

# 风力发电控制技术研究

柳建廷

内蒙古华电辉腾锡勒风力发电有限公司 内蒙古 呼和浩特 010200

**摘要:** 随着世界能源需求的持续增长以及环保意识的增强,风能发电成为一个洁净、无污染的能源类型,引起了普遍重视。风能发电控制技术作为风能开发体系的核心技术,对提升风能发电质量、保障系统安全运营有着重要性。本章首先阐述了风力发电控制技术的重要性,接着又详细分析了定桨距失速态、变桨距、主动失速态/混合失速状态以及变速风力发电等技术。接着,论述了完善风能发电控制技术的对策,以及智能管理方式的完善和提升、预测控制的风力发电系统优化以及风电场级分布式控制策略。

**关键词:** 风力;发电控制;技术研究

引言:随着世界能源危机的加深以及环境污染问题的日益严重,人类更加重视可再生能源的研究和使用。风能发电是一个洁净、无污染的能量形态,有着很大的潜力。但是,风能发电技术的性能仍受许多因子的制约,而风能发电控制技术也是关键因素之一。风能发电控制技术,旨在通过优化风力机的运行策略,提高风能转换效率,保障系统的稳定运行。因此,对风力发电控制技术研究具有重要意义。

## 1 风力发电控制技术的重要性

风力发电控制技术的重要性体现在多个方面,它不仅是提升风力发电效率、确保系统稳定运行的关键,更是推动新能源领域持续发展的重要驱动力。第一,风力发电控制技术对于提升风力发电效率至关重要。通过精密控制风力机的速度、桨距角等参数,控制技术就可以实现风力机在各种风力环境下最大程度的捕捉风力,并将之转换为能量。这样高效率的能源转化技术不但增强了利用风能发电的经济效益,而且推动了可再生能源的广泛使用。第二,风能发电控制技术对确保安全经济运行有着难以取代的意义。风能发电控制系统遇到的风速、风向等环境因素错综复杂,而控制技术能够实时响应这些变化,通过调整风力机的运行状态来确保系统的稳定运行。这种自适应能力使得风力发电系统在面对极端天气条件时也能保持正常运行,为电网的稳定供电提供了有力保障。第三,风力发电控制技术还具有优化系统性能、降低故障率、延长风力机使用寿命等多种优势。先进的控制策略和技术能够实现对风力发电系统的智能化管理,提高系统的整体性能。同时,通过及时监测和预警系统故障,控制技术能够降低故障率,减少维护成本,从而延长风力机的使用寿命<sup>[1]</sup>。

## 2 风力发电控制技术分析

### 2.1 定桨距失速风力发电技术

定桨长距风能汽轮机,真正投入到风能发电行业中的实践应用则是在20世纪80年代中期,它研制成功后克服了发电机的并网困难,而且工作状态也更加可靠。定螺旋桨的风力发电机,主要是由于的柔性并网设计、空气辅助驻车手刹技术、电子偏行与自动解缆技术等三项核心技术的融合。定螺旋桨距风力发电机组的主要用途,在于将桨叶和飞机轮毂键槽型的结构相连,而当风产生时,桨叶的迎风口面角也不会改变,以结合了桨翼翼状本身的高失速时特性,当风力速度超过最大额定值以后,周围气流的最大角将会超过失速的水平,这样使桨叶的表面出现了湍流,使发电机的整体效能下降从而实现了减少功率的目的,所以风力发电机的这一特点也会使发电设备显得更为安全,但是为实现了降低功率的目的,由于叶片体积很大,其内部结构也比较复杂,因此发电机的整体效能也会比较下降,所以要当速度超过某一限值后就一定要停止。发电机转速主要由电网转速调节,而输出功率则由桨叶的自身特性调节,当转速比额定负载转速高时,桨叶能够通过失速状态的特点将输出功率限制在最大额定值范围之内,而叶最有主要影响的是由于叶片具有特殊的翼状构造,当遭遇大风时,通过叶片背风面的空气形成巨大湍流,从而削弱了叶气动效能,这样降低了功率捕获,也因此易发生熄火情况。

### 2.2 变桨距风力发电技术

变桨距风力发电技术是一种高效的风能利用方法。在风力过强时,该技术通过调整桨叶的节距或改变风攻角,优化风力发电机组获取的空气动力转矩,确保发电机输出稳定的功率。这种可调桨距模式使得风力发电机的输出功率曲线更为平滑,有效减轻了强风对塔筒、

叶片等结构的冲击,降低了损失,减轻了系统压力。同时,该技术还能根据风速变化自动调整桨叶高度,使风力发电机在多种风况下都能维持高效运行,从而提高年发电量。然而,变桨距风力发电技术也存在一些挑战。其复杂的变桨距结构和液压传动设备不仅增加了设计难度,还需确保对风速变化的快速响应,以减少效率波动。此外,该技术的运行安全性和成本也是需要考虑的问题。尽管有这些挑战,但变桨距风力发电技术仍然是风能利用领域的重要发展方向。

### 2.3 主动失速/混合失速发电技术

主动失速型状态/混合失速型状态的发电技术通常是对以上二种方法的结合,当减小风速后的变桨距离调整有助于增加气动效能,从而使得变桨距角朝逐渐下降的方向旋转一定幅度,这样增加了相应的攻角,也因此提高了叶片的失速能力,同时也可以减少大风的影响捕获这些方法中对变桨的距离调节并不需要非常灵敏的控制,所以对操作人员的能力影响通常也很弱,但对于风能发电机组来说,在到达最大转速(一般为14-16m/s)后,为了维持系统稳定运行并防止过载,需要降低风力机的功率捕获能力。此时,主动失速/混合失速技术将发挥作用,通过减小桨距角,降低叶片的攻角,进而减少叶片捕获的风能,并将电力输出功率维持在最大额定值附近。这种调节方式不仅降低了对叶片产生的气压差,减少了对整个风力机的潜在影响,还有效减少了因风力过大导致的叶片损坏风险。因此,主动失速/混合失速发电技术使得风力发电系统的动能传输更加稳定、有效和平滑<sup>[2]</sup>。

### 2.4 变速风力发电技术

变速风力发电技术相较于恒速风力发电技术,显著的优势在于其可变速调节的灵活性。这种技术使得风力发电机组能够根据风力的变化实时调整转速,从而保持恒定的发电频率。在常规风力条件下,变速风力发电系统能够捕获更多的风能,并且在风力波动较大时,其能量转换和储存的灵活性更高,适用范围更广。变速风力发电系统不仅能在风力减弱时通过保持最大叶尖速比来捕获更多风能,维持稳定的输出功率;在强风条件下,它还能通过调整风轮转速来储存多余能量,防止因功率过大而损害设备。这种调节方式增强了系统设计的柔性,降低了发电机承受的应力和扭矩,并通过电力或电子装置有效减少了风能转换过程中的影响。由于不同地区的风能条件差异显著,恒速风力发电技术往往只适用于特定地区。

## 3 优化风力发电控制技术策略

### 3.1 智能控制方法的优化与改进

智能控制方法的优化与改进在风力发电领域中具有举足轻重的地位,它们不仅是提高风力发电系统效率和稳定性的关键手段,也是推动风电技术持续创新的重要动力。第一,随着科学技术的飞速发展,智能控制方法如模糊逻辑、神经网络、遗传算法以及深度学习等,已经在风力发电控制系统中得到了广泛应用和深入研究。这些方法的优化与改进,不仅使风力发电系统能够更精确地预测和响应风速、风向等环境变量的变化,还能实现系统的自适应控制和优化运行。第二,在智能控制方法的优化方面,研究人员通过引入新的算法和模型,提高了控制策略的性能和准确性。例如,通过改进模糊控制器的设计,使其能够更好地适应风速的波动和不确定性,从而提高风力机的运行效率和稳定性。同时,结合神经网络和遗传算法等优化技术,可以对风力发电系统的控制参数进行全局优化,找到最佳的运行方案。第三,在智能控制方法的改进方面,研究人员不断探索新的控制策略和技术,以满足风力发电系统对高效、稳定、可靠运行的需求。他们通过引入预测控制技术,实现了对风速、风向等环境变量的提前预测,并据此调整风力机的运行状态,提高了系统的响应速度和稳定性<sup>[1]</sup>。

### 3.2 预测控制的风力发电系统优化

预测控制的风力发电系统优化在现代风能技术中占据了核心地位。通过集成先进的预测算法和控制策略,风力发电系统能够更准确地预测风速、风向等关键环境变量的变化趋势,并据此提前调整运行参数,从而实现系统的高效、稳定运行。第一,预测控制的核心在于利用历史数据和先进的预测模型来预测未来的风速、风向等环境因素。这些预测数据不仅为风力发电系统的运行提供了重要的参考依据,还使得系统能够提前做出反应,以适应环境的变化。例如,当预测到风速即将增加时,系统可以提前调整风力机的转速和桨距角,以确保风力机在风速高峰时能够最大限度地捕获风能。第二,预测控制的风力发电系统优化还体现在对系统运行的精细化控制上。通过对风速、风向等环境因素的预测,系统可以实时计算出最优的运行参数,并据此对风力机进行精确控制。这种精细化控制不仅提高了风力发电系统的效率,还降低了系统的运行风险。例如,在风速波动较大的情况下,系统可以通过预测控制策略,使风力机在风速低谷时保持较低的运行速度,以减少机械磨损和能量损失;在风速高峰时则提高转速,以充分利用风能。第三,预测控制的风力发电系统优化还有助于实现电网的友好接入。通过预测风速、风向等环境因素的变化趋势,系统可以提前计算出电网所需的电力输出,并

据此调整风力机的运行状态。这种优化策略不仅保证了电网的稳定供电，还提高了风电的并网率，促进了风电与电网的协同发展。

### 3.3 风电场级分布式控制策略

风电场级分布式控制策略在风电场管理中扮演了至关重要的角色。随着风电场规模的不断扩大和风电技术的不断进步，传统的集中式控制策略已难以满足复杂多变的风电场运行需求。因此，分布式控制策略凭借其灵活性和可扩展性，成为了风电场管理的优选方案。第一，风电场级分布式控制策略的核心思想是将风电场划分为多个相对独立的控制区域，每个区域配备独立的控制器，这些控制器之间通过高速通信网络进行信息交换和协同工作。这种策略能够充分利用风电场内部的资源，实现局部优化和全局协调，提高风电场的整体运行效率和稳定性。第二，在分布式控制策略中，每个控制区域可以根据自身的特点和环境条件，独立制定并执行控制策略。例如，在风速较高、风向稳定的区域，控制器可以调整风力机的转速和桨距角，以最大限度地捕获风能；而在风速较低、风向多变的区域，控制器则可以通过调整风力机的运行模式，降低机械磨损和能量损失。第三，分布式控制策略还能够实现风电场内部的协同工作。各个控制区域之间通过通信网络进行信息交换，共享风速、风向、温度等环境数据以及风力机的运行状态信息。这些信息的共享使得控制器能够更全面地了解风电场的整体情况，从而制定更加科学合理的控制策略。

### 3.4 风力发电机组控制技术的发展

风力发电机组控制技术的发展是风电行业技术进步的核心驱动力之一。控制技术的重要性不言而喻，它直接决定了发电机组能否高效、稳定地运行。第一，由于风能的不确定性和随机性，风力发电机组需要具备高度的自适应性和鲁棒性。风速的大小和方向受大气和地形等多种因素影响，难以准确预测和控制。因此，风力发电机组控制系统需要能够实时感知风速变化，并快速调整运行状态，以最大限度地捕获风能并转化为电能。第二，风力发电机组的叶片和轮毂设计对于提高风能利用率至关重要。大型叶片和轮毂设计可以增加扫风面积，

从而捕获更多的风能。然而，这也带来了更大的惯性，使得风力发电机组在启动、停止和变速时面临更大的挑战。因此，控制技术需要能够精确控制叶片和轮毂的运动，以实现高效、稳定的能量转换。第三，在风力发电机组控制技术的发展过程中，定桨距型风力机曾经占据主导地位。然而，随着技术的进步和需求提高，定桨距型风力机逐渐暴露出一些问题，如效率低、部件受力大等。为了解决这些问题，研究人员开发了变桨距调节技术。变桨距调节技术可以根据风速变化实时调整叶片角度，从而优化风力发电机组的运行状态。同时，结合励磁控制技术，可以进一步提高风力发电机组的性能和稳定性。第四，近年来，变速恒频风力发电机组成为风电行业的新宠。与恒速风力发电机组相比，变速恒频风力发电机组具有更好的适应性和稳定性。它可以在风速较低时跟踪风速变化，使叶尖速比保持适中；在风速较高时，通过调节发电机的转差率来稳定输出功率。这种控制方式不仅提高了风力发电机组的效率，还降低了对电网的冲击和损耗<sup>[4]</sup>。

### 结束语

在风力发电控制技术的研究道路上，我们见证了技术的不断突破与创新，为可再生能源领域的发展注入了强大动力。未来，随着人工智能、大数据等技术的深度融合，风力发电控制系统将更加智能化、高效化，为应对全球能源危机和气候变化挑战提供有力支撑。我们期待着风电技术的每一次飞跃，为实现绿色、低碳、可持续发展的能源未来贡献力量。让我们携手并进，共同开创风电技术的新篇章！

### 参考文献

- [1]谭俊.风力发电机组的控制技术探析[J].中国设备工程,2019(13):220-221.
- [2]石海滨.关于风力发电机及风力发电控制技术分析[J].民营科技,2019(09):70.
- [3]张杨.风力发电技术概述[J].信息记录材料,2019,18(06):9-10.
- [4]程志平,张晗念,徐亚利.风力发电调频策略研究现状分析[J].微电机,2019(10):69-75.