

电力配电网线损降损技术研究

黄波 黄正砚

国网汉川市供电公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16783

[摘要] 本文聚焦电力配电网线损问题,深入剖析线损产生机理与影响因素。通过对多种线损计算方法的对比分析,结合实际配电网案例进行线损现状评估。详细探讨电网规划优化、设备升级改造、运行管理优化以及新兴技术应用等多方面的降损技术,并通过具体案例验证降损技术的有效性,旨在为降低电力配电网线损、提高供电效率提供理论支持与实践指导。

[关键词] 电力配电网; 线损; 降损技术; 电网优化; 设备改造

中图分类号: TM744 文献标识码: A

Research on Line Loss Reduction Technology in Power Distribution Networks

Bo Huang Zhengyan Huang

State Grid Hanchuan Power Supply Company

[Abstract] This paper focuses on the issue of line loss in electrical distribution networks, providing an in-depth analysis of the mechanisms and influencing factors behind line loss. By comparing various line loss calculation methods and evaluating the current state of line loss through practical distribution network cases, it explores multiple loss reduction techniques, including grid planning optimization, equipment upgrades, operational management improvements, and the application of emerging technologies. The effectiveness of these loss reduction techniques is validated through specific cases, aiming to provide theoretical support and practical guidance for reducing line loss in electrical distribution networks and enhancing power supply efficiency.

[Key words] power distribution network; line loss; loss reduction techniques; grid optimization; equipment upgrade

引言

电力作为现代社会发展的核心能源,其高效供应至关重要。配电网作为电力传输与分配的关键环节,承担着将电能从变电站输送到终端用户的重要任务。然而,在配电网运行过程中,不可避免地会产生线损,即电能传输过程中的损耗。线损不仅导致能源浪费,增加电力企业成本,还影响供电质量和可靠性,对电力行业的可持续发展构成挑战。因此,研究电力配电网线损降损技术具有重要的现实意义。本文旨在深入分析线损产生的原因,探索有效的降损措施,以提高电力配电网的运行效率和经济性。

1 电力配电网线损基础理论

1.1 线损的定义与构成

线损是指电能传输分配过程中产生的有功功率损失和无功功率损失。从物理层面看,它主要由导线电阻产生的热损耗、变压器铁芯的磁滞损耗和涡流损耗等构成。明确线损的定义与构成是深入研究线损问题的基础,有助于后续分析影响线损的各种因素。

1.2 线损的分类

线损可分为技术线损和管理线损。技术线损是电网各元件电能损耗的总称,主要由电网结构、设备性能和运行方式等因素决定,是可以技术手段降低的损耗。管理线损则是在电网营销管理过程中产生的电能损耗,如抄表差错、窃电等,需要通过加强管理措施来减少。

1.3 线损的计算方法

常用的线损计算方法包括均方根电流法、最大负荷损耗小时法、等值电阻法等。均方根电流法通过测量线路的均方根电流来计算线损,适用于具有代表性负荷曲线的线路;最大负荷损耗小时法根据最大负荷和功率因数,结合最大负荷损耗小时数来估算线损,计算较为简便;等值电阻法将复杂的电网结构等效为简单的等值电路,便于计算线损。不同计算方法各有优缺点,适用于不同的场景和需求^[1]。

2 影响电力配电网线损的因素分析

2.1 电网结构因素

电网结构对线损有着重要影响。供电半径过长会导致线路

电阻增大,从而增加线路损耗;电网布局不合理,如线路迂回供电,也会使电能传输路径变长,加大线损。此外,电网的环网率和分段率等指标也会影响线损水平,合理的环网和分段设计可以提高电网的供电可靠性和降低线损。

2.2 设备性能因素

变压器、导线等设备的性能直接影响线损大小。老旧变压器能耗高,空载损耗和负载损耗较大,及时更换为节能型变压器可以有效降低线损。导线的材质和截面积也至关重要,选用导电性能好、电阻率低的导线材料,并合理确定导线截面积,能够减少线路电阻,降低线路损耗。

2.3 运行方式因素

电网的运行方式对线损有显著影响。不合理的变压器运行方式,如轻载或过载运行,都会增加变压器的损耗。线路的功率因数过低会导致无功功率在电网中流动,增加线路的有功损耗。此外,负荷分布不均衡也会使部分线路和设备过载,而部分线路和设备轻载,导致整体线损增加。

2.4 负荷特性因素

负荷的大小、变化规律和功率因数等特性对线损也有影响。负荷越大,线路和设备中的电流就越大,损耗也就相应增加。负荷的波动会导致线路和设备的损耗发生变化,峰谷差越大,线损波动也越大。功率因数低意味着无功功率占比大,会增加电网的传输损耗^[2]。

3 电力配电网线损降损技术

3.1 电网规划优化降损技术

(1) 电网规划作为电力配电网建设的先导环节,对线损控制起着决定性作用。合理布局变电站和线路是首要任务。负荷预测是科学规划的基础,需综合考量地区经济发展规划、人口增长趋势、产业布局调整等多方面因素。运用先进的预测模型和算法,如时间序列分析法、灰色预测法等,精准预测不同区域、不同时段的需求。以新建住宅小区或工业园区为例,提前介入规划阶段,依据小区的规模、户型分布、入住率预期以及园区的产业类型、用电设备功率等,精确计算用电负荷,合理确定变电站的选址和容量。使其能够就近供电,有效缩短供电半径,减少线路迂回,降低线路电阻,进而减少线路损耗。(2) 优化电网结构能提升电网的整体性能。采用环网结构和“手拉手”供电方式是常见且有效的策略。环网结构具有强大的故障抵御能力,当一条线路出现故障时,可通过其他线路迅速继续供电,大大减少停电时间和范围。同时,环网结构能够实现负荷的均衡分配,降低线路的平均负荷率,减少线损。“手拉手”供电则通过在相邻线路间设置联络开关,实现线路的互联互通。在负荷高峰时,可灵活转移负荷,避免线路过载,降低损耗;在正常运营时,也能根据负荷变化调整供电线路,优化电网运行。(3) 无功功率优化配置是降低线损的关键环节。无功功率在电网中的流动会增加线路和变压器的损耗。合理安装无功补偿装置,如电容器组、静止无功补偿器等,可提高电网的功率因数。根据电网的负荷特点和无功分布情况,精确确定无功补偿装置的安装位置和容量。在负荷

集中区域或无功功率流动较大的线路上安装补偿装置,实现无功功率的就地平衡,减少无功功率在电网中的长距离流动,从而有效降低线路损耗^[3]。

3.2 设备升级改造降损技术

(1) 设备升级改造是降低线损的直接有效手段。更换节能型变压器是重要举措之一。传统的S7及以下系列变压器能耗较高,已逐渐被淘汰。新型节能型变压器如S11、S13等系列,采用了先进的铁芯材料和制造工艺。其铁芯采用高导磁率的硅钢片,减少了磁滞损耗;绕组采用优质铜线或铝线,降低了电阻损耗。这些新型变压器的空载损耗和负载损耗大幅降低,能够有效减少变压器的能耗,从而降低整个配电网的线损。(2) 采用低损耗线路也是关键。导线材料的导电性能直接影响线路损耗。选用铝合金导线、钢芯铝绞线等导电性能好、电阻率低的导线材料,可降低线路电阻,减少线路损耗。同时,根据线路的负荷情况 and 经济电流密度,合理选择导线截面积至关重要。若导线截面积过小,电阻会增大,导致线路损耗增加;若截面积过大,则会造成材料浪费和成本上升。因此,需通过精确计算,确定合适的导线截面积,在满足负荷需求的前提下,实现线路损耗的最小化。(3) 更新计量设备对于降低管理线损具有重要意义。安装准确度高、稳定性好的电能计量装置,如智能电表,是提升计量准确性的关键。智能电表具有实时监测、数据存储和远程通信等功能,能够准确计量电能消耗,减少计量误差。通过实时监测用电数据,可及时发现异常用电情况,如窃电、漏电等,降低管理线损。同时,智能电表的远程通信功能便于电力部门进行数据采集和分析,为电网运行管理和降损措施制定提供准确依据。

3.3 运行管理优化降损技术

(1) 运行管理优化是降低线损的重要保障。优化运行方式需根据电网的负荷变化情况,合理安排设备的运行方式。在负荷低谷期,停运部分变压器可减少变压器的空载损耗。变压器的空载损耗是固定损耗,与负荷大小无关,在低谷期停运部分变压器可显著降低能耗。通过调整变压器的分接头位置,优化电压水平,也能降低线路损耗。电压过高或过低都会增加线路损耗,合理调整电压可使线路在最佳电压状态下运行,减少损耗。(2) 加强负荷管理能有效平衡电网负荷。通过负荷预测、负荷控制等手段,提前掌握负荷变化趋势,合理分配电力资源。采用分时电价等经济手段,引导用户合理用电,削峰填谷。在高峰时段提高电价,鼓励用户减少用电;在低谷时段降低电价,吸引用户增加用电。通过这种方式降低负荷峰谷差,提高电网的负荷率。负荷率提高意味着线路和设备在更接近额定容量状态下运行,损耗相对降低。(3) 提高运行维护水平是确保设备正常运行、降低线损的基础。定期对电网设备进行检修和维护,及时发现和处理设备缺陷和故障。加强线路的巡视和清障工作,减少线路的泄漏电流和树枝碰线等故障。泄漏电流会增加线路损耗,而树枝碰线可能引发短路故障,导致设备损坏和停电事故。通过定期巡视和清障,保证线路绝缘良好,减少故障发生,降低因设备故障导致的线损增加^[4]。

3.4 新技术应用降损

(1) 新技术为电力配电网线损降损带来了新的机遇和挑战。智能电网技术利用智能电表、配电自动化终端等设备,实现对电网的实时监测和控制。通过智能电网系统,运行人员可以及时掌握电网的运行状态,包括电压、电流、功率等参数。一旦发现线损异常情况,如某条线路的线损突然增大,系统能迅速发出警报,运行人员可及时排查故障原因,采取相应措施进行处理,优化电网运行,降低线损。(2) 大数据分析技术对海量的电网运行数据进行挖掘和分析,能够找出线损变化的规律和影响因素。通过建立线损预测模型,利用历史数据和实时数据,提前预测线损的发展趋势。这为制定降损措施提供了科学依据,使电力部门能够提前采取针对性措施,预防线损的进一步增加。同时,利用大数据分析还可以对用户的用电行为进行分析,了解用户的用电习惯和需求,为精准营销和负荷管理提供支持,进一步优化电网运行,降低线损。(3) 物联网技术通过物联网传感器实现对电网设备的远程监控和管理。将物联网传感器安装在变压器、线路等设备上,实时采集设备的运行数据,如温度、电流、电压等,并将数据传输到监控中心。运行人员可以通过监控平台对设备进行远程操作和维护,及时发现设备异常情况,如变压器温度过高、线路电流过大等,并采取相应措施进行处理。这提高了运行管理的效率和精准度,减少了人工巡检的工作量和时间成本,降低了线损。

3.5 降损技术综合应用案例

以某地区配电网为例,该地区原有配电网存在诸多问题,导致线损率较高。供电半径长使得线路电阻增大,损耗增加;电网结构薄弱,故障抵御能力差,停电频繁,进一步影响了供电质量和线损水平;设备老化严重,变压器能耗高,线路绝缘性能下降,泄漏电流增加,这些都导致了线损居高不下。

为解决这些问题,该地区实施了一系列降损技术措施。在电网规划方面,优化变电站布局,根据负荷预测和分布情况,合理调整变电站位置,缩短供电半径;采用环网结构和“手拉手”供电方式,增强电网的可靠性和灵活性。在设备升级改造方面,淘汰高能耗的S7系列变压器,更换为新型节能型S13系列变压器;采

用低损耗的铝合金导线,合理选择导线截面积;安装智能电表等先进计量设备,提高计量准确性。在运行管理方面,优化运行方式,根据负荷变化合理安排变压器运行数量和分接头位置;加强负荷管理,采用分时电价引导用户合理用电;提高运行维护水平,定期检修设备,加强线路巡视和清障。同时,积极应用新技术,利用智能电网系统实现实时监测和控制,运用大数据分析预测线损趋势,通过物联网技术实现设备远程监控和管理。

改造后,该地区配电网取得了显著的降损效果。线损率大幅降低,供电可靠性和电能质量得到明显提高。企业的运营成本降低,经济效益显著提升。同时,减少了能源浪费,降低了对环境的影响,取得了良好的社会效益。这一案例充分证明,综合应用多种降损技术能够有效解决配电网线损问题,实现电力系统的可持续发展^[5]。

4 结语

电力配电网线损管控意义重大,关乎电网运行效率与经济效益。本文围绕线损展开研究,剖析影响因素,阐述多种降损技术,且经实际案例验证其有效性。展望未来,智能电网等新技术蓬勃发展,为线损降损带来新契机。电力企业需紧跟时代步伐,强化线损管理,持续投入技术改造,积极应用先进降损手段,提升配电网运行水准。如此,方能在保障电力稳定供应的同时,推动电力行业朝着绿色、可持续方向稳步迈进。

[参考文献]

- [1]孙宏.电力配电网线损的降损技术研究[J].科学技术创新,2020(16):34-35.
- [2]汤红卫,王贤湖.计及低碳效益的配电网降损方案组合优化模型[J].电力系统及其自动化学报,2020,32(02):113-118.
- [3]郭铁夫.配电网及用电工程线路安全管理存在的问题及对策[J].光源与照明,2021(4):137-138.
- [4]严澍.电力配电网线路的节能降损技术分析[J].光源与照明,2021(2):120-121.
- [5]谢荣斌,杜帆,程湘,等.三相不平衡及谐波对三相四线低压配电网线损的影响[J].电力系统保护与控制,2020,48(21):22-30.