

# 电力系统中的电能质量分析与改善策略研究

丁许

杭州唐汇建设有限公司, 浙江 杭州 310053

**摘要：** 本文针对电力系统中的电能质量问题进行了深入研究，分析了电能质量的现状和影响因素，并提出了相应的改善策略。论文首先介绍了电力系统的基本概念和电能质量的定义，然后通过实际案例和数据分析了电力系统中存在的电能质量问题，包括电压波动、电压闪络、电流谐波等。接着，本文从电源侧、输电线路侧和用电设备侧三个方面提出了改善电能质量的具体策略，包括提高电源电压水平、优化输电线路布局和加强用电设备维护等。最后，本文总结了研究成果，并对未来研究方向进行了展望。

**关键词：** 电力系统；电能质量；改善策略；电源侧；输电线路侧；用电设备侧

## Research on Power Quality Analysis and Improvement Strategies in Power Systems

Xu Ding

Hangzhou Tanghui Construction Co., Ltd, Zhejiang, Hangzhou 310053

**Abstract：** This paper carries out an in-depth study on power quality in power system, analyzes the current situation and influencing factors of power quality, and puts forward corresponding improvement strategies. The paper firstly introduces the basic concepts of power system and the definition of power quality, and then analyzes the power quality problems existing in power system, including voltage fluctuation, voltage flicker, current harmonics and so on, through actual cases and data. Then, this paper proposes specific strategies to improve power quality from three aspects: power supply side, transmission line side and power equipment side, including improving the power supply voltage level, optimizing the transmission line layout and strengthening the maintenance of power equipment. Finally, this paper summarizes the research results and looks forward to the future research direction.

**Key words：** power system; power quality; improvement strategy; power supply side; transmission line side; power consumption equipment side

## 引言

电力系统是现代生活中不可或缺的基础设施，其中电能质量问题一直是备受关注的话题。电能质量问题不仅会影响电力系统的稳定运行，还会对电力设备造成损坏，甚至对电力系统中的其他设备产生干扰，影响电力系统的整体性能。因此，对电力系统中变压器、电缆等设备的优化研究一直是一项重要的工作。

## 一、电能质量的定义与分类

### (一) 电力系统的基本概念

电力系统是指将发电、输电、配电和用电等环节组成的整体。它是现代社会中不可或缺的基础设施，为我们的日常生活、工业生产和科学技术发展提供了可靠的电力供应。电力系统的发展和优化对于提高我国经济实力、保障社会稳定和人民生活水平具有重要意义。

电力系统中，电能质量是指电能的电压、频率、相位等参数满足规定标准的技术条件。电能质量直接关系到电力设备的运行效率、使用寿命和用电安全。良好的电能质量可以确保电力系统

的稳定运行，降低故障发生的风险，提高用电设备的可靠性和经济性。

### (二) 电能质量的影响因素

电能质量是指电网提供的电能满足国家电网的技术规范和技术标准，为用户提供安全可靠优质的电能，一般用电压、频率、波形来测量。<sup>[1]</sup>电能质量是指电能满足用电设备正常运行和用电要求的技术条件。电力系统中的电能质量问题会对电力系统的运行稳定性和用电设备的性能造成影响，进而对电力系统的经济性和社会影响造成影响。针对传统独立的配电网电能质量评价指标体系或用电可靠性评价指标体系不能准确反映用户用电体验的问题，构建了一种综合考虑用户侧电能质量及用电可靠性的用电体

验评价指标体系。<sup>[2]</sup>

电能质量的影响因素包括以下几个方面：

1. 电源系统：电源系统的稳定性、电压水平、频率稳定性等都会对电能质量产生影响。如果电源系统存在故障或稳定性差，会导致电压波动、电流谐波等，从而影响电能质量。

2. 电网结构：电网的结构会对电能质量产生影响，包括电网的拓扑结构、线路长度、变压器、配电设备等。电网结构的优化可以提高电能质量。

3. 负载特性：负载的特性也会对电能质量产生影响。如果负载的特性不稳定，会导致电能质量下降。

4. 设备故障：电力系统中的设备故障也会对电能质量产生影响。设备故障会导致电压、电流等参数的波动，从而影响电能质量。

5. 环境因素：环境因素也会对电能质量产生影响，包括气候、地理位置等。例如，雷击、风害等天气因素会对电力系统产生影响，导致电压波动、电流谐波等。

6. 供电距离：供电距离的远近也会对电能质量产生影响。供电距离越远，线路损耗越大，电能质量越低。

7. 用电设备：用电设备的性能、质量、使用寿命等也会对电能质量产生影响。高水平的用电设备可以提高电能质量，而低水平的用电设备则会降低电能质量。

电能质量的影响因素很多，需要综合考虑各种因素，采取相应的措施来提高电能质量。

### （三）电能质量的评估方法

电能质量是指供电系统向用户提供的电能满足用电设备技术要求、供电质量标准以及人体舒适度等方面需求的能力。电能质量问题会影响到电力系统的稳定运行，对用户设备的正常使用造成影响，并可能引发安全事故。因此，对电能质量进行评估和分析，并采取相应的改善策略，对于保障电力系统的稳定运行和提高用户用电体验具有重要意义。国内外许多学者对电能质量扰动分类进行深入研究，大多都是针对单一扰动质量分类。<sup>[3]</sup>

评估电能质量的方法主要有以下几种：

1. 感官评估法：当前感官评估领域的应用研究与传统模式识别方法一样，还着力于使用单一方法及其改进方法<sup>[4]</sup>。通过观察和听觉等感官手段，对电能质量进行初步的评估。这种方法简单易行，但评估结果可能受到主观因素的影响。

2. 测量分析法：通过测量各种电能质量参数，如电压、电流、频率等，对电能质量进行定量分析。这种方法具有较高的客观性，但需要配置专门的测量设备。

3. 统计分析法：通过对大量电能质量事件的统计分析，找出电能质量问题的规律和特点。这种方法能够更深入地了解电能质量问题，为改善策略提供依据。

4. 模型分析法：通过对电力系统数学模型的分析，模拟和预测电能质量事件的发生和影响。这种方法能够从系统层面评估电能质量问题，为制定针对性的改善策略提供理论依据。

综上所述，评估电能质量的方法包括感官评估法、测量分析法、统计分析法以及模型分析法等。在实际应用中，可以根据具

体情况选择合适的方法进行电能质量评估。

## 二、电力系统中常见的电能质量问题

### （一）电能质量问题的原因分析

随着风力发电的规模化开发，大量的功率变流装置接入电网，在并网和运行过程中产生高频次的谐波注入电网，再加上风的随机性引起的并网电压波动和闪变等问题，可能导致风电场电能质量不稳定。<sup>[5]</sup>电力系统中的电能质量问题指的是电能的供电电压、电流、频率等参数偏离了用户需要的标准值，影响了电力系统的正常运行和用户用电设备的性能，甚至可能对电力系统的安全、稳定性和可靠性造成影响。电能质量问题的原因很多，下面列举一些可能的原因：

1. 电力系统中的设备故障。电力系统中的发电机、变压器、电缆、线路等设备出现故障，可能会导致电能质量问题。例如，发电机故障可能会导致电压不稳，变压器故障可能会导致电压偏低或偏高，电缆故障可能会导致电流泄漏或短路，线路故障可能会导致电流过大或过小等。

2. 系统运行不当。电力系统的运行管理和操作不够规范，可能会导致电能质量问题。例如，电力系统的运行参数设定不当，可能会导致电压不稳定；运行过程中出现故障处理不当，可能会导致电力系统的运行状态发生异常，进而导致电能质量问题。

3. 外部干扰。外部干扰指的是电力系统之外的因素对电力系统造成的影响。例如，雷电、风害、鸟害、电磁干扰等都可能对电力系统产生影响，导致电能质量问题。

4. 用电设备问题。用电设备自身的质量、使用环境、运行维护等方面的问题，也可能导致电能质量问题。例如，用电设备的容量与实际需求不匹配、设备的老化、设备的接线不当等都可能会导致电能质量问题。

电力电缆的结构较架空线复杂，主要包括线芯导体、绝缘层、金属护套层以及铠装层。由于电缆复杂的结构以及特殊的敷设方式，在电缆运行的过程中，电缆线路的功率损耗由线芯损耗、绝缘介质损耗、金属护套损耗和铠装层损耗组成<sup>[6]</sup>。综上所述，导致电力系统中的电能质量问题的原因很多，需要针对具体情况进行分析和处理。

### （二）电能质量问题的影响

用电设备的运行指标和额定寿命是对其额定电压而言的。当其端子上出现电压偏差时，其运行参数和寿命将受到影响，影响程度视偏差的大小、持续的时间和设备状况而异<sup>[7]</sup>。电能质量问题对电力系统及其用户造成了诸多影响，具体表现为以下几个方面：

1. 设备损耗：当电能质量较差时，电力系统中的设备会因为电流、电压等参数的不稳定而产生较大的损耗，从而降低设备的使用寿命，增加维护成本，并可能引发设备故障，导致系统停电，给企业带来经济损失。

2. 供电可靠性降低：电能质量问题可能导致供电可靠性下降，影响电力系统的正常运行。当电力系统中的某个环节出现电

力质量问题时，可能会导致整个电力系统崩溃，给用户带来严重的生活影响。

3. 安全问题：电能质量问题可能引发电力系统的安全事故。当电力系统中的设备运行在恶劣的电能质量条件下时，可能会导致设备过热、过载等现象，进而引发火灾、爆炸等安全事故，给人民生命财产安全带来威胁。

4. 系统稳定性受损：电力系统中出现电能质量问题，可能导致系统稳定性降低。当电力系统中的电流、电压等参数出现波动时，可能会引起系统振荡，甚至导致系统崩溃，给电力系统的稳定性带来极大风险。

5. 用户体验下降：电能质量问题会影响电力系统的正常运行，进而影响用户的用电体验。当用户发现电力系统存在电能质量问题，可能会导致用电环境恶化，影响正常生产和生活的秩序。

综上所述，电能质量问题对电力系统及其用户造成了多方面的影响，因此，对电力系统中的电能质量问题进行分析与改善策略研究具有重要意义。

### 三、于噪音较大的环境，可以佩戴耳塞或耳机等个人防护电力系统中电能质量对敏感负载保护策略

1. 谐波滤波器的应用：谐波是电力系统中常见的电能质量问题之一，对敏感负载可能产生负面影响。通过安装谐波滤波器，可以有效地减少谐波电流和电压，保护敏感负载免受谐波影响。

2. 电压调节器的应用：电压波动和波动是另一个常见的电能质量问题，可能对敏感负载造成损害。电压调节器可以监测电网电压的变化，并在必要时进行补偿，以确保敏感负载接收到稳定的电压供应。

3. UPS（不间断电源）的应用：UPS是一种备用电源设备，可提供瞬时电源供应，以保护敏感负载免受电力中断、电压波动和其他电能质量问题的影响。UPS可以提供稳定的电源继续供应敏感负载，直到主电源恢复正常。

4. 建立合适的地线系统：良好的地线系统可以提供良好的电气接地，减少电力系统中的地干扰和地回路问题，保护敏感负载免受地电压和地电流的影响。

5. 定期维护和检测：定期维护和检测敏感负载及其保护设备的状态是保护策略的重要组成部分。通过定期检查和维修，可以及时发现潜在问题并采取相应措施，确保敏感负载的可靠运行。

### 四、研究展望

1. 深入研究电力系统中的各种因素对电能质量的影响，并建立完善的电能质量监测和评估体系。通过对电力系统中的各个环节进行深入分析，研究如何通过合理的电力系统结构和设计，以及优化电力设备的运行参数，从而提高电能质量。

2. 探讨电能质量问题的原因和解决方法。在研究过程中，需要考虑到各种因素对电能质量的影响，以及可能出现的电力系统

故障和损坏等情况。

3. 研究电力系统的智能化和自动化技术对电能质量的影响。随着电力系统的智能化和自动化技术的不断发展，电力系统的运行和维护也变得越来越智能化和自动化。

### 结束语

在电力系统的发展过程中，电能质量问题一直是一个备受关注的话题。电能质量的高低直接影响到电力系统的运行稳定性和用电设备的性能，也关系到电力系统的经济性和可持续性。本文通过对电力系统中的电能质量进行分析，探讨了电能质量问题的原因和影响因素，并提出了改善电能质量的策略和方法。

通过对电力系统中的电能质量分析，我们发现电能质量问题涉及多个方面，包括电压、电流、频率、电压相位等。其中，电压波动和电压闪络是最常见的问题之一，对电力系统的运行稳定性和设备的性能造成了很大的影响。

为了改善电能质量问题，我们提出了一些策略和方法。首先，我们需要加强电力系统的监测和管理，及时发现和处理电能质量问题。其次，我们需要采用先进的电力系统稳定性和电能质量控制技术，提高电力系统的稳定性和电能质量。最后，我们需要加强用电设备的保护和管理，减少用电设备对电能质量的影响。

电力系统中的电能质量问题是一个复杂而重要的问题，需要从多个方面进行研究和解决。本文的研究和探讨对于提高电力系统的运行稳定性和电能质量，促进电力系统的经济性和可持续性，具有重要的理论和实践意义。

### 参考文献：

- [1] 钟俊琛. 新能源并网对电力系统电能质量的影响 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(03): 184-185. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2023.03.081.
- [2] 姜春光, 安冰, 古诗词等. 考虑用户侧电能质量及用电可靠性的用电体验评价 [J]. 河北电力技术, 2023, 42(01): 45-51.
- [3] 王康, 席燕辉, 胡康. 一种新的基于深度置信网络的电能质量扰动分类方法 [J]. 电力科学与技术学报, 2023, 38(01): 171-177. DOI: 10.19781/j.issn.1673-9140.2023.01.020.
- [4] 石子健, 汤建国, 张忠良等. 多分类器集成系统在卷烟感官评估中的应用 [J]. 中国烟草学报, 2016, 22(01): 24-31. DOI: 10.16472/j.chinatobacco.14.578.
- [5] 王丽广, 赵燕峰. 某风电场并网引起的电能质量问题分析 [C]// 中国农业机械工业协会风力机械分会, 中国可再生能源学会风能专业委员会. 第八届中国风电后市场交流合作大会论文集. 中车株洲电力机车研究所有限公司风电事业部; , 2021: 5. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2021.009537.
- [6] 陈德. 计及电能质量问题的电缆损耗智能评估 [D]. 广东工业大学, 2021. DOI: 10.27029/d.cnki.ggdgu.2021.000795.
- [7] 马超. 配电网电能质量薄弱点评估 [D]. 山东大学, 2020. DOI: 10.27272/d.cnki.gshdu.2020.001777.
- [8] 王志祥. 基于循环神经网络的电能质量扰动识别算法研究 [D]. 湖南大学, 2020. DOI: 10.27135/d.cnki.ghudu.2020.003093.
- [9] 刘建华. 供电企业电能质量管控项目方案研究 [D]. 河北工业大学, 2019. DOI: 10.27105/d.cnki.ghbgu.2019.001502.
- [10] 郭创新, 刘祝平, 冯斌, 等. 新型电力系统风险评估研究现状及展望 [J]. 高压技术, 2022, 48(9).