

Discussion on the Strategy of Improving the Stability of New Energy Power Generation and Grid Connection

Qifei Wang¹ Ning Zhang²

1. State Grid Shanxi Electric Power Co., Ltd., Zezhou County Power Supply Branch, Jincheng, Shanxi, 048000, China

2. State Grid Shanxi Electric Power Co., Ltd., Jincheng Power Supply Branch Urban Power Supply Center, Jincheng, Shanxi, 048000, China

Abstract

Grid integration of renewable energy generation has become a pivotal focus in China's power system development, playing a crucial role in addressing energy resource shortages and ensuring stable electricity supply. Under the dual goals of carbon peaking and carbon neutrality, renewable energy has achieved large-scale development through its clean and low-carbon advantages, with grid-connected operations now serving as the cornerstone of modern power systems. To enhance grid stability for renewable energy, this study proposes a systematic strategy encompassing technological innovation, standardization, dispatch optimization, energy storage deployment, and digital empowerment. The research aims to provide theoretical and practical references for achieving safe grid integration of high-proportion renewable energy.

Keywords

new energy power generation and grid connection; stability; improvement

新能源发电并网稳定性提升策略探讨

王琦斐¹ 张宁²

1. 国网山西省电力有限公司泽州县供电分公司, 中国·山西 晋城 048000

2. 国网山西省电力有限公司晋城供电分公司城区供电中心, 中国·山西 晋城 048000

摘要

新能源发电并网是当前我国电力系统建设研究的重点, 对于我国电力系统发展意义重大, 有利于我国突破电能资源紧缺困境, 为用电用户提供电能保障。在碳达峰、碳中和目标引领下, 新能源发电凭借清洁低碳的优势实现规模化发展, 其并网运行已成为新型电力系统建设的核心支撑。为进一步提升新能源发电并网稳定性, 在分析稳定性提升必要性的基础上, 提出涵盖技术创新、标准完善、调度优化、储能配置及数字赋能的系统性策略, 希望能够为高比例新能源安全并网提供理论与实践参考。

关键词

新能源发电并网; 稳定性; 提升

1 引言

新能源发电并网是指将风能、太阳能等可再生能源转化的电能接入公共电网, 与传统电源协同工作以实现电能供给的过程, 其主要特点是清洁性与分布式相结合。随着能源转型进程的加快, 新能源已经成为电力增量的主体, 而新能源发电出力受自然条件制约大, 加之电力电子变流器接入电网后, 传统电网的同步运行特性发生改变, 从而造成电压波动、频率偏移等稳定问题频繁出现。稳定性属于并网运行的重要指标, 其直接影响新能源的消纳能力以及电网的安全状况。目前高比例新能源并网带来的安全风险已经成为行业的

共识, 增强稳定性提升不但是解决新能源消纳难的重要途径, 更是保证能源供应安全、推动新型电力系统落地的重要基础。

2 新能源发电并网的原理

新能源发电并网具体是指将利用新能源生产的电能并入连接电力功能系统, 与传统电力能源生产形成并联, 共同为电力系统提供电能。新能源发电并网已经成为当前电力系统发展的主要方向, 能够实现稳定并可利用蓄电池实施电力储能, 降低电力能源生产和传输中的能量损耗, 继而有效控制电力系统生产控制成本。新能源并网后, 电网电力系统的供电更加储备充足, 可优化设置用户电能分配方案, 减轻电网的传输和分配负担。

目前, 新能源发电形式开始逐渐多样化, 其中包括风

【作者简介】王琦斐(1993-), 女, 中国山西晋城人, 硕士, 工程师, 从事电力系统研究。

力发电、太阳能发电、第二能源发电及海洋能发电等。新能源发电并网时，根据新能源发电形式不同，其并网的基本形式有所不同。在实施并网管理的过程中，应根据电网需求及电网并入稳定性来完成新能源发电并网，继而保证并网良好运行。

3 新能源发电并网稳定性提升的必要性

3.1 保障能源供应安全的基础支撑

随着新能源装机比例的不断提高，其已经由辅助能源转变为主体能源，2024年全国新增的可再生能源发电装机容量达到3.7亿千瓦，占全球新增装机的比例超过六成，风电、光伏是新增装机的主要力量。新能源发电的间歇性极易造成出力突然上升或突然下降，如果稳定性不够，会引发电网频率波动或者大面积停电事故。2023年6月5日，宁夏海原县330千伏汇集站发生69赫兹超同步振荡。振荡问题发生后，中国电科院新能源中心依托可再生能源并网国家重点实验室，首先仿真再现现场振荡现象，找出振荡风险源，提出采用逆变器多参数协调优化的阻抗重塑振荡抑制方法。目前电力系统对新能源的依赖程度越来越高，第一批“沙戈荒”基地等大型新能源项目也陆续投产，如果并网稳定性问题不能得到解决，就会直接危及电力系统的安全。提升并网稳定性可以提高新能源出力的可预测性、可控性，保证在极端天气或者出力波动时系统仍能保持平衡，为能源供应安全提供核心保障，适应新能源主体地位的必然要求。

3.2 提升新能源消纳效率的关键路径

我国新能源消纳问题突出，2024年部分地区弃风率、弃光率虽然控制在5%以内，但是风光资源丰富的西北、华北地区，在极端天气下仍然会出现弃电现象，根本原因就是并网稳定性不足，造成电网接纳能力受限。提升并网稳定性可以提高电网对新能源波动的承受能力，扩大接纳空间。鄂尔多斯零碳产业园提高了风光储并网的稳定性，从而使得区内企业的绿电使用比例接近70%，绿色电力80%实现了就地供电，稳定性与消纳效率存在正相关关系。新能源大规模发展背景下，只有稳定性提升突破电网接纳瓶颈才能使新能源被充分利用，提高能源利用效率。

3.3 推动新型电力系统建设的核心动能

新型电力系统以高比例新能源接入、高比例电力电子设备为特点，并网稳定性是保证这一特点的重要技术基础。目前构网型技术、虚拟电厂等新型并网主体不断出现，传统的电网同步运行机制被打破，系统惯性减小，对并网稳定性的要求越来越高。国家能源局明确指出要强化新能源涉网安全能力，防止出现带病上线的现象，保证新型电力系统高质量发展。稳定性提升会促使新能源与电网协同进化，促使源网荷储各个环节的技术创新以及模式融合。

4 新能源发电并网稳定性提升策略

4.1 部署构网型储能技术，强化源侧支撑能力

构网型储能技术模仿传统同步发电机的惯性特性和调节能力，可以弥补新能源发电惯性缺失的问题，是提高并网稳定性的主要技术手段。构网型储能相较于传统的跟网型储能来说，自身就可以支撑电网电压、频率，可以脱离电网独立工作，并且能够实现与电网的并网/离网无感切换。系统抗扰动性得到显著提升。鄂尔多斯零碳产业园使用全球容量最大的5.5MW、14MWh构网型储能样机，支撑了源网荷储一体化系统的运行，完成黑启动、长时离网等重要技术的验证，其性能位居国际领先水平。风电、光伏总装机500MW稳定接入电网，园区绿电使用比例达70%。

推广构网型储能要结合场景差异进行配置，集中式新能源基地要配置不低于10%容量的构网型储能来提高集群并网稳定性，分布式光伏要搭配5-15kW的小型构网型储能单元来保证配电网电压稳定。同时要按照《电力系统网源协调技术导则》的要求，保证设备涉网性能符合标准，通过第三方CNAS或者CMA资质检测之后才能并网。该技术的应用前后效果比较明显，以前风电出力波动范围为 $\pm 30\%$ 、电压波动为 $\pm 8\%$ ，经过技术的应用之后，出力波动范围缩减到 $\pm 15\%$ 、电压波动控制在 $\pm 3\%$ 以内，绿电使用比例达到70%，说明此项技术的性能提升了系统稳定性。

4.2 完善涉网标准体系，规范全周期管理流程

健全的标准体系是保证并网稳定性的制度基础，应建立包含设计、建设、并网、运行全过程的标准体系，加强标准刚性执行。目前新能源并网标准存在分散化的现象，一些新型的并网主体没有被包含在统一的规范之中，出现“带病入网”的现象。加快标准的整合更新，在并网前严格执行涉网性能型式试验制度，集中式新能源基地提供宽频振荡抑制、快速调压等性能检测报告，远端汇集的风电项目应配置调相机等支撑装置。并网之后应落实参数复测的要求，AGC、AVC等重要参数的复测周期不能多于5年，须由有资质的第三方机构来执行，保证模型以及参数的准确性。

山东电网实践中所开展的标准体系改进、规范并网之前的检验以及并网之后的再次检测等活动，得到了良好的成效。2024年，在山东光伏装机全国第一、风电光伏合计装机全国第三的情况下，实现了新能源利用率达97.6%。标准体系建设要同步推进新技术的适配，对于虚拟电厂、分布式储能等新型主体要制定不同的并网标准来填补管理空白。

4.3 构建智能调度体系，实现源网荷储协同

智能调度依靠多源数据以及优化算法，能够把新能源出力预测，电网运行状态感知，资源协同调度有机融合起来，从而改善系统对波动的调节能力。当前调度优化的主要方向就是由源随荷动向源荷互动转变，充分发挥负荷侧的灵活

性资源,降低新能源波动压力。调度体系的建设要增强“可观、可测、可控”能力,在感知上搭建起涵盖发电、输电、配电、用电全过程的监测网,并且要求并网主体及时上报有功功率、电压等遥测数据,信息采集的精度要达到分钟级,在预测上利用机器学习算法将气象数据同运行数据融合起来,提高新能源出力预测的精确度,短期预测误差能保持在10%以内,在调度上形成多级调度协同的机制,省级调度主要负责跨区域的资源调配,区域调度则专注于新能源集群的管控。

国网江苏电力还将新能源汽车作为移动储能资源纳入该体系,根据居住区、办公区等长时间停放新能源汽车的特点,引导新能源汽车在闲暇时间接受电网调控或根据激励信号自主充放电,实现削峰填谷。江苏电网通过智能调度系统实现了对大规模储能资源的精准控制,全省新型储能规模达760万千瓦,抽水蓄能373万千瓦,均居全国前列。

4.4 优化电网网架结构,增强传输适配能力

电网网架是新能源并网的物理依托,电网网架结构是否合理、电网网架输电能力如何,直接关系到并网稳定性,要依靠特高压通道建设和配电网升级,打造“强骨干、宽接入、高弹性”的电网。针对新能源资源与负荷中心逆向分布的特性,特高压通道可以远距离、大容量传输,减小局部电网的压力。在配电网层面,对于分布式光伏接入造成的电压越限问题,采用智能分压器、主动配电网技术,对电压进行实时调节。在青海海南州共和县配电网改造工程中加装分布式调压装置、优化网架结构,把原来每回线路的接入容量从10MW提高到25MW,使电压波动范围控制在 $\pm 5\%$ 以内。

网架构建之时,接入电网的安全风险也要一并开展评估工作,电网企业需提前对新能源接入之后的短路电流、潮流分布变化展开分析,并制定出不同的接入方案。海上风电等特殊场合需要使用海上升压站、柔性直流输电技术来解决远距离传输损耗和稳定问题,广东明阳青洲海上风电项目用柔性直流技术实现500MW风电稳定并网。青海海南州共和县配电网改造项目的网架优化效果也被证实,改造前配网光伏接入容量为10MW/回,电压越限率为12%,改造后接入容量提高到25MW/回,电压越限率降到2%。

4.5 建设数字赋能平台,实现全流程智能管控

数字技术给并网稳定性改善赋予了新途径,凭借创建“数据采集→建模分析→预警管控”数字赋能平台,可以做到并网全流程的智能化管控,提前察觉并处理稳定风险。平

台的主要功能有运行状态监测、故障预警、仿真分析等,利用大数据和人工智能技术来提高决策准确性。鄂尔多斯零碳产业园创建的零碳数字操作系统属于典型个案,此平台把风光发电,储能运行,负荷消耗等各个方面的数据归集起来,凭借数字孪生技术创建虚拟电网模型,随时模仿不同工作状态下的并网运行情形。当风电出力突然下降时,平台可以在0.5秒内发出预警,自动启动储能放电和负荷调节指令来维持电压频率稳定。

数字平台创建要遵照“数据互通,标准统一”准则,消除新能源电站,电网公司,储能运营商等各个方面的数据壁垒,依靠电力行业通用通信协议达成数据共享。新疆电力公司数字赋能平台接入1200座新能源电站数据,利用大数据分析建立稳定性评估模型,效果非常显著。实施前为2022年,该平台覆盖区域新能源电站故障预警准确率为65%,设备非计划停运时间为80小时/年;2024年平台优化后,预警准确率提高到92%,设备非计划停运时间减少到52小时/年,降幅为35%,为并网稳定性提升提供了有力保障。

5 结语

新能源发电并网稳定性提升属于能源转型进程中的系统工程,涉及能源安全、生态环保和产业升级等多个方面的目标。其主要逻辑就是依靠技术创新和制度完善,解决新能源固有的波动性同电网安全运行之间的矛盾,创建新能源同电网协同发展生态体系。从实践来看,构网型技术、智能调度、数字赋能等多路径融合已展现出显著成效,论证了稳定性提升的可行性和科学性,给新型电力系统创建赋予了核心动能,助推达成碳达峰碳中和目的,为世界能源变革供应中国方案。

参考文献

- [1] 刘聪.新能源发电并网对配电网电能质量的影响及控制研究[J].电力设备管理,2024,(23):98-100.
- [2] 高爱杰,何晓辰.新能源发电并网对电网电能质量的影响探讨[J].光源与照明,2024,(10):228-230.
- [3] 黄腾.新能源发电并网对电能质量的影响研究[J].电气技术与经济,2024,(06):347-349+353.
- [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(S2):24-26.
- [5] 蒋媛杰.新能源发电并网对电网电能质量的影响分析[J].电子技术,2023,52(12):92-93.