

# 智能电网中电能质量监测与治理技术研究

徐泽华

广东电网能源发展有限公司, 广东省广州市, 510000;

**摘要:** 智能电网电能质量监测与治理工作, 是维系电网稳定运行与高效发展的核心支撑。该项工作可全方位守护电力设备安全, 通过实时监测、快速预警与靶向治理, 从源头规避电压异常等问题带来的设备故障。同时能精准降低电网传输损耗, 优化发电设备运行工况, 切实提升能源利用效率与电网运营经济性。高精度采集、动态无功补偿、分布式管控等技术, 为全域电能质量管控筑牢技术根基, 保障智能电网全链路安全高效运转。

**关键词:** 智能电网; 电能质量监测; 治理技术

**DOI:** 10.69979/3060-8767.26.04.013

## 引言

智能电网建设发展, 对电力系统稳定性、经济性与智能化水平提出了全新要求。当前电网运行中电压波动、谐波干扰、三相不平衡等问题持续凸显, 不仅威胁各类电力设备安全, 还会增加电网损耗、拉低能源利用效率。为破解这类现实难题, 亟需搭建完备的电能质量监测与治理体系, 依托精准数据采集、协同装置调控、分布式节点布局等技术, 补齐电能质量管控短板, 为智能电网稳步推进提供坚实保障。

## 1 智能电网中电能质量监测与治理的重要性

### 1.1 保障电力设备安全稳定运行

电能质量监测与治理体系是守护智能电网电力设备安全的关键屏障, 该体系能主动排查隐患、快速响应异常, 全方位筑牢设备运行的安全防线。这套体系借助全域部署的监测终端, 持续且精准地捕捉电网电压、电流的实时变化, 不放过任何微小的电压波动与参数异常。当系统监测到电压偏离正常范围、波动超出设定阈值时, 会第一时间发出预警信号, 技术人员可依据预警信息快速启动治理措施。工作人员可远程调控无功补偿装置, 快速平滑电网电压波动; 也可根据异常范围及时切换供电线路, 隔离故障区域与正常运行设备。整套监测与治理流程, 能从源头规避电能质量问题对设备的损害, 杜绝设备因电压异常出现突发故障, 让各类电力设备始终处于安全、稳定的运行状态, 保障智能电网全链路设备的可靠运转。

### 1.2 提升能源利用效率与经济性

首先, 电能质量监测与治理手段能精准破解电网损

耗难题, 稳步提升能源利用效率, 为智能电网的经济运行提供坚实支撑。技术人员通过全域监测精准定位谐波、三相不平衡等问题的发生位置与严重程度, 针对性启动治理设备, 削弱谐波干扰、平衡三相负荷, 让输电线路的电流回归正常运行状态。线路电流恢复平稳后, 集肤效应带来的电阻升高问题得到有效缓解, 线路的无效损耗会大幅降低, 每一度电能都能更高效地传输至终端用户。同时, 治理后的电网运行参数更趋稳定, 配电设备无需在异常参数下超负荷运行, 设备自身的能耗也会随之降低。这种从源头优化电能质量、降低传输损耗的方式, 能切实减少电网的能源浪费, 让能源利用效率实现稳步提升, 为电网运营企业节约大量的能耗成本。

其次, 电能质量监测数据能为发电环节的运行优化提供科学依据, 助力发电设备保持最佳工况, 同时降低设备运维的经济成本。监测系统会持续采集发电机出口电压、频率、谐波等核心电能质量参数, 实时反馈发电设备的运行状态。运维人员依据这些精准数据, 科学调整发电机的励磁电流, 精准控制原动机的出力大小, 让发电机始终处于效率最优的运行区间, 最大限度提升燃料到电能的转化效率。此外, 持续的监测能及时捕捉发电设备的潜在故障隐患, 比如电压异常波动、谐波含量超标等问题, 往往是发电机内部组件老化、故障的前期信号。运维人员可依据监测数据提前开展维修与检修工作, 避免设备故障扩大化导致的非计划停机, 减少停机带来的发电损失, 降低设备大修、更换的高昂成本, 全面提升发电环节的经济性。

## 2 智能电网中电能质量监测与治理技术

### 2.1 高精度实时数据采集与同步测量技术

### 2.1.1 核心硬件设备的科学选型与精准配置

硬件设备的选型与配置, 直接决定电能质量数据采集的精度与实时性, 是整个监测技术体系的基础环节。工程师需结合智能电网的监测需求, 严谨开展硬件设备的筛选与调试工作, 不忽视任何一个影响数据质量的细节。传感器作为数据采集的前端核心部件, 其灵敏度、量程范围与测量误差直接决定原始数据的可靠性, 工作人员要针对电压、电流、谐波等不同监测参数, 挑选高灵敏度、宽量程、低误差的专用传感器, 确保传感器能精准捕捉电网中微小的电气参数变化。数据采集装置的采样频率与分辨率, 是保障数据完整度的关键指标, 技术人员要设定符合电网快速变化需求的采样频率, 保证电压骤升、瞬态谐波等快速变化过程被完整记录, 同时选用高分辨率装置, 精准区分电气参数的微小差异。时钟同步设备则要选用高精度型号, 为全域采集设备提供统一的时间基准, 从硬件层面消除时间偏差带来的数据不同步问题。

### 2.1.2 标准化数据采集流程的严谨搭建与执行

标准化数据采集流程的搭建与执行, 能让硬件设备的性能充分发挥, 确保每一组采集数据都真实、准确。技术人员要制定规范化、可落地的采集流程, 明确每一个环节的操作标准与责任要求, 让采集工作有章可循。传感器在感知到电网电气信号后, 会将原始信号传输至信号调理电路, 电路系统会有序完成信号放大、滤波、降噪等预处理工作, 剔除信号中的干扰杂波, 让信号符合数据采集装置的输入标准。预处理后的信号会传输至数据采集装置, 装置严格按照设定的采样频率开展采集工作, 同步对采集到的数据进行编码、分类与初步存储, 全程杜绝数据丢失、错乱等问题。工作人员要定期核查采集流程的执行情况, 逐一检查传感器、调理电路、采集装置的运行状态, 确保流程中的每一个步骤都严格落地, 从流程层面保障数据采集的准确性与可靠性。

### 2.1.3 高精度时钟同步机制的构建与落地实施

时钟同步机制的构建与实施, 能让分布式部署的采集设备实现全域同步作业, 保证采集数据反映电网同一时刻的真实状态。技术人员要以高精度时钟同步设备为核心, 搭建覆盖全监测节点的同步控制体系, 让所有设备遵循统一的时间指令运行。同步设备会持续向各个数据采集装置发送标准同步脉冲信号, 各采集装置在接收到信号后, 会同时启动数据采集、数据处理等操作, 彻

底消除不同位置设备因时间差异产生的数据偏差。同时, 技术人员要制定专用的数据传输同步协议, 明确数据的传输格式、传输速率与时间戳添加规则, 让每一组传输数据都携带精准的时间信息。同步机制运行过程中, 工作人员要实时监控同步效果, 及时校准时钟偏差, 确保不同区域、不同设备采集的数据具备高度同步性, 为后续电能质量分析提供可靠的数据支撑。

## 2.2 动态无功补偿与谐波抑制技术

### 2.2.1 电网谐波源的精准识别与深度分析

谐波源的精准识别与深度分析, 是开展谐波抑制工作的前提, 能为后续治理策略的制定提供明确方向。技术人员要借助专业的电能质量监测设备, 对智能电网各关键节点开展全域、不间断的谐波监测, 全面采集谐波的频谱分布、含量占比、波动规律等详细数据。采集完成后, 技术人员结合电网拓扑结构、负荷分布特性与设备运行参数, 对监测数据进行深度剖析, 精准判断谐波源的具体位置、产生类型与危害程度。整流设备、电弧炉、变频设备等常见工业负荷, 是电网谐波的主要产生源头, 技术人员要通过数据对比、负荷排查等方式, 锁定每一个谐波源的具体位置, 明确谐波的频率、幅值等核心参数。只有完成精准的识别与分析, 才能避免治理工作盲目开展, 确保后续谐波抑制措施直击问题核心。

### 2.2.2 分场景谐波抑制方案的定制与应用

分场景谐波抑制方案的定制与应用, 能让治理工作更具针对性, 最大化提升谐波抑制的实际效果。技术人员要依据谐波源识别结果, 结合不同区域的谐波含量、分布范围与负荷特性, 定制差异化的治理方案。对于谐波含量较小、影响范围有限的局部区域, 优先选用无源滤波器开展治理, 工作人员会根据谐波的频率特性, 精准设计滤波器的电感、电容参数, 让滤波器对特定频率谐波呈现低阻抗状态, 高效将谐波电流引入大地, 阻断谐波在电网中的传播路径。对于谐波含量高、分布范围广、干扰强度大的区域, 则启用有源电力滤波器进行动态治理, 有源滤波器会实时监测电网谐波电流, 快速生成与谐波电流大小相等、相位相反的补偿电流, 精准抵消电网中的谐波分量。这种分场景定制的方案, 能灵活适配不同的治理需求, 高效清除电网谐波干扰。

### 2.2.3 无功补偿与谐波抑制装置的协同调控

无功补偿与谐波抑制装置的协同调控, 能实现电能质量的综合治理, 让电网电压、谐波、无功等参数同时

保持最优状态。工作人员要在装置安装调试阶段,确保两类设备的通信接口完全兼容,搭建统一的智能监控平台,实现两类装置的数据实时交互与集中控制。监控平台会实时采集电网负荷变化、电压波动幅度、谐波含量等运行参数,依据参数变化同步调控两类装置的运行状态。当电网负荷增加、无功需求增大时,平台会自动指令动态无功补偿装置提升输出容量,快速补充电网无功功率,稳定电网电压。若监测到谐波含量超标,平台会同步调整谐波抑制装置的补偿参数,强化谐波抵消能力。两类装置相互配合、优势互补,全程动态响应电网变化,共同维护智能电网电能质量的持续稳定。

## 2.3 分布式电能质量监测与治理技术

### 2.3.1 分布式监测节点的合理布局与规范调试

分布式监测节点的布局与调试,是搭建全域监测网络的第一步,直接决定分布式监测体系的覆盖范围与响应灵敏度。技术人员要全面评估智能电网的拓扑结构,细致分析各区域的负荷密度、电压波动频率与谐波干扰程度,明确不同区域的电能质量敏感等级。对于负荷密集、电压波动频繁、谐波干扰严重的核心区域,优先部署监测节点,确保异常问题能被第一时间捕捉。节点安装时,工作人员要严格筛选安装环境,选择通风条件良好、环境温度适宜、无强电磁干扰的位置,避免外界环境影响设备的稳定运行。

### 2.3.2 差异化数据采集策略的制定与落地

差异化数据采集策略的制定与落地,能平衡数据采集精度与数据处理效率,让监测工作更贴合电网实际运行需求。技术人员要依据不同电能质量参数的变化特性,设定针对性的采集规则,杜绝一刀切的采集方式。对于瞬态电压、冲击电流等变化速度快、波动幅度大的参数,采用高采样频率开展采集,完整记录参数的每一个变化细节,保证异常过程不被遗漏。对于谐波含量、三相不平衡度等变化相对缓慢的参数,合理降低采样频率,在保证监测精度的前提下,减少无效数据的产生量,降低数据传输与处理的压力。工作人员要定期核查采集策略的执行效果,根据电网负荷变化、运行方式调整等情况,优化采样频率与采集时长,让采集策略始终适配电网的

监测需求,实现精准采集与高效运行的双重目标。

### 2.3.3 多模式数据传输网络的搭建与安全防护

多模式数据传输网络的搭建与安全防护,能保障监测数据实时、稳定、安全地传输至处理中心,支撑分布式监测体系的高效运行。技术人员要采用有线通信与无线通信相结合的方式,搭建适配不同场景的传输网络,兼顾传输稳定性与部署灵活性。对于距离近、数据量大、对稳定性要求高的监测节点,选用以太网等有线通信方式,保证数据高速、稳定传输,杜绝信号中断、丢包等问题。对于距离远、布线困难、位置分散的监测节点,选用 LoRa、ZigBee 等无线通信方式,灵活完成数据传输,降低网络部署的难度与成本。数据传输过程中,工作人员要建立完善的加密机制,对采集数据进行加密处理,严防数据在传输过程中被窃取、篡改或泄露。同时,定期检测网络传输状态,及时排查传输故障,确保监测数据全程安全、高效传输。

## 3 结束语

总体来说,智能电网电能质量监测与治理体系,实现了电力系统电能质量管控模式的优化升级。该体系打破了传统单点治理的局限,完成了从被动处置到主动防控、从分散管控到全域协同的转变,既深化了电能质量问题的处置能力,也完善了智能电网的技术运行架构。这套体系的成熟应用,能够持续筑牢电网安全防线、提升能源利用价值,为智能电网朝着更安全、高效、智能的方向发展提供持久动力。

### 参考文献

- [1] 卢灿燊. 基于电气参数的电能质量实时监测技术及其在智能电网中的应用 [J]. 电气技术与经济, 2026, (01): 106-109.
- [2] 孙亮亮. 基于电力电子信息融合的智能电网电能质量动态监测与优化控制研究 [J]. 中国品牌与防伪, 2025, (08): 191-192.
- [3] 李杰, 李静. 智能电网环境下电能质量在线监测管理系统的研究与应用 [J]. 无线互联科技, 2019, 16 (18): 37-38+41.