

风力发电技术与功率控制策略初探

宋继光

内蒙古华电辉腾锡勒风力发电有限公司 内蒙古 呼和浩特 010020

摘要: 风力发电作为一种低成本、无污染的可再生能源发电技术,近年来受到广泛关注。然而,其电能转化效率相对较低,功率控制成为关键。本文探讨了风力发电技术的发展现状,分析了风能转化效率低的原因,并重点研究了功率控制策略,包括风力机变桨距控制、偏航系统控制及风力发电机控制等,旨在提高风力发电的输出功率和稳定性,推动风力发电技术的进一步发展。

关键词: 风力发电技术;发展趋势;功率控制策略

引言: 在全球能源转型和环境保护的大背景下,风力发电作为最具发展潜力的可再生能源之一,正逐步成为电力供应的重要组成部分。然而,风力发电受到自然风速变化的影响,其输出功率具有不稳定性 and 间歇性的特点。因此,研究风力发电技术与功率控制策略,对于提高风电系统的发电效率、保障电网稳定运行具有重要意义。本文旨在探讨风力发电技术的最新进展及功率控制策略,为风电产业的发展提供技术支持和理论指导。

1 风力发电技术概述

1.1 工作原理

风力发电技术的核心在于将自然界的风能转化为电能。这一过程主要通过风力发电机来实现。当风吹过风力发电机的叶片时,叶片受到风力作用开始旋转,进而带动轮毂及主轴一同旋转。这一旋转机械能通过增速齿轮箱传递给发电机。发电机内部通过电磁感应原理,将机械能转化为电能。最终,产生的电能经过电气控制系统进行调整和输送,满足电网或特定电力需求。

1.2 风力发电系统的组成

水平轴式风力发电机是风力发电系统中最常见的类型。其主要部件包括叶片、轮毂、增速齿轮箱(或直驱发电机)、发电机、主轴、偏航装置、控制系统和塔架。叶片负责捕获风能并转化为机械能;轮毂连接叶片并传递旋转力;增速齿轮箱(如采用)用于提高旋转速度以匹配发电机需求;发电机则将机械能转化为电能;主轴支撑并传递旋转力;偏航装置确保风力发电机始终对准风向以提高效率;控制系统负责监控和调整整个系统的运行状态;塔架则作为支撑结构,将风力发电机安装于一定高度以捕获更多风能。

1.3 风力发电的特点

风力发电技术以其独特的优势在能源领域占据了一席之地。首先,风能是一种可再生资源,源源不断且永

不枯竭。其次,风力发电的基础设施建设相对简单快速,占地面积也相对较小。此外,风力发电机的操作简便且长期运行成本低廉,使得其在经济上具有较高的可行性。这些特点使得风力发电技术在全球范围内得到了广泛应用和发展。

2 风力发电技术的发展趋势

2.1 风电机组容量大型化

(1) 从小容量向大容量的发展趋势。近年来,风电机组的单机容量呈现出明显的大型化趋势。这主要是出于提高发电效率和降低单位发电成本的目的。随着技术的不断突破,更大容量的风电机组被开发出来并投入商业运营。从早期的几百千瓦级机组,到如今的主流兆瓦级机组,甚至更大容量的机组已经在研发或示范阶段。

(2) 当前市场主流机型及实验室产品的研发情况。当前市场上,兆瓦级风电机组已成为主流,特别是陆上风电普遍采用3至5兆瓦的机组,海上风电更是向8兆瓦、10兆瓦及以上机型发展。实验室中,更大容量的机组研发也在积极推进,旨在进一步提升发电效率和降低成本。例如,一些企业已经推出了10兆瓦以上的海上风电机组,这些机组在提高发电量和降低度电成本方面展现出巨大潜力。

2.2 风力发电由陆地转向大海

(1) 陆地资源占用问题。随着陆地可开发风能资源的逐渐减少,风力发电场的建设逐渐从陆地转向海洋。陆地风电场的建设受到土地限制、环境评估、民众接受度等多重因素的影响,而海上风电则具有资源丰富、风速稳定、发电效率高等优势。(2) 海上风电的优势与发展现状。海上风电具有风速高、风力稳定、对陆地环境影响小等优势。目前,中国、欧洲等地都在大力发展海上风电,装机容量持续增长。特别是中国,已成为全球最大的海上风电市场。海上风电技术的发展也在不断进

步,包括漂浮式基础、深远海风电场开发等前沿技术正在得到研究和应用。

2.3 发电机组间距与变桨速度恒定频率的发展

(1) 变速运行技术的应用。变速运行技术已经成为现代风电机组的重要特征之一。通过调整风轮的转速和桨距角,可以最大限度地捕获风能,提高发电效率。变速运行技术不仅提高了风电机组的适应性,还降低了机械应力和磨损,延长了机组的使用寿命。(2) 变桨距技术的改进与优势。变桨距技术通过调整桨叶的角度来控制风电机组的输出功率和转速。随着技术的进步,变桨距系统已经变得越来越精确和可靠。先进的变桨距控制技术可以实现更加灵活的风力发电控制,提高发电效率和电能质量。同时,变桨距技术还有助于降低机组在强风条件下的载荷,保护机组安全。

2.4 发电机无齿轮箱化的发展

(1) 无齿轮箱直驱永磁风力发电机的优势。无齿轮箱直驱永磁风力发电机具有结构简单、维护成本低、效率高等优势。由于省去了齿轮箱这一传动部件,减少了能量损失和机械故障的可能性,提高了整个系统的可靠性和稳定性。同时,永磁材料的应用也提高了发电机的效率和功率密度^[1]。(2) 移除增速齿轮箱后的系统效率提升。移除增速齿轮箱后,风力发电系统的整体效率得到提升。无齿轮箱直驱系统的能量转换过程更加直接和高效,减少了传动过程中的能量损失。此外,由于减少了机械部件的数量和维护需求,系统的运行成本和维护成本也相应降低。

2.5 结构设计的优化

(1) 材料与技术的改进。在风力发电机的结构设计中,材料和技术的改进对于提高发电效率和降低成本至关重要。新型高强度材料的应用使得风电机组能够承受更大的风压和更恶劣的环境条件。同时,先进的设计和制造技术也降低了机组的重量和制造成本。(2) 降低负荷与制造费用的策略。为了降低风力发电机的负荷和制造费用,设计团队采取了多种策略。一方面,通过优化气动设计和结构布局,减小了风力发电机在运行过程中的风阻和振动,从而降低了负荷。另一方面,通过模块化设计和标准化生产,提高了生产效率和质量控制水平,降低了制造成本。此外,采用先进的仿真和测试技术,对风力发电机的性能进行精确预测和验证,确保了设计的可行性和可靠性。

3 风力发电功率控制策略

3.1 变桨距控制

变桨距控制是现代大型风力发电机组普遍采用的一

种功率调节方式。它通过主动调节风力机桨叶的节距角,即桨距角,来改变叶片的风能捕获能力,进而控制风力机的输出功率。(1) 桨距角的主动调节。桨距角的主动调节依赖于精确的传感器和先进的控制系统。控制系统通过实时监测风速、发电机出力等关键参数,计算出桨距角的调节信号,并通过电动或液压执行机构对桨距角进行调整。这种方式可以使风力机在各种风速条件下都能保持最佳的功率输出,同时避免过载和损坏。

(2) 克服定桨距发电机的被动失速调节问题。与定桨距发电机相比,变桨距发电机能够主动调节桨距角,从而克服了定桨距发电机在风速超过额定值时依赖被动失速调节的局限性。定桨距发电机的叶片设计有一定的扭角,当风速超过额定值时,叶片翼型发生变化,导致空气气流分离,产生湍流,从而降低能量吸收效率。而变桨距发电机则能主动调整桨距角,使叶片的失速效应加深,从而限制风能的捕获,避免过载^[2]。(3) 大型发电机组采用变桨距技术的稳定性保障。大型风力发电机组采用变桨距技术可以显著提高系统的稳定性。变桨距控制能够根据风速的变化实时调整桨距角,保持风力机转速和输出功率的稳定。此外,在并网过程中,变桨距控制还能实现快速无冲击并网,提高系统的响应速度和可靠性。

3.2 偏航控制

偏航控制是风力发电机组另一项关键的技术,它使风力机能够根据风向的变化自动调整机身方向,确保叶片始终迎风而立,从而最大化地捕获风能。(1) 偏航控制系统的组成与功能。偏航控制系统主要由风向传感器、控制系统和执行机构三部分组成。风向传感器负责实时监测风向变化,并将信号传递给控制系统;控制系统根据风向信号和其他相关参数进行综合计算,确定风机转向所需的具体角度;执行机构则负责将控制系统的指令转化为实际的偏航动作。(2) 被动与主动迎风偏航系统的分类与应用。偏航系统可以分为被动迎风偏航系统和主动迎风偏航系统两种。被动迎风偏航系统通常依靠风力机自身的重量和转动惯性来实现偏航动作,结构相对简单但精度较低。主动迎风偏航系统则通过电动或液压驱动装置来精确控制偏航角度,具有更高的精度和响应速度。在现代大型风力发电机组中,主动迎风偏航系统得到了广泛应用。(3) 提高发电效率与保障机组安全性的策略。为了提高发电效率和保障机组安全性,偏航控制系统通常采用了一系列先进的策略。例如,通过优化控制算法来提高偏航精度和响应速度;采用冗余设计来提高系统的可靠性和安全性;以及利用先进的监测

技术来实时监测偏航系统的运行状态,及时发现并处理潜在故障。

3.3 风力发电机控制功率

风力发电机的控制功率策略对于确保系统稳定运行和提高风能利用率至关重要。以下将探讨双馈异步风力发电机的应用、功率调节的多个维度以及提高系统稳定性和风能使用效率的方法。(1) 双馈异步风力发电机的应用。双馈异步风力发电机(DFIG)因其灵活的功率调节能力和较高的效率,在现代风力发电领域得到了广泛应用。DFIG通过调节其转子侧的变频器,可以实现对发电机输出功率的精确控制。在风速变化时,DFIG能够快速响应,调整转速和功率输出,从而保持电网的稳定运行^[3]。(2) 调节频率相位、幅度、相序以适应不同风速。风力发电机的功率调节不仅包括功率大小的调整,还包括频率、相位、幅度和相序的精确控制。这些参数的调节对于确保电力质量、减少谐波污染和防止电网不稳定至关重要。随着风速的变化,风力发电机需要通过先进的控制算法,实时调整输出电力的这些参数,以适应电网的需求。(3) 提高风能使用效率与发电系统稳定性。为了提高风能使用效率和发电系统的稳定性,风力发电机采用了一系列先进的控制策略和技术。例如,通过优化控制算法和采用先进的传感器技术,可以实时监测和分析风力发电机的运行状态,从而及时调整控制参数,优化输出功率。此外,采用先进的储能技术和智能电网技术,可以将多余的风能存储起来或在电网需求高峰时释放,以提高风能利用率和系统的稳定性。

4 风力发电功率控制策略的一般方法

4.1 基于风速的功率控制法

该方法的核心在于根据风速的变化,灵活调整风力发电机的运行状态。(1) 变速控制方法与变桨距控制法的应用。变速控制方法允许风力发电机根据风速波动调整其转速,从而保持在最佳叶尖速比下运行。在风速较低时,发电机通过增加转速来提高风能捕获效率;而当风速过高时,则降低转速以减少机械应力和过载风险。变桨距控制法则通过调整桨叶的节距角来改变风轮的气动特性,进而控制输出功率。在风速接近或超过额定功率时,桨距角会主动增加,以减少风能捕获,避免发电机过载。这种方法在提高风能利用率的同时,也增强了系统的稳定性和安全性^[4]。(2) 提高风能利用率与机组

稳定可靠性的策略。为了进一步提高风能利用率和确保机组的稳定可靠性,可以综合运用多种策略。例如,通过优化控制算法,实现对风速变化的快速响应和精确控制;采用先进的传感器技术,实时监测机组运行状态,及时发现并处理潜在故障;同时,加强机组的维护保养,延长使用寿命,提高整体可靠性。

4.2 基于风向标及输出功率偏航控制法

该方法旨在通过精确调整风力发电机的偏航角度,使其始终对准风向,从而最大化风能捕获。(1) 风向标控制法与功率控制法的结合使用。风向标用于实时监测风向的变化,并将信号传递给控制系统。控制系统根据风向信号和当前输出功率,计算出最佳的偏航角度,并通过偏航驱动装置实现调整。这种结合使用不仅可以提高风能利用率,还能确保发电机在变风况下稳定运行。

(2) 提高对风精度与风能利用率的方法。为了提高对风的精度和风能利用率,可以采用高精度的风向传感器和先进的偏航控制算法。同时,通过优化偏航系统的机械结构和驱动装置,减少偏航过程中的能量损失和摩擦损耗。此外,还可以结合风速预测技术,提前调整偏航角度,以应对即将到来的风况变化,进一步提高风能捕获效率。

结束语

综上所述,风力发电技术及其功率控制策略对于促进可再生能源的利用、减少环境污染以及保障电网稳定运行具有重要意义。随着技术的不断进步和创新,风力发电系统的效率和稳定性将进一步提升。未来,我们应该继续深入研究风力发电技术与功率控制策略,以推动风电产业的持续发展,为实现全球能源转型和环境保护目标作出更大贡献。

参考文献

- [1]邓银辉.风力发电技术与功率控制策略[J].电力设备管理,2024,(10):89-91.
- [2]李宁.风力发电技术与功率控制策略[J].新能源科技,2022,(02):20-21.
- [3]袁雅琳.风力发电技术与功率控制策略[J].电子技术与软件工程,2020,(21):208-209.
- [4]徐冬青.风力发电技术与功率控制策略初探[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2020,(15):166-167.