

# Relevant Problems and Solutions in the Application of Wind Power Electrical Engineering and Its Automation Technology

Pengpeng Shi

Wisom Clean Energy Technology Group Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226009, China

## Abstract

This paper gives an in-depth analysis of wind power technology and points out its key role in achieving the energy transition and the goal of “carbon peaking and carbon neutrality”. This paper summarizes the structure and working principle of wind power generation equipment, focuses on the key technical issues such as improving wind energy conversion efficiency, enhancing system reliability, power quality monitoring and intelligent control system development, and summarizes the technical application and problem solving methods based on international and domestic successful cases. The paper puts forward suggestions for the future development of wind power technology, including strengthening innovation, improving cost efficiency, promoting industry cooperation and increasing government support to promote continuous technological innovation and industry progress in the field of electrical engineering to achieve sustainable development.

## Keywords

wind power electrical engineering; sustainable development; automate

# 风电电气工程及其自动化技术应用中的相关问题及解决对策

石鹏鹏

惠生清洁能源科技集团股份有限公司, 中国·江苏 南通 226009

## 摘要

论文深入剖析了风力发电技术,指出其在实现能源转型和“碳达峰、碳中和”目标中的关键作用。论文概述了风力发电设备的结构和工作原理,重点讨论了提高风能转换效率、增强系统可靠性、电力品质监控和智能控制系统开发等关键技术问题,并基于国际和国内成功案例,总结了技术应用和问题解决方法。论文提出了未来风力发电技术发展的建议,包括加强创新、提高成本效益、促进产业合作和增加政府支持,以推动电气工程领域的持续技术革新和行业进步,实现可持续发展。

## 关键词

风电电气工程; 可持续发展; 自动化

## 1 引言

风力发电作为实现能源结构调整和实现碳达峰、碳中和目标的核心路径正在以惊人的速度进步。在2020年中国的风能发电累计安装能力显著提升,这强调了风力作为可再生能源体系中的核心角色。电机工程在风力发电装置的构建、管理保养以及联网技巧等领域扮演着关键职能。论文集于风力发电电机工程领域所面临的技术难题及其应对方案,目标是增强系统性能,确保供电网络的稳固,并促进风能产业的持久增长以及新型能源技术的革新实践。

## 2 风电电气工程的技术特点与挑战

### 2.1 风电系统的基本组成与工作原理

气流动力装置是一套能够以高效率将气流动力转化为电力的技术集合,其主要构成涵盖了风车轮(叶轮)、电能发生器、支架、偏转装置、调节叶片系统、操控系统、电流转换器以及电压变换器等核心元件。风车是主要的风力捕集装置,它通过旋翼的回转作用将风的运动能量变换成机械功<sup>[1]</sup>。接着这台设备能够通过动力传输装置将动力传递至发电设施,随即发电设施便将这种能量转化为电力。支架旨在承托风车和动力发生器确保它们位处于空中较高的地带,那里的风能资源充足。调节机制负责全面监察风力发电装置的作业状况保障装置的稳定与高效能运作,逆变器担当着将发电设备制造的能量转化为合乎输电网络要求的电压与频率的角色,同时,升降压器还会对电压进行额外的调节,以便

【作者简介】石鹏鹏(1990-),男,中国河南焦作人,本科,工程师,从事船舶海工研究。

符合电力系统并联的标准。该机制的运作基础在于对所有构成元素进行细致调节确保它们齐心协力，将气流动力以高效率、坚定不移地转化为电力。

## 2.2 风电场的电气系统设计

风力发电站的电力系统规划对于保障风能转换的高效性、连贯性与电网的顺畅接入至关重要。在规划过程中必须充分估量风力发电站的容量、所处的自然环境、并网条件等多个要素，恰当布局输电主线路、汇集电缆、升压站以及无功功率补偿设施等关键组成部分。输电网络承担着将众多风电装置所生产的电力统一收集并输送至升压站的角色，与此同时，升压站则肩负着提高电压以及进行基础电力品质管理的职责<sup>[2]</sup>。无功补偿系统旨在优化电力网络的功率因素降低能量损耗，并提升电力传输的效能。对于电力系统的规划，还必须充分估计到系统的稳定性和适应性，这样才能应对风云变幻和电力网负载的波动性。借助先进的自动化管理平台对风力发电站的工作状况进行持续追踪和精细化管理，保障风力发电站在多样化的运行环境中保持稳定性。

## 2.3 风电并网技术与挑战

风力发电接入系统技术成为风力发电装置与电力网络相连相通的关键纽带，然而它也同样遭遇着技术性和政策性两方面的考验。在技术领域内风力发电的不连续性和波动性有可能引起电力网络的电压与频率的摆动，这会干扰电力系统的坚固性和电力的品质。面对这一难题必须实施尖端的电网管理方案和工具，例如自适应无功功率补偿、主动谐波抑制、频率调整等手段，以增强风能接入电网的兼容性和坚固性。在制度框架之内将风力发电接入系统必须遵循国家及地区的能源战略与电力网络标准，而且不时还得克服与既有电力网络基础建设的适配性难题。再者风力发电接入电网还得顾及成本效益，保障接入费用处于可接受的界限之内，从而推动风能行业的持久进步。

## 2.4 电气设备选型与优化

在电力装备选择过程中必须依据风能站的详细状况与规定，挑选那些具备卓越性能、稳定性强的电力装备，例如效率高的风电机组、出众性能的逆变器、稳固耐用的升压器等。亦须对机械装置进行改良设计，如增强风力涡轮的能量密度、改进逆变器的管理手段等，旨在达到风力发电系统的最佳效能。对于设备的选择和改进，还必须权衡其成本效益、保养费用以及对环境的适应力，以保障设备在整个风力发电站的使用期限内能够持续稳健地工作。在对电力装置进行精心挑选与整体性能的系统提升中能够有效增强风力发电系统的综合表现，减少维护费用，并提升风力发电站的财务收益。

# 3 风电电气工程中的关键技术问题

## 3.1 风力发电效率与稳定性问题

风能转换作为一种绿色动力来源其产能的高效性和连

续性是评估其技术进步水平的主要参数。风电装置的功效受到众多变量的制约尤其是风力的分布状况及其波动性成为最关键的影响因素。气流的波动性可能会引起风力涡轮的产能不稳定进而干扰电力网络的均衡。为了增强风能转换为电能的功效与一致性有必要实施一系列策略。这包括对风力涡轮机构造进行改良以便它们在微风环境中也能有效产电；运用蓄电设施以稳定风电输出波动；同时借助尖端调控手段，如调整叶片角度和变化转速控制，来应对风速的波动性，从而降低能量输出的不均匀性。

## 3.2 风力发电系统的可靠性与维护

风能转换装置的稳定性对其财务收益和生态效应有着紧密的联系，系统的稳定性受到诸多要素的影响，涵盖了风力涡轮机的构造、生产品质、操作保养等方面。为了增强系统的稳定性必须从构思阶段起就充分考虑到多样的环境变量和操作状况，选用优质的原材料和部件，同时执行严密的品质管理。在操作期间周期性的保养和审查至关重要，以保障风电机组中的所有零件均处于正常运转状态，迅速侦测并处理可能出现的隐患<sup>[3]</sup>。通过运用尖端的观察与评估手段，能够预见并防范缺陷的出现，进而增强系统的稳定性。

## 3.3 风电场的电能质量管理

电力品质是供电网络稳定运作的根本，对于风力发电站而言，电力品质的维护显得格外关键。鉴于风能发电的不连续性和可变性有可能导致电力网络遭受电压摆动、频率漂移以及波动等诸多难题。为了保障电力品质风力发电站必须实施多种策略，涉及运用无功功率补偿工具以提升电力系统的功率因素，使用主动滤波装置来降低谐波干扰，并且借助创新的管理手段来增进电能的产出效率。在电能品质的监控方面，风力发电站必须与电力网络的管理者紧密协作，依据电力系统的要求和工作状况，恰当规划风能的产出，旨在降低对电力传输网络的干扰。

## 3.4 风电系统的智能化与自动化控制

智能技术能够显著增强风电装置的作业效能与可靠性改善保养与管理任务。例如借助尖端的感应器和监控机制，能够即刻采集风电装置的活动信息，运用海量数据与机器智能算法进行评估，进而达到对风速、风向、能量产出等因素的精准预测。自动化管理系统能够依据这些预见成果自主优化风电机组的运行参数，以配合风速的波动，增进发电功率和系统的稳固性。

# 4 风电电气工程的解决方案与对策

## 4.1 提高风力发电效率的技术措施

提升风电产能的核心在于改善风力捕集与能量转化步骤，借助对风能资源的精确评价和恰当的地点选择，挑选那些风速既快又恒定的地区来建立风力发电站，能够极大地提高风能的使用效率。接着运用尖端的风能转换装置技术，比如转向控制系统和自动失速机制，可以即时改变叶轮与风流

方向的相对位置,保障在各种风速及风向条件下都能实现最优的能量截取。借助创新的发电设备技术,如双馈电机与直接驱动型永磁同步发电机,能够在能量转换阶段降低损耗,从而增进发电的效能。同时借助于精密的风力发电单元保养及事故预警系统,缩短了停机期,保障了风力发电设备的高效率作业。

#### 4.2 增强风力发电系统稳定性的策略

风电装置的可靠性紧密连接着电力网络的稳健作业,提升系统坚固性的方案涵盖对风力发电装置进行细致的稳定性研究掌握其在多样运行条件下的能量产出特点。同样地,经由对无功功率特性及其变化行为的深入分析,改进了风力发电系统的管理方案,以便更好地应对电力网络的不稳定性和消费需求的波动。

#### 4.3 电能质量控制技术与设备

在电力网络中通过部署诸如电容器和静态无功补偿器等无功功率补偿设施,无功功率补偿技术旨在供应或者消耗无功能量,从而优化电压的稳定性,降低电压的起伏和闪烁现象。主动电能滤波技术通过向电力网络注入一个与失真波形的电流幅值一致、方向相对的补偿电流以此来抑制谐波扰动,增强电能的品质。动态电压补偿技术可以在电压短暂下跌或瞬时断电的情况下迅速为系统提供补充电压确保设备不受影响。这些技术的运用对于增强电力的品质至关重要并且确保了电力网络的稳固以及装置的作业。

#### 4.4 智能化控制系统的设计与发展

集成先进的传感器、数据采集系统和人工智能算法,智能化控制系统能够实现对风电场的全面监控和管理。系统可以实时收集风速、风向、温度等环境参数,以及风电机组的运行数据,利用大数据分析和机器学习技术,对数据进行深入分析,预测风速变化和发电功率,优化风电机组的运行策略。智能化控制系统还能够实现故障诊断和预测性维护为风力发电的可持续发展提供强有力的技术支撑。

### 5 风电电气工程的实践案例分析

#### 5.1 国际上风电电气工程成功案例

众所周知在全球范围内,风力发电领域的工程项目取得了大量成就,尤其是中国在海洋风能开发方面的进步特别显著。比如广东华电在阳江青洲的一项三台各500MW级别的海洋风力发电工程,被认为是目前国内海域距离陆地最遥远、所处海域最深以及单一风机功率最高的海上风力发电施工项目。该项目通过采纳并融合西门子的先进技术,并借鉴中国高速铁路的发展策略,成功完成了海洋风能技术的本土化生产,多年来持续稳居国内市场的领军位置。在全球范围

内英伦联合王国的 Hywind Scotland 计划作为世界上首个进入商业运作的浮动风力发电站,证明了浮体式技术在远洋深处的开发前景。

#### 5.2 案例中的技术应用与问题解决

以光大洋洲海域风力发电工程为例该计划成功达成了5kW量级本土机组的大批量、大规模部署,主要构件实现了全面国内生产,全部组件及小型部件的本土化制造比例超出95%。这不只冲破了海外科技的专有权也促进了海洋风力发电的成本平衡。在此基础上面对海洋风力发电的维护难点,如东小洋口风力发电服务港的完工显著克服了巨型设备海上作业的困境,增强了风能生产商的物流运转效率。

#### 5.3 从案例中得到的启示与经验总结

科技进步与本土化生产对于增强风力发电工程的市场竞争力至关重要。借助内部开发与采纳国际尖端技艺能够降低对海外的依赖性,提升工业自力更生的操控力。面对海洋风力发电所独有的技术挑战,包括深海作业和维护保养等问题,必须推进既具备高度适应性又极为可信赖的应对策略。再者产业链的联合进步同样是成就的核心,涵盖了设备生产、建设施工、操作保养等各个环节的密切协作。

#### 5.4 对未来风电电气工程发展的展望

浮体式风能等创新技术的运用将推动风能利用不再仅限于近海浅水区,为风力发电提供了更加宽广的扩展可能性。世界各地对实现碳平衡的目标不断增长的执着,作为绿色能源关键要素的风力发电在能源配置中的份额预计将不断扩大,风力发电机组工程领域预期将面临更加宽广的成长空间。

### 6 结语

风力发电技术在生活中扮演着至关重要的角色,并且正遭遇着历史上空前的成长机会和考验。科技进步、费用管理、供应链合作与法规援助构成了促进其发展的四个主要动力。目前,必须不断完善风力发电技术的发展轨迹,增强整个系统的可靠性和供电的品质,同时要兼顾生态与社会的平衡共存,确保风力能源在全球能源布局中继续扮演积极角色,并为打造一个清洁、低排放、安全且效率高的能源网络做出贡献。

#### 参考文献

- [1] 朱婷婷,张慧娥.面向新型电力系统的电气工程与智能控制人才培养改革探讨[J].中国教育技术装备,2023(21):161-165.
- [2] 张峰升.单片机在电气自动化控制中的应用[J].现代制造技术与装备,2023,59(5):194-196.
- [3] 佟立.风电工程中的自动化系统优化分析[J].电子技术,2023,52(5):354-355.