

新能源发电项目并网稳定性提升技术路径与实践研究

张 磊

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司 贵州省毕节市威宁县 553100

摘 要：全球清洁能源需求增长使新能源发电占比提升，但其间歇性、波动性给电网并网稳定性带来挑战。本文研究新能源发电并网稳定性提升技术路径与实践，先阐述其重要性，再分析新能源发电特性、电网结构与运行机制等关键影响因素。在此基础上，从技术创新、管理优化等方面，探讨电力电子技术应用、储能技术辅助、智能控制策略等提升并网稳定性的技术路径。旨在为新能源发电项目安全、稳定、高效并网提供理论与实践指导，推动其在电力系统可持续发展，保障电力供应可靠性与稳定性。

关键词：新能源发电；并网稳定性；技术路径；电力系统

1. 引言

在全球积极应对气候变化、加速推动能源结构转型的大背景下，新能源发电凭借清洁低碳、可持续供应的显著优势，正迎来爆发式增长阶段。太阳能、风能等新能源发电项目大量接入电网，逐渐成为电力系统的重要组成部分。然而，新能源发电具有间歇性、随机性和波动性等固有特性，其大规模并网给电网的稳定运行带来了巨大挑战。并网稳定性不仅关系到新能源发电项目自身的效益发挥，更直接影响整个电力系统的安全可靠供电。因此，深入研究新能源发电项目并网稳定性提升技术路径具有重要的现实意义。本文将围绕这一主题，系统分析影响因素，并探索有效的技术路径，以促进新能源发电与电网的协调发展。

2. 新能源发电并网稳定性概述

2.1 新能源发电并网稳定性内涵

新能源发电并网稳定性，是指新能源发电系统（如光伏电站、风电场）在通过并网接口与公共电网实现连接后，能够始终将电能质量、电压、频率等核心运行参数控制在国家或行业规定标准范围内，进而确保电网整体持续、可靠运行的关键能力。这一能力是新能源与电网协同运转的核心前提，直接决定了清洁能源能否安全、高效地融入电力系统。它涵盖了多个方面，包括电压稳定性，即电网电压能够维持在允许的波动范围内，避免因新能源发电的波动导致电压过高或过低，影响电网设备的正常运行和用户的用电体验；频率稳定性，要求电网频率保持在额定值附近，新能源发电的间歇性可能导致电网功率不平衡，进而影响频率稳定，威胁

电网的安全运行；以及电能质量稳定性，如减少谐波、闪变等电能质量问题，保证用户获得高质量的电能。

2.2 新能源发电并网稳定性的重要性

新能源发电并网稳定性是保障电力系统安全可靠运行的核心支柱，其重要性体现在社会运转、电网安全与能源转型三大维度。

从社会经济保障来看，稳定的并网是电力持续供应的前提，直接关系到社会经济发展与居民生活的用电需求。工业生产中，精密制造、流水线作业对电力稳定性要求极高，若并网不稳定导致电压骤降或短时停电，可能造成生产中断、设备损坏，进而产生巨额经济损失；商业活动里，商场照明、数据中心运行依赖持续供电，停电不仅影响消费体验，还可能引发数据丢失等风险；对居民生活而言，停电会导致空调、冰箱等家电无法使用，影响基本生活质量，甚至在极端天气下威胁老人、病患等特殊群体的生活安全。

从电网安全维护层面，稳定的并网能有效规避新能源出力波动引发的电网故障。新能源发电的间歇性易打破电网功率平衡，若并网稳定性不足，可能触发电压崩溃、频率失稳等连锁反应，严重时会导致区域性乃至全国性大面积停电，对交通、通信、医疗等关键基础设施造成冲击，威胁公共安全^[1]。

此外，稳定的并网是提升新能源发电利用效率的关键。只有保障并网稳定，才能减少弃风、弃光现象，让新能源电力充分融入电网，切实发挥其清洁低碳优势，推动能源结构从传统化石能源向可再生能源转型，为“双碳”目标实现

与可持续发展提供有力支撑。

3. 影响新能源发电并网稳定性的因素

3.1 新能源发电特性

新能源发电具有显著的间歇性和波动性。以太阳能发电为例,其发电依赖于日照强度,白天光照充足时发电量大,夜晚则几乎无发电输出,且阴天、雨天等天气变化会显著影响光照强度,导致发电功率大幅波动。风能发电同样如此,风速的不稳定使得风力发电机组的输出功率具有很强的随机性,风速的突然变化会导致发电功率瞬间改变。这种间歇性和波动性使得新能源发电难以像传统能源那样提供稳定的功率输出,给电网的功率平衡和稳定运行带来巨大挑战^[2]。此外,新能源发电的输出功率预测难度较大,准确的预测对于电网调度和稳定运行至关重要,但目前受限于气象条件等因素,预测精度有限,进一步增加了并网稳定性的风险。

3.2 电网结构与运行机制

电网的结构和运行机制对新能源发电并网稳定性有着重要影响。传统电网在设计时主要考虑了集中式、稳定的电源接入,如大型火电厂、水电站等,其电网结构和运行方式相对固定。而新能源发电项目通常分布较为分散,多位于偏远地区,如沙漠、山区等,这些地区的电网基础设施相对薄弱,电网的输送能力和抗干扰能力有限。当大量新能源发电接入时,可能会超出局部电网的承载能力,导致电压、频率等问题。此外,电网的运行机制在适应新能源发电方面存在一定滞后性。传统电网的调度模式主要基于稳定的电源出力,对于新能源发电的间歇性和波动性适应性较差,难以实时、准确地调整电网运行参数,以保证并网稳定性^[3]。

3.3 电力电子设备与控制系统

新能源发电通常通过电力电子设备接入电网,如逆变器等。电力电子设备的性能和稳定性直接影响新能源发电的并网效果。逆变器的控制策略、响应速度、可靠性等因素,决定了其能否将新能源发出的不稳定电能转换为符合电网要求的稳定电能^[4]。若逆变器的控制策略不合理,响应速度慢,在新能源发电功率波动时,无法及时调整输出,就会导致并网电能质量下降,影响电网稳定性。此外,新能源发电的控制系统对于协调发电设备与电网之间的运行也起着关键作用。控制系统的准确性和可靠性不足,可能导致发电设备与电网之间的功率匹配不合理,引发并网稳定性问题。

4. 新能源发电并网稳定性提升技术路径

4.1 电力电子技术应用

电力电子技术在提升新能源发电并网稳定性方面具有重要作用。先进的电力电子变换器能够实现对新能源发电输出电能的高效转换和控制。通过精确控制变换器的开关动作,可以调节输出电压、电流的幅值、频率和相位,使新能源发电输出的电能更好地匹配电网要求^[5]。例如,采用高性能的逆变器,能够将太阳能、风能等新能源发出的直流电或不稳定交流电转换为稳定的、符合电网标准的交流电,有效减少谐波含量,提高电能质量。此外,电力电子技术还支持灵活的无功补偿和电压调节功能。通过在新能源发电侧安装电力电子设备,可以根据电网的实时需求,动态调整无功功率输出,维持电网电压稳定,增强电网对新能源发电的接纳能力,从而提升并网稳定性。

4.2 储能技术辅助

储能技术是提升新能源发电并网稳定性的关键手段之一。储能系统能够在新能源发电过剩时储存多余的电能,在新能源发电不足时释放电能,起到平滑功率波动、平衡供需的作用。常见的储能技术包括电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能等。电池储能具有响应速度快、布置灵活等优点,能够在短时间内快速调节功率,有效应对新能源发电的瞬时波动,维持电网频率和电压稳定。抽水蓄能则具有储能容量大、寿命长等特点,适合大规模能量存储,在新能源发电的长期功率调节中发挥重要作用。通过合理配置储能系统,可以显著降低新能源发电的间歇性和波动性对电网的影响,提高电网对新能源发电的消纳能力,保障并网稳定性。

4.3 智能控制策略

智能控制策略的应用对于提升新能源发电并网稳定性至关重要。通过采用先进的控制算法和技术,能够实现对新能源发电系统、电网以及储能系统的协同控制^[6]。例如,基于模型预测控制的策略,可以对新能源发电的未来输出进行预测,结合电网的实时运行状态,提前制定最优的控制方案,调整新能源发电的功率输出和储能系统的充放电策略,实现功率的精准平衡。此外,分布式控制策略能够充分发挥各个发电单元和储能单元的自主性和协同性,通过信息共享和协调控制,提高整个新能源发电并网系统的稳定性和可靠性。智能控制策略还可以实现对电网故障的快速检测和响应,当电网出现异常时,能够迅速采取措施,如隔离故障区域、调

整功率输出等,保障电网的稳定运行,提升并网稳定性。

4.4 电网优化与升级

对电网进行优化与升级是提升新能源发电并网稳定性的基础保障。一方面,加强电网基础设施建设,提高电网的输送能力和抗干扰能力。通过建设坚强的输电线路、变电站等设施,扩大电网的覆盖范围,增强电网对新能源发电的接纳能力,确保新能源发电能够顺利接入电网。另一方面,优化电网的运行管理,采用智能电网技术,实现对电网的实时监测、分析和控制。通过智能电表、传感器等设备,实时获取电网的运行数据,利用大数据分析和人工智能技术,对电网的运行状态进行精准评估和预测,提前发现潜在的稳定问题,并采取相应的措施进行调整。此外,推动电网的互联互通,加强不同区域电网之间的协作和资源共享,提高电网的整体稳定性和可靠性,为新能源发电并网提供更加稳定的电网环境。

5. 新能源发电并网稳定性提升技术的实践探讨

5.1 技术融合与协同发展

在实际应用中,提升新能源发电并网稳定性需要多种技术的融合与协同发展。电力电子技术、储能技术、智能控制策略以及电网优化与升级等技术并非孤立存在,而是相互关联、相互影响的。例如,电力电子技术与储能技术的结合,能够实现对新能源发电输出的高效转换和灵活调节,同时通过储能系统的能量存储和释放,平滑功率波动,进一步提高电能质量和电网稳定性。智能控制策略则能够协调电力电子设备、储能系统和电网之间的运行,根据实时情况动态调整控制参数,实现最优的并网效果。电网优化与升级为其他技术的应用提供了坚实的基础支撑,确保各种技术能够在良好的电网环境中发挥作用。通过多种技术的协同发展,能够形成综合的并网稳定性提升解决方案,更好地应对新能源发电带来的挑战。

5.2 实践中的挑战与应对措施

在新能源发电并网稳定性提升技术的实践过程中,面临着诸多挑战。首先,技术成本较高是一个普遍问题。先进的电力电子设备、储能系统等研发和应用需要大量的资金投入,这增加了新能源发电项目的建设和运营成本,限制了部分技术的广泛应用。其次,技术标准和规范有待完善。目前,针对新能源发电并网的相关技术标准和规范仍在不断发展和完善中,不同地区、不同项目之间可能存在标准不一致

的情况,给技术的推广和应用带来了一定的困难。此外,专业人才短缺也是制约技术实践的重要因素。新能源发电并网稳定性提升涉及到多个学科领域的知识,需要具备电力电子、控制工程、电网运行等多方面专业知识的人才,但目前相关专业人才的培养相对滞后。针对这些挑战,需要政府、企业和社会各方共同努力。政府可以出台相关政策,加大对技术研发和应用的支持力度,通过补贴、税收优惠等措施降低技术成本。加快制定和完善统一的技术标准和规范,为技术的推广提供明确的指导。同时,加强专业人才培养,在高校和职业院校设置相关专业和课程,培养适应新能源发电并网需求的专业人才。企业应加大技术研发投入,积极探索创新技术解决方案,加强与科研机构的合作,共同攻克技术难题。

6. 结论

新能源发电项目并网稳定性是保障电力系统安全可靠运行、推动能源转型的关键问题。本文深入分析了影响新能源发电并网稳定性的因素,包括新能源发电特性、电网结构与运行机制以及电力电子设备与控制系统等。在此基础上,从电力电子技术应用、储能技术辅助、智能控制策略以及电网优化与升级等方面详细探讨了提升并网稳定性的技术路径。这些技术路径相互关联、协同作用,为解决新能源发电并网稳定性问题提供了全面的思路。通过实际实践探讨,认识到技术融合与协同发展的重要性,同时也明确了实践中面临的成本、标准、人才等挑战,并提出了相应的应对措施。未来,随着技术的不断进步和发展,新能源发电并网稳定性将得到进一步提升,新能源将在电力系统中发挥更加重要的作用,为实现全球可持续发展目标做出更大贡献。需要持续关注技术发展趋势,不断优化和完善并网稳定性提升技术,以适应新能源发电规模不断扩大和电网运行要求不断提高的需求。

参考文献:

- [1] 杨洋,李昊菊.新能源并网对电力系统稳定性的综合影响及优化应对策略[J].电气技术与经济,2025,(04):139-142.
- [2] 许颖.新能源并网对电力系统稳定性的综合影响及优化策略[J].光源与照明,2024,(11):237-239.
- [3] 薛渊,奚春平,张新亮.新能源并网对电力系统稳定性的影响及应对措施[J].中国电力企业管理,2025,(18):72-73.
- [4] 郝鹏举.新能源发电并网技术的电力系统稳定性分

析 [J]. 电力设备管理 ,2025,(02):159-161.

[5] 韩佳琦, 朱文静. 新能源并网系统的稳定性分析与控制策略 [J]. 中国高新科技 ,2024,(06):75-77.

[6] 许国瑞, 尹忠东, 刘鹏, 等. 提升电力系统稳定性的新能源发电场同步电机对并网技术 [J]. 中国电

力 ,2018,51(01):44-50.

作者简介: 张磊 出生年月日 :1987 年 12 月 23 日 性别:男 民族:汉族 籍贯:贵州六盘水 学历:本科 职称:工程师 从事的研究方向:新能源电站项目发电、工程建设管理 邮箱: 269491850@qq.com