

新能源接入下电厂集控运行的稳定性分析与应对策略

李 强

达拉特发电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘 要：新能源接入对电厂集控运行稳定性带来挑战，其间歇性和随机性影响电网平衡。本文分析了新能源接入下电厂集控运行的稳定性问题，包括电压波动、频率控制难度增加等。针对这些问题，提出优化集控运行调度策略、加强新能源发电设备管理、改进系统架构及应用先进控制技术等应对策略。旨在提高电厂集控运行的自适应性和稳定性，确保电网安全可靠运行。

关键词：新能源；电厂集控运行；稳定性分析；应对策略

1 新能源接入现状与电厂集控运行概述

1.1 新能源发电类型及接入规模

新能源发电是指在新技术基础上，系统开发利用的可再生能源进行发电的过程。主要的新能源发电类型包括太阳能发电（光伏发电）、风能发电（风力发电）、水能发电（水力发电）、生物质能发电、地热能发电、海洋能发电以及氢能、核能等新型能源发电。近年来，随着全球对可持续发展和环境保护的重视，新能源发电的接入规模不断扩大。以我国为例，截至2024年底，包括风电、太阳能发电以及生物质发电在内的新能源发电装机达14.5亿千瓦，首次超过火电装机规模。特别是在2024年，全国可再生能源发电新增装机达到3.73亿千瓦，同比增长23%，在电力新增装机中占比高达86%。其中，太阳能发电新增装机更是达到了2.78亿千瓦，显示出新能源发电的强劲增长势头。

1.2 电厂集控运行系统架构与工作原理

电厂集控运行系统是指利用计算机技术、信息技术、通讯技术等多种控制技术手段，对电厂运行中的各项控制工作进行统一管理的集中控制系统。该系统在实际运行中具有控制信息化、自动化与高效化的特点。其主要组成部分包括炉膛监控控制系统、电厂模拟量控制系统和电厂运行顺序控制系统^[1]。炉膛监控控制系统主要负责电厂发电锅炉炉膛的安全监控和自动控制管理；电厂模拟量控制系统则对锅炉燃烧率、汽温、汽压等指标进行有效控制，并根据载荷情况对机组进行调整控制；电厂运行顺序控制系统则负责发电辅机的控制以及设备连锁保护控制。通过这些子系统的协同工作，电厂集控运行系统能够实现电厂运行状态的全面监控和高效管理。

1.3 新能源接入对电厂集控运行的影响机制分析

新能源接入对电厂集控运行的影响主要体现在几个方面；（1）对电网稳定性的影响：新能源发电具有间歇

性、随机性和波动性等特点，其接入电网后会对电网的稳定性产生影响。（2）对继电保护装置的影响：新能源接入电网过程中，可能会出现功率反向流入主电网的情况，导致电网开关的动作值变大，使电网运行进入不稳定状态。新能源发电的故障电流特性复杂，可能会对继电保护装置的灵敏度产生影响，导致保护装置误动或拒动。（3）对调度和控制策略的影响：新能源接入后，电厂集控运行系统需要采用更高级的调度和控制策略来适应新能源的变化。（4）对运行成本和效率的影响：新能源发电的运营成本相对较低，但其接入电网后可能会对电厂的运行成本和效率产生影响。新能源发电的接入也可能会对电厂的发电效率和能源利用率产生影响。

2 新能源接入下电厂集控运行稳定性影响因素分析

2.1 新能源发电特性影响

新能源发电特性，如太阳能发电的间歇性和日照强度依赖性，以及风能发电的风速波动性和方向性变化，对电厂集控运行的稳定性构成了显著影响。这些新能源发电方式受自然因素影响大，输出功率不稳定，难以预测和精确控制。当新能源发电大规模接入电网时，其不稳定性可能导致电网电压和频率的波动，进而对电厂集控运行系统产生冲击。新能源发电的低惯量特性也削弱系统对频率变化的支撑能力，增加电网频率波动的风险，对电厂集控运行的稳定性提出更高要求。

2.2 电网结构与参数变化影响

新能源接入电网后，电网的结构和参数会发生变化，如潮流分布、短路电流水平、线路传输功率等，这些变化对电厂集控运行的稳定性产生深远影响。一方面，新能源发电的接入位置和接入容量可能改变电网的潮流分布，增加某些区域的输电压力和损耗，影响电网的稳定运行。另一方面，电网参数的变化，如线路阻抗、变压器变比等，可能影响继电保护的整定和配合，

导致保护装置误动或拒动,进而影响电厂集控运行的稳定性。新能源发电的接入还可能引入新的谐波源,对电网的电能质量造成影响,进一步威胁电厂集控运行的稳定性。

2.3 电厂设备与控制系统适应性影响

新能源接入电网后,电厂的设备和控制系统需要适应新的运行环境和要求。由于新能源发电的间歇性和随机性,电厂的设备和控制系统可能面临更大的挑战。新能源发电的接入还可能引入新的控制变量和约束条件,如风电功率预测、光伏发电预测等,对电厂集控运行系统的控制策略和优化算法提出更高要求。如果电厂的设备和控制系统无法适应这些变化,就可能导致电厂集控运行的稳定性下降。

3 新能源接入下电厂集控运行的稳定性评估

3.1 稳定性评估指标与方法

在新能源大规模接入电网的背景下,电厂集控运行的稳定性评估显得尤为重要,它是确保电网安全、可靠运行的关键环节。稳定性评估指标作为衡量系统稳定运行能力的重要标准,其选取和定义直接关系到评估结果的准确性和可靠性。通常,这些指标包括电压稳定性指标、频率稳定性指标以及功角稳定性指标等。电压稳定性指标主要反映电网在受到各种扰动后,各节点电压能否保持在允许范围内,确保电力设备的正常运行和用户的用电质量;频率稳定性指标则关注系统频率的波动情况,确保其在正常范围内波动,避免对电力设备和用户造成不良影响;功角稳定性指标则用于评估发电机之间的同步运行能力,确保电网在受到大扰动后能够迅速恢复同步运行^[2]。在评估方法上,可以采用时域仿真法、特征值分析法以及小干扰稳定分析法等多种方法。时域仿真法通过模拟系统的动态行为,可以直观地观察和分析新能源接入对电厂集控运行稳定性的影响;特征值分析法则通过求解系统的特征值,判断系统的稳定性;小干扰稳定分析法则用于分析系统在小扰动下的稳定性,为系统的运行和控制提供理论依据。这些方法的综合运用,可以全面、准确地评估新能源接入下电厂集控运行的稳定性。

3.2 稳定性评估模型构建

为了准确评估新能源接入下电厂集控运行的稳定性,需要构建合理的评估模型。这个模型应该充分考虑新能源发电的特性,如间歇性、随机性以及低惯量等,这些特性对电网的稳定运行构成了挑战。模型还需要结合电网的实际结构和参数,如线路阻抗、变压器配置以及负荷分布等,这些因素直接影响电网的稳定运行能

力。在模型构建过程中,首先需要确定系统的边界条件和初始状态,这是模型构建的基础。然后,根据新能源接入的位置和容量,对模型进行相应的调整和修正,以反映新能源对电网的实际影响。另外还需要考虑各种可能的扰动情况,如新能源发电出力的突然变化、负荷的急剧增减等,这些情况都可能对电网的稳定性造成影响。在模型构建过程中,需要充分考虑这些因素,以确保评估模型的全面性和准确性,为后续的稳定性评估提供可靠的基础。

3.3 稳定性评估案例分析

为了验证稳定性评估指标和方法的有效性,以及评估模型的准确性,可以进行具体的案例分析。以某地区电网为例,该地区近年来大量接入了风能和太阳能等新能源发电,这对电网的稳定运行提出了新的挑战。在稳定性评估过程中,我们首先根据该地区的电网结构和参数,构建了相应的评估模型。这个模型充分考虑了新能源发电的特性和电网的实际情况,能够准确反映新能源接入对电网稳定性的影响。利用时域仿真法对该模型进行动态模拟,分析新能源接入对电网电压、频率以及功角稳定性的影响。通过模拟结果,可以清晰地看到新能源接入对电网稳定性的影响程度和范围,为制定相应的控制策略和优化算法提供了依据。评估结果表明,在新能源大规模接入的情况下,电网的电压和频率稳定性均受到了一定程度的影响,但通过合理的控制策略和优化算法,可以有效地提高电网的稳定运行能力,确保电网的安全、可靠运行^[3]。

4 新能源接入下电厂集控运行的应对策略

4.1 优化集控运行调度策略

在新能源大规模接入的背景下,电厂集控运行的调度策略面临着前所未有的挑战。首先,需要建立更加精准的新能源发电预测模型,通过对历史数据的深入分析和挖掘,准确预测新能源的发电出力,为调度决策提供科学依据。其次,调度策略应更加灵活多变,能够根据新能源发电的实时情况快速调整,确保电网的稳定运行。另外,还可以加强与其他能源系统的协同调度,如与水电、火电等传统能源系统的协调配合,充分发挥各种能源的优势,提高整个能源系统的效率和稳定性。通过优化集控运行调度策略,我们可以更好地应对新能源接入带来的挑战,确保电厂集控运行的顺畅和高效。在具体实施上,优化集控运行调度策略需要依托先进的技术手段。一方面,可以利用大数据、人工智能等先进技术对新能源发电数据进行深度挖掘和分析,提高预测模型的准确性和可靠性。另一方面,可以引入智能调度系

统,实现调度决策的自动化和智能化。智能调度系统能够根据新能源发电的实时情况和电网的运行状态,自动调整调度方案,确保电网的稳定运行。智能调度系统还具备自我学习和优化功能,能够不断学习和总结调度经验,提高调度策略的科学性和合理性。

4.2 加强新能源发电设备管理

新能源发电设备作为电厂集控运行的重要组成部分,其性能和管理水平直接影响电网的稳定运行。建立完善的新能源发电设备管理体系,明确设备的维护、检修和更换周期,确保设备的正常运行。加强对设备的监测和诊断,利用先进的传感器和监测技术,实时掌握设备的运行状态和性能参数,及时发现并处理设备故障,避免故障扩大化。还可以引入设备健康管理概念,通过对设备的运行数据进行分析 and 挖掘,预测设备的寿命和故障趋势,为设备的维护和更换提供科学依据。在加强新能源发电设备管理的过程中,还需要注重设备的智能化和自动化水平提升。通过引入智能控制技术和自动化设备,实现设备的远程监控和自动控制,提高设备的运行效率和可靠性。智能化设备还具备自我诊断和修复功能,能够在一定程度上减少人工干预,降低维护成本。

4.3 改进集控运行系统架构

新能源接入对电厂集控运行系统架构提出了新的要求。传统的系统架构可能无法完全适应新能源的特性和需求,因此需要对集控运行系统架构进行改进和优化。首先,要增强系统的灵活性和可扩展性,使得系统能够轻松应对新能源接入带来的变化和挑战。这可以通过采用模块化设计、分布式架构等方式实现。其次,要加强系统与其他能源系统的互联互通,实现信息共享和协同控制。这可以通过建立统一的数据平台和通信协议来实现,使得不同能源系统之间能够无缝对接和协同工作。在改进集控运行系统架构的过程中,还需要注重系统的安全性和可靠性^[4]。新能源接入可能会带来一些新的安全风险和挑战,如网络攻击、数据泄露等。加强系统的安全防护措施,采用先进的加密技术和安全策略,确保系统的数据安全和运行稳定。同时还需要建立完善的应急

响应机制和故障处理流程,确保在发生故障或安全事件时能够迅速响应和处理。

4.4 应用先进控制技术

先进控制在电厂集控运行中发挥着越来越重要的作用。面对新能源接入的挑战,可以引入先进的自动化控制系统,实现对新能源发电设备的远程监控和自动控制。这不仅可以提高设备的运行效率和可靠性,还可以减少人工干预,降低运维成本。可以利用智能优化算法对电厂的运行进行优化和调度,提高电厂的经济性和环保性。在应用先进控制技术的过程中,还需要注重技术的创新和研发。新能源接入带来的挑战和问题不断涌现,需要我们不断探索和尝试新的技术解决方案。因此需要加大技术研发投入,鼓励技术创新和产业升级,推动电厂集控运行技术的不断进步和发展。同时还需要加强与国际先进技术的交流与合作,引进和吸收国际先进技术成果,提高我国电厂集控运行技术的整体水平和竞争力。

结束语

新能源接入是能源转型的必然趋势,对电厂集控运行提出新要求。通过本文的分析与探讨,提出了有效的应对策略,以应对新能源接入带来的挑战。未来,将继续深化研究,不断优化和完善应对策略,为电厂集控运行的稳定性和可靠性提供有力保障,推动能源行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 张建华,于雷,刘念等.新能源电力系统中的储能技术应用及展望[J].电力系统自动化,2022,46(03):2-14.
- [2] 王一波,卫志农,孙国强等.考虑新能源不确定性的电力系统动态经济调度[J].电力系统自动化,2021,45(19):106-116.
- [3] 李欣然,黄际元,邓敏等.分布式新能源与配电网协同规划研究综述[J].电力系统保护与控制,2023,51(07):1-15.
- [4] 王小林,陈沛.新能源技术在汽车领域的应用与发展[J].时代汽车,2024(04):135-137.