

输配电系统中的节能技术研究及应用探讨

包爽, 张东卓, 裴冬, 刘超, 张航
国网吉林省电力有限公司松原供电公司, 吉林 松原 138000
DOI: 10.61369/SSSD.2026080015

摘 要 : 随着全球能源危机的不断加重和“双碳”战略的持续推进, 电力行业作为能源消耗的主要领域, 节能降耗如今成为其实现绿色低碳发展的重要举措。而输配电系统是电力从生产端走向消费端的主要通道, 其在运行过程中的能量损耗会直接影响电力的利用率和能源资源的配置效益。基于此, 本文分析了各种节能技术在输配电环节中的应用, 阐述了输配电系统节能技术发展趋势, 旨在为输配电系统节能工作的优化升级提供一定参考。

关 键 词 : 输配电系统; 节能降耗; 技术应用

Research and Application Discussion on Energy-Saving Technologies in Power Transmission and Distribution Systems

Bao Shuang, Zhang Dongzhuo, Pei Dong, Liu Chao, Zhang Hang
Songyuan Power Supply Company, State Grid Jilin Electric Power Co., Ltd., Songyuan, Jilin 138000

Abstract : With the continuous aggravation of the global energy crisis and the steady advancement of the "dual carbon" strategy, the power industry, as a major field of energy consumption, has made energy conservation and consumption reduction an important measure to achieve green and low-carbon development. The power transmission and distribution system is the main channel for electricity to flow from the production end to the consumption end, and its energy loss during operation directly affects the utilization rate of electricity and the allocation efficiency of energy resources. Based on this, this paper analyzes the application of various energy-saving technologies in the power transmission and distribution links, elaborates on the development trend of energy-saving technologies for power transmission and distribution systems, aiming to provide certain references for the optimization and upgrading of energy-saving work in power transmission and distribution systems.

Keywords : power transmission and distribution systems; energy conservation and consumption reduction; technology application

输配电系统贯穿电力生产的全过程, 从发电到分配都包括在内, 是电力系统能量损耗最大的地方。据有关统计数据显示, 我国电网年供电量达8万亿千瓦时以上。其中, 输配电环节的损耗基本会占据发电量的5% ~ 8%, 存在较大的节能空间^[1]。所以, 在“双碳”目标和能源结构调整的双重推动下, 减少输配电系统能耗、提高电力利用效率成了电力行业转型发展的一大主要任务。而节能技术则是输配电系统降损增效的主要途径, 可以减少电能传输和分配过程中不必要的损耗, 有利于推进电力系统朝着绿色化、高效化的方向升级。

一、输配电系统中节能技术的应用

(一) 输电环节节能技术应用

输电环节的节能核心是降低导线电阻损耗和线路附加损耗^[2]。新型节能导线技术是降低输电线路电阻损耗的重要方法, 可以通过改进材质、改善结构等方式, 使导线的电阻变小, 从而达到降低能耗的目的。例如, 碳纤维复合芯铝绞线(ACCC)用轻质高强的碳纤维复合材料代替传统的钢芯作为内层支撑, 外面缠绕高导电性能的铝线, 其主要优点是碳纤维材料无磁损耗、热效应小, 使导线运行温度比传统钢芯铝绞线低10 ~ 15℃, 电阻损耗能减少约6%^[3]。另外, 铝合金导线具有高电导率和轻质的特点, 可以有

效减小电阻损耗, 适合用于中低压输电线路。而高温超导线在低温下可以实现零电阻传输, 能最大程度上减少线路的能量损耗, 在长距离、大容量的输电场合有巨大的应用前景。

保留线路功能, 也可以减少附加损耗、线路损耗。例如, 紧凑型输电技术将三相导线集中布置在同一个塔窗中, 缩短了相间距离, 既降低了导线之间的电磁耦合损耗, 又可以降低附加损耗。同塔多回输电技术通过在单根杆塔上架设2回及以上线路, 利用共享杆塔基础和土地资源, 可以降低单位输电容量的建设能耗和运行损耗^[4]。另外, 合理布置输电线路方向, 缩短线路长度, 避开地形复杂的地段, 同样也可以减小导线电阻损耗, 降低由于环境原因而引起的附加损耗, 进而提高输电过程中的节能效果。

（二）变电环节节能技术应用

变电环节是输配电系统的重要枢纽，节能重点是改善变压器能效、减少设备损耗，主要采取使用节能型变压器、合理安排变压器运行方式等技术措施来实现的。

节能型变压器技术是变电环节节能的主要技术。传统的变压器用普通硅钢片做铁芯材料，磁滞损耗和涡流损耗大。而新型节能变压器可以通过改进材质、优化结构等来降低空载损耗和负载损耗。例如，非晶合金变压器使用非晶态合金铁芯，空载损耗比传统硅钢片变压器低40%~70%，负载损耗低10%~20%，噪音低、体积小，适合城乡台区改造^[5]。立体卷铁芯变压器采用三维立体卷绕技术，主要通过改善铁芯磁路结构，减小磁阻和涡流损耗，抗短路能力更强，适用于高负荷工业园区、数据中心等场合。而干式节能变压器具有防火、防爆、无污染等特点，适用于高层建筑、电厂控制室等对安全有较高要求的场所，可以有效减少设备运行过程中产生的能源浪费。

变压器运行优化技术主要是根据变压器运行情况，对变压器的运行参数进行合理调节，以达到能耗最小化的目的。变压器的损耗与运行负荷有关联，有最佳负荷率。负荷率在最佳范围内时，损耗最少、能效最高。例如，相关人员可以实时监测变压器的负荷变化，采用负荷动态分配的方法改变多台变压器的工作状态，防止出现大马拉小车或者超负荷运转的情况，从而减少负载损耗；还可对变压器冷却系统实施节能改造，通过智能温控加变频调速，按照负荷状况自动调节冷却功率，防止冷却系统一直在满负荷运转的状态，从而削减冷却能耗，提高变压器的运行效能^[6]。面对老旧高耗能变压器，除了更换新型节能产品外，还可采用绕组改造、绝缘升级等技术手段来延长使用寿命、提高其运行效率，从而兼顾经济性和节能性。

（三）配电环节节能技术应用

配电环节直接连接电力用户，负荷分布分散、波动大，节能的核心是减少线路损耗、优化无功功率补偿、提高负荷运行效率，主要包含无功功率补偿技术、配电线路优化技术、负荷调控技术等^[7]。

具体来看，无功功率的存在会造成线路电流增大，加大电阻损耗，降低电力系统功率因数，从而影响电能的传输效率。在配电网中装设无功补偿装置，如静止无功补偿器（SVC）、静止同步补偿器（STATCOM）、静止无功发生器（SVG），可以及时补偿系统无功功率，使功率因数大于等于0.95，降低线路损耗。

配电线路优化技术主要是针对中低压配电线路的损耗问题，对线路进行结构优化，使用节能导线来达到节能的目的。中低压配电线路距离短、负荷分散，电阻损耗高，可以采用大截面节能导线，增大导体横截面积，直接减小单位长度电阻值，减少电流通过时的发热损耗；或者优化配电线路拓扑结构，缩短供电半径，消除迂回供电、重载、过载线路，平衡三相负荷，从而有效降低线路损耗。另外，相关工作人员还需要定期对配电线路进行维护，清除线路杂物、处理接头氧化问题，减小接触电阻，从而防止接触不良造成的额外损耗^[8]。

负荷调控技术主要是通过改变用户负荷的运行方式来达到配

电系统能耗优化的目的。相关人员可以采用智能配电监测系统对用户的负荷变化进行实时监控，掌握负荷运行规律，指导高耗能负荷错峰运行，从而防止负荷过大而造成线路超载、损耗增大，还可以推行用户侧节能管理，促使用户使用节能设备，改善用电习惯，减少无效用电，进而从需求端减轻配电系统的负荷压力，间接实现节能降耗。另外，台区储能系统的应用也可以降低配电环节的能耗，其原理是在用电高峰时释放电能，缓解配网负荷压力；在用电低谷的时候充电，储存剩余电能，从而减少负荷波动造成的损耗。

（四）运行管理节能技术应用

运行管理节能技术主要是通过精细化管理和智能化控制来减少管理性损耗，从而达到提高整个输配电系统节能效果的目的，是节能技术体系的重要组成部分。

具体来看，智能监测与调控技术可以依靠大数据、人工智能等技术，对输配电系统的运行状况进行实时监测并加以精确调节。通过在输电线路、变电设备、配电网路上安装智能传感器和监测终端，实时采集对线路损耗、设备温度、负荷变化、功率因数等参数，从中精准找到损耗的异常点，从而为节能优化提供数据支持^[9]。而精细化运维管理技术则主要依靠健全的运维管理制度，强化设备的巡视和保养工作，缩减因设备故障而引发的附加损失，比如定期开展输配电设备巡检工作，及时发现并消除设备老化、绝缘破坏、接触不良等隐患，防止因设备低效运转或者出现故障而造成的能耗增加；构建设备全生命周期管理体系，优化设备检修周期和检修方式，防止因为过度检修或者检修不及时造成能源浪费和设备损坏；加强人员培训，提高运维人员的专业水平，以保证节能技术及管理措施得到有效执行。

二、输配电系统节能技术发展趋势

随着新型电力系统的持续优化和人工智能、大数据等新技术的不断发展，输配电系统节能技术未来将会朝着更智能化、高效化的方向升级，主要可以从以下几个方面实现突破和创新：

一是智能化。随着物联网、大数据、人工智能等技术与电力系统的深度整合，智能监测、智能调度、智能运维等技术将会慢慢成为输配电系统的重要核心技术甚至占据主导地位，依靠智能监测完成对能耗的精确识别与管控，依靠智能调度达成动态调节与精细化经营，从而达到提升供电效能的目的^[10]。

二是高效化，高端节能材料和设备将得到大规模的应用。新型节能材料的开发和应用会成为节能技术的新亮点，高温超导材料、新型导电材料、高效绝缘材料等正在向商业化应用过渡，逐渐在大容量的线路和设备上得到应用，能有效减少线路和设备的损耗。而且，高温超导导线将逐渐应用于长距离、大容量输电线路，实现零电阻传输；新型非晶合金材料、碳纤维复合材料也会被广泛应用到变压器、导线等设备上，使设备的能效得到进一步提高。另外，节能设备将会向着小、轻、高效的方面进行发展，以减少设备的占地面积及能耗，从而提高设备的可靠性。

三是协同化，多技术协同节能会成为发展的主流。输配电系

统节能将不再只是对某一环节、某一技术的节能，而是走向多环节、多技术的协同节能，从而实现输电、变电、配电全环节节能技术的融合应用。例如，高压输电技术和新型节能导线技术的共同使用，可以有效降低输电损耗；节能型变压器和智能运维技术一起工作，可以提高变电环节的节能效果；无功功率补偿技术和负荷调控技术的共同使用，可以改善配电环节能耗。另外，输配电系统节能与新能源消纳、储能技术的深度融合，可以实现源网荷储协同节能，有利于推动电力系统朝着绿色化、低碳化升级。

三、结语

总之，输配电系统是电力系统的重要组成部分，对其节能降耗引起重视，是实现“双碳”目标、推动电力行业绿色高质量发展的重要举措。在实践中，各类节能技术可以被应用于输电、变电、配电、运行管理等各个环节，借此有效减少能源的浪费。未来，随着智能化技术、高端节能材料和设备的不断发展，输配电系统节能技术可能会朝着智能化、高效化、协同化的方向发展，从而推动电力系统向绿色化、低碳化迈进。

参考文献

- [1] 马红军. 基于负荷调节的变配电系统节能运行技术解析 [J]. 电力设备管理, 2025, (12): 282-284.
- [2] 李婷婷. 基于荷载计算市政配电系统节能技术研究 [J]. 电力设备管理, 2025, (11): 128-130.
- [3] 肖桦. 电气工程及其自动化供电系统中节能控制技术的应用研究 [J]. 中国设备工程, 2025, (07): 98-100.
- [4] 杨威. 智能供电系统的能效优化与节能技术研究 [J]. 电子元器件与信息技术, 2025, 9 (03): 114-116.
- [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): 264-266.
- [6] 杜伟. "双碳"背景下工业供电系统设计与节能技术 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13 (12): 110-112.
- [7] 李云, 刘斌, 历博, 等. 低压配电系统中的智能化节能控制技术应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40 (11): 220-221.
- [8] 杨波. 地铁低压配电系统节能降耗技术分析与应用 [J]. 中国新通信, 2023, 25 (21): 84-88.
- [9] 黎宁昊. 双碳目标下铁路供电系统设计与节能技术 [J]. 电气技术与经济, 2023, (04): 243-247.
- [10] 马克欣. 路灯低压配电系统中节能降耗技术的应用 [J]. 城市建筑空间, 2022, 29 (S1): 130-131.