

农网升级改造工程中的线路规划与节能设计

孙 辰

扬州三新供电服务有限公司江都分公司 江苏 扬州 225200

摘 要：农网作为农村电力供应的核心载体，其线路规划合理性与节能设计科学性直接影响供电可靠性、电能质量及运行经济性。本文结合当前农网升级改造实际，立足农村地域分布特点、用电负荷特性及现有电网短板，深入探讨线路规划与节能设计之间的技术要点，并提出切实可行的实施方法，确保技术方案贴合农村实际、具备可操作性。

关键词：农网升级改造；线路规划；节能设计

引言：随着农村经济社会发展，农业生产电气化、农村居民生活用电多元化趋势明显，传统农网存在的线路布局不合理、导线截面偏小、设备老化、线损偏高、供电稳定性不足等问题日益突出，已无法满足农村用电高质量需求^[1]。农网升级改造是补齐农村电力基础设施短板、推动乡村振兴的重要举措。不同于城市电网，农村地域广阔、负荷分散、地形复杂、经济条件差异较大，线路规划与节能设计需立足实际，兼顾实用性、经济性与节能性，通过科学规划线路布局、合理选用节能技术与设备，实现农网供电能力、电能质量与节能效益的同步提升，为农村经济社会发展提供稳定、高效、经济的电力保障。

1 农网升级改造工程中的线路规划技术

1.1 线路路径规划技术

农网线路路径规划需满足供电需求的前提下，实现路径最短、投资最省、损耗最小、施工最便捷，同时兼顾农村地形地貌、农作物种植、村庄布局等实际情况，避免与农田水利、道路交通、村庄规划等产生冲突^[2]。路径规划需遵循“因地制宜、就近供电、避开障碍、节约用地”的原则，结合农村实际开展现场勘察，重点关注以下技术要点。

项目人员需到当地开展负荷分布勘察与预测，明确供电范围及负荷集中区域，优先将线路路径规划在负荷中心附近，缩短供电半径，减少线路损耗。农村负荷具有分散性、季节性特点，如农业灌溉负荷集中在夏季，养殖、加工负荷集中在村镇周边，路径规划需结合负荷分布特点，避免线路迂回绕行，对于偏远分散的农户，可采用分支线路延伸方式，确保供电覆盖的同时，控制线路长度。在规划路线时还要避开地形复杂区域，农村

山地、丘陵、河道较多，路径规划应尽量避免陡坡、沟壑、洪水淹没区及地质灾害隐患点，降低施工难度和后期维护成本；对于必须穿越的区域，需采取加固、防护措施，如山地区域采用岩石基础，河道区域采用杆塔升高、防护套等措施，确保线路安全稳定运行。

此外，路径规划需兼顾农田保护与村庄发展，避开基本农田、经济作物种植区，减少线路建设对农业生产的影响。靠近村庄时，需避开居民住宅集中区域，降低线路电磁辐射对居民生活的影响，同时预留村庄发展空间，避免后期村庄扩建导致线路迁移。在路径选择过程中，需对比多个方案，综合考虑施工难度、投资成本、损耗情况及后期维护便利性，选择最优路径^[3]。

1.2 导线选型技术

导线是农网线路的核心部件，其选型合理性直接影响线路损耗、供电能力及运行安全性，选型需结合农村负荷特性、线路长度、环境条件等实际情况，遵循“节能降耗、经济适用、满足负荷增长”的原则，避免过度选型或选型不足，确保导线性能与实际需求匹配。

导线选型首先要确定导线截面与导线类型，其中导线截面选择需结合负荷电流、线路长度及允许电压降，通过计算线路损耗、电压损失等参数，确定合理的截面尺寸。农村低压线路电压损失允许值一般不超过5%，10kV线路电压损失允许值不超过7%，结合负荷预测结果，计算不同截面导线的损耗与电压降，选择损耗小、电压降符合要求且经济合理的导线截面。对于负荷密度较低、线路较长的偏远区域，可适当增大导线截面，降低线路损耗。对于负荷集中、线路较短的村镇区域，可根据负荷大小选择合适截面，避免浪费。

导线类型选择需结合农村环境条件，农村多粉尘、

潮湿区域,部分区域存在腐蚀性气体,导线需具备耐腐蚀、抗老化、绝缘性能好的特点。目前农网升级改造中,10kV 线路优先选用钢芯铝绞线,其具有强度高、耐腐蚀、损耗小、价格经济等优点,适合农村户外环境;低压线路优先选用铜芯绝缘导线或铝芯绝缘导线,其中铜芯导线导电性能好、损耗小,但价格较高,铝芯导线价格经济、重量轻,适合负荷较小的区域,可根据经济条件与负荷需求合理选择。同时,对于穿越农田、林地的线路,需选用绝缘导线,避免导线裸露导致的安全隐患及线路损耗增加;对于雷电多发区域,可选用防雷导线,或在导线上加装防雷装置,提升线路防雷性能^[4]。

2 农网升级改造工程中的节能设计技术

2.1 导线节能设计技术

导线节能主要通过优化导线参数、减少导线损耗实现,结合农网线路实际情况,重点采用以下节能技术,确保技术实用、经济可行,避免过度追求新型导线导致的成本增加。

一是合理增大导线截面,导线损耗与导线电阻成正比,电阻越大,损耗越高,在负荷允许的前提下,适当增大导线截面,可有效降低导线电阻,减少线路损耗。例如,将农村低压线路原有 BV-16mm² 导线更换为 BV-25mm² 导线,导线电阻降低约 36%,线路损耗可降低 30% 以上,同时可提升线路供电能力,满足负荷增长需求。但导线截面增大需兼顾投资成本,避免盲目增大导致的成本浪费,需结合线路长度、负荷大小等参数,通过技术经济比较,确定最优截面^[5]。

二是采用节能型导线,在经济条件允许的区域,可选用低电阻节能导线,如铝合金节能导线、钢芯铝合金导线等,此类导线具有电阻小、损耗低、重量轻、耐腐蚀等优点,相比传统钢芯铝绞线,损耗可降低 10%-15%。例如,某农网 10kV 线路改造中,将原有 LGJ-70 型导线更换为 JL/G1A-70 型钢芯铝合金节能导线,线路损耗降低 12%,每年可节约电能约 2.3 万 kWh,节能效果显著。同时,对于低压线路,可采用绝缘导线替代裸导线,避免导线裸露导致的漏电损耗,同时提升线路绝缘性能,减少安全隐患。

三是优化导线布置方式,合理调整导线排列间距,减少导线之间的电磁干扰,降低线路电抗,从而减少线路损耗。农村 10kV 线路一般采用三角排列或水平排列,低压线路采用水平排列,排列间距需符合规范要求,既避免间距过小导致的安全隐患,又避免间距过大导致的电抗增加。同时,尽量缩短导线长度,减少迂回绕行,

通过路径优化与导线布置优化相结合,最大限度降低导线损耗。

2.2 变压器节能设计技术

变压器是农网供电系统中的主要耗能设备,其损耗占农网线损的 40%-60%,因此,变压器节能设计是农网节能改造的重点,核心是选用节能型变压器、优化变压器运行方式,降低变压器空载损耗与负载损耗,结合农村负荷特性,确保变压器高效运行^[6]。

一是选用节能型变压器,逐步淘汰 S9 及以下高耗能变压器,优先选用 S11、S13 型油浸式节能变压器,或 SCB13 型干式节能变压器,此类变压器采用新型铁芯材料与绕组结构,空载损耗比 S9 型变压器降低 30%-50%,负载损耗降低 15%-20%,节能效果显著。例如,某农村台区改造中,将原有 S7 型 50kVA 变压器更换为 S13 型 50kVA 节能变压器,空载损耗从 180W 降低至 80W,负载损耗从 1050W 降低至 650W,每年可节约电能约 1200kWh,同时提升了变压器运行稳定性。结合农村负荷分散、季节性波动大的特点,可选用非晶合金节能变压器,其空载损耗更低,适合负荷率较低的台区,进一步降低能耗。

二是优化变压器运行方式,结合农村负荷季节性变化特点,合理调整变压器运行状态,避免变压器长期轻载或过载运行。农村负荷存在明显的季节性差异,夏季灌溉负荷、冬季取暖负荷较高,春秋季节负荷较低,对于负荷波动较大的台区,可采用“母子变”运行方式,即配备一台主变压器与一台小容量辅助变压器,负荷高峰时两台变压器同时运行,负荷低谷时仅运行小容量变压器,减少变压器空载损耗。例如,某农村台区负荷高峰时达 80kW,负荷低谷时仅 20kW,采用 100kVA 主变压器与 50kVA 辅助变压器组合运行,相比单一 100kVA 变压器,每年可节约电能约 1500kWh^[7]。

三是合理选择变压器容量,结合负荷预测结果,确保变压器容量与实际负荷匹配,避免容量过大导致的空载损耗增加,或容量不足导致的过载损耗增加。农村台区变压器容量选择需遵循“负荷率控制在 60%-80%”的原则,对于负荷增长较快的区域,可适当预留 10%-20% 的容量,满足未来负荷增长需求。同时,定期对变压器进行维护检修,清理变压器散热片,检查绕组绝缘性能,确保变压器处于良好运行状态,降低损耗。

2.3 无功补偿节能设计技术

农村农网中存在大量感性负荷,如电动机、水泵、变压器等,此类负荷会消耗大量无功功率,导致功率因

数降低,线路损耗增加,供电质量下降。无功补偿节能设计的核心是通过加装无功补偿装置,提高功率因数,减少无功功率传输,从而降低线路损耗,提升供电质量,结合农村实际,采用实用、经济的无功补偿技术。

一是合理选择无功补偿装置类型,农村台区无功补偿优先采用并联电容器补偿方式,其具有结构简单、成本低廉、维护方便、节能效果明显等优点,适合农村实际情况。根据台区负荷特性,可选用集中补偿、分散补偿或混合补偿方式,对于负荷集中的台区,如村镇中心、养殖基地,采用集中补偿方式,在变压器低压侧加装电容器组,统一补偿台区无功功率;对于负荷分散的农户,采用分散补偿方式,在电动机、水泵等感性负荷末端加装小型电容器,就地补偿无功功率;对于负荷分布不均的区域,采用混合补偿方式,结合集中补偿与分散补偿,提升补偿效果。

二是确定合理的无功补偿容量,补偿容量需结合台区实际功率因数,确保补偿后功率因数达到 0.9 以上,既满足供电规范要求,又能有效降低线路损耗。补偿容量计算公式为:

$$Q = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

其中 Q 为补偿容量 (kvar), P 为台区实际有功功率 (kW), φ_1 为补偿前功率因数角, φ_2 为补偿后功率因数角。例如,某农村台区实际有功功率为 80kW,补偿前功率因数为 0.75,补偿后功率因数提升至 0.95,计算得出补偿容量为 42kvar,选用 4 组 10kvar 电容器组,总容量 40kvar,可满足补偿需求,补偿后线路损耗降低 25% 以上。

三是优化无功补偿装置运行控制,采用自动投切装置,根据台区负荷变化自动投切电容器组,避免电容器组过补偿或欠补偿。农村负荷波动较大,自动投切装置可根据实时功率因数,自动调整补偿容量,确保功率因数稳定在合理范围,同时避免电容器组长期运行导致的损耗增加。此外,定期对无功补偿装置进行维护检修,

检查电容器组绝缘性能、投切开关状态,及时更换损坏部件,确保装置正常运行,发挥节能效果。

3 结语

农网升级改造工程中的线路规划与节能设计,需立足农村实际,聚焦核心技术。线路规划应遵循因地制宜、经济适用的原则,通过优化路径、合理选型导线,缩短供电半径,减少线路损耗,提升供电覆盖能力。节能设计应围绕导线、变压器、无功补偿等核心环节,采用实用、经济的节能技术与设备,降低设备损耗与线路损耗,提升农网运行经济性。未来农网升级改造还需结合不同区域农村的实际情况,灵活调整线路规划与节能设计方案,注重技术的实用性与可操作性,持续优化农网结构,提升农网节能水平,为乡村振兴提供稳定、高效、经济的电力保障。

参考文献

- [1] 李大文,徐殿兵,魏庆科,詹萍萍,吴明生.农网改造中低压配电线路的设计及其规划研究[J].电力系统装备,2021(24):19-20.
- [2] 郭根勇.工程电气系统中的节能降耗技术[J].新材料·新装饰,2024,6(11):119-122.
- [3] 胡官印,文哲宸.配电网升级改造中电力工程规划的可靠性提升策略[J].消费电子,2025(24):158-160.
- [4] 孙伟.配电网架空线路入地改造工程的关键技术与难点分析[J].内江科技,2026,47(2):85-87.
- [5] 袁高龙,陈骏,李昆,王甘霖.乡村振兴农网改造中低压配电线路的设计及其规划[J].农村实用技术,2023(7):49-50+54.
- [6] 邵逸轩.农网改造中低压配电线路的设计及其规划探析[J].科技与创新,2022(16):31-34.
- [7] 邓顺平,杨玥.基于大数据分析技术的输电农网改造规划及优化策略探究[J].电气技术与经济,2025(8):411-414.