

10–35kV 供配电网谐波源定位的技术研究及应用

台文昊

国能新疆煤制气有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i12.8604

[摘要] 10–35kV 供配电网谐波源定位精度不足会加剧电网设备损耗、干扰供电稳定性，10–35kV 供配电网谐波源定位的技术研究是提升定位效能的关键路径。基于供配电网拓扑结构特性与谐波传播规律，技术研究通过优化信号特征提取与定位模型构建逻辑，实现谐波源位置的精准锁定。阐述研究的设计思路与核心原理，分析其在不同供配电网工况下的应用机制，验证研究对定位精度与响应速度的提升作用。研究表明，技术研究可有效适配供配电网复杂运行环境，为供配电网谐波治理提供可靠技术支持。

[关键词] 供配电网；谐波源定位；电气工程；供配电稳定性

Technical Research and Application of Harmonic Source Localization in 10–35kV Power Distribution Networks by

Tai Wenhao

State Energy Xinjiang Coal-to-Gas Co., Ltd.

[Abstract] Inadequate localization accuracy of harmonic sources in 10–35kV power distribution networks exacerbates equipment wear and disrupts power supply stability. Technological research on harmonic source localization is a critical pathway to enhance localization efficiency. Based on the topological characteristics of power distribution networks and harmonic propagation patterns, this study optimizes signal feature extraction and localization model logic to achieve precise harmonic source localization. The research outlines its design philosophy and core principles, analyzes application mechanisms under various network operating conditions, and validates improvements in localization accuracy and response speed. The study demonstrates that this technology effectively adapts to complex power distribution network environments, providing reliable technical support for harmonic mitigation.

[Key words] power supply and distribution network; harmonic source localization; electrical engineering; power supply and distribution stability

引言

10–35kV 供配电网作为电气工程的核心组成部分，其供电质量直接关联工业生产企业用电需求。谐波污染是供配电网运行中的主要隐患，谐波源的隐匿性与分布随机性，导致传统定位方法难以实现精准溯源，进而影响谐波治理的针对性与有效性。谐波源产生的畸变电流会引发变压器过热、输电线路损耗增加，甚至干扰精密电力设备正常运行，亟需通过技术改进突破定位技术瓶颈。明确谐波源定位的技术痛点，梳理技术改进的核心方向，可为后续深入探讨研究的应用奠定基础，同时契合供配电网高效运维与高质量供电的发展需求。

一、供配电网谐波源定位的技术痛点与传统技术局限

（一）供配电网谐波源的分布特性与定位难点

10–35kV 供配电网涵盖高压输电线路、中低压配电支线及各类用户终端，谐波源既包括工业领域的变频器、电弧炉等非线性负载，也涵盖企业中的电器等分散性谐波产生设备，呈现出分布广泛、类型多样且输出功率波动较大的特性。不同类型谐波源产生的谐波次数与幅值存在差异，在电网中传播时会发生叠加、衰减与反射，进一步增加了定位难度。供配电网拓扑结构的复杂性的，如分支线路交错、负荷节点动态变化等，会导致谐波信号在传输过程中出现失真，传统定位方法难以准确捕捉谐波源的原始特征。

（二）传统谐波源定位技术的核心缺陷

传统谐波源定位技术多基于单一信号特征或简化的电网模型构建，难以适配供配电网复杂的实际运行环境。基于阻抗

法的传统定位技术，通过计算线路阻抗变化判断谐波源位置，但该方法对线路参数的准确性要求极高，而供配电网线路参数易受环境温度、湿度及负荷变化影响发生波动，导致定位误差较大^[1]。基于贝叶斯估计的定位技术，在处理多谐波源并存场景时，由于未充分考虑谐波信号的叠加效应，易出现定位模糊问题，无法精准区分多个谐波源的具体位置。传统技术的响应速度较慢，当谐波源发生突变或新增谐波源时，难以快速完成定位更新，导致谐波治理措施的实施存在滞后性，无法及时遏制谐波污染的扩散。

（三）技术改进对谐波源定位的必要性

谐波源定位的精准性直接决定谐波治理的成效，技术改进是突破传统技术瓶颈的核心路径。随着供配电网中分布式电源的大量接入，新型非线性负载的不断增加，谐波污染的复杂性进一步提升，传统技术已无法满足精准定位的实际需求。通过技术改进，可优化谐波信号的提取与分析逻辑，提升对复杂工况干扰的抗干扰能力，实现对不同类型、不同分布谐波源的精准定位。精准的谐波源定位可为谐波治理措施的制定提供可靠依据，降低治理成本，提升治理效率，同时减少谐波污染对电网设备的损耗，保障供配电网的安全稳定运行，契合电气工程领域对供配电网供电质量提升的发展需求。

二、供配电网谐波源定位研究的设计思路与核心原理

（一）研究的整体设计框架

研究以10-35kV供配电网实际拓扑结构与谐波传播规律为基础，构建“信号采集-特征提取-模型构建-定位输出”的全流程设计框架。在信号采集环节，优化采集节点的布设方案，结合供配电网负荷分布特性，选取关键节点进行多维度信号采集，确保采集数据能够全面反映谐波传播状态。特征提取环节引入先进的信号处理技术，对采集到的谐波信号进行去噪、滤波处理，提取出能够精准表征谐波源特性的核心特征参数，减少工况干扰对特征提取的影响。模型构建环节充分考虑供配电网的动态变化特性，构建自适应的定位模型，实现对电网拓扑结构与负荷变化的实时适配。定位输出环节优化计算逻辑，提升定位结果的输出效率与精准度，形成完整的谐波源定位技术体系。

（二）研究的核心技术原理

研究融合小波分析与粒子群优化技术的核心优势，形成协同工作的技术原理。通过小波分析技术对采集到的谐波信号进行多尺度分解，能够有效分离谐波信号中的有用成分与干扰成分，提升特征提取的准确性，尤其是对低频谐波与高频谐波的区分能力，可精准捕捉不同谐波源的特征差异^[2]。粒子群优化技术被应用于定位模型的参数优化，通过模拟粒子的群体搜索行为，对定位模型中的关键参数进行动态优化调整，提升模型对供配电网复杂工况的适配能力。研究还引入了供配电网拓扑矩阵的构建方法，将电网的线路参数、节点分布等信息融入定

位计算过程，使定位结果更贴合供配电网的实际运行状态，通过多技术融合实现定位精度与效率的双重提升。

（三）研究的抗干扰设计要点

抗干扰设计是研究的关键要点之一，通过多重技术手段提升技术对复杂工况干扰的抵御能力。在信号采集阶段，采用屏蔽式采集设备，并优化采集电路的设计，减少外界电磁干扰对采集信号的影响。特征提取阶段引入自适应滤波技术，能够根据信号的变化动态调整滤波参数，有效过滤掉三相不平衡、电压波动等工况干扰产生的噪声信号。定位模型中加入干扰补偿模块，通过对历史干扰数据的分析，建立干扰补偿机制，当检测到工况干扰时，自动对定位结果进行补偿修正。通过多重抗干扰设计，研究可在复杂的供配电网运行环境中稳定工作，确保定位结果的准确性与可靠性。

三、研究在供配电网谐波源定位中的应用流程与实施步骤

（一）供配电网基础数据采集与预处理

应用研究进行谐波源定位前，需完成供配电网基础数据的采集与预处理工作。基础数据采集涵盖供配电网的拓扑结构信息、线路参数、负荷分布情况及历史谐波数据等，通过实地勘测与电网监控系统数据调取相结合的方式，确保采集数据的完整性与准确性。对采集到的基础数据进行预处理，包括数据清洗、格式转换与异常值剔除等操作，去除数据中的无效信息与错误数据^[3]。针对线路参数易受环境影响变化的问题，通过实时监测数据对基础参数进行动态更新，确保基础数据能够真实反映供配电网的当前运行状态，为研究的后续应用提供可靠的数据支撑。

（二）研究的参数设置与模型校准

根据10-35kV供配电网的实际情况完成研究的参数设置与模型校准工作。结合供配电网的电压等级、线路长度、负荷类型等基础信息，对研究中的小波分解尺度、粒子群优化技术的种群规模与迭代次数等关键参数进行初始设置。

（三）谐波源定位的实际执行与结果验证

在参数设置与模型校准完成后，启动研究进行谐波源定位的实际执行。通过预设的采集节点实时采集供配电网中的谐波信号，将采集到的信号传输至数据处理中心，通过研究完成信号特征提取、模型计算等一系列操作，输出谐波源的具体位置信息。定位完成后，采用实地检测与历史数据对比分析的方式对定位结果进行验证。通过在定位结果指示的位置布设检测设备，采集谐波数据并与定位技术输出的特征参数进行对比，验证定位结果的准确性。若存在定位偏差，及时反馈至技术系统，对参数进行微调优化，确保定位结果能够精准指导谐波治理工作。

四、研究在不同供配电网工况下的适配性优化

（一）重载工况下的技术适配性优化

重载工况下供配电网的负荷电流较大，谐波信号的叠加效应更为明显，对研究的适配性提出更高要求。针对重载工况，优化研究的信号采集频率，提升信号采集的密度，确保能够捕捉到谐波信号的细微变化。在特征提取环节，增强对高幅值谐波信号的处理能力，避免因信号幅值过大导致的特征失真。定位模型中引入负荷强度因子，根据实时负荷强度对模型参数进行动态调整，提升模型对重载工况的适配能力。通过一系列优化措施，确保研究在重载工况下仍能实现对谐波源的精准定位，保障供配电网在高负荷运行状态下的安全稳定。

(二) 分布式电源接入工况下的技术适配性优化

分布式电源的接入改变了供配电网的潮流分布，使谐波传播规律更为复杂，需对研究进行针对性的适配性优化。在模型构建环节，将分布式电源的接入位置、输出功率等信息融入定位模型，充分考虑分布式电源运行产生的谐波对定位结果的影响。优化信号采集范围，将分布式电源接入节点及周边关键节点纳入重点采集范围，确保能够全面捕捉谐波传播过程中的信号变化^[4]。特征提取环节增加对分布式电源特有谐波特征的识别模块，提升对分布式电源产生谐波的区分能力。通过这些优化措施，研究可有效适配分布式电源接入的复杂工况，实现对谐波源的精准定位。

(三) 复杂拓扑工况下的技术适配性优化

复杂拓扑工况下供配电网的分支线路繁多、节点分布密集，谐波信号的传播路径更为复杂，易出现信号反射与叠加，影响定位精度。针对这一工况，研究引入供配电网拓扑动态识别技术，能够实时识别电网拓扑结构的变化，自动更新定位模型中的拓扑参数。优化定位计算过程中的路径分析逻辑，采用最短路径与谐波衰减规律相结合的方式，精准追溯谐波源的传播路径。在信号采集环节，根据拓扑结构的复杂程度优化采集节点的布设密度，确保采集数据能够全面覆盖谐波传播的关键路径。通过这些优化，提升研究在复杂拓扑工况下的定位效能，满足不同拓扑结构供配电网的定位需求。

五、研究应用的效能提升路径与实践保障

(一) 研究的效能提升技术路径

研究应用的效能提升可通过技术迭代优化实现，重点围绕信号处理与模型优化两大核心方向推进。在信号处理方面，引入深度学习技术，提升谐波信号特征提取的智能化水平，实现对复杂谐波信号的自动识别与分类，进一步提升特征提取的准确性与效率。在模型优化方面，构建动态更新的定位模型库，整合不同供配电网工况下的定位模型参数，实现模型的快速调用与适配。加强技术与供配电网监控系统的融合，实现数据的实时共享与交互，提升技术的响应速度，确保定位结果能够及时指导谐波治理工作，全面提升研究的应用效能。

(二) 研究应用的实践保障措施

研究的有效应用需要完善的实践保障措施作为支撑。在硬件保障方面，配备高精度的信号采集设备与高性能的计算终端，确保能够满足研究对数据采集精度与计算速度的要求。定期对硬件设备进行维护与校准，保障设备的稳定运行。在人员保障方面，加强对相关技术人员的专业培训，提升其对研究的操作能力与故障排查能力，确保技术能够规范、高效地应用于实际工作^[5]。在制度保障方面，建立完善的技术应用管理制度，明确数据采集、参数设置、定位验证等各个环节的操作规范与质量标准，保障研究应用的规范性与可靠性。

(三) 研究应用的推广适配策略

为提升研究的应用范围与实际价值，需制定科学合理的推广适配策略。针对不同电压等级、不同负荷类型的供配电网，开展针对性的适配性改造，调整技术参数与模型结构，确保技术能够适配不同类型供配电网的实际需求。建立技术应用案例库，收集不同地区、不同工况下的技术应用案例，为后续推广应用提供参考依据。加强与电力企业的合作，开展试点应用工作，通过试点验证技术的实际应用效果，总结应用经验，逐步扩大推广范围。加强技术宣传与交流，提升行业内对研究的认知度与接受度，推动研究在电气工程 10-35kV 供配电网谐波治理领域的广泛应用。

结语

随着 10-35kV 供配电网结构日益复杂及非线性负荷的大量接入，谐波污染问题愈发突出，对谐波源定位技术提出了更高要求。本文围绕供配电网谐波源定位精度不足的问题，探讨了研究在实际工程中的应用思路与实施路径。通过融合多种信号处理与优化技术，研究在复杂运行工况下表现出更好的适应性与稳定性。研究结果表明，该技术能够有效提升谐波源定位的准确性和响应效率，为 10-35kV 供配电网谐波治理和供电质量提升提供了有力的技术支持。

[参考文献]

- [1]黄霞, 潘凤红, 陈婷. 充电桩接入供配电网的谐波分析及治理综述[J]. 机电工程技术, 2025, 54(21): 9-14+24.
- [2]赵晓阳. 新能源并网背景下供配电网谐波谐振风险分析[J]. 建设科技, 2025, (S1): 142-144.
- [3]张虹, 曹磊, 孙雷, 等. 主动供配电网局部不可观相关性分析与谐波源定位[J]. 电网与清洁能源, 2024, 40(10): 84-92+104.
- [4]程宏波, 万紫彤, 李宗伟, 等. 套索回归在供配电网谐波源定位的应用[J]. 电力系统及其自动化学报, 2025, 37(03): 59-65.
- [5]高鹏. 电力系统谐波源辨识和谐波经济性损失评估方法研究[D]. 兰州交通大学, 2023.