

高压配电线路线损成因分析及降损措施研究

王长杰

(国网陕西省电力有限公司西咸新区泾河新城供电分公司, 陕西 咸阳 713702)

摘 要 高压配电线路作为电力系统电能传输与分配的关键环节,其线损水平不仅能够直接反映电网规划设计、设备运行及运维管护的综合质量,也是电力企业控制运营成本、提升电能利用效率的核心指标。基于此,本文首先分析了高压配电线路线损的具体成因,然后着重探讨了高压配电线路降损的有效举措,以期为广大电力工作人员提供参考。

关键词 高压配电线路; 电网规划设计; 设备升级改造; 无功补偿配制; 三相负荷

中图分类号: TM726

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.25.022

0 引言

随着我国经济的快速发展,全社会电力需求持续攀升,在此情况下高压配电线路覆盖范围不断扩大,线路长度、设备容量持续增加,但与此同时,线损问题也日益严重。线损具体是指电能高压配电线路传输、变压、分配过程中,因线路电阻、设备损耗、管理疏漏、外部干扰等因素产生的电能损耗与电量损失。线损不仅会造成大量电力资源浪费,还会增大电网负荷压力,严重时甚至会影响电网运行的安全性及稳定性。因此,为了减少电力资源浪费,确保电网得以安全稳定运行,在此背景下就高压配电线路线损的具体成因和降损措施展开探讨是非常必要的。

1 高压配电线路线损的具体成因

1.1 技术层面的原因

1. 电网规划设计不合理。电网规划设计是影响线损的基础性因素,如果电网规划设计不合理会从源头加剧线路损耗,具体可概括为以下情形:一是供电半径过长。部分地区受地理条件、资金投入等因素限制,导致高压配电线路供电半径远超标准范围,即 35 kV 的高压配电线路供电半径远超 30 km,15 kV 的高压配电线路供电半径远超 15 km。由于供电半径过长,所以线路电阻会相对较大,进而会在一定程度增大电阻损耗;二是线路布局迂回交叉。部分线路未结合负荷分布科学规划,经常出现迂回供电、交叉跨越现象,会在一定程度上增大线路能耗^[1];三是导线截面选型不当。早期建设的高压配电线路未能准确预测用电负荷增长趋势,致使所选的导线截面过小。而随着用电负

荷的不断增加,导线极易出现电流过载现象,进而增加线路电阻损耗。

2. 电气设备老化陈旧。高压配电线路及配套设备长期在户外运行,受环境侵蚀、运行年限影响,老化问题突出,进而极易引发大量的附加损耗,具体可概括为以下几种情形:一是线路导线老化。部分运行超过 20 年的老旧线路,其导线氧化、腐蚀现象严重,表面电阻较大,进而增加电能输送损耗;二是变压器性能衰退。高耗能的老旧变压器其容量通常很难与当前用电负荷匹配,进而极易出现“大马拉小车”或“小马拉大车”现象。而“大马拉小车”会引发高压配电线路空载损耗,“小马拉大车”又会增加高压配电线路铜损^[2];三是配件老化。缘子、开关、互感器等配件老化极易引发电流泄露、接触不良等问题,进而也会产生额外的电能损耗。

3. 无功补偿配置不足或不合理。在高压配电线路中,变压器、电动机等感性设备运行需要消耗大量无功功率,在此期间,如果无功补偿不足或不到位,会导致线路功率因数降低,线损大幅增加,具体可概括为以下几种情形:一是无功补偿装置容量不足。部分线路仅在变电站侧配置集中补偿装置,却未在线路分支、负荷端配制分散补偿装置,致使无功功率需从变电站远距离传输,增大了线路的无功电流和有电损耗;二是无功补偿方式不合理。缺乏动态无功补偿装置,无法根据负荷变化实时调整补偿容量,致使负荷高峰期补偿不足、负荷低谷期过补偿,而不论是上述哪种情况均会降低线路功率因数,增加线路损耗;三是无功补偿装置老化故障。电容器、电抗器等设备一旦运

作者简介: 王长杰(1997-),男,本科,助理工程师,研究方向:高压营配。

行异常,会导致高压配电线路功率因数降低,进而增大高压配电线路损耗^[3]。

4. 三相负荷不平衡。高压配电线路多采用三相四线制运行模式,而三相负荷平衡是降低线损的一个重要方法。但是,在实际运行中受单相负荷接入不均、用户用电随机性强等因素影响,极易出现三相负荷不平衡现象。而当三相负荷不平衡时,零线会产生电流,进而增加线路额外损耗。

1.2 管理因素

1. 计量装置管理不规范。电能计量装置是核算供电量与售电量的核心设备,而一旦电能计量装置出现计量偏差,就会直接导致线损统计偏差和实际电量损耗,具体主要可以概括为以下几种情形:一是计量装置选型不合理。部分线路仍使用机械式电能表、低精度互感器等计量装置,这些计量装置无法精准计量电量,计量误差远超电子式智能电表;二是计量装置老化失准。未定期对计量装置进行校验、轮换,致使互感器变比误差、电能表走字偏差等问题频发,而这也是导致电量数据计量失真的一个重要原因;三是计量装置安装不规范。计量装置一旦出现接线错误、接触不良等问题,会导致电量计量出现漏记或少记现象,而这均会增大高压配电线路管理线损。

2. 抄表核算及线损管理粗放。传统人工抄表模式经常出现漏抄、错抄、估抄等问题,导致售电量统计缺乏准确,线损数据失真。除此之外,电量核算流程也缺乏严谨,经常出现核算错误、电量分摊不合理等问题,从而会进一步放大高压配电线路管理线损。另外,电力企业对于线损管理管理体系缺乏完善,如对线损的责任划分不明确,并且缺少常态化线损监测、分析及考核机制,进而导致高压配电线路线损管控流于形式。

3. 窃电行为管控不力。部分用户为了减少电费支出,会通过私拉乱接、改动计量装置、绕过电表接线等方式进行窃电。而高压配电线路覆盖范围广,农村、偏远地区线路巡检难度大,加之反窃电技术手段落后、执法力度不足,导致窃电现象屡禁不止,进而造成了极大的电量流失。

1.3 自然环境因素

1. 自然环境侵蚀。高压配电线路长期暴露在户外,受雷击、大风、雨雪、冰冻、高温等恶劣天气影响,致使线路设备受损严重。其中,雷击会导致线路绝缘子击穿、设备短路,进而极易引发突发性损耗;大风、冰冻会导致导线摆动、覆冰,进而会增大线路电阻和

运行负荷;高温、潮湿环境会加速导线及设备绝缘老化,进而会增大线路漏电损耗;树木、植被触碰线路,会导致线路放电、漏电,不仅会增大电能损耗,而且极易引发安全事故^[4]。

2. 外力破坏与干扰。工程施工、车辆碰撞、人为破坏等外力因素,会导致线路杆塔倾斜、导线断裂、设备损坏,极易引发线路故障与电量损耗。除此之外,部分地区电磁干扰、谐波污染严重,用户侧非线性设备产生的谐波电流能够注入高压配电线路,致使线路电流畸变,进而增加线路附加损耗。

2 高压配电线路降损措施

2.1 技术层面的降损措施

1. 优化电网规划设计。一是科学规划线路布局。要根据辖区负荷分布、地理条件等合理确定变电站、配电所布点,以此来缩小供电半径,确保 10 kV 高压配电线路供电半径控制在 15 km 以内,35 kV 高压配电线路供电半径控制在 30 km 以内。除此之外,还要加快推进环网供电改造,以此来实现线路负荷灵活转移,进而有效提升电网运行的灵活性;二是合理确定导线截面选型。要依据线路负荷现状以及未来增长趋势精准测算导线载流量,及时淘汰小截面老旧导线,更换导电性能优、耐腐蚀的新型导线,确保导线容量与负荷匹配,以防出现过载损耗与轻载浪费现象;三是优化负荷分布。要将集中负荷布置在线路中段,避免线路末端负荷过载,同时还要均衡线路各段电流密度,以此来尽可能降低电量传输损耗。

2. 推进设备升级改造。一是更换老旧导线。要对氧化、断股、腐蚀严重的线路加以全面改造,采用 LGJ 型钢芯铝绞线、铝合金导线等节能导线代替传统导线,降低线路电阻;二是淘汰高耗能变压器。要将高耗能变压器更换成 S11、S13 及以上型号的节能变压器,并依据线路负荷特性合理配制变压器容量,确保变压器负载量始终控制在 30%~70% 这一经济运行区间,以免出现轻载或过载损耗;三是更换老旧配件。要将老旧配件及时更换为低泄露、高绝缘性配件,减少接触电阻和泄漏电流,进而降低设备附加损耗。

3. 完善无功补偿配制。一是要在变电站侧配置大容量动态无功补偿装置,以此来维持全网无功功率平衡;二是要在线路分支、负荷集中区域安装分散式电容器组,通过就近补偿无功功率的方式,减少无功功率远距离传输损耗;三是要安装无功自动补偿装置,无功自动补偿装置能够根据线路负荷、电压变化实时

调整补偿容量,确保线路功率因数始终维持在0.95以上,以此来最大限度降低线路无功损耗。

4. 均衡三相负荷。一是要建立三相负荷常态化检测机制,定期对线路三相的电流、电压加以检测,以便及时发现线路三相负荷不平衡问题;二是要通过调整单相用户接入相位、优化负荷接线方式等举措,将线路三相的负荷不平衡度控制在15%以内,变压器出口端的不平衡控制在10%以内;三是对于负荷波动较大的线路可以安装三相负荷自动平衡装置,以此来实时调整负荷分布,消除零线电流,进而减少三相不平衡引发的额外损耗。

5. 治理谐波污染。一是要在高压配电线路谐波源接入部位安装滤波器、无功补偿兼谐波治理装置,以此来抑制谐波电流传输,进而减少因谐波引发的线路附加损耗;二是要加强用户侧非线性设备管控,要求新增的非线性设备必须配置谐波治理装置,从源头控制谐波污染。

2.2 管理层面的降损措施

1. 规范计量装置管理。一是要全面淘汰机械式电能表,更换为0.5S级以上的电子式智能电表,同时要配套高精度电流、电压互感器,减少电量计量误差;二是要建立计量装置全生命周期管理体系,定期对计量装置进行校验、轮换及维护,确保计量装置始终维持在正常运行状态;三是要规范计量装置安装流程,严禁出现接线错误、接触不良等问题,保证电量计量的精准性。

2. 优化抄表核算流程。一是要运用远程自动抄表系统代替传统人工抄表,提高抄表的效率和精准性,以防出现漏抄、错抄、估抄等问题;二是优化电量核算流程,采用智能化核算系统自动进行电量统计、电费核算、线损计算,减少人工核算误差,从而进一步提升线损数据准确性。

3. 强化线损精细化管理。一是要明确各部门、各岗位线损管理责任,将线损指标细化到每条线路、每个台区,纳入辖区电力工作人员绩效考核体系范畴,以此来激发辖区电力工作人员参与线损管控的积极性;二是要积极借助用电信息采集系统、电网运维管理系统等对线损加以实时监测分析,以便及时找出高损耗线路,快速定位线路损耗根源,并提出针对性整改措施,形成线路损耗常态化管控机制,降低高压配电线路线损率。

4. 加大反窃电力度。一是要借助无人机、无网监

控等装置对高压配电线路加以实时巡逻,以便及时发现窃电行为;二是要建立反窃电联合执法机制,联合公安、市场监管部门等相关部门加大窃电查处与处罚力度,提高窃电违法成本;三是要推广应用防窃电电表、智能封印、用电异常报警器等新型装置,整体提升防窃电技术水平,进而有效减少窃电事件发生概率^[6]。

2.3 外部环境层面的降损措施

一是要对线路杆塔、导线、设备等进行防风、防雷、防冰冻改造,并安装防雷装置、防覆冰装置等,提高高压配电线路抗自然灾害能力;二是要定期清理线路内的树木、植被,确保树木、植被与高压配电线路保持一定距离,以防树木、植被触碰导致线路出现漏电、放电损耗;三是要加大线路保护宣传力度,提升公众电力设施保护意识,同时要对施工区域内的线路加强防护,以免外力对高压配电线路造成破坏;四是要建立恶劣天气应急处置机制,提前做好防灾准备,快速处理线路故障,减少突发性电量损耗。

3 结束语

高压配电线路线损一般由技术因素、管理因素、外部环境因素等多种因素所引发,不仅会造成大量电力资源浪费,还会增大电网负荷压力,严重时甚至会影响电网运行的安全性及稳定性。因此,电力企业在实际运行期间必须依据高压配电线路实际特点,切实做好电网规划设计、设备改造升级、无功补偿装置配制、三相负荷平衡、计量装置规范、窃电行为管控、外部环境防控等相关工作。只有这样,才能最大限度降低高压配电线路线损,进而更好地维持高压配电线路安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 南天宇,赵圭鑫,张君,等.基于大数据的电力线路线损故障分析与预测研究[J].电工材料,2026(01):117-120.
- [2] 樊星.分析电力线损产生的原因及处理的有效措施[J].电气技术与经济,2024(06):297-298,302.
- [3] 周韶波,曾俊,李明远.基于大数据技术的电力线路线损故障诊断系统设计[J].电气技术与经济,2025(01):323-325.
- [4] 张鹏飞.基于光伏发电的电力线路线损优化管理研究[J].科技与创新,2024(23):114-116.
- [5] 管海滨.基于线路参数计算的电力线路线损优化策略研究[J].科技创新与生产力,2024,45(11):77-79,83.