率特征,转矩表现以及散热需求。变流器是电能变换的重要装置,它的性能会直接关系到电能的质量。现代风力发电用的变流器大多采用全功率拓扑架构,经由先进的调制技术来执行功率调节。变流器应当具有低电压穿越的能力,这样就能保证在电网出现故障的时候仍然维持并入电网运行。

3.3 控制系统与智能化运行

控制系统需协调风电机组各类运行功能,保障系统安全高效运行。主控制器遵照风速,转速,功率等即时信号,综合调节桨距角与发电机转矩,达成功率改良及载荷控制。变桨系统要具有快速响应能力,用以应对风速的瞬时波动。伴随智能化技术不断发展,依靠模型预测控制和自适应算法的智能控制系统被全面应用,经由大数据分析技术,风机可自行学习改良策略并执行基于状态的智能调控。风电场级的协同控制技术经由改善机组间的运行配合,有效地提升了全场的发电效率。这些智能化技术的应用明显改善风电系统的运行水平。

4 风电并网与储能技术

4.1 并网稳定性与功率控制

风电大规模并入电网之后,给电力系统的稳定性带来了新的技术需求。风电出力存在间歇性和波动性这样的特点,这有可能造成电网出现频率和电压方面的问题,所以要依靠有效的功率控制方法来解决这种情况。风电场应当具有有功功率调节的能力,可以遵照调度命令参与到系统频率稳定的维持当中去。无功功率以及电压的控制常常经由变流器或者专门的无功补偿装置达成目标,从而保证接入点的电压质量达到规定的标准。低电压穿越能力属于现代风电场应有的基本技术水准,这样就能保证在电网发生故障的时候风机仍然维持并网状态运行。虚拟惯性控制技术利用控制算法模仿同步发电机的惯性反应特性,有益于提升系统的频率稳定性。这些技术手段对于优化风电并网的适应性十分关键。

4.2 储能系统配置与应用

储能系统可解决风电波动性问题并改善并网品质,其属于有效技术手段。按照系统响应特征及容量需求,可选取电池储能,飞轮储能或者超级电容之类的储能装置。电池储能系统适宜执行小时级能量转换,超级电容则更适合用于秒级到分钟级的功率波动平滑处理。储能系统在风电场的应用形式包含功率平滑,计划追踪以及频率调节等方面,经由随时吸纳或发出功率,储能系统能够切实缩减风电输出功率的波动范围。在参与电网调频服务的时候,储能系统可以立即应对系统频率的改变情况。储能系统的改良设置要综合考量技术性能与经济性指标,以做到全生命时段成本效益的最

大化。

4.3 微电网与多能互补

微电网把分布式电源，负荷以及储能装置合成起来形成一个自治运行的小范围能源系统，可以遵照自身运行的需求同主网并列运行或者单独运行。风力发电属于微电网比较关键的一种电源类型，它所发出的电能存在波动现象，不过这种波动能够依靠系统内部的储能装置以及一些其他的可调控电源得到有效的弥补。微电网的能量守护系统承担着协调各个单元发电计划的责任，从而改善整个系统运行过程中的经济性与可靠性。多能互补体系要融合风能，太阳能光伏等可再生能源，凭借各种不同能源之间具有的定时互补特点来加强系统整体的稳定水平。风电和光伏发电在日出日落，季节变化方面存在天然的互补性，二者共同运行可使总出力曲线更为平滑。这种多能协同运行模式需应对源荷预测，协同调度等关键技术难题。

5 运维与性能提升

5.1 故障诊断与预测性维护

风电机组的故障判断与守护策略会直接左右电站在运行时的可靠性及其经济效益。传统的定时守护方法存在过度守护或者守护不够的情况，而预测性守护依靠状态监测和故障警报来做到按需守护。振动分析，油液检测以及声学监测都是常见的状态监测手段，它们能及早察觉部件出现的异常情况。凭借数据推动的故障判断算法可以从 SCADA 系统的数据里获取故障特点，从而达到智能判断。预测性守护重点在于剩余寿命的预测以及守护决策的改良，经由创建部件退化模型，并结合即时监测到的数据，就可以精准地预估关键部件剩余可用的时间。科学的守护决策要综合考量故障概率，守护成本和发电损失等因素，制订出经济上最理想的守护方案。

5.2 性能评估与优化方法

风电机组性能评定是提升发电量，改善运行状况的基本工作。其主要指标涵盖容量因数，可利用系数以及功率曲线契合度等方面。经由比较实际功率曲线与理论曲线之间的差别，能够剖析气动性能下滑，对风偏移等问题出现的原因。依靠大数据分析的性能评定方法可量化各类因素对发电量的影响程度，并精准找出性能改良的潜力。性能改良工作关乎气动性能的复原，控制参数的设定以及场站协同等诸多层面。叶片前缘存在腐蚀和污染现象时，气动效率会大幅下降，

因而要定时执行清洗和保养作业。经由改良机组控制参数，可以更好地顺应特定场址的风况特征。风电场由于尾流效应造成的出力损失，可借助改良运行策略得以减轻。

5.3 寿命延长与退役处理

早期风电场逐步临近设计寿命，于是，寿命评定及延长技术广受关注。设计寿命往往依照标准载荷谱来确定，但是实际运行中的载荷与设计假设有别，这会影响到机组的真实寿命。经由载荷测量并结合结构健康监测，再加上疲劳损伤模型，就可以较为精准地估算出关键部件剩余的疲劳寿命。改良控制策略属于延长机组使用寿命的一种有效方法，可以借助减小运行载荷来推迟部件的老化进程。对于机组退役事宜包含拆除，部件回收以及场地生态复原这些环节。塔架，机舱等金属部件的回收技术比较成熟，但是叶片复合材料回收利用却是当下的技术难题，热解，机械研磨之类的新型回收技术正在持续发展并逐步完善。退役决策需综合考量技术改造，延寿运行等方案的技术经济性，其中涉及诸多因素，需全面分析并作出合理判断。

6 结语

风电技术历经数十年的发展，已创建起包含资源考量直至智能运维的完整技术体系。大型化，智能化，深远海化的趋势不断深入，风电技术迎来了效率改良的机会，也要应对成本控制，电网适配等诸多挑战。日后的革新会更多着眼于全生命时段的改良，通过气动-结构-控制多学科结合设计来改善性能，利用智能传感和大数据分析做到预测性守护，还要加深多能互补与柔性并网技术的研究。而且，新材料的应用，模块化设计以及回收技术的发展将会是产业可持续发展的关键依靠。风电技术不断发展，这会加强自身在能源市场中的竞争力，还会给新型电力系统的形成以及能源转型的达成给予关键助力。

参考文献

- [1]王帅,杨磊,唐健.电力技术创新依托新质生产力助推绿色发展模式研究[J].中国战略新兴产业,2025,(26):125-127.
- [2]魏赛.风电新能源数字化发展与并网技术探讨[J].科技视界,2025,15(21):26-29.
- [3]罗立辉.风电新能源产业的技术创新与降本增效路径探讨[J].科技资讯,2025,23(14):171-173.
- [4]郭慧,曹家铭,牛奕萱.我国新能源产业发展现状及对策研究[J].中国国情国力,2024,(06):14-18.