

10kV及以下配电网线路线损计算与降损措施

董文娇 王译萱

国网大连市开发区供电公司 辽宁 大连 116000

摘要：本文针对10kV及以下配电网线路中电能传输过程中的能耗问题进行研究，分析了线损的计算与降损策略。配电网线路的线损不仅包括了传统的电阻性损耗，还涉及变压器的损耗等复杂因素。本研究首先回顾了配电网线路的基础知识，进而详细阐述了线损的概念、分类及其影响因素，为计算方法的选择提供了理论依据。接着，文章介绍了几种常用的线损计算方法，包括电流法、综合法和分布参数法。最后，提出了有效的降损措施，例如优化配电网线路运行和采用先进技术材料，旨在降低损耗、提升电能利用效率。论文的研究成果有助于优化电力系统管理，实现经济与环境效益的双重提升。

关键词：10kV 配电网；线路损计算；降损措施

电力系统的高效运行不可分割地依赖于配电网线路的稳定与可靠性。在10kV及以下的电压等级中，线路损耗现象尤其显著，不仅增加了电能的使用成本，亦影响了总体的供电质量。面对日益严峻的能源与环境挑战，精确计算及有效降低线路损耗，成为电力行业亟待解决的问题。本文深入分析10kV及以下配电网线路的失效机理，提炼出线损计算的关键因素，并基于此介绍了多种计算方法。进一步地，本文提出一系列创新性降损措施，旨在通过技术进步及管理优化，实现线损率的有效降低，从而推动整体电力系统向着更高的经济效益与环境友好型发展。

1 配电网线路线损基础理论

1.1 配电网线路基本知识

配电网线路是电力系统的一个组成部分，承担着将电能从变电站传输到用户的重要任务。这些线路通常被分为高压和低压两大类，其中10kV及以下属于典型的低压配电网线路，覆盖了城乡地区的居民用电和工商业用电。线路损耗主要包括导线的电阻损耗、变压器的铁损和铜损等。准确计算配电网线路的损耗不仅对于合理计费，提升电能利用效率具有重要意义，也是实现能源节约和减少电网运行成本的关键环节。为了准确地评估和计算线损，必须考虑影响线损大小的多种因素，如线路的长度、横截面积、材质、负荷特性等。与此同时，环境因素如温度、湿度也会间接影响线损大小。在配电网线路的设计和运维过程中，通过采用合理的导线截面、优化线路结构、应用经济运行方式以及采用先进的电力电子技术等方法，可以有效地降低线路损耗。此外，随着智能电网技术的发展，实时监测和动态管理配电网线路状态，优化负荷与电能的分配，有助于进一步降低线损，提高电能质量。

1.2 线损的定义和分类

线损，即电能输送过程中由于导体电阻、绝缘材料损耗和电磁损耗等原因导致的损耗，是评价电力系统输电效率的重要指标。在电力系统运行中，线损不可避免，但通过科学管理和技术手段的应用，可以尽可能降低损耗。电力线损主要分为技术性损耗和非技术性损耗两大类。技术性损耗指的是电力在传输和分配过程中，由于电阻、设备本身特性所引起的能量损失，具体包括变压器铜损、铁损和配电网线路的电阻损失等^[1]。非技术性损耗则主要指因窃电、电量计量不准确和管理不善等非电力设备技术问题引起的电能损失。为了精确计算线损，需要详细收集并分析电网的负荷流、线路参数、运行方式等数据。

尤其是，高精度的电能计量设备和实时监控技术的运用在非技术性损耗的控制上尤其关键。由于线损直接关联到能源效率和企业经济效益，因而准确测量和有效控制电力线损是电力公司提升服务质量、确保供电可靠性和节约能源的基本要求。通过优化设计电网结构、提升设备质量和改进运行策略等方式，可以有效地减少线损，促进能源的持续利用与环境保护。

1.3 影响线损的主要因素

影响配电网线路线损的因素多样而复杂。一方面，物理参数对线损影响显著，对此电阻是基本考量；导线的长度和横截面积也决定了线路的阻抗大小，长距离或截面较小的导线导致更高的电阻损耗。另一方面，电流大小直接影响线损值，由欧姆定律可知，电流增大会引起线路上的电能损失呈平方关系增加。变压器效率低下同样是引起损耗的重要因素，其中铜损和铁损占据了变压器总损耗的较大比重。而从运行模式上分析，负荷的波动性及不稳定性导致线损变化，稳定且接近满载的运行状态有利于减少线损。配电网的拓扑结构对损耗也有重要影响，优化网络结构以及合理配置变压器位置可以降低总线损。电压水平亦非忽视的因素，合理的电压控制能减少配电网线路的损耗。表1概括了影响线损的主要因素：

表1 影响线损的主要因素

| 影响线损的因素 | 描述 |
|---------|--------------------------|
| 导线物理参数 | 导线的材质、长度、横截面积直接关联电阻值。 |
| 电流大小 | 线路中载流量的大幅变化将使损耗成平方级增加。 |
| 变压器效率 | 变压器铜损和铁损是技术性损耗中的重要部分。 |
| 负荷特性 | 负荷非线性性和波动大都会加剧线损。 |
| 网络结构 | 拓扑设计不合理会导致电能传输路径过长，增大损耗。 |
| 电压控制 | 不适宜的电压会加大损耗，特别是在低压配电网中。 |
| 环境条件 | 气候变化引致的导体电阻变化也影响线损大小。 |

2 10kV及以下配电网线路线损的计算方法

2.1 配电网线路建模及参数确定

在10kV及以下配电网线路线损的计算过程中，准确建模及参数确定是确保计算结果准确性的前提^[2]。配电网线路建模首先涉及到电路的拓扑结构，根据实际运行的配电网结构，构建相应的电路模型，标示出所有节点，并定义各节点的电压、电流以及连接关系。接着，对于线路参数的确定，这包括导线的材质、截面积、长度和温度等参数，这些参数直接影响线路阻抗的计算。同时，还需获取变压器的型号与参数，如其额定功率、

作者简介：董文娇（1991—），女，汉族，辽宁省大连市人，本科，国网大连市开发区供电公司，职称：工程师。

王译萱（1994—），女，汉族，吉林省长春市人，研究生，职称：工程师。

短路阻抗等，这些参数用于计算变压器的损耗。表2是在建模及参数确定时可能会用到的部分参数及其描述：

表2 是在建模及参数确定时可能会用到的部分参数及其描述

| 参数类型 | 描述 |
|--------|---------------------|
| 线路属性 | 包括导线长度、横截面积、材质及温度等。 |
| 变压器规格 | 变压器的额定功率、短路阻抗等参数。 |
| 负荷特性 | 包括负荷的规模、波动和类型等信息。 |
| 线路拓扑结构 | 配电网各节点之间的关系及连接方式。 |
| 节点电气参数 | 每个节点的电压等级和电流情况。 |

2.2 电流法计算线损

电流法计算线损的过程要注重下列步骤：首先，搜集并分析实际运行数据中的负荷特性，包括峰值负荷和负荷曲线；随后是对输电线路的电阻进行计算，这需要线路的物理参数（如导线类型、长度、横截面积）以及环境参数（如温度）；最后将电流大小和线路电阻代入损耗公式计算。此方法可精确到每一条线路段，从而得出整个配电系统的总线损。为了提高计算的准确性，还需要对计算模型定期校准，以吸纳新的运行数据和环境变化的影响。电流法的一大优点在于其实时性和操作的简便性，但也存在局限性，比如需依赖于精确的现场数据，而在实际应用中，实时负荷数据可能难以获得。因此，在线损计算中，电流法往往与其他计算模型相结合，如电路分析法、热点分析法等一起使用，以期获得更全面准确的线损计算结果。

2.3 综合法计算线损

综合法计算线损是一种在配电线路线损分析中广泛运用的方法，它涉及到对线路参数、运行状况、负荷特性等多个方面的综合考量，从宏观角度评估整体线损。与针对特定时段或元件的计算不同，综合法着眼于长期运行情况下配电网的总体效率。此方法通常先由已统计的总供电量与用户总用电量两个指标出发，通过差额分析确定系统总线损，再进一步根据配电网的结构特点和运行特性，划分为变压器损耗和网损等若干部分。计算公式可简化为：系统总线损 = 供电总量 - 用户总用电量^[3]。

在运用综合法时，需要密切关注配电网中的不同负荷等级、变压器的利用率，以及线路的长度和截面尺寸等因素。这些数据通常由电能质量监测系统收集或通过手工定期读取。具体计算时，还要考虑季节性负载变化，因为负载的波动对线路的损耗有直接影响。除此之外，变压器损耗包括空载损耗和负载损耗，要根据变压器的具体运行情况进行精确的损耗分配。

2.4 分布参数法计算线损

分布参数法在10kV及以下配电线路线损计算中应用较为精细，它不将线路简化为集中参数模型，而是将传输线视为连续分布参数系统，更真实地反映出电流和电压沿线路分布的变化规律。在该方法中，线路被划分为无限小的单元段，每段都有自身的电阻、电抗和导纳。通过对这些微小单元段的耗散电能进行积分，可以得到整条配电线路的总损耗。使用分布参数法，计算时需要采集线路实时数据，包括电压、电流和功率因数等，并利用高阶微分方程求解，通常需要借助专业软件完成这些复杂的计算。通过细致的损耗分析，配电线路的设计和改进行措施能够更加精确，极大地提高了配电网的效率和可靠性。

3 10kV及以下配电线路线损降损措施

3.1 提高配电线路运行效率

提高10kV及以下配电线路运行效率是降低线损的一个重要方面。这项工作的核心是通过技术创新和管理措施来减少能量在传输过程中的损耗^[4]。针对常见的铜、铝材质传输线路，可以通过增大线路的截面积以降低线路电阻；改善导体材质，运用新型高导电率材料可以有效减少电阻损耗。此外，优化线

路的结构设计，使用更为合理的配电网架构，如环网供电、分区供电等，能够缩短电流路径，降低线路的电压降和线损。另一方面，安装高效变压器和电容补偿设备能够改善系统的功率因数，减少无功功率对系统造成的损耗压力。实施主动的维护和定期的线路检修也是关键，及时更换老化设备、调整配网布局等，都有助于确保整个系统保持在最优运行状态，不仅提升效率还能延长设备使用寿命，达到减损增效的目的。

3.2 采用新技术与新材料

运用新技术与新材料是降低10kV及以下配电线路线损的有效措施。发展和应用导电性能更佳的新型合金材料，如铝合金导线，相较于传统纯铝导线具有更小的电阻，能显著减少线路损耗。另外，导线的表面处理技术也在不断进步，例如采用耐腐蚀、低阻挡涂层技术，不仅提高导线使用寿命，同时在减少线损方面亦有积极作用。空气开关采用自动化设备代替传统机械式，能减少接触电阻及热损耗。安装智能电网技术，例如配备有无功补偿装置、故障指示器等可降低线损，提高能源使用效率。

3.3 经济运行与损耗分析

经济运行与损耗分析是降低10kV及以下配电线路线损的关键方法。通过电网模型仿真和实时损耗监测，能够准确地评估各环节产生的耗损，进而制定相应的运行策略。例如，应用负荷预测和负荷调度技术，合理安排电网负荷，避免过载和电压过低引起的额外损耗。同时，通过选择合适的变压器分接档位，确保变压器在较高的效率水平上运行。电网公司还会利用多种经济学方法，如生命周期成本分析，来比较不同损耗控制措施的成本效益，为降损措施的选择提供经济学依据^[5]。另外，通过实行峰谷电价策略，鼓励用户在电网负荷较低时段使用电力，有助于改善负载曲线，降低线损，并且优化了整个电网资源的配置。综上所述，经济运行与损耗分析对于提升配电网的运行效率、减少能量浪费具有重要作用，也是降损的科学管理手段。

4 结束语

随着对10kV及以下配电线路线损指标的深入分析与研究，本文所提出的降损策略和方法在理论上具备可行性，并期望在实践中取得显著成效。有效地降低线路损耗将直接促进电能的节约，提升电力供应的可靠性和经济效率。未来，持续的技术创新和管理改进将是不断降低线损率、推进电力系统可持续发展的重要动力。鉴于此，业界应加强对配电线路运行状态的监控、优化设计标准，并充分利用现代科技成果，共同助力智能电网的构建和能源的高效利用。本文的研究成果及建议有助于指导相关领域专业人士和决策者制定更为精确和高效的能源管理策略。

参考文献

- [1] 陈虹. 10kV 配电网的线损管理及降损措施分析 [J]. 现代工业经济和信化, 2023, 13 (2): 294-295.
- [2] 廖政斌, 祝珊. 10kV 配电网线损分析及降损措施研究 [J]. 电气技术与经济, 2023 (5): 119-121.
- [3] 罗一博. 10kV 配电网线损分析及节能降损措施 [J]. 电力设备管理, 2023 (19): 224-226.
- [4] 晏祖华. 配电网 10kV 线路施工的特点与质量控制分析 [J]. 工程与管理科学, 2022, 4 (8): 74-76.
- [5] 靳翔, 王伟. 10kV 配电网的线损管理与降损措施分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40 (3): 236-237.