

# 基于微型PMU数据挖掘的智能配电网趋势感知方法分析

黄龙

浙江东鸿电子股份有限公司 浙江嘉兴 314000

**【摘要】**随着分布式能源大规模接入,智能配电网运行状态越发复杂多变,传统监测方法很难满足精细化、实时化管控需求,依托微型PMU采集的高精度、高频率同步量测信息,这类信息为实现配电网全面、精准的趋势感知提供了全新可能。文章研究了基于微型PMU数据挖掘的智能配电网趋势感知方法,期望能为相关人员提供参考,以提升配电网可观、可测、可控能力,保障配电网安全、可靠、经济运行。

**【关键词】**微型PMU; 数据挖掘; 智能配电网; 趋势感知; 机器学习

Analysis of an Intelligent Distribution Network Trend Perception Method Based on Micro PMU Data Mining

Huang Long

Zhejiang Donghong Electronics Co., Ltd., Jiaxing, Zhejiang 314000

**【Abstract】** With the large-scale integration of distributed energy sources, the operational status of smart distribution networks has become increasingly complex and dynamic. Traditional monitoring methods struggle to meet the demands for refined and real-time management. The high-precision, high-frequency synchronous measurement data collected by micro PMUs offers a novel approach for achieving comprehensive and accurate trend perception in distribution networks. This paper investigates an intelligent distribution network trend perception method based on micro PMU data mining, aiming to provide insights for relevant professionals to enhance the observability, measurability, and controllability of distribution networks, thereby ensuring their safe, reliable, and economical operation.

**【Key words】** Micro PMU; Data mining; Smart distribution network; Trend sensing; Machine learning

## 引言:

现代配电网正经历深刻变革,大量间歇性分布式电源、电动汽车和柔性负荷的接入,让现代配电网从单向无源网络转变为双向有源网络,运行特性也越发复杂。在此背景下,只依靠传统的SCADA等系统已经没有方法提供足够精细和及时的状态信息,会导致调度决策滞后,影响供电质量和安全。为了解决这类问题,迫切需要引入新型量测技术和先进分析方法,最终形成对配电网运行状态的深度分析和前瞻预判能力,为智能配电网的高效、韧性运行奠定坚实基础。

## 一、智能配电网趋势感知的内涵与技术框架

### (一) 智能配电网趋势感知的核心内涵

智能配电网的运行状态监控预判能力,是新型电力系统建设过程中,适配配电网中大量分散式发电设备接入电网、多种灵活调整的用电需求互动、电源电网负荷储能系统协调配合新特点的数字化管理控制能力。这种能力的本质是通过配电网各个方面运行信息的全面梳理与逻辑推导分析,实现对系统运行状态在整个过程、各种场景下的精准控制,打破传统配电网被动应对、反应迟缓的运行维护管理模式。这种能力的内涵以配电网物理信息全面结合为基础运行原则,包含运行相关的各类信息准确收集、配电网运行状态深入分析、未来发展趋势提前预测三个重要层级。要先收集电网电力运行的数值指标、设备的运行状况、电网的连接布局等基础运行信息,之后再对系统安全运行的范围、风险变化的过程、供电和用电的平衡情况开展动态的量化分析判断。最终可以为配电网主动调整控制、提前预警风险、精细化的运行

维护提供全面的决策参考,是保障配电网安全、可靠、经济、灵活运行的重要基础。

## (二) 智能配电网趋势感知的技术体系框架

智能配电网运行状态监控预判能力的技术体系,以云端边缘端协同的运行结构为基础,形成分层推进、联动运转的四层技术框架。各层级的技术模块互相支撑、配合运转,搭建起从数据采集到决策执行的完整技术流程。最底层是全域信息收集层,依靠遍布各处的电力物联网终端设备,实现对配电网电力运行的数值指标、设备的运行状态数据、周边环境的各项参数等各类不同的数据进行高实时、高准确的采集,为后续的运行状态分析提供全面的基础数据支撑。第二层为数据传输和处理层,借助电力系统专用的通信网络和边缘计算设备,完成数据的筛选整理、分类整合、统一格式处理以及分布式的前置计算,消除数据分散和信息不通的问题,提高数据的可用程度和处理的效率。第三层为智能分析和判断层,借助大数据分析技术、人工智能算法和结合物理运行规律的模型,实现对配电网整体运行状态的深入理解和未来发展趋势的准确预判。顶层为应用和决策层,把运行状态分析的结果转化为配电网调整控制、运行维护、优化配置的可以执行的方案,形成完整的技术流程。

## 二、基于微型 PMU 数据挖掘的智能配电网趋势感知方法

### (一) 微型 PMU 数据的感知基础特性

微型 PMU 作为配电网广域同步测量的关键终端,其数据兼具高精度、强同步性,还拥有较高的时间分辨率,为智能配电网的趋势感知提供了最关键的数据支撑,从而填补了传统电网集中监控数据采集系统数据刷新慢、同步性差以及相位信息缺失的原本不足。该装置采用北斗或者 GPS 双模的授时方式,可以实现十亿分之一秒级别的全网时钟同步,而且同步对时的误差可以控制在 1 微秒,也是百万分之一秒的范围当中,能够精准捕捉配电网各个节点同一时刻的电压、电流幅值以及相位信息,其中电压电流相位与幅值的测量幅度误差不会超过 0.2%,角度误差可以控制在 0.05 度的范围当中,为全网运行状态的统一时间与空间层面的描绘提供了可能。它的典型输出频率为每秒 50 组数据帧,可以以

千分之一秒级别的精度捕捉配电网运行过程中的各类短时间快速变化过程,还可以完整收集配电网在正常波动、异常扰动以及故障暂态等各类场景中的运行数据。这套装置同时拥有不错的抗干扰能力,可以在配电网中存在强谐波、多噪声的复杂环境中维持测量的稳定性,它输出的包含多种信息的电压电流相位与幅值的测量数据,包含了电网运行的稳态特征,同时还藏着扰动传播以及故障演化的隐性规律,为后续的数据挖掘工作提供了高质量以及包含全面信息的数据源,从而提升了配电网的可观测程度,也为趋势感知体系的搭建打下了坚实的数据基础。

### (二) 配电网趋势感知的关键需求

随着分布式新能源、电动汽车充电桩以及储能装置等各类多元化设备的大规模接入,配电网已经从传统单向辐射的无源网络,转变为可以实现电源和负荷双向互动的有源复杂系统,运行工况的不确定性以及动态特性明显变强,也为趋势感知体系带来了全新的关键要求。首要的需求是实现配电网运行状态的实时精准刻画,传统依靠物理模型的状态估计方法受到数据刷新频率以及同步性的限制,无法匹配新能源出力随机波动带来的快速状态变化,需要依靠高同步性数据实现秒级或者千分之一秒级别的全网状态感知,精准掌握各个节点上电压、功率以及相角的实时分布状态。其次以及快速识别异常事件并且精准定位的需求,配电网的线路分支较多,运行方式也比较灵活,短路故障、电压跌落以及谐波超标等异常事件的发生概率不低,传统的识别方法存在故障识别速度慢、定位精度不足的问题,需要趋势感知体系可以快速捕捉异常事件并且准确判别事件类型,为故障隔离以及快速恢复供电提供支持。同时这套体系还需要具备运行趋势的动态推演以及风险预警能力,可以依靠当前的运行数据预判未来一段时间内的状态变化趋势,提前识别电压越限、安全稳定余量不够等各类潜在风险,从传统的事后处置环节转向事前防控的方向,最终实现对配电网全场景以及全时段的安全趋势控制,保障在高比例新能源接入的情况下,配电网可以稳定、经济并且高效地运行。

### (三) 数据挖掘算法的适配性优化

微型 PMU 采集的数据普遍存在数据维度复杂、随时间变化快且关系紧密、数据总量庞大、时间和空间联结紧密这些关键特点,运维人员要对海量信息中提取规律的算法开

展全链条适配调整,解决传统算法在配电网运行监测场景中运算速度慢、抗干扰能力弱、难以捕捉隐藏信息的问题。运维人员结合配电网的实际运行物理特性,调整经过训练的分类分析算法,按照异常事件的类型和发生区域完成分类标记,优化特征匹配效果以提升运行状态识别精度,同时提升模型的实时计算速度,让其适配配电网实时监测的时间要求,还要让算法具备持续吸收新数据更新模型的能力,适配运行方式和线路结构的动态变化,保障模型在复杂场景中的适应性与稳定性。在原始数据处理环节,要面对采集数据中存在的测量干扰、部分缺失、异常数值等问题,设计匹配随时间变化的同步数据的清洗补全方案,通过标准化处理抹平不同测量维度的数值差异,用整合关系维度的降维方法简化高维数据,在保留主要基础信息的同时减少后续计算量。在信息提取环节,可以通过移动和可调整的时间观测窗口,设计针对性的信息挖掘方案,从同步测量数据中提取电压幅值变化速度、相量差值波动和用电频率偏移等直观特征,还会挖掘不同监测节点间的时空关系、异常扰动传播规律等深层信息,搭建覆盖常态运行与突发扰动场景的完整特征库。

#### (四) 趋势感知方法的全流程构建

依靠微型 PMU 采集的数据分析搭建的智能配电网运行状态监测方法,可以实现从数据输入到决策输出的全流程覆盖。工作人员可以基于分布式布设的微型 PMU 设备,获取配电网各关键位置的实时同步测量数据,先清理数据中的干扰与错误内容,统一不同维度的数值计算标准,再开展多层面的信息挖掘,提取可以反映电网实际运行状态的关键指标,同时梳理不同监测节点、不同时段的数据关系,搭建完整的趋势特征库。以整理完成的特征库为基础,工作人员可以借助提前优化的数据分析模型,完成对配电网当前运行状态的精准分类和判断,准确区分系统处于正常运行、出现异

常波动与发生故障的不同场景,精准识别异常事件的具体位置、事件类型与影响程度,完成对电网当前安全状态的全面掌握。

工作人员结合数据随时间变化的特征与电网过往的运行规律,使用优化后的算法完成对配电网未来一段时间运行状态的动态模拟,提前预判电压、供电功率、用电频率这类关键参数的变化走向,更早排查出未被发现的安全隐患并发出明确的预警提示。整套流程输出的趋势感知结果,可以为配电网的日常运行调整、故障抢修与风险防范提供准确的决策参考,搭建起连续贯通的全流程监测框架,实现对配电网运行的主动管控。能够及时捕捉负荷波动、设备异常等动态变化,提前预判潜在安全隐患,缩短应急处置响应时长,全面提升配网运行稳定性与供电可靠性,为区域电力安全稳定供应筑牢技术支撑。

#### 结语:

依靠微型 PMU 采集数据开展的智能配电网趋势感知方法,结合了高精度的实时测量技术与先进的数据分析手段,可以为应对新型电力系统的运行复杂度提供切实的技术支持。该方法可以清晰地描绘配电网当前的实际运行状态,还可以提前推演未来一段时间的运行趋势,能够有效提升电网的主动调整控制能力与风险防范能力。当前该方法在设备部署的花费、算法的抗干扰能力以及不同系统之间的协同整合等方面仍存在需要解决的问题,随着相关技术的不断升级完善与行业标准的逐步健全,该方法会成为构建安全、高效、绿色、智能的未来配电网的重要技术手段之一,为能源领域的数字化转型发展提供实际的发展支持。

#### 参考文献

- [1]李欣桐,俞小勇,阳国燕,等.基于微型 PMU 数据挖掘的智能配电网态势感知方法研究[J].电测与仪表, 2024, 61(7):34-40.
- [2]吉兴全,姜海洋,张玉敏,等.考虑网络重构的三相不平衡配电网  $\mu$  PMU 组合优化配置[J].电力系统自动化, 2025, 49(3):145-155.
- [3]高锋阳,李龙,裴淑萍,等.考虑  $\mu$  PMU 节点优化配置的含 DG 配电网故障分层定位方法[J].电力系统保护与控制, 2025, 53(23):13-24.

作者简介:黄龙,出生年月:1993.10.29,男,汉族,籍贯:浙江嘉兴,学历:本科,研究方向:信息。