

电能质量优化促节能

谢新航, 王伯杨

北京长峰新联工程管理有限公司, 北京 100039

摘要： 电能质量优化是提升电力系统运行效率、降低能耗和减少电力设备损耗的重要手段，本文围绕电能质量优化促节能的原则和对策展开研究，探讨了提高电压稳定性、降低谐波污染、优化无功补偿、减少三相不平衡等关键措施，通过合理配置电力设备、采用智能监测技术和优化负荷管理可以有效提升电能利用率，减少电网损耗，提高供电质量，同时推广节能型电力电子装置和智能补偿技术有助于实现绿色低碳发展，优化电能质量不仅能降低企业用电成本，还能提高整体能源利用效率，为可持续发展提供有力支撑。

关键词： 电能质量；节能；智能补偿

Power Quality Optimization for Energy Saving

Xie Xinhang, Wang Boyang

Beijing Changfeng Xinlian Engineering Management Co., Ltd. Beijing 100039

Abstract： Power quality optimization is an important means to improve power system operation efficiency, reduce energy consumption and reduce power equipment losses, this paper focuses on the principles and countermeasures of power quality optimization for energy saving, discusses the key measures to improve voltage stability, reduce harmonic pollution, optimize reactive power compensation, reduce three-phase imbalance, etc., and through the rational allocation of power equipment, the use of intelligent monitoring technology and optimization of load management can By rational allocation of power equipment, the use of intelligent monitoring technology and optimization of load management can effectively enhance the utilization of power, reduce grid losses, improve the quality of power supply, and at the same time, the promotion of energy-saving power electronic devices and intelligent compensation technology can help to realize the green and low-carbon development, and the optimization of power quality not only reduces the cost of electricity consumption of the enterprise, but also improves the overall efficiency of energy utilization, providing a strong support for the sustainable development.

Keywords： power quality; energy saving; intelligent compensation

引言

随着工业化和城镇化的推进，电力系统面临谐波污染、电压波动、三相不平衡等问题，导致能源浪费和设备损耗，通过采用无功补偿、滤波装置、电压优化等技术可提高电能利用效率，减少无功功率损耗，延长设备寿命，从而实现节能降碳目标，优化电能质量不仅降低企业用电成本，还促进绿色低碳发展，符合现代能源战略需求。

一、电能质量优化促节能的概念

电能质量优化促节能是指通过改善电力系统的电压稳定性、频率偏差、谐波畸变、三相不平衡等问题，提高电能利用效率，减少能源浪费的过程，电能质量的提升能够降低无功功率损耗，减少电网损耗，改善设备运行条件，从而实现节能降耗的目标，常见的优化措施包括无功补偿、谐波治理、电压调控、动态负载

平衡等，这些技术可提高电能的有效利用率，降低企业用电成本，延长设备使用寿命，同时减少因电能质量问题导致的设备故障和电力损耗，优化电能质量不仅对工业企业有重要作用，还能提升整个电网的运行效率，助力低碳节能和可持续发展，因此电能质量优化是推动节能减排、提升电力系统可靠性和经济性的关键手段，符合现代能源利用的发展趋势^[1]。

二、电能质量优化促节能的基本原则

（一）提升电压稳定性

提升电压稳定性是电能质量优化的重要原则之一，对于保障电力系统的高效运行和节能降耗具有关键作用，电压稳定性指的是电力系统在不同运行状态下保持电压水平稳定的能力，如果电压波动较大或长期处于不合理范围不仅会影响电力设备的正常运行，还可能导致电能损耗增加，降低整体用电效率，例如电压过高可能引起设备过载和能量浪费，而电压过低则可能导致设备无法正常启动，影响生产效率，因此优化电压稳定性可以减少电网损耗，提高电能利用率，降低因电压波动造成的设备损坏风险，从而实现节能目标，提升电压稳定性的方法包括电压调节、负荷平衡和智能监测等技术手段^[2]。通过合理配置变压器分接头、电压调节器等设备可实现电压的动态调节，确保电网运行的稳定性；优化负荷分配，合理调整高低峰负荷，避免突发性电压波动，提高供电系统的可靠性，此外电力系统可以采用智能监测系统，实时监控电网电压状态，结合自动控制技术进行快速调整，提高电压调节的精准性，通过采取这些优化策略不仅能够减少因电压波动导致的电能浪费，还能提高电力系统的整体效率，为工业和民用电力用户创造更稳定、节能的用电环境。

（二）降低谐波含量

降低谐波含量是电能质量优化的重要原则之一，以此减少电能损耗、提高设备使用效率、延长设备寿命，谐波是指电网中频率为基波整数倍的电压或电流分量，主要来源于电力电子设备、非线性负载等，当电网谐波含量过高时会导致设备过热、绝缘老化、功率因数降低，甚至引发电网振荡，增加电力系统的损耗，过多的谐波还会影响敏感电子设备的正常运行，降低生产和用电的安全性，因此降低谐波含量不仅能减少电能浪费，还能提高电网的运行效率，确保电力设备的稳定性^[3]。降低谐波含量的优化措施包括应用有源和无源滤波装置、优化电力电子设备设计、推广低谐波电器等，无源滤波器主要通过电感、电容等元件吸收特定频率的谐波，而有源滤波器则能实时检测并抵消谐波，提升电能质量，此外提高负载均衡性、优化供电系统结构、减少非线性负载的使用也能有效降低谐波含量，同时电力系统可以推广使用符合国家电能质量标准的节能型设备，从源头上减少谐波污染，通过这些综合措施能够有效减少谐波对电网的干扰，提升电能利用效率，助力节能降耗和电力系统的绿色可持续发展。

（三）优化无功补偿

优化无功补偿是电能质量优化的重要原则之一，以此提高功率因数、降低线路损耗、提升电网运行效率，无功功率是电力系统维持电压稳定和设备正常运行所必需的，但过多的无功功率会增加输电线路和变压器的负担，导致电能损耗加大，影响电网供电能力，当功率因数较低时电网中的有功功率利用率下降，企业和电力系统需要额外的电能补偿无功消耗，造成能源浪费，因此通过优化无功补偿可以减少无功功率的无效消耗，提高电能利用率，实现节能降耗目标，优化无功补偿的方法包括采用静态和动态无功补偿装置、合理配置电容器组、应用智能无功控制技术

等^[4]。静态补偿主要依靠并联电容器，提高系统的功率因数，而动态补偿（如 SVG、SVC 等）能根据负荷变化快速调整无功功率，提高补偿效果，通过优化负荷分配、合理布置补偿设备的位置以及结合智能电网技术进行实时监测和调整可确保无功补偿的精准性和高效性，通过优化无功补偿不仅能降低电网损耗、提高供电质量，还能减少电力企业的额外电费支出，为实现绿色节能和高效用电提供有力支持。

（四）减少三相不平衡

减少三相不平衡是电能质量优化的重要原则之一，以此提高供电系统的稳定性、降低线路损耗和提高设备运行效率具有重要作用，在三相供电系统中理想状态下三相电流、电压应基本对称，但在实际运行中由于单相负荷的不均衡分布、电力设备故障或线路参数差异等因素，往往会出现三相不平衡现象，这种不平衡会导致电网损耗增加使配电变压器、输电线路的负荷加重，影响供电设备的使用寿命，此外严重的三相不平衡还会引起零序电流增大，导致系统电压波动、设备发热甚至出现跳闸故障，影响电力系统的安全性和经济性，因此减少三相不平衡是优化电能质量、提升电力系统能效的重要手段，减少三相不平衡的方法主要包括优化负荷分配、应用平衡补偿装置、采用智能监测技术等，在电网规划和设计时应合理分配单相负荷，避免部分相线过载而其他相线负担过轻，确保电力供应均衡；电力系统可采用自动调节的平衡补偿装置，如三相不平衡调节器、相序调整设备等对电流、电压进行动态平衡补偿；电力系统可以利用智能电网技术对三相负荷情况进行实时监控，结合数据分析优化电力调度，提高三相供电的均衡性，通过这些措施不仅可以降低电网损耗，提高电能利用率，还能有效减少电气设备因不平衡运行而产生的故障风险，为电力系统的安全、稳定、高效运行提供保障，同时也能促进节能减排，实现绿色用电目标。

三、电能质量优化促节能的对策

（一）提高电压稳定性

提高电压稳定性是电能质量优化的重要对策之一，以此保障电网安全、降低能耗、提高设备运行效率，电压波动或电压偏差过大会导致设备运行效率降低，增加能源消耗，甚至影响生产安全，电力系统应优化电力系统的电压调节策略，通过合理配置变压器分接头、电压调节器和无功补偿设备确保电压维持在合理范围内，此外电力系统应加强电网运行监测，利用智能电网技术和自动化控制系统，实时检测电压变化并进行动态调节，以降低电压波动对设备的影响。在用末端，电力系统可以提高电压稳定性，优化负荷管理，避免过度集中或突然变化导致电压剧烈波动，合理分配高峰和低谷时段的用电负荷，采用需求侧管理技术可有效减小电网压力，电力系统可以推广节能设备和高效电力电子装置，如高效变频器、智能电源管理系统等，减少电压波动的影响，提高电能利用效率。

（二）降低谐波污染

降低谐波污染是电能质量优化的重要对策之一，以此减少电

能损耗、提升电网运行效率、延长设备使用寿命具有重要作用，谐波主要由非线性负载、电力电子设备和变频调速装置等引起，过多的谐波会增加线路损耗、降低功率因数，并对敏感设备造成干扰，影响电网的稳定性，为降低谐波污染应首先加强电网谐波监测，建立实时检测系统，对电网中的谐波含量进行监测和分析，及时发现超标情况并采取针对性措施，同时在电力规划和设备选型时应优先选择符合国家标准、谐波排放低的设备，减少谐波源的产生，从源头控制谐波污染，在治理谐波方面可以采用无源滤波器、有源滤波器等补偿装置进行谐波抑制，无源滤波器利用电感、电容等元件吸收特定频率的谐波，适用于固定谐波源的治理，而有源滤波器则能动态检测并抵消谐波，适用于复杂、多变的电网环境。电力系统还可以通过优化供电系统结构减少谐波对电网的影响，电力系统可以推广使用低谐波变频器、高效整流设备以及其他符合节能标准的电力电子设备，也能有效降低谐波污染。

（三）优化无功补偿

优化无功补偿是提升电能质量、降低电网损耗、提高电能利用率的重要对策，无功功率的合理补偿可以提高功率因数，减少线路和变压器的损耗，降低电力设备的过载风险，进而达到节能降耗的目的，无功补偿的优化首先需要对电网运行状态进行精准监测，采用智能电网技术实时分析无功功率的分布情况，确保补偿设备能够及时响应系统需求；电力系统应合理配置无功补偿装置，如并联电容器、静止无功补偿器（SVC）和静止同步补偿器（STATCOM）等，针对不同负荷特性选择适合的补偿方案，确保无功功率补偿的稳定性和高效性。在具体实施中，电力系统可以采取集中补偿、分散补偿和混合补偿相结合的方式，提高补偿效果，集中补偿适用于变电站和大型用电企业，通过大容量补偿设备优化整个电网的无功功率；分散补偿则在负荷端进行小规模补偿，减少无功功率在输配电过程中的损耗，此外智能化无功补偿系统的应用也是优化补偿的重要方向，它能够根据实时负荷变化自动调节无功补偿量，避免过度补偿或补偿不足的情况，提升电

能利用效率。

（四）减少三相不平衡

减少三相不平衡是优化电能质量、降低能耗、提高电力系统运行效率的重要对策，三相不平衡主要由单相负荷分布不均、电网设备参数差异以及线路故障等因素引起会导致电力设备损耗增加、功率因数降低、变压器过载甚至电网波动。要减少三相不平衡应优化负荷分配，合理调整单相负荷在三相系统中的分布，避免某一相过载而其他相负荷较轻的情况，电力系统应加强电网运行监测，利用智能监测系统对三相电流、电压进行实时分析，及时发现并调整不平衡状态，确保电网运行稳定。在技术措施上，电力系统可采用自动均衡装置和动态补偿技术来改善三相不平衡，例如安装三相不平衡调节器或相序调整设备，可以在负荷变化时动态调整电流分配，提高三相电流的均衡性，同时在配电系统中合理配置补偿装置，如磁控电抗器、自耦变压器等，以此提高电网的适应性和稳定性，在新建和改造电网时电力系统应优化线路设计，减少线路阻抗的不对称性，从而降低因线路问题导致的三相不平衡，通过这些措施可以有效降低电能损耗，提高电能利用效率，延长设备使用寿命，确保电力系统的稳定运行，为实现节能降耗和绿色用电提供有力支持。

四、结语

电能质量优化对提升能源利用效率、降低电网损耗、减少设备故障具有重要作用，以此实现节能降耗和绿色发展，电力系统可以通过提高电压稳定性、降低谐波污染、优化无功补偿、减少三相不平衡等手段有效改善电能质量，提高供电系统的可靠性和经济性，电力系统可以合理应用智能监测技术、优化电力设备配置、推广节能型电力电子装置，这不仅能降低企业用电成本，还能提升整体电网的运行效率，未来随着智能电网和新能源技术的发展，电能质量优化将更加精准和高效，为推动低碳可持续发展提供坚实保障，助力构建绿色、稳定、高效的现代电力系统。

参考文献

- [1] 李扬, 张洪亮, 程敏. 低压配电网电能质量治理及节能新技术方案研究 [J]. 电工技术, 2023(20): 98-99.
- [2] 严少刚, 曹正宇, 杜振华. 配电网的电能质量优化技术应用 [J]. 中国科技成果, 2024, 25(1): 41-42.
- [3] 郑美玲, 蒋晓梅, 周毅, 等. 配电网综合能效与电能质量评估分析 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(3): 398-399.
- [4] 彭飞, 孙瑞波, 李文, 等. 浅谈提高供电设备电能质量, 降低供电设备无功损耗的实践 [J]. 中国设备工程, 2024(S01): 163-166.