

# 风力发电机组自动控制策略优化分析

王茂胜

宁夏银星能源股份有限公司 宁夏 银川 750021

**摘要:**近年来,随着我国能源机构改革的不断深化,新能源在电力系统中的占比正在不断提升,其中较为重要的部分则是风力发电机组。本文旨在探讨风力发电机组自动控制策略的优化问题,通过分析当前风力发电机组在稳定性、响应速度、故障诊断与应对能力以及控制策略适应性等方面存在的不足,提出针对性的优化策略。通过确定优化目标、优化频率控制器参数、加强数据收集与分析以及建立更精准的数学模型,旨在提升风力发电机组的整体性能和运行效率,为可再生能源的可持续发展贡献力量。

**关键词:**风力发电机组;自动控制;策略优化分析

引言:随着全球对可再生能源需求的不断增长,风力发电作为清洁能源的重要组成部分,其重要性日益凸显。然而,风力发电机组在实际运行中面临着诸多挑战,特别是在自动控制方面,如何提升机组的稳定性、加快响应速度、增强故障诊断与应对能力以及提高控制策略的适应性,成为当前研究的热点。本文将从这些方面入手,对风力发电机组自动控制策略的优化进行深入分析。

## 1 风力发电机组概述

这些设备通过捕捉自然界中风能的力量,将其转化为清洁、可再生的电能,为人类社会提供了源源不断的绿色能源。第一,风力发电机组主要由风轮(包括叶片和轮毂)、发电机、机舱、塔架以及配套的控制系统和电气系统组成。风轮作为捕捉风能的“先锋”,其叶片设计精妙,能够在风力的作用下高效旋转,将风能转化为机械能。发电机则位于机舱内,通过传动装置与风轮相连,将机械能进一步转化为电能。塔架则起到支撑整个机组的作用,确保风轮能够处于最佳的风能捕获高度。第二,在工作原理上,风力发电机组充分利用了风能的自然特性。当风吹过风轮时,叶片受到风力的作用开始旋转,这一旋转运动通过传动装置传递给发电机,驱动发电机转子旋转并产生电能。随后,电能通过电缆输送至电网,供人们日常生活和工业生产使用。第三,风力发电机组不仅具有高效、环保的显著优势,还具备智能化、可靠性高等技术特点。现代风力发电机组普遍配备了先进的控制系统和传感器,能够实时监测机组运行状态、预测故障并自动调整运行参数,确保机组在最佳状态下运行<sup>[1]</sup>。

## 2 风力发电机组自动控制现状

### 2.1 稳定性不足

稳定性不足是风力发电机组运行中面临的一个关键问题。由于风力发电机组通常安装在户外,暴露在复杂多变的自然环境中,如强风、低温、雷电等极端天气条件下,这些外部因素都会对其稳定性构成挑战。风力发电机组的稳定性不足主要体现在多个方面。首先,当风速急剧变化时,风轮的转速和载荷也会迅速波动,给机组的机械结构和控制系统带来巨大压力,容易导致机组振动加剧,甚至引发故障。其次,机组在长时间运行过程中,各部件的磨损和老化也会逐渐累积,进一步降低其稳定性。此外,电网电压波动、频率变化等外部电网因素也可能对机组的稳定运行造成影响。稳定性不足不仅会影响风力发电机组的发电效率,还会缩短机组的使用寿命,增加维护成本。因此,确保风力发电机组的稳定性对于提高整个风电系统的可靠性和经济性具有重要意义。然而,解决稳定性不足的问题需要综合考虑多种因素,从设计、制造、运行维护等多个环节入手,采取综合措施加以应对<sup>[2]</sup>。

### 2.2 响应速度缓慢

响应速度缓慢是风力发电机组在实际运行中常遇到的一个挑战。这一现象主要源于多个环节的复杂性和相互依赖性。第一,风力发电机组的控制系统需要处理大量的实时数据,包括风速、风向、机组温度、振动状态等多种参数。这些数据的采集、处理和分析需要一定的时间,从而导致系统对外部环境变化的响应存在一定的滞后性。第二,风力发电机组的机械结构庞大且复杂,从风轮旋转到发电机发电,再到电能输出至电网,整个能量转换过程涉及多个环节和部件。当系统接收到调整指令时,这些环节和部件需要依次响应并协同工作,才能最终实现控制目标。然而,由于机械惯性和物理限制等因素,这一过程往往无法瞬间完成,导致系统响应速

度受限。第三,风力发电机组的运行还受到电网状态的影响。当电网出现故障或负载变化时,机组需要迅速调整其运行状态以适应电网要求。然而,由于电网系统的复杂性和不确定性,机组在响应这些变化时可能会遇到一定的困难,进一步影响其响应速度。

### 2.3 故障诊断与应对能力有限

风力发电机组在复杂多变的运行环境中,其故障诊断与应对能力常常显得有限。这主要是由于风力发电系统本身的复杂性和外部环境的不可预测性所导致的。第一,风力发电机组的故障种类繁多,包括机械故障、电气故障、控制系统故障等,每种故障都可能有其独特的成因和表现形式。这要求故障诊断系统具备高度的准确性和全面性,但现实中,由于技术限制和成本考虑,很难做到对所有故障类型的即时准确诊断。第二,外部环境因素如极端天气、电网波动等也可能对风力发电机组的运行状态产生不可预测的影响,进一步增加了故障诊断的难度。这些外部因素可能触发连锁反应,导致故障复杂化,使得故障诊断系统难以迅速准确地定位问题所在。

### 2.4 控制策略适应性差

风力发电机组的控制策略适应性差,是当前技术发展过程中面临的一个显著问题。第一,参数的持续变化。传统的控制策略往往基于预设的参数和模型进行设计,难以完全适应这种复杂多变的环境条件。当实际运行条件偏离预设范围时,控制策略的有效性会大打折扣,甚至可能导致机组运行不稳定或效率低下。第二,随着风力发电技术的不断进步和风电场规模的日益扩大,对风力发电机组控制策略的要求也越来越高。然而,现有控制策略在应对大规模风电场并网、提高电能质量、优化运行成本等方面还存在诸多不足。特别是在风电场与电网的互动过程中,控制策略的适应性差会直接影响到风电场的并网性能和电网的稳定性。第三,风力发电机组的控制策略还需要考虑多种运行状态的切换和过渡过程。例如,在机组启动、停机、并网、脱网等过程中,控制策略需要快速、准确地调整机组的运行状态,以保证机组的平稳运行和电网的安全稳定。然而,现有控制策略在这些方面的适应性较差,容易导致机组在状态切换过程中出现振动、过载等问题<sup>[3]</sup>。

## 3 风力发电机组自动控制策略优化

### 3.1 优化目标确定

在风力发电机组的设计与运营过程中,优化目标的确定是一个至关重要的环节。它不仅关系到机组本身的性能提升,还直接影响到风电场的整体经济效益和环境友好性。(1)优化目标应聚焦于提高发电效率。风力

发电机组的核心任务是将风能转化为电能,因此,如何最大限度地捕捉并利用风能,减少能量转换过程中的损失,成为首要考虑的问题。这包括优化风轮设计以提高风能捕获效率,改进发电机性能以减少电能转换损失,以及优化控制系统以实现最大功率跟踪等。(2)优化目标还应关注机组运行的稳定性和可靠性。风力发电机组通常安装在户外,面临各种恶劣天气条件的考验。因此,确保机组在复杂多变的环境中能够稳定运行,减少故障发生率和停机时间,对于提高风电场的整体发电量 and 经济效益具有重要意义。(3)随着全球对可再生能源的重视和环保意识的提升,优化目标还应包括提高风电的环保性和可持续性。这要求风力发电机组在设计和运营过程中充分考虑环境因素,减少对生态环境的负面影响,如降低噪音污染、减少占地面积、提高废旧部件的回收利用率等。(4)优化目标的确定还需考虑经济效益。风力发电作为一种清洁能源,其成本逐渐降低,但与传统能源相比仍具有一定的经济压力。因此,在确定优化目标时,应综合考虑投资成本、运维成本、发电收益等多个因素,以实现风电项目的经济可行性和可持续发展。

### 3.2 频率控制器参数的优化

频率控制器参数的优化是风力发电机组控制系统中至关重要的一环,它直接关系到发电效率、电能质量以及系统的稳定运行。在优化过程中,主要聚焦于调整控制器的几个核心参数,以实现最佳的性能平衡。首先,比例增益( $K_p$ )的调整是关键。它决定了控制器对频率偏差的敏感程度。过高的 $K_p$ 值虽然能迅速响应频率变化,但可能引起系统振荡,影响稳定性;而过低的 $K_p$ 值则会导致调节速度过慢,无法及时纠正偏差。因此,需要通过反复试验,找到一个既能快速响应又能保持系统稳定的 $K_p$ 值。其次,积分时间( $T_i$ )的设定也不容忽视。积分环节的作用在于消除稳态误差,使系统输出更加精确。 $T_i$ 的选取需要权衡系统的稳定性和调节精度。较长的 $T_i$ 值有助于系统稳定,但会降低调节精度;较短的 $T_i$ 值则能提高调节精度,但可能加剧系统的不稳定。因此,需要找到一个平衡点,使系统既稳定又精确。最后,微分时间( $T_d$ )的调整对于改善系统的动态性能至关重要。微分环节能够预测误差的变化趋势,提前进行调节,从而加快系统的响应速度。然而, $T_d$ 的设定也需谨慎,过大的 $T_d$ 值会增加系统对噪声的敏感度,而过小的 $T_d$ 值则可能无法充分发挥微分环节的预测作用。因此,在优化过程中,需要根据系统的实际情况,逐步调整 $T_d$ 值,以实现最佳的动态性能<sup>[4]</sup>。

### 3.3 数据收集与分析

在风力发电机组的优化与运营中，数据收集与分析扮演着至关重要的角色。这一过程不仅是评估机组性能、诊断潜在问题的基础，也是制定有效优化策略的关键。第一，数据收集的全面性和准确性是确保分析结果可靠性的前提。风力发电机组在运行过程中会产生大量数据，包括风速、风向、发电量、机组温度、振动状态等多种参数。为了获取这些数据，需要部署先进的传感器和监测系统，对机组进行实时、全面的监控。同时，还需确保数据采集设备的稳定性和准确性，避免因设备故障或误差导致的数据失真。第二，数据分析的深度和广度直接决定了能够挖掘出的信息价值。在收集到足够的信息后，需要运用先进的数据分析技术，如大数据分析、机器学习等，对数据进行深入挖掘和分析。通过分析数据中的关联性、趋势性和异常性，可以揭示机组运行的内在规律，发现潜在的问题和优化空间。第三，数据分析还应注重结果的实用性和可操作性。即分析结果应能够直接指导机组的优化与运营，提出具体的改进措施和优化建议。例如，通过分析数据发现机组在特定风速下的发电效率较低，可以针对性地优化风轮设计或调整控制策略以提高发电效率。第四，数据收集与分析应是一个持续不断的过程。随着风力发电技术的不断进步和机组运行环境的不断变化，新的数据将不断产生。因此，需要建立健全的数据管理机制，定期对数据进行整理、归档和分析，以便及时发现和解决机组运行中的问题，为机组的持续优化与运营提供有力支持。

### 3.4 数学模型建立

在风力发电机组的优化与研究中，数学模型的建立是连接物理现实与理论分析的桥梁，对于深入理解机组运行机理、预测性能表现以及制定优化策略具有不可替代的作用。第一，数学模型的建立首先需基于对风力发电机组运行机制的深入理解。这包括对风能的捕获、转换、传输及存储等各个环节的详细剖析，以及机组各部件间的相互作用关系的准确把握。通过抽象和简化，将这些复杂的物理过程转化为数学表达式或方程组，形成描述机组运行特性的数学模型。第二，在模型构建过

程中，需充分考虑各种影响因素，如风速变化、风向偏移、机组磨损、环境温度等，这些因素都可能对机组的性能产生显著影响。因此，模型应具备一定的灵活性和适应性，能够根据实际运行条件进行调整和优化。第三，数学模型的建立还需注重其准确性和可靠性。模型应能够准确反映机组在不同工况下的运行特性，预测结果应与实际观测数据保持高度一致。为此，在模型建立过程中需进行大量的实验验证和数据拟合工作，以确保模型的准确性和可靠性。第四，数学模型的建立还需考虑其计算效率和实用性。模型应能够在合理的时间内完成计算任务，并为优化策略的制定提供有效的支持。同时，模型应具备一定的可扩展性和可移植性，以便在不同类型、不同规模的风力发电机组中推广应用<sup>[5]</sup>。

### 结束语

综上所述，风力发电机组自动控制策略的优化分析对于提升风力发电系统的整体效能至关重要。通过深入研究最大功率点跟踪控制、风机系统控制方法及风力发电场的集中控制策略，结合调整控制参数和优化算法，我们能够有效提高风力发电机组的发电效率、稳定性和经济性。未来，随着技术的不断进步和研究的深入，我们期待在解决机组间相互影响、复杂气象环境下的控制策略以及降低运维成本等方面取得更多突破，进一步推动风力发电技术的广泛应用和可持续发展。

### 参考文献

- [1]左光群,周正.浅谈风力发电机组变流器的自动控制方法[J].电子世界,2020(11):166-167.
- [2]徐超林.波形分析在风电机组变流器故障处理中的应用[J].机电信息,2019(21):14-15.
- [3]王耀函,张扬帆,宋鹏,等.基于工作点在线计算的双馈机组网侧变流器高电压穿越控制[J].电力系统及其自动化学报,2022,34(9):24-31.
- [4]刘俊磊,曹娜,钱峰,等.考虑双馈风电机组变流器控制参数的风电场内机组振荡分析[J].电力系统自动化,2021,45(10):42-49.
- [5]吴振涛.浅谈某1.25MW风电机组变流器升级改造应用[J].电力设备管理,2022(5):135-137.