

分布式光伏涉网技术管理综述

赵伟哲,何昊,吴康,匡德兴,万子镜

(国网江西省电力有限公司电力科学研究院,江西 南昌 330096)

摘要:文中针对分布式光伏发电系统接入电网过程中带来的技术挑战,分析了分布式光伏涉网技术的特点、现状及其存在的主要问题,包括电能质量、系统稳定性和保护控制等方面;对比分析现有的分布式光伏涉网性能管理规范,提出并网流程、技术规范、保护配置等方面的建议;结合目前江西电网分布式光伏发展现状,提出关于分布式光伏涉网性能管理方面建议。

关键词:分布式光伏;涉网技术;系统稳定性;保护控制;管理建议

中图分类号:TM 615 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-348X(2025)01-0024-04

0 引言

截至2024年12月底,江西电网分布式光伏装机容量突破1 200万kW,装机规模与集中式光伏电站相当,装机占比占全省新能源发电装机总容量的37%。江西电网分布式光伏装机容量近几年迅速增长,分布式光伏呈现飞速发展态势,极大增加了电网新能源消纳难度,并在午间光伏大发期间,配网出现潮流倒送、台区电压升高等一系列问题,严重威胁配电网的安全稳定运行。分布式光伏的出力特性易受光照资源时空分布差异及气象条件波动的制约,其输出功率呈现明显的随机波动与间歇特性,可调可控性较差。随着分布式光伏装机容量的持续增长,其并网呈现出“规模大、分布广、局部密度高”的特点^[1-3],分布式光伏对电网运行的影响已不容忽视,尤其是与配电网之间的交互影响日益凸显^[4-10],分布式光伏的大规模并网将对电力系统配网侧的无功调节^[11-13]、电能质量^[14-15]及保护配置^[16-18]等规划设计和调度运行环节产生巨大影响,且这种影响可进一步向主网延伸。

文中结合江西电网分布式光伏发展现状,参考分布式光伏涉网性能相关技术标准,分析江西电网分布式光伏现存的管理问题,并提出相关改进建议。

1 分布式光伏分类

分布式光伏发电是指在用户侧开发、在配电网接入、原则上在配电网系统就近平衡调节的光伏发电设施。根据《光伏发电并网逆变器技术要求》(GB/T 37048—2019),分布式光伏可按照并网电压等级进行分类,如表1所示;此外,《办法》(国能发新能规〔2025〕7号)规定,分布式光伏也可以按照业主性质进行分类,如表2所示。

表1 分布式光伏分类(按接入电压等级)

类型	定义
A类逆变器	指应用于通过35 kV及以上电压等级并网的光伏发电站所用逆变器
B类逆变器	指应用于通过10 kV及以下电压等级并网的光伏发电系统所用逆变器

表2 分布式光伏分类(按业主性质分)

类型	定义	上网模式
自然人户用	指自然人利用自有住宅、庭院投资建设,与公共电网连接点电压等级不超过380 V的分布式光伏。	可选择全额上网、全部自发自用或者自发自用余电上网模式。
非自然人户用	非自然人利用居住住宅、庭院投资建设,与公共电网连接点电压等级不超过10 kV(20 kV)、总装机容量不超过6 MW的分布式光伏。	可选择全部自发自用或者自发自用余电上网模式;采用自发自用余电上网的,年自发自用电量占发电量的比例,由各级能源主管部门结合实际确定。
一般工商业	利用党政机关、学校、医院、市政、文化、体育设施、交通场站等公共机构以及工商业厂房等建筑物及其附属场所建设,与公共电网连接点电压等级不超过10 kV(20 kV)、总装机容量原则上不超过6 MW的分布式光伏。	原则上选择全部自发自用模式;在电力现货市场连续运行地区,大型工商业分布式光伏可采用自发自用余电上网模式参与现货市场。
大型工商业	利用建筑物及其附属场所建设,接入用户侧电网或者与用户开展专线供电(不直接接入公共电网且用户与发电项目投资方为同一法人主体),与公共电网连接点电压等级为35 kV、总装机容量原则上不超过20 MW或者与公共电网连接点电压等级为110 kV(66 kV)、总装机容量原则上不超过50 MW的分布式光伏。	

收稿日期:2025-02-05
作者简介:赵伟哲(1990),男,硕士,工程师,现从事新能源并网技术研究。

2 分布式光伏并网技术要求

参考《光伏发电系统接入配电网技术规定》(GB/T 29319—2024)^[19],分布式光伏并网性能要求具体包括耐频耐压、故障穿越、功率控制能力等重要涉网技术条件。

2.1 耐频耐压能力

根据上述标准要求,分布式光伏应当保证并网点频率在 48.5~50.5 Hz 时能够连续正常运行。电网频率处于该范围之外时,分布式光伏应有一定的频率耐受能力,如表 3 所示,其与集中式光伏耐频能力要求基本一致。

表 3 分布式光伏发电系统频率运行范围

频率范围/Hz	运行要求
低于 46.5	/
46.5~47.0	至少运行 5 s
47.0~47.5	至少运行 20 s
47.5~48.0	至少运行 1 min
48~48.5	至少运行 5 min
48.5~50.5	连续运行
50.5~51.0	至少运行 3 min
51.0~51.5	至少运行 30 s
高于 51.5	/

在电压耐受能力方面,分布式光伏至少保证当并网点电压在标称电压的 85%~110% 时,能正常连续运行。相比较于集中式光伏(要求电压在 90%~110% 连续运行^[20]),分布式光伏的耐压能力要求更高。

2.2 故障穿越能力

当电力系统发生故障,导致分布式光伏发电系统并网点电压出现较大范围波动时,分布式光伏发电逆变器应具备图 1、图 2 所示的故障穿越能力。图 1 为低电压穿越:当并网点电压跌落至 85% 以下时,分布式光伏启动低电压穿越,保持不脱网运行 2 s 以上;在电压跌落至 20% 时,分布式光伏应至少保持不脱网运行 0.625 s;在电压跌落至 0 时,分布式光伏应至少保持不脱网运行 0.15 s;图 2 为高电压穿越:当并网点电压升至 110% 以上时,分布式光伏启动高电压穿越,保持不脱网运行 10 s 以上;在电压升高至 120% 时,分布式光伏应至少保持不脱网运行 0.5 s;同时,在故障穿越期间,分布式光伏逆变器还需提供相应的无功电流支撑,助力电网故障恢复。

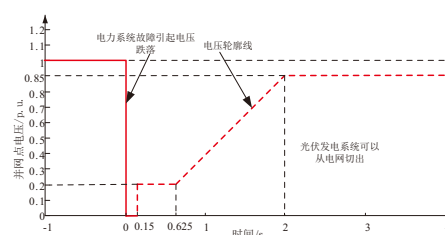


图 1 分布式光伏发电系统低电压穿越要求

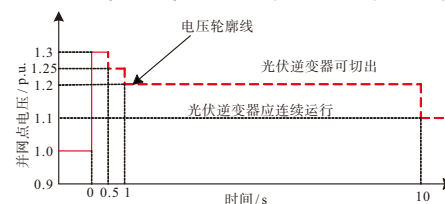


图 2 分布式光伏发电系统高电压穿越要求

2.3 功率控制能力

分布式光伏发电系统应能接收并自动执行有功功率控制指令,通过 10 kV 电压等级并网的光伏发电系统应具备一次调频能力。

在无功功率控制能力方面,分布式光伏发电系统并网点功率因数应在 0.95(超前)~0.95(滞后)范围内连续可调,且具备无功电压控制、定功率因数控制等多种无功功率控制模式,该部分与集中式光伏电站并网要求一致。

3 江西分布式光伏涉网性能核查情况

截至 2024 年 12 月底,江西电网 10 kV 及以上电压等级的分布式光伏装机容量达 317 万 kW,装机户数达 2000 余户;10 kV 以下电压等级的分布式光伏装机容量达 860 万 kW,装机户数超 27 万户。以屋顶式光伏为主的 10 kV 以下电压等级的分布式光伏呈现数量多、分布散的特性,性能核查较为困难。因此,仅对江西电网 798 座 10 kV 及以上电压等级并网的分式光伏发电系统开展涉网性能核查。各地市公司分布式光伏核查明细如表 4 所示。

表 4 各地市公司分布式光伏核查明细表

地市公司	座数	容量/万 kW
赣州	219	17.67
吉安	168	15.56
新余	41	13.36
抚州	33	4.5386
萍乡	31	4.71
九江	31	11.643
宜春	29	4.8228
上饶	201	32.915
南昌	33	14.92
景德镇	6	3.851
鹰潭	6	2.961

在 798 座分布式光伏电站中有 78 座无法按要求参

5 结语

随着近年来分布式光伏的爆发式增长,其对电力系统的安全稳定运行也将带来巨大冲击,这也对分布式光伏系统的控制优化以及涉网性能等提出了更高的要求。现阶段,分布式光伏主要存在的问题是发展迅猛与管理手段滞后的不匹配,出现“有人建、没人管”的问题,涉网性能参差不齐。当电网发生频率异常或故障时,存在分布式光伏大面积脱网引发二次事故的风险。为规范行业发展,《光伏发电系统接入配电网技术规定(GB/T 29319—2024)》已于2024年3月15日正式实施。该标准明确规定了分布式光伏发电系统电压/频率适应性、高/低电压穿越、有功/无功功率控制能力等方面的要求,为光伏发电系统的安全可靠运行提供重要保障。建议在后续的分布式光伏管理中,加强管理人员技术培训,按照光伏并网性能标准严格把控入网关,并利用智能化手段实行并网运行监督。

参考文献:

- [1] 张守国. 新能源发电发展的影响因素分析及前景展望[J]. *Engineering Management & Technology Discussion*, 2024, 6(21).
- [2] 许晓艳, 黄越辉, 刘纯, 等. 分布式光伏发电对配电网电压的影响及电压越限的解决方案[J]. *电网技术*, 2010, 34(10): 140-146.
- [3] 裴哲义, 丁杰, 李晨, 等. 分布式光伏并网问题分析与建议[J]. *中国电力*, 2018, 51(10): 80-87.
- [4] 崔红芬, 汪春, 叶季蕾, 等. 多接入点分布式光伏发电系统与配电网交互影响研究[J]. *电力系统保护与控制*, 2015, 43(10): 91-97.
- [5] 雷一, 赵争鸣. 大容量光伏发电关键技术及与并网影响综述

- [J]. *电力电子*, 2010, 9(3): 16-23.
- [6] 丁明, 王伟胜, 王秀丽, 等. 大规模光伏发电对电力系统影响综述[J]. *中国电机工程学报*, 2014, 34(1): 1-14.
- [7] 陈炜, 艾欣, 吴涛, 等. 光伏并网发电系统对电网的影响研究综述[J]. *电力自动化设备*, 2013, 33(2): 26-32, 39.
- [8] 韩雪, 任东明, 胡润青. 中国分布式可再生能源发电发展现状与挑战[J]. *中国能源*, 2019, 41(6): 32-36, 47.
- [9] 邵汉桥, 张籍, 张维. 分布式光伏发电经济性 & 政策分析[J]. *电力建设*, 2014, 35(7): 51-57.
- [10] 丁芸, 林韵. 我国分布式光伏发电的困境分析与发展对策研究[J]. *资源与产业*, 2015, 17(3): 51-55.
- [11] 陈仕彬, 梁福波, 李养俊, 等. 光伏电站无功电源优化方法研究[J]. *电工电气*, 2017(2): 27-31.
- [12] 葛晓慧, 赵波. 光伏电源接入对配电网电压稳定的影响研究[J]. *浙江电力*, 2011, 30(10): 6-8, 13.
- [13] 喻恒凝, 黄力, 张思东, 等. 分布式光伏和电动汽车接入对配电网网损和电压偏移影响的分析研究[J]. *智慧电力*, 2020, 48(1): 28-34.
- [14] 许晓艳, 黄越辉, 刘纯, 等. 分布式光伏发电对配电网电压的影响及电压越限的解决方案[J]. *电网技术*, 2010, 34(10): 140-146.
- [15] 李清然, 张建成. 含分布式光伏电源的配电网电压越限解决方案[J]. *电力系统自动化*, 2015, 39(22): 117-123.
- [16] 刘全, 王飞, 严星, 等. 含分布式光伏电源的配电网故障分析与研究[J]. *智慧电力*, 2018, 46(8): 79-83.
- [17] 刘健, 林涛, 李龙, 等. 分布式光伏接入情况下配电自动化系统的适应性[J]. *电力系统保护与控制*, 2014, 42(20): 7-12.
- [18] 张勇. 分布式发电对电网继电保护的影响综述[J]. *电力系统及其自动化学报*, 2010, 22(2): 145-151.
- [19] 国家市场监督管理总局. 光伏发电系统接入配电网技术规定: GB/T 29319—2024 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [20] 国家市场监督管理总局. 光伏电站接入电力系统技术规定: GB/T 19964—2024 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.

(上接第18页)

- [7] 国家发展改革委, 国家能源局. 关于印发《“十四五”新型储能发展实施方案》的通知(发改能源[2022]209号)[Z]. 2022.
- [8] 国家发展改革委, 国家能源局. 关于加快推动新型储能发展的指导意见(发改能源规[2021]1051号)[Z]. 2021.
- [9] 国家发展改革委, 国家能源局. 关于新形势下配电网高质量发展的指导意见(发改能源[2024]187号)[Z]. 2024.
- [10] 江西省能源局. 关于印发《江西省新型储能发展规划(2024-2030年)》的通知(赣能电力字[2024]2号)[Z]. 2024.
- [11] 国家发展改革委, 国家能源局. 《关于深化新能源上网电价市场化改革 促进新能源高质量发展的通知(发改价格

[2025]136号)[Z]. 2025.

- [12] 江西省能源局. 关于进一步推进屋顶分布式光伏健康有序发展的通知(赣能新能字[2023]142号)[Z]. 2023.
- [13] 中国电力企业联合会. 分布式电源接入电网承载力评估导则: DL/T 2041—2019 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2019.
- [14] 于雨彤, 王灿, 李勇, 等. 高比例光伏接入的配电网多层级反向重过载风险评估[J]. *高电压技术*, 2024, 50(10): 4540-4549.
- [15] 杨宇, 文福拴, 周星龙, 等. 高光伏渗透率配电系统电压协同控制研究综述[J]. *电力自动化设备*, 2023, 43(10): 48-58.
- [16] 孙文文, 何国庆, 刘纯, 等. 含高渗透率分布式光伏的配电网电压越限解决方法研究综述[J]. *现代电力*, 2024, 41(2): 302-309.