

# 电力输配电线路中的节能降耗技术研究

张文<sup>1</sup> 李嘉文<sup>2</sup>

1. 乌拉特后旗供电公司 015500; 2. 巴彦淖尔供电公司 015000

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13192

**[摘要]** 在“双碳”目标背景下,电力输配电线路的节能降耗技术研究成为能源领域的重要课题。根据国家发改委发布的《“十四五”现代能源体系规划》,到2025年,我国单位GDP能耗需比2020年下降13.5%,电力系统综合效率需显著提升。数据显示,输配电损耗约占全国发电量的6%-7%,其中线路损耗是主要因素之一。为此,国家电网公司提出“建设世界一流能源互联网”战略,强调通过技术创新降低输配电损耗。基于此,研究以电力输配电线路为主题,探讨了节能降耗技术,旨在进一步优化电力输配电线路节能技术,减少能耗,为电力行业的可持续发展提供保障。

**[关键词]** 电力; 节能降耗技术; 输配电线路

## 一、引言

传统的电力输配电系统设计和运行方式一般以班组基本功能为主,忽视对能源效益的关注和对环境的影响。然而,随着能源的精确以及“双碳”政策的要求发展,电力输配电线路中的节能降耗技术逐渐成为研究热点话题。近年来,高压直流输电、智能电网技术、新型导线材料(如碳纤维复合芯导线)等节能技术的应用,已取得显著成效<sup>[1]</sup>。例如,2022年国家电网通过技术改造,全年减少线损电量约200亿千瓦时,相当于减少二氧化碳排放约1600万吨。未来,随着政策支持力度加大和技术不断突破,电力输配电线路的节能降耗将成为实现能源绿色转型的重要抓手。在此背景下,电力行业要进一步优化电力输配电线路中的节能降耗技术,从管理、运营、材料等多方面着手,进行改进,确保节能降耗目标的实现。

## 二、电力输配电线路节能降耗的价值作用

### (一) 提高能源利用率

电力输配电线路节能降耗在提高能源利用率方面具有重要价值,是实现能源高效利用和可持续发展的关键举措。根据国家能源局发布的《2023年能源工作指导意见》,我国电力系统综合线损率需控制在6.5%以下,而2022年全国平均线损率约为6.8%,仍有较大优化空间。输配电线路损耗主要来源于电阻发热、变压器损耗等因素,每年因此损失的电量高达数千亿千瓦时。通过采用节能技术,如高压直流输电、智能电网优化调度、新型低损耗导线,可显著降低线损<sup>[2]</sup>。

另外,节能降耗还直接提升了电力系统的稳定性和供电

质量,为新能源大规模并网提供了技术支撑。在“双碳”目标背景下,电力输配电线路节能降耗不仅是提高能源利用率的有效手段,更是推动能源结构转型、实现绿色低碳发展的重要途径。

### (二) 减少对环境的影响

电力节能降耗在减轻环境影响方面承担着至关重要的责任,是实现绿色低碳发展的关键举措。根据国际能源署数据调查显示,全球电力系统损耗约占发电总量的8%,而我国2022年输配电线路损耗率约为6.8%,每年因此损失的电量高达数千亿千瓦时,相当于排放数亿吨二氧化碳。通过节能降耗技术的发展与应用,高压直流输电、智能电网优化调度、低损耗导线,显著降低了线损,减少了能源浪费<sup>[3]</sup>。此外,节能降耗还间接减少了对化石能源的依赖,为新能源大规模并网提供了技术支撑,进一步推动了能源结构优化。在“双碳”目标背景下,电力输配电线路节能降耗不仅是降低碳排放的有效手段,更是实现可持续发展的重要途径。通过减少能源损耗,电力系统能够以更低的资源消耗满足社会需求,从而减轻对自然环境的压力。

## 三、电力输配电线路节能降耗发展困境

电力输配电线路是电力系统中的重要组成部分,电力输配电线路的功能就是将发电厂或变电站所产生的电能通过输配电线路和配电线路传输到最终用户。然而在这个过程中,能源消耗往往比较大,目前来看,电力输配电线路的节能降耗发展还存在一系列的问题,具体分析见下表1:

表1 电力输配电线路节能降耗发展困境

困境问题	具体表现	困境分析
技术瓶颈	节能技术成本高,技术成熟度不足	碳纤维复合芯导线成本是传统导线的2-3倍
资金投入不足	节能降耗投资占比较低,且偏远地区的资金缺口量大	国家电网节能降耗投资占比15%,农村电网资金缺口显著
人才短缺	高端技术人才供需矛盾突出	2023年全国电力行业高端技术人才缺口超过10万人

目前来看,电力输配电线路节能降耗发展存在技术瓶颈、资金投入不足、人才短缺等问题<sup>[4]</sup>。未来的发展中还需通过技术创新、加大投入、完善政策和人才培养,多措并举,推动其高质量发展。

## 四、电力输配电线路节能降耗技术建议

### (一) 选择节能材料

在电力输配电线路节能降耗技术中,选择节能材料是降低线损、提高能源利用效率的关键措施之一。节能材料通过减少电阻损耗、提高导电性能和延长使用寿命,为电力系统的高效运行提供了重要保障。常见的节能材料统计见下表2:

表2 电力输配电线路常见节能材料

节能材料	介绍	特点	应用场景
碳纤维复合芯导线	新型节能导线,其核心采用高强度碳纤维复合材料,外层为导电铝线	重量轻、强度高、导电性能好、耐腐蚀性强	大跨度、高负荷输电线路
铝合金导线	经济实用的节能材料,其导电性能接近铜导线	成本低、重量轻	农网改造、城市配电网
高温超导材料	具有零电阻特性的先进材料,在特定低温条件下可实现无损耗输电	零电阻特性,无损耗输电	高负荷、长距离输电
低损耗绝缘材料	减少介电损耗提高能源利用效率	低介电常数、低损耗因子	高压电缆、变压器绝缘层

选择节能材料是一种降低电力输配电线路损耗的关键办法,但是在实际的应用中,需要根据节能材料的特性来选择,

综合考虑成本、技术成熟度以及项目的需要;随着技术进步和规模化生产,节能材料的成本有望进一步降低,为电力输

配电线路节能降耗提供更广泛的支持<sup>[5]</sup>。通过合理选择和运用节能材料,电力系统可实现更高效、更环保的运行,为“双碳”目标的实现贡献力量。

### (二) 改进运行方式

一般来说,输配电线路的运行方式会对实现节能降耗有重要的作用。可以通过改进运行方式的办法,实现节能降耗。

#### (1) 优化负荷分配

通过合理分配各线路的负荷,避免局部过载或轻载现象,可以实现电力系统的高效运行。根据焦耳定律,线损与电流的平方成正比,因此均衡负荷分布能够显著减少不必要的能源损耗。常见的负荷控制办法包括“基于优化算法的控制方法”、“基于智能算法的控制方法”。

基于优化算法的控制方法通过数学模型和优化理论,寻找负荷分配的最优解,以实现系统运行的经济性和高效性。基于智能算法的控制方法通过模拟自然现象或生物行为,解决复杂的优化问题。常见算法见下图1:

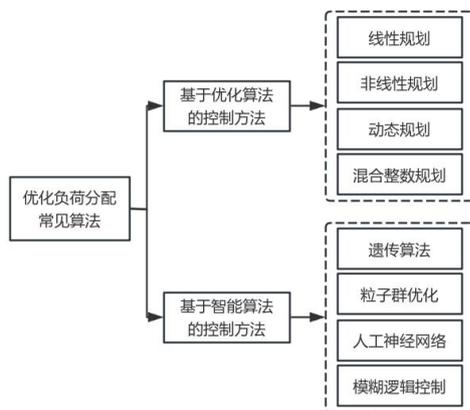


图1 优化负荷分配常见算法

在实际应用中,两种方法可以结合使用,例如利用智能算法进行初步优化,再通过优化算法进行精细调整,以实现更高效的负荷控制。

#### (2) 提高电压等级

根据焦耳定律,线损与电流的平方成正比,而功率与电压和电流的乘积成正比,因此提高电压等级可以在传输相同功率的情况下显著降低电流,从而减少线损。

#### (3) 采用分布式能源

采用分布式能源是改进输配电线路运行方式、降低线损的重要策略之一。分布式能源系统通过将发电设备靠近负荷中心,减少长距离输电的损耗,提高能源利用效率。分布式能源还具有灵活性和可扩展性,能够根据负荷需求动态调整发电量,避免传统集中式发电的“大马拉小车”现象。分布式能源系统还可以与储能设备结合,实现电力的削峰填谷,进一步优化负荷分配。然而,分布式能源的推广也面临一些挑战,初始投资较高、技术标准不统一等<sup>[6]</sup>。

#### (三) 优化电网布局

传统的输配电线路设计往往注重基本功能,忽视了线路之间的相互影响,这就容易导致线路之间出现干扰、冲突、降低输配电效率以及稳定性。应注重线路设计和优化的策略,合理选择导线材料和截面。采用低电阻率的导线材料,铜或铝,能够有效降低线路的电阻损耗。同时,根据负载的大小和预期的电流值来选择合适的导线截面,确保导线的载流量和机械强度都得到充分满足,从而减少能量损耗并提高传输效率。通过优化线路布置,尽可能缩短线路长度,可以显著降低线路的电阻和电感,有助于减少能量损耗并提高传输效率。同时,采用先进的线路绝缘材料,高绝缘性能的线路绝缘材料能够进一步降低能量损耗。

#### (四) 配置变压器

在输配电过程中,变压器需要消耗大量的电能,优化变

压器的配置以及运行方式有助于提高整体效率,降低能源消耗,根据电网负荷情况和运行需求,选择合适的变压器型号,提高变压器的负载率。在选择变压器型号时,应优先考虑高效节能型变压器,如S11、S13等系列的油浸式变压器或SCB10、SCB13等系列的干式变压器。这些变压器具有较低的空载损耗和负载损耗,能够有效降低能耗。

变压器的容量应根据实际用电负荷进行合理选择。容量过大或过小都会导致能耗增加。因此,在配置变压器时,应对用电负荷进行准确预测,确保所选变压器的容量与用电负荷相匹配。在安装时,变压器的安装位置应尽量靠近用电负荷中心,以减少线路长度和线路损耗。同时,应避免变压器与用电设备之间的长距离传输,降低传输过程中的能耗。安装位置还应便于日常维护和管理。应选择地势平坦、交通便利、易于安装和检修的场所进行安装。另外,定期对变压器进行检测和维护,及时发现并处理潜在故障,确保变压器处于良好的运行状态。可以根据用电负荷的变化,合理调整变压器的运行方式。例如,在用电高峰期,可以增加变压器的投入数量,以满足用电需求;而在用电低谷期,则可以减少变压器的投入数量,以降低能耗。

#### (五) 应用“无功补偿”技术

应用“无功补偿”技术是电力输配电线路节能降耗的重要措施之一,通过改善功率因数、减少无功功率的传输,能够显著降低线损,提高能源利用效率。无功功率是电力系统中用于建立电磁场的能量,虽然不直接做功,但其传输会导致电流增加,从而加大线路损耗。根据焦耳定律,线损与电流的平方成正比,因此减少无功功率的传输可以大幅降低线损。无功补偿技术主要通过安装电容器、静止无功补偿器、静止同步补偿器等设备,向系统提供无功功率,从而减少从电源端传输的无功功率。在新能源大规模并网的背景下,无功补偿技术的作用更加突出。风电、光伏等分布式电源的波动性和间歇性会导致无功功率的不平衡,通过无功补偿设备可以稳定系统电压,减少线损。然而,无功补偿技术的应用也面临一些挑战,如设备成本较高、技术复杂度较大等。例如,SVC和STATCOM的初始投资分别是传统电容器的3倍和5倍,且需要专业的技术支持和维护。

## 五、总结

综上所述,在新时期的发展中,电力行业需要重视节能发展的方向,以节能发展为目标,掌握当下的先进技术以及节能降耗的发展思路;在发展的过程中,灵活运用发展的战略以及政策,根据相关要求,不断拓展与其他领域的合作交流,进一步发展节能技术,更好的促进电力系统的可持续发展,做到对环境的影响程度降低,让电力从业者保持行业先进发展水平。

#### 【参考文献】

- [1]王华 刘超. 电力输配电线路中节能降耗技术运用研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(19): 90-92.
- [2]刘凯, 崔庆坤, 何乃芳. 电力输配电线路中的节能降耗技术应用探究[J]. 产品可靠性报告, 2024(6): 155-157.
- [3]李 祥. 电力输配电线路节能降耗技术与工程应用[J]. Engineering Science Research & Application, 2024, 5(9). DOI: 10.37155/2717-5316-0509-82.
- [4]姜敏涛, 戴昱翔. 基于电力输配电线路中节能降耗技术的研究[J]. 电力设备管理, 2024(15): 253-255.
- [5]竹森. 无功补偿技术在供电系统节能降耗中的应用研究[J]. 电力设备管理, 2024(21).
- [6]李男. 电力输配电线路节能降耗技术与工程应用[J]. Engineering Management & Technology Discussion, 2023, 5(22).

第一作者简介: 张文, 1997年10月30日, 女, 内蒙古, 汉族, 本科, 助理工程师, 乌拉特后旗供电公司, 研究方向: 输配电;

第二作者简介: 李嘉文, 1991.12.08, 男, 内蒙古, 汉, 本科, 工程师, 巴彦淖尔供电公司, 研究方向: 配电线路。