

Analysis of Power System Stability with New Energy Integration and Discussion on Optimization Measures

Li Ma

State Power Investment Guizhou Jinyuan Group Weining Energy Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 553100, China

Abstract

With the increasing global demand for clean energy, the proportion of new energy sources being integrated into power systems is continuously rising. However, the intermittent and fluctuating nature of new energy poses significant challenges to the stability of power systems. This paper thoroughly analyzes the impact of new energy integration on the static stability, transient stability, and voltage stability of power systems. It also explores corresponding optimization measures from multiple perspectives, including technology, management, and policy, aiming to provide references for ensuring the safe and stable operation of power systems under large-scale integration of new energy.

Keywords

new energy; power system stability; optimization measures

新能源接入下电力系统稳定性分析及优化措施探讨

马力

国家电投贵州金元集团威宁能源股份有限公司, 中国·贵州 毕节 553100

摘 要

随着全球对清洁能源的需求日益增长, 新能源在电力系统中的接入比例也在不断地提高。然而新能源的间歇性、波动性等特性, 给电力系统的稳定性带来了严峻的挑战。对此本文深入地分析了新能源接入对电力系统静态稳定性、暂态稳定性和电压稳定性的影响, 并且从技术、管理和政策等多个层面探讨了相应的优化措施, 旨在为保障电力系统在新能源大规模接入背景下的安全稳定运行提供参考。

关键词

新能源; 电力系统稳定性; 优化措施

1 引言

现阶段, 传统化石能源的日益枯竭以及环境问题的加剧, 促使着世界各国积极地发展新能源。而太阳能、风能、水能、生物质能等新能源凭借其清洁、可再生的优势, 在电力领域当中得到了广泛的应用。可是新能源的接入在减少碳排放、实现可持续发展的同时, 也给电力系统的运行和控制带来了诸多难题。尤其是新能源的特性与传统发电方式存在显著差异给电力系统稳定性带来了障碍, 其大规模接入改变了电力系统的电源结构、电网拓扑和运行特性, 对于电力系统的静态稳定性、暂态稳定性和电压稳定性产生了深远影响。因此深入地研究新能源接入下电力系统稳定性问题, 并且提出有效的优化措施具有重要的现实意义。

2 新能源的特性及接入现状

2.1 新能源的主要类型及特性

2.1.1 太阳能光伏发电

太阳能光伏发电是利用半导体材料的光电效应将太阳能直接转化为电能。其输出功率受光照强度、温度等因素的影响显著, 即具有明显的间歇性和随机性。展开来说, 在晴朗天气光伏发电功率就比较高, 而在阴天、夜晚或温度过高时, 其发电功率会大幅下降甚至为零^[1]。

2.1.2 风力发电

风力发电主要通过风力机将风能转化为机械能, 再经发电机转换为电能。但由于风速存在随机性和间歇性, 因此导致风力发电功率波动较大, 且风电场的出力还受地形、季节等因素影响。此外风力发电的启动和停止存在一定的惯性, 所以难以快速地响应电力系统的负荷变化。

2.1.3 水能发电

水能发电的原理是利用水流的能量驱动水轮机旋转, 进而带动发电机发电。虽然水能发电相对较为稳定, 但其受

【作者简介】马力 (1994-), 男, 回族, 中国贵州威宁人, 本科, 从事光伏电站研究。

水资源分布和季节变化影响,使得部分水电站的出力存在季节性波动。同时水电的调节能力有限,其在应对电力系统突发变化时,响应的速度相对较慢。

2.1.4 生物质能发电

生物质能发电是把生物质能(如秸秆、木材、垃圾等)燃烧产生的热能转化为电能。显然,生物质能发电的稳定性取决于生物质燃料的供应和质量,所以其存在燃料供应不稳定、发电效率相对较低等问题。

2.2 新能源在电力系统中的接入现状

近些年来,全球的新能源装机容量均在持续快速增长。以我国为例,截至2019年份,风电、光伏发电的累计并网装机容量均突破2亿kW,而到2023年底二者的累计并网装机容量分别达到4.4亿kW和6.1亿kW,在4年之间合计增长了约6.4亿kW,且合计发电量占比也从8.6%增长到15.8%^[2]。虽然随着新能源在电力系统中的发电量占比逐渐提高,使得部分地区新能源发电量已成为电力供应的重要组成部分。但是新能源的大规模接入也带来了一系列问题,如弃风、弃光现象时有发生,这就意味着新能源与电网的协调运行依然面临着诸多的挑战。

3 新能源接入对电力系统稳定性的影响

3.1 对静态稳定性的影响

3.1.1 改变系统的潮流分布

新能源的接入改变了电力系统的电源分布和功率流向,使得系统的潮流分布变得更加复杂。例如,某些地区在大量分布式光伏发电接入配电网之后,则可能导致配电网出现功率倒送现象,如此便改变了传统配电网的辐射状潮流分布,进而增加了潮流计算和分析的难度。

3.1.2 降低系统的阻尼特性

新能源发电设备(如风力发电机、光伏发电逆变器等)的控制特性缺乏固有的阻尼特性,其与传统同步发电机不同。因此当电力系统受到小干扰时,新能源发电设备就无法像传统同步发电机那样,为系统提供足够的阻尼转矩,进而会导致系统的振荡加剧,并降低系统的静态稳定性。

3.1.3 影响系统的电压调节能力

新能源发电的间歇性和波动性,使得系统的无功功率需求不断变化。而在新能源接入较多的地区,如果无功补偿设备配置不足或调节不及时,就可能导致系统电压波动较大,最终影响到系统的电压稳定性,进而会对静态稳定性产生不利影响。

3.2 对暂态稳定性的影响

3.2.1 故障期间的功率突变

当电力系统发生故障(如短路故障)时,新能源发电设备的输出功率则会发生突变。例如,风力发电机在故障瞬间,可能会由于风速的变化和控制策略的作用,导致输出功率急剧地下降,甚至是脱网运行。而这种功率突变就会引起

系统功率不平衡,其会产生较大的暂态冲击,威胁到系统的暂态稳定性。

3.2.2 低电压穿越能力的挑战

为了保证电力系统在故障期间的稳定运行,新能源发电设备必须具备一定的低电压穿越能力。然而目前部分新能源发电设备的低电压穿越技术还不够成熟,其在系统发生故障而导致电压跌落时,无法维持正常的运行,从而会加剧系统的暂态不稳定。

3.2.3 保护与控制的协调问题

新能源接入之后,电力系统的保护和控制策略需要进行相应的调整。可由于新能源发电设备的响应特性与传统设备不同,致使传统的保护和控制装置可能无法准确地识别故障类型和范围,从而会导致保护误动或拒动,影响到系统的暂态稳定性。此外,新能源发电设备的控制策略与电力系统的整体控制策略之间也需要更好地协调,以确保在故障情况下系统依然能够快速恢复稳定运行。

3.3 对电压稳定性的影响

3.3.1 无功功率平衡问题

新能源发电设备的输出功率主要是有功功率,且其无功功率调节能力有限。因此在新能源接入较多的地区,系统的无功功率需求可能无法得到有效满足,进而会导致电压下降。特别是在负荷高峰时段或新能源发电出力较低时,无功功率缺额的情况会更为明显,极易引发电压失稳的情况。

3.3.2 电压波动和闪变

新能源发电的间歇性和波动性,均会引起系统电压的波动和闪变。例如,风力发电的功率波动会导致并网点电压的快速变化,而当电压波动超过一定范围时,就会影响用户的正常用电,同时此问题也对电力系统的电压稳定性构成威胁^[3]。

3.3.3 分布式电源的接入位置和容量影响

分布式新能源电源(如分布式光伏发电、小型风力发电等)的接入位置和容量对配电网的电压分布有重要影响。如果接入位置不合理,或者是过大的接入容量,都可能导致局部地区电压过高或过低,最终影响到系统的电压稳定性。另外分布式电源与配电网之间的交互作用也较为复杂,可能会引发电压谐振等问题。

4 优化措施探讨

4.1 技术层面的优化措施

4.1.1 储能技术的应用

储能技术可以有效地平抑新能源发电的功率波动,从而提高电力系统的稳定性。现如今常见的储能技术包括电池储能、抽水蓄能、飞轮储能等。其中电池储能具有响应速度快、安装灵活等优点,使用该技术可在新能源发电功率过剩时储存电能,并在发电功率不足或系统负荷高峰时释放电能,即此技术起到了调节系统功率平衡和稳定电压的作用。抽水蓄能电站则具有容量大、储能时间长等优势,其在电力

系统中发挥着调峰、填谷、调频、调相和备用等多种功能。

4.1.2 灵活交流输电技术 (FACTS)

FACTS 技术主要是对电力系统的电压、相位、电抗等参数进行灵活地控制,进而提高电力系统的稳定性和输电能力。例如,静止无功补偿器 (SVC) 和静止同步补偿器 (STATCOM) 就可以快速地调节系统的无功功率,达到稳定系统电压的目的;而晶闸管控制串联补偿器 (TCSC) 可以灵活地调节输电线路的电抗,进而提高输电能力和系统的暂态稳定性。若在新能源接入的电力系统之中合理地应用 FACTS 技术,就可以有效地改善系统运行特性。

4.1.3 优化新能源发电设备的控制策略

通过改进新能源发电设备的控制算法和策略,可提高其对电力系统稳定性的支撑能力。展开来说,对于风力发电机就可以采用先进的最大功率跟踪控制策略,以及低电压穿越控制策略,使其在不同工况下都能够稳定地运行,并且还可以为系统提供必要的无功功率支持。但对于光伏发电逆变器,则可以通过优化其控制参数,来提高其抗干扰能力和对电网电压波动的适应性。

4.1.4 加强电力系统的监测与分析

建立完善的电力系统监测体系,用以实时监测新能源发电设备的运行状态、电力系统的潮流分布、电压和频率等参数。接着利用大数据分析、人工智能等技术对监测数据进行深入分析,可及时地发现潜在的稳定性问题,此时相关人员可提前对其采取相应的措施。如,通过数据分析来预测新能源发电的出力变化,以此为电力系统的调度和控制提供依据。

4.2 管理层面的优化措施

4.2.1 优化电力系统调度运行

在新能源大规模接入的情况下,电力系统调度需要充分地考虑到新能源发电的不确定性和波动性。对此可采用滚动调度、实时调度等方式,再根据新能源发电的实时出力和负荷预测,合理地安排发电计划。如优化机组组合和负荷分配,以确保电力系统的功率平衡和稳定运行。

4.2.2 建立健全电力市场机制

电力企业在完善的电力市场机制之下,可以有效促进新能源的消纳和电力资源的优化配置。为此龙头企业可建立辅助服务市场,借其鼓励新能源发电企业和储能企业参与电力系统的调频、调峰、备用等辅助服务,最终提高电力系统的灵活性和稳定性。

4.2.3 加强电网规划与建设

以新能源的分布和发展规划为依据,合理地规划电网布局,以加强电网建设和改造。其中要着重提高电网的输电能力和智能化水平,以增强电网对新能源的接纳能力。

4.3 政策层面的优化措施

4.3.1 完善新能源发展政策

政府应制定和完善有利于新能源发展的政策法规,并且加大对新能源产业的支持力度。例如,为其提供财政补贴、税收优惠等政策,从而降低新能源发电的成本,促进新能源发电市场竞争力的提高。同时加强对新能源发电项目的规划和管理,确保新能源的有序发展。

4.3.2 加强技术研发和人才培养

加大对新能源发电技术和电力系统稳定性相关技术的研发投入,需要着重鼓励科研机构和企业开展技术创新。而加强新能源和电力系统领域的人才培养,则需要建立多层次、多渠道的人才培养体系,如此才能培养出一批既懂新能源技术,又熟悉电力系统运行的复合型人才。

4.3.3 推动国际合作与交流

新能源接入下电力系统稳定性问题是全球性课题,因此各国都应加强国际合作与交流,互相分享技术经验和研究成果^[4]。对此可通过参与国际标准制定、开展联合研究项目等方式,来共同推动新能源发电技术和电力系统稳定性技术的发展,从而提高全球电力系统的稳定性和可靠性。

5 结语

新能源接入是电力系统发展的必然趋势,虽然新能源的接入给电力系统稳定性带来了诸多挑战,但相关人员采取有效的优化措施,依然可以实现新能源与电力系统的协调发展。其中在技术层面,可应用储能技术、灵活交流输电技术,来优化新能源发电设备的控制策略,加强电力系统的监测与分析;而在管理层面,需注重优化电力系统调度运行,对此可建立健全的电力市场机制,并加强电网的规划与建设;在政策层面则要完善新能源发展政策,加强技术研发和人才培养,推动国际合作与交流。相信通过多层面、多维度的努力,一定能够提高电力系统在新能源接入下的稳定性,从而保障电力可靠供应,实现能源的可持续发展。未来随着新能源技术和电力系统技术的不断进步,相关人员还需要进一步深入地研究新能源接入对电力系统稳定性的影响,不断地去探索新的优化措施和解决方案,以适应新能源大规模接入的发展需求。

参考文献

- [1] 朱明海.新能源接入新型电力系统优化控制方法及关键技术分析[J].电力设备管理,2023,(17):206-208.
- [2] 张栋,冯凯辉,时智勇,等.中国新能源并网发展现状与建议[J].太阳能,2024,(07):89-97.
- [3] 马喜平,贾嵘,梁琛,等.高比例新能源接入下电力系统降损研究综述[J].电网技术,2022,46(11):4305-4315.
- [4] 吴杰,杜思阳.新能源发电并网接入技术稳定性及可靠性分析[J].自动化应用,2023,64(S02):24-26.