

电力输电系统能效提升与损耗控制策略研究

代幸瑞

北京德博恒泰信息科技服务有限公司 北京

【摘要】电力输电系统作为能源传输的关键环节，其能效提升与损耗控制对能源利用效率和电网运行经济性至关重要。本文分析了输电系统损耗的主要来源，探讨了能效提升的技术手段，包括优化输电线路设计、采用新型导线材料、应用智能监测系统等，并提出了损耗控制策略。通过理论分析与实际案例验证，结果表明所提策略能有效降低损耗，提升输电系统能效，为电网的可持续发展提供了参考。

【关键词】输电系统；能效提升；损耗控制；技术手段；控制策略

【收稿日期】2025 年 1 月 18 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 11 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250025

Study on energy efficiency improvement and loss control strategy of power transmission system

Xingrui Dai

Beijing Debo Hengtai Information Technology Service Co. Ltd, Beijing

【Abstract】The power transmission system, as a critical link in energy delivery, is crucial for improving energy efficiency and controlling losses, which are essential for the economic operation of the power grid. This paper analyzes the main sources of transmission system losses and explores technical means to enhance efficiency, including optimizing transmission line design, using new conductor materials, and applying intelligent monitoring systems. It also proposes loss control strategies. Through theoretical analysis and practical case validation, the results show that the proposed strategies can effectively reduce losses and improve the efficiency of the transmission system, providing a reference for the sustainable development of the power grid.

【Keywords】Transmission system; Energy efficiency improvement; Loss control; Technical means; Control strategy

引言

随着社会经济的快速发展，电力需求不断增长，电力输电系统的高效运行对能源的合理利用和电网的稳定运行具有重要意义。研究电力输电系统的能效提升与损耗控制策略，不仅有助于提高电网运行的经济性，还能促进能源的可持续利用，具有重要的现实意义。本文旨在探讨输电系统损耗的成因，提出有效的能效提升与损耗控制策略，以期为电力行业的节能减排和可持续发展提供理论支持。

1 输电系统损耗现状分析

输电系统损耗主要由线路损耗、变压器损耗和电晕损耗构成。线路损耗是输电过程中最常见的能量损失形式，其大小与导线电阻、电流大小密切相关。导线的电阻是固有属性，而电流大小则取决于

输电功率和电压等级。在实际运行中，随着输电距离的增加，线路电阻对损耗的影响愈发显著。线路损耗还受到环境因素的影响，如温度变化会导致导线电阻率改变，进而影响损耗水平^[1]。随着电网规模的不断扩大，输电线路长度不断增加，线路损耗问题日益突出，成为制约输电系统能效提升的重要因素之一。

变压器损耗是输电系统损耗的另一个重要组成部分，主要包括铁损和铜损。铁损是由于变压器铁芯在交变磁场中产生的磁滞损耗和涡流损耗，与变压器的铁芯材料和设计密切相关。铜损则是由于变压器绕组中电流流动产生的电阻损耗，与电流大小的平方成正比。在输电系统中，变压器是电能转换的关键设备，其损耗直接影响输电效率。随着电网

作者简介：代幸瑞（1999-）男，回族，河北沧州，助理工程师，大学本科，研究方向为电力、输电。

负荷的不断增加和输电容量的扩大,变压器的损耗问题也逐渐凸显^[2]。尤其在高负荷运行时,铜损的增加尤为显著,进一步降低了输电系统的整体能效。

电晕损耗是高压输电线路特有的损耗形式,与电压等级和导线表面电场强度密切相关。当导线表面电场强度超过空气的击穿场强时,会产生电晕放电现象,导致能量损耗。电晕损耗不仅消耗电能,还会产生电磁干扰和噪声污染,对周边环境和通信系统造成影响。随着电网电压等级的不断提高,尤其是特高压输电技术的广泛应用,电晕损耗问题愈发受到关注。电晕损耗的大小与导线的几何形状、表面粗糙度以及环境条件(如湿度、气压等)密切相关。在高湿度或污染严重的地区,电晕损耗更为显著,进一步制约了输电系统的能效提升。

2 能效提升的技术手段

在电力输电系统中,输电线路的设计是影响能效和损耗的关键因素之一。通过合理选择导线截面积和优化线路路径,可以有效降低线路电阻,从而减少线路损耗。导线截面积的选择需要综合考虑输电容量、电流密度以及经济性等因素。较大的导线截面积虽然能够降低电阻,但会增加成本和材料用量。需要通过精确计算和优化设计,找到最佳的导线截面积,以实现能效与成本的平衡。优化线路路径也至关重要。合理的路径规划可以避免不必要的绕行,减少线路长度,从而降低线路电阻和损耗^[3]。在实际工程中,还需要考虑地形、环境等因素,确保线路路径的可行性和安全性。采用分裂导线技术是另一种有效的优化手段。分裂导线通过将多根导线并列布置,形成等效的较大截面积,从而有效降低线路电抗。这种技术不仅能够减少线路损耗,还能提高输电能力,增强系统的稳定性。

新型导线材料的研发和应用为输电系统的能效提升和损耗控制提供了新的思路和解决方案。近年来,铝合金芯高导电率铝绞线和碳纤维复合芯导线等新型材料逐渐受到关注。这些材料具有更高的导电率和机械强度,相比传统的导线材料,能够显著降低线路损耗。铝合金芯高导电率铝绞线在保持较高机械强度下提高了导电性能,降低了电阻损耗。碳纤维复合芯导线则具有更轻的重量和更高的强度,能够在相同的截面积下承载更大的电流,从而进一步降低线路损耗。新型导线材料还具有更好的耐腐

蚀性和抗疲劳性能,能够延长导线的使用寿命,降低维护成本。在实际应用中,新型导线材料的推广需要综合考虑其成本、性能以及与现有输电系统的兼容性^[4]。通过逐步替换传统导线,可以逐步提升输电系统的整体能效,为电网的可持续发展奠定基础。

随着信息技术和传感器技术的不断发展,智能监测系统在电力输电系统中的应用越来越广泛。借助智能监测技术,可以实时监测输电线路的运行状态,包括电流、电压、温度、风速等关键参数。通过这些数据的实时采集和分析,可以及时发现线路的异常情况,如过载、短路、绝缘老化等问题,并迅速采取措施进行处理,避免故障的发生和扩大。智能监测系统不仅能够提高输电系统的运行效率,还能显著提升系统的可靠性。通过实时监测和数据分析,可以优化输电线路的运行方式,根据实际负荷情况动态调整输电参数,实现精细化管理。在负荷较低时降低输电电压,减少线路损耗;在负荷较高时优化潮流分布,提高输电能力。智能监测系统还可以为输电线路的维护和检修提供科学依据,通过预测设备的使用寿命和故障概率,合理安排维护计划,减少不必要的停机时间和维护成本。

3 损耗控制策略

合理规划电网结构是降低输电系统损耗的基础性措施。优化电网布局,减少输电线路长度,能够有效降低线路损耗。输电线路的损耗主要与线路长度、导线电阻和传输电流的平方成正比。通过科学规划,缩短输电线路的路径,可以显著减少电阻损耗,从而提高输电效率。合理配置变电站的位置也至关重要。变电站的布局应充分考虑供电区域的负荷分布和地理条件,确保电网供电半径的合理性。合理的供电半径可以减少电压降落,避免因电压过低导致的额外损耗,同时也能提高供电质量和可靠性^[5]。在城市中心区域,变电站应靠近负荷中心,以减少输电线路的长度和损耗;在农村或偏远地区,则需要根据负荷分布情况,合理设置变电站,避免供电半径过大导致的电压降问题。

无功补偿是提升输电系统能效的重要手段之一。在输电线路安装无功补偿装置,如并联电容器和静止无功补偿器等,可以有效改善电网的功率因数,降低线路无功功率的传输。无功功率的传输会导致线路电流增大,从而增加线路损耗。通过无功补偿,

可以减少线路中的无功电流,使电网的功率因数接近于1,从而降低线路损耗。并联电容器是一种常见的无功补偿装置,它能够在电网中提供无功功率,补偿电网中的无功负荷,减少因无功功率传输导致的电压降和损耗。静止无功补偿器则可以根据电网的实时运行状态,动态调节无功功率的输出,实现无功功率的动态补偿,进一步提高电网的运行效率。

加强输电设备的维护与管理是确保输电系统高效运行的重要保障。定期对输电设备进行维护和检修,能够确保设备处于良好的运行状态,减少因设备故障导致的损耗。设备的故障不仅会导致停电事故,还会增加额外的损耗。变压器的铁损和铜损会随着设备老化而增加,通过定期维护和检修,可以及时发现并处理设备的潜在问题,保持设备的高效运行^[6]。加强对运行人员的培训也至关重要。运行人员的操作技能和管理水平直接影响输电系统的运行效率。通过培训,提高运行人员对设备的操作技能和对电网运行状态的监控能力,能够优化运行方式,合理调整设备的运行参数,从而降低损耗。

4 结论与展望

电力输电系统的能效提升与损耗控制是实现电网可持续发展的关键环节。在当前能源需求不断增长、环境保护要求日益严格的背景下,降低输电损耗、提高输电效率对于优化能源结构、提升电网运行经济性和稳定性具有重要意义。通过优化输电线路设计,合理选择导线截面积和线路路径,可以有效降低线路电阻,减少电能传输过程中的损耗^[7]。采用新型导线材料,如铝合金芯高导电率铝绞线和碳纤维复合芯导线等,不仅能提高导电性能,还能增强线路的机械强度和抗腐蚀能力,进一步提升输电效率。

结合合理规划电网结构、实施无功补偿措施以及加强设备维护与管理等损耗控制策略,可以进一步降低输电系统损耗,提升能效。合理规划电网结构能够优化电网布局,减少输电线路长度,降低线路损耗,同时提高电网供电半径的合理性,减少电压降落。实施无功补偿措施可以改善电网的功率因数,降低线路无功功率传输,从而减少线路损耗^[8]。加强设备的维护与管理,定期对输电设备进行检修和维护,确保设备处于良好运行状态,减少因设备故障导致的损耗,也是降低输电损耗的重要手段。

未来,随着新材料、新技术的不断涌现以及智

能电网技术的深入发展,输电系统的能效提升与损耗控制将拥有更广阔的研究空间和发展前景。新型导线材料的研发和应用将进一步提高输电线路的导电性能和传输效率;智能监测与控制技术的升级将实现输电系统的更加精细化管理和优化运行;而智能电网技术的全面推广将为输电系统的高效运行提供更强大的技术支撑。

5 结语

电力输电系统的能效提升与损耗控制是实现电网可持续发展的关键。通过优化线路设计、采用新型导线材料、应用智能监测系统等技术手段,结合合理规划电网结构、实施无功补偿、加强设备维护等策略,可有效降低损耗、提升能效。未来,随着新材料、新技术的涌现和智能电网技术的发展,输电系统的能效提升将有更广阔的研究空间和应用前景,为能源高效利用和电网可持续发展提供有力保障,助力电力行业迈向更加绿色、高效、智能的未来。

参考文献

- [1] 李承泽,刘文霞,成锐,等.局部失能场景下面向低颗粒度时序攻击的输电系统关键设备辨识[J/OL].中国电机工程学报,1-14[2025-04-02].
- [2] 黎博,魏光瑞,钟海旺,等.基于电网演化理念的新型输电网测试系统生成方法[J/OL].电力系统自动化,1-11[2025-04-02].
- [3] 马志程,余浩东,刘锋,等.输电线路抗灾韧性研究进展[J/OL].应用力学学报,1-23[2025-04-02].
- [4] 曹志刚.高压直流输电系统稳定性与控制策略[J].大众标准化,2025,(04):121-123.
- [5] 刘东辉,邵璞,李佳营,等.高压输电线路电力通信系统的抗干扰技术研究[J].灯与照明,2025,49(01):206-208.
- [6] 吴军,季雨晴,甘艳,等.面向新能源接入的架空输电线路动态增容方法综述[J/OL].武汉大学学报(工学版),1-15[2025-04-02].
- [7] 曹志刚.电力输电系统的经济运行与优化调度研究[J].产业创新研究,2025,(02):162-164.
- [8] 薛涵拓,李曼.电力系统输电线路防雷保护技术分析[J].科技资讯,2025,23(02):94-96.

版权声明:©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS