

# 新能源发电系统中电能质量监测与控制技术研究

王大超

北京泛华人力资源管理咨询有限公司，北京市，100000；

**摘要：**随着全球经济的高速发展，新能源发电技术得到了快速发展。新能源发电系统中的电能质量问题成为影响电力系统稳定运行的重要因素之一，同时也对电力用户的用电体验造成了严重影响。文章以新能源发电系统为研究对象，通过对新能源发电系统中电能质量问题进行深入分析，重点探讨了电能质量监测技术与控制技术，并在此基础上设计了一套电能质量综合治理方案。文章提出了基于大数据与云平台的电能质量监测与控制技术，并对其存在的问题进行了分析。该技术的应用能够有效提升新能源发电系统中的电能质量监测水平和控制水平，保障新能源发电系统的安全可靠运行。

**关键词：**新能源；发电系统；电能质量监测；控制技术

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.06.072

## 引言

随着新能源发电技术的发展，其对电能质量的要求越来越高，但是新能源发电系统中存在着多种电能质量问题，严重影响了电力系统的安全可靠运行。为了提高新能源发电系统中电能质量问题的监测与控制水平，需要深入研究新能源发电系统中电能质量问题的产生机理、常见问题及其影响，并采取有效措施进行综合治理。为了解决新能源发电系统中的电能质量问题，本文以电能质量监测技术与控制技术为研究对象，重点分析了大数据与云平台在电能质量监测与控制中的应用，并提出了一套基于大数据与云平台的电能质量综合治理方案。

## 1 新能源发电系统的构成与运行特性

新能源发电系统是指在新能源发电装置中，利用蓄电池、风力发电机、太阳能光伏电池等实现电能存储和转换的新型电力系统<sup>[1]</sup>。其中，蓄电池作为新能源发电系统中的储能装置，能够将新能源发电装置的能量存储在蓄电池中，在电网电压出现波动时，可以将能量释放到电网中，保证电网的稳定运行。太阳能光伏电池是一种太阳能转换装置，能够将太阳辐射能直接转化为电能，具有工作可靠、寿命长、安全可靠等优点<sup>[1]</sup>。

## 2 新能源发电接入电网的挑战

新能源发电系统与传统电网的运行特性存在差异，电网调度的难度较大。新能源发电系统的控制模式和控制策略与传统电网存在差异，这会增加新能源发电系统的并网难度。新能源发电系统在并网时将面临较大的电压波动、电压跌落、谐波和功率缺额等电能质量问题，这些电能质量问题将影响电网系统的稳定运行。新能源发电系统是一种新型电力系统，其控制和保护策略与传

统电力系统存在差异，需要深入研究和解决。

## 3 电能质量问题及其影响

### 3.1 电能质量的定义与主要指标

电能质量是指电力系统正常运行时对用户的电压、频率、三相不平衡度等的要求，其中电压质量是电力系统安全运行的关键因素，是电能质量问题的核心。在电力系统中，电压允许偏差（Um），频率允许偏差（Uf）和三相不平衡度都是电能质量的指标。电能质量包括供电电压水平、供电频率、三相电压不平衡度、电压波动和闪变等几个方面。供电电压水平是指从供电系统向用户供出电能的电压允许偏差，它是衡量电网供电质量的主要指标；供电频率是指供出电能与输入电能的频率相同，是衡量电力系统稳定性的重要指标；三相电压不平衡度是指在给定时间内，对一个相或几个相电压值进行测量得到的不平衡程度<sup>[2]</sup>。

### 3.2 新能源发电系统常见电能质量问题

电压波动和闪变：风电机组在运行过程中会产生大量的谐波，谐波电压引起的电网电压波动和闪变会使设备无法正常运行，导致设备损坏和生产事故；谐波：风电机组中含有大量的电力电子设备，这些电力电子设备对电能质量有一定的影响。光伏发电系统中光伏电池的直流侧会产生较大的谐波，对于电网中其他电能质量指标影响较大，如电压偏差、闪变、三相不平衡等；电压波动：风电机组运行过程中会产生大量谐波，在风电场内部以及风电场与电网之间均存在谐波电压。随着风电机组并网容量越来越大，电网中存在的谐波情况也越来越严重<sup>[3]</sup>。

### 3.3 电能质量问题对电力系统和用户的影响

电能质量问题对电力系统的影响主要有以下几个方面：(1)降低了电力系统的供电能力，使系统运行的可靠性降低；(2)电力系统中出现谐波会使电力变压器和输电线路等设备发生谐振，容易发生破坏事故；(3)对电网的安全稳定运行产生不利影响，比如造成电网电压波动、闪变等问题，严重时会引起电网电压崩溃；(4)电能质量问题还会造成过电压、过电流以及对电动机等设备的损坏。对于用户而言，电能质量问题会影响其正常工作和生活，比如引起冰箱、空调等家用电器无法正常工作；对于家用电器用户而言，电能质量问题也会对其产生影响，如冰箱运行时产生的电流异常等<sup>[4]</sup>。

## 4 电能质量监测技术

### 4.1 电能质量监测的基本原理

电能质量的监测主要是对电网中电压、电流以及功率的实时测量，对电网中所产生的各种不合格现象进行分析。电能质量监测的基本原理主要有以下几点：(1)通过对电压、电流的测量，得到其偏差值，从而判定电压、电流是否合格；(2)对测量数据进行分析，了解电网中的电压、电流是否超出国家标准；(3)通过对电力系统功率因数的检测，了解电网中所含有的谐波分量以及其他对电力系统的影响。通过上述几个方面可以对电网中电压、电流是否合格进行判断，同时也可以对电力系统中的谐波分量以及其他影响电力系统质量的因素进行监测。

### 4.2 监测系统的硬件组成与选型

电能质量监测系统的硬件组成主要有数据采集设备、信号调理模块、信号处理模块、通讯模块等，其中信号调理模块主要负责将输入的电能质量数据进行调理，降低现场测量的干扰和影响。信号调理模块主要包括模数转换器(ADC)和数模转换器(DAC)。模数转换器的主要功能是将模拟信号转化为数字信号，为后续处理和分析提供基础。数据采集设备主要负责将电能质量数据传输给控制中心，完成电能质量数据的采集工作<sup>[5]</sup>。

### 4.3 监测数据采集与处理方法

电能质量监测数据采集与处理方法主要分为三种：人工取样法、自动取样法和数据采集法。人工取样法是指利用专用的电能质量监测仪器对电能质量进行测量，通过计算得出电能质量参数，此方法受人为因素的影响较大。自动取样法是指利用计算机来自动对电能质量进行测量，这种方法能自动完成对数据的采集、分析、计算等，但设备的成本较高。数据采集卡是由一组存储器和微处理器组成的数据采集处理系统，它可以通过数字或模拟量的输入，实现对数据的存储、管理、显示和通

信等功能。目前数据采集卡在新能源发电系统中使用最为广泛<sup>[6]</sup>。

### 4.4 智能电能质量在线监测系统的应用

(1)实现智能电能质量在线监测系统与企业现有的数据采集、监控和管理系统的融合，实现企业信息资源共享，提高数据采集的效率和数据分析能力。(2)实现对企业生产、运行状况的实时监控，达到远程诊断的目的，从而实现对设备故障的早期预警和故障诊断。

(3)实现对电能质量指标进行实时在线监测，并提供分析报告。(4)提高电能质量在线监测系统对电能质量问题进行分析、预测与决策的能力。(5)完善电能质量管理体系，建立完善的管理制度，提高管理效率和管理水平。(6)解决传统监测系统功能单一、扩展性差、功能扩展困难等问题。

### 4.5 大数据与云平台在电能质量监测中的应用

由于电网规模的不断扩大，电能质量的监测范围也在不断扩大，传统的人工监测已经不能满足需求，大数据与云平台技术逐渐应用到了电能质量监测中。在实际应用中，大数据与云平台可以对电网运行状态进行分析，同时对电能质量进行在线监测。由于电力系统是一个大数据的应用场景，所以可以将大数据与云平台技术应用到电能质量的监测中，利用大数据技术可以对电力系统运行状态进行分析，从而分析电能质量中存在的问题<sup>[7]</sup>。

## 5 电能质量控制技术

### 5.1 电能质量控制的基本原理

电能质量控制的基本原理是：通过对各种电能质量指标进行实时监测，分析出电能质量变化的趋势和原因，并结合实际情况，采取相应的控制措施。其基本工作原理可概括为：①对发生了变化的电能质量指标进行实时监测；②根据监测结果，分析出该指标变化的原因；③根据原因采取相应的控制措施。电能质量控制是一项复杂的系统工程，需要从多方面进行考虑，并通过计算出该指标的变化趋势和原因，并采用适当的控制措施进行改变。

### 5.2 主动滤波器(APF)、静止无功发生器(SVG)等装置

①有源滤波器(APF)：APF是一种具有主动滤波功能的电力电子装置，它将电力电子器件安装在一个开关电路中，通过控制开关电路的通断，产生与基波频率相同但幅值不等的谐波和无功电流，从而达到补偿电网谐波和无功电流的目的。②静止无功发生器(SVG)：SVG是一种静止、动态、快速补偿系统中无功功率的装

置，它在电网电压跌落或三相不平衡时，能快速补偿系统中的无功功率，提高电网电压质量。③并联谐振逆变器（RTO）：RTO是一种能动态跟踪负载电流变化，实现电容电压稳定的装置，它能抑制谐波和负序电流，改善电能质量。

### 5.3 储能系统在电能质量控制中的作用

在新能源发电系统中，储能系统是解决电能质量问题的一个重要途径。储能装置作为一种新型的电力电子装置，具有无功补偿和有源滤波等功能。通过对电网电压进行控制，可改善电网的电压质量，提高电网运行的安全性和稳定性，在实际应用中具有很大的潜力。储能装置一般由电池、电池组和控制器等组成。根据应用领域不同，储能装置可分为可再生能源发电储能系统、负荷侧储能系统、电网侧储能系统和辅助服务类储能系统。针对不同的应用领域，如何合理配置不同类型的储能装置，并对其进行合理配置和管理，是当前急需解决的问题。

### 5.4 分布式控制与协调控制方法

分布式控制是分布式系统的一种重要控制方法，也是当前研究的热点。分布式控制具有结构简单、反应迅速、易于实现等特点。基于分布式控制的协调控制方法通过将各控制器和分布式电源/储能系统进行协调，可以有效地降低有功功率波动对电能质量的影响，改善电能质量，提高发电系统的经济性和稳定性。在分布式控制中，各控制器之间的信息共享是关键问题之一。如果控制器之间不能有效地进行信息共享，则会导致一些错误信息和噪声信号被传递给控制器，从而降低系统的稳定性<sup>[8]</sup>。因此，如何合理地进行控制信息共享，是实现分布式控制的关键。

### 5.5 智能化控制策略与自适应技术

(1) 智能化控制策略：①自适应技术：可实现电压跌落、谐波、不平衡功率等电能质量问题的动态自适应调节；②非线性控制技术：可实现电能质量问题的线性化处理，如多项式逼近；③模糊控制技术：可实现电能质量问题的模糊自适应控制。(2) 智能化自适应技术在电力系统中的应用：①基于多层感知机的信息融合技术：以网络为载体，感知新能源发电系统电能质量信息，并融合网络中各节点的信息，从而实现电能质量问题的智能化控制；②基于多智能体和机器学习理论的自适应控制：以各智能体之间相互学习和优化来实现电能质量控制。

## 5.6 电能质量综合治理方案设计

基于上述分析，以“有源滤波器+静止无功发生器+有源电力滤波器”为方案设计思路，设计了基于PSCAD的新能源发电系统电能质量综合治理方案。该方案的主要作用是：(1) 补偿电网无功和谐波；(2) 提高系统电压稳定性；(3) 改善新能源发电系统功率因数，提高功率因数；(4) 改善电能质量；(5) 提高供电可靠性。其中，无功补偿采用基于有源电力滤波器的静止无功发生器，可实现快速、精确地补偿电网中的谐波和无功功率；有源电力滤波器采用基于三相静止坐标系下的APF和基于三相静止坐标系下的SVG，能实现对电压畸变和谐波的抑制。

## 6 结语

随着新能源发电系统的广泛应用，电能质量问题日益突出，给人们的生产生活带来了很大影响。为此，需要在电能质量监测与控制技术方面不断开展研究工作。随着智能电网、大电网、微网、分布式发电系统等相关技术的不断发展，电能质量问题的监测与控制技术也会逐渐向智能化、网络化、实时性方向发展。总之，电能质量监测与控制技术的研究将会随着新能源发电系统中各种问题的解决而不断发展。

### 参考文献

- [1] 陈木斌. 基于云原生构建新能源发电设备监控系统[J]. 工业控制计算机, 2025, 38(07): 49-50.
- [2] 徐靖渝. 新能源发电系统中储能技术的集成应用[J]. 电站辅机, 2025, 46(02): 26-28.
- [3] 冯银苹. 基于新能源发电的配电网源网荷储协调控制策略[J]. 电站辅机, 2025, 46(02): 29-32.
- [4] 张雷. 光伏新能源发电系统电气性能优化技术研究[J]. 电气技术与经济, 2025, (06): 35-37.
- [5] 路新惠. 新能源汽车电机驱动系统中的能量回馈与再生制动技术研究[J]. 农机使用与维修, 2025, (06): 95-98.
- [6] 沈赋, 刘思蕊, 蔡子龙, 等. 考虑相关性的新能源电力系统风光功率短期联合预测模型[J]. 太阳能学报, 2025, 46(05): 203-212.
- [7] 姚磊. 高新技术助力新能源发电系统高质量运行[N]. 新华日报, 2025-06-05(013).
- [8] 李小龙, 陈亮亮. 可再生能源发电系统的经济性分析与优化策略[J]. 大众标准化, 2025, (10): 140-142.