

Application of New Power System in Rural Power Grid Areas

Bin Shi

State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd. Longhai District Power Supply Company, Zhangzhou, Fujian, 363000, China

Abstract

With the deepening implementation of the rural revitalization strategy, electricity demand for production and daily life in rural areas continues to grow, while distributed renewable energy sources like photovoltaic and wind power are rapidly expanding. Traditional rural power grid substations face challenges including insufficient power supply reliability, difficulties in integrating renewable energy, and low operational efficiency. This paper proposes an integrated technical solution for rural power grid substations based on the core concept of source-grid-load-storage coordination in the new-type power system. The solution addresses the topological characteristics and operational requirements of rural power grids through distributed power source integration, intelligent distribution control, power quality management, and smart operation and maintenance. Through case studies, the feasibility of the solution is verified, and its implementation benefits are analyzed from perspectives such as power supply reliability, energy utilization efficiency, and operational costs. The application effects are visually presented through charts. The research demonstrates that the new-type power system can effectively resolve existing pain points in rural power grid substations, enhance power supply reliability and intelligentization levels, and provide solid support for rural energy transition and rural revitalization.

Keywords

new power system; rural power grid transformer area; distributed power generation; source-grid-load-storage coordination; intelligent operation and maintenance; power supply reliability

基于新型电力系统在农网台区的应用

施彬

国网福建省电力有限公司漳州市龙海区供电公司, 中国·福建漳州 363000

摘要

随着乡村振兴战略的深入推进,农村地区生产生活用电需求持续增长,光伏、风电等分布式新能源快速普及,传统农网台区面临供电可靠性不足、新能源消纳困难、运维效率低下等问题。本文基于新型电力系统源网荷储协同的核心理念,针对农网台区的拓扑特点和运行需求,提出包含分布式电源接入、智能配电调控、电能质量治理、智能运维在内的一体化技术方案。通过具体案例验证方案的可行性,从供电可靠性、能源利用效率、运维成本等维度分析实施效益,并结合图表直观呈现应用效果。研究表明,新型电力系统可有效破解农网台区现存痛点,提升供电保障能力与智能化水平,为农村能源转型和乡村振兴提供坚实支撑。

关键词

新型电力系统; 农网台区; 分布式电源; 源网荷储协同; 智能运维; 供电可靠性

1 引言

农网台区作为农村电力供应的最后一公里,直接关系到农村居民生活质量和农业生产效率,是乡村振兴战略实施的重要基础设施。近年来,我国农村地区电气化水平显著提升,大棚种植、农产品加工、乡村旅游等产业快速发展,带动用电负荷刚性增长^[1]。同时,分布式光伏、小型风电等新能源在农村的普及率持续提高,传统农网台区的基础设施、调控能力和运维模式已难以适应新形势。新型电力系统以清

洁低碳、安全高效为核心特征,强调源网荷储各环节的协同优化,为农网台区升级改造提供了全新思路。本文聚焦农网台区的实际需求与痛点,系统阐述新型电力系统在农网台区的技术方案、应用场景和实施效果,通过案例分析与数据可视化,为农网台区的智能化、绿色化转型提供参考。

2 农网台区现状与挑战

2.1 现状分析

当前我国农网台区已基本实现村村通动力电,但在基础设施、能源结构、运维管理等方面仍存在短板:(1)基础设施方面。部分偏远地区设备老化严重,配变容量不足,线路损耗较高,难以满足大功率用电设备和新能源接入需求

【作者简介】施彬(1978-),男,中国福建漳州人,本科,高级工程师,从事电力研究。

[2]；(2) 能源结构方面。农村分布式新能源（如户用光伏）多为零散接入，缺乏有效的调控手段，易导致电压波动、频率不稳定等问题；(3) 运维管理方面：农网台区分布分散、地形复杂，传统人工巡检效率低、成本高，故障定位和抢修不及时。

2.2 核心挑战

2.2.1 供电可靠性不足

农村地区线路走廊环境复杂，受自然灾害（雷雨、大风、冰雪）影响较大，加之设备老化，停电故障频发。据统计，我国部分农村地区年均停电时间仍达 10 小时以上，远高于城市水平。

2.2.2 新能源消纳困难

户用光伏、小型风电等分布式电源具有间歇性、波动性特征，传统农网台区缺乏储能配套和灵活调控能力，导致新能源发电弃光弃风现象时有发生，能源利用效率偏低。

2.2.3 运维效率低下

农网台区覆盖范围广、节点多，人工巡检需耗费大量人力物力，且难以实现故障的实时监测和快速响应，运维成本占比偏高。

2.2.4 电能质量问题突出

农村地区用电负荷具有分散化、碎片化特点，加之新能源接入带来的谐波污染，导致电压偏差、三相不平衡等电能质量问题频发，影响精密农业设备、家电等的正常使 [3]。

3 新型电力系统技术方案

针对农网台区的核心挑战，提出源网荷储协同 + 智能运维的新型电力系统技术方案，核心技术模块包括以下四部分，如图 1 所示。

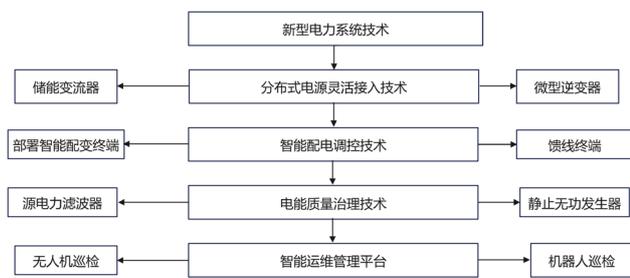


图 1 新型电力系统技术

3.1 分布式电源灵活接入技术

采用微型逆变器、储能变流器（PCS）等设备，实现户用光伏、小型风电的“即插即用”。

配置分布式储能系统，如锂电池储能、抽水蓄能，平滑新能源出力波动，提高能源消纳能力。构建台区级微电网，实现并网运行 - 孤网运行灵活切换，提升极端情况下的供电保障能力。

3.2 智能配电调控技术

部署智能配变终端（TTU）、馈线终端（FTU）等设备，实现台区电压、电流、功率等参数的实时监测。采用主动配

电网调控算法，基于负荷和新能源出力预测，动态优化配变运行状态，治理三相不平衡、电压偏差等问题 [4]。此外，引入柔性负荷调控技术，通过需求响应机制引导农村用户（如农业灌溉、电动汽车充电）错峰用电。

3.3 电能质量治理技术

配置有源电力滤波器（APF）、静止无功发生器（SVG）等装置，抑制谐波污染，补偿无功功率。采用智能调压装置，如有载调压配变，实时调节台区电压，确保电压偏差在允许范围内。此外，建立电能质量在线监测平台，实现问题的实时预警和精准治理。

3.4 智能运维管理平台

基于物联网（IoT）技术，实现台区设备状态的远程监测和故障预警，同时融合 GIS 地理信息系统，构建台区数字孪生模型，支持运维可视化。再引入无人机巡检、等技术，结合大数据分析实现故障快速定位和智能派单。

4 新型电力系统在农网台区的应用

4.1 分布式新能源高效接入应用

针对农村户用光伏、小型风电等分布式电源零散接入的问题，通过新型电力系统的柔性接入技术，实现新能源出力的平滑输出。例如，在某村庄台区，采用光伏 + 储能一体化方案，户用光伏装机容量 500kW，配置 100kWh 储能系统，通过智能配变终端实现新能源出力与电网负荷的动态匹配，新能源消纳率从原来的 75% 提升至 98%，如表 1 所示。

表 1 分布式新能源接入效果对比

指标	传统接入模式	新型电力系统模式	提升幅度
新能源消纳率	75%	98%	23%
台区电压偏差合格率	82%	99.5%	17.5%
配变过载发生率	12%	1.5%	10.5%

4.2 智能配电与电能质量治理应用

在农业种植集中区，针对大棚温控、灌溉水泵等负荷的间歇性运行导致的三相不平衡问题，部署智能调控终端和 SVG 装置 [5]。通过实时监测三相电流差异，动态调整负荷分配和无功补偿量，三相不平衡度从原来的 15% 降至 5% 以下，线损率降低 3.2 个百分点，同时保障了精密种植设备的稳定运行。

4.3 智能运维应用

利用物联网技术对偏远山区台区的配变、线路、开关等设备进行全方位监测，结合无人机巡检替代传统人工巡检。某山区台区原来人工巡检一次需 2 天时间，采用智能运维方案后，远程监测可实现 24 小时实时预警，无人机巡检仅需 2 小时，故障定位时间从平均 4 小时缩短至 30 分钟，运维成本降低 40%。

4.4 应急供电与需求响应应用

在自然灾害多发地区，通过台区微电网和储能系统实

现应急供电保障。当主网故障时，微电网自动切换至孤网运行模式，为村委会、卫生院、应急避难所等关键负荷供电；同时，通过需求响应平台引导用户在用电高峰时段减少非必要负荷，高峰负荷削减率达8%，有效缓解了配变过载压力^[6]。

5 案例分析

5.1 案例背景

选取某乡村振兴示范村台区作为改造对象，该台区原有配变容量200kVA，供电用户320户，其中农业生产用户45户，户用光伏装机容量300kW。改造前存在的主要问题在于：配变过载发生率15%，年均停电时间9.2小时，新能源消纳率72%，线损率8.5%，运维成本较高。

5.2 技术方案实施

更换智能有载调压配变（容量315kVA），配置TTU、FTU等智能终端，安装150kWh分布式储能系统和2台SVG装置（总容量100kvar），部署智能运维管理平台，配套无人机巡检设备，建立需求响应机制，发展20户柔性负荷用户。

5.3 改造效果

改造后运行1年的数据显示，台区供电可靠性显著提升，年均停电时间降至1.1小时；新能源消纳率提升至97.8%，线损率降至4.8%；配变过载发生率为0.8%，电能质量各项指标均符合国家标准。

6 实施效益

6.1 经济效益

（1）降低损耗：线损率平均降低3-4个百分点，以某10kV台区为例，年售电量500万kWh，线损率降低3.5个百分点，年节约电费约17.5万元；（2）减少运维成本：智能运维替代人工巡检，年均运维成本降低30%-40%；（3）提升设备利用率：配变负载率优化至60%-70%，避免盲目增容投资，单台区可节约设备投资20-50万元。

6.2 社会效益

（1）提高供电可靠性：年均停电时间缩短至2小时以内，保障农村生产生活用电稳定，提升居民用电满意度；（2）支撑乡村产业发展：满足农产品加工、乡村旅游、设施农业等新兴产业的用电需求，促进农村经济转型升级；（3）提升应急保障能力：微电网和储能系统为自然灾害等突发情况

提供应急供电，增强农村公共服务韧性。

6.3 环境效益

（1）促进新能源消纳：分布式光伏、风电等清洁能源消纳率提升20%以上，减少化石能源消耗，某案例台区年减少碳排放约180吨；（2）降低污染物排放：线损降低和新能源替代共同作用，年减少二氧化硫、氮氧化物等污染物排放约5吨。

7 结语

新型电力系统通过“源网荷储”协同优化、智能化技术赋能，有效破解了传统农网台区供电可靠性不足、新能源消纳困难、运维效率低下等痛点，为农村能源转型和乡村振兴提供了重要支撑。本文提出的技术方案和应用模式经过案例验证，具有较强的实用性和可推广性，通过具体案例验证方案的可行性，从供电可靠性、能源利用效率、运维成本等维度分析实施效益，并结合图表直观呈现应用效果。研究表明，新型电力系统可有效破解农网台区现存痛点，提升供电保障能力与智能化水平，为农村能源转型和乡村振兴提供坚实支撑。随着数字技术、储能技术的持续发展，农网台区新型电力系统的应用将向更深度的数字化转型、更高效的新能源消纳、更精准的需求响应方向发展。建议进一步加强政策支持，加大农村电力基础设施投入，推动新型电力系统在农网台区的规模化应用，助力构建清洁低碳、安全高效的农村能源体系，为乡村全面振兴注入持续动力。

参考文献

- [1] 杜峰,江御龙. 新型电力系统背景下低压台区建设的研究[J]. 农村电气化,2022(8):10-11,16.
- [2] 田峰,黄莉,李磊. 农网台区线路异常的自适应DBSCAN-PNN诊断方法[J]. 电力需求侧管理,2024,26(5):15-20.
- [3] 曾福顺. 浅析农村新型电力系统建设方案[J]. 农村电气化,2024(11):15-19.
- [4] 《农村电气化》编辑部. 配电网高质量发展助力构建新型电力系统[J]. 农村电气化,2024(3):1-2.
- [5] 唐巍,张起铭,张璐,等. 新型配电系统多层级交直流互联理念、关键技术与发展方向[J]. 电力系统自动化,2023,47(6):1-17.
- [6] 彭浪. 农电营销中用电信息采集系统异常数据识别与处理技术研究[J]. 消费电子,2025(20):86-88.