

# 基于无线通信的10kV线路故障定位系统设计研究

蔡忠强

贵州省邮电规划设计院有限公司 贵州 贵阳 551700

**摘要：**文章围绕基于无线通信的10kV线路故障定位系统设计展开研究，旨在提高电力系统故障定位的准确性和时效性。系统集成先进了数据采集与处理技术、无线通信网络构建技术、故障定位算法及安全保障机制。通过实时监测线路运行状态，快速捕捉故障信号，并利用高效算法实现故障点的精确定位。本研究不仅优化故障处理流程，还提升电力系统的稳定性和可靠性，为智能电网的发展提供有力支持。

**关键词：**无线通信；10kV线路故障；定位系统

## 1 10kV 线路在电力系统中的重要性

在庞大而复杂的电力系统中，10kV线路如同动脉般不可或缺，它不仅是连接发电站、变电站与终端用户的桥梁，更是保障电能高效、稳定传输的基石。作为中压配电网的核心组成部分，10kV线路广泛应用于城市与乡村的配电系统中，支撑着工业生产的正常运作、商业活动的繁荣以及居民日常生活的便捷。其重要性体现在几个方面：第一，10kV线路能够满足大多数工业设备的用电需求，特别是在制造业、化工、冶金等行业，这些行业往往依赖高压电机驱动大型机械设备，而10kV正是这些电机的常用电压等级。第二，随着数据中心、云计算中心等高科技产业的兴起，这些设施对电力的稳定性和节能环保提出了更高要求，10kV线路因其高效能和灵活性成为这些场所的首选。第三，10kV线路还承担着向居民区、商业区供电的重任，其可靠性和稳定性直接关系到社会的和谐稳定与经济的持续发展。

## 2 10kV 线路故障类型与特点

### 2.1 常见故障类型

10kV线路在运行过程中，受多种因素影响，可能会出现不同类型的故障，常见故障类型主要包括速断故障、过流故障和接地故障。速断故障，又称瞬时短路故障，通常发生在线路的前端或分支处，主要由三相短路或两相短路引起，具体原因可能包括线路上的充油设备内部发生短路、喷油，以及大风、雷电等自然灾害或人为因素导致的线路断裂、搭接等<sup>[1]</sup>。过流故障则多发生在线路的后端或负载较重的区域，当用电负荷突然增加，超过线路保护的整定值，或由于三相或两相短路引起的电流过大时，就会触发过流保护动作。接地故障则是10kV线路中较为常见的一种故障类型，它可能发生在全线路范围内的任何位置，分为永久性接地和瞬时性接地两种，主要原因包括线路断线、绝缘子击穿、树木或建

筑物与导线接触导致的多点泄漏等。

### 2.2 故障特点分析

不同类型的10kV线路故障具有不同的特点，这些特点对于故障的定位和处理具有重要意义。速断故障由于发生在线路的前端或分支处，故障范围相对较小，且故障原因通常较为明显，如线路断裂、设备故障等，因此查找起来相对容易。过流故障则多发生在负载较重的区域，由于电流过大引起的，因此故障范围可能较大，但故障原因也相对明确，如负载突然增加、短路等。接地故障则较为复杂，由于可能发生在全线路范围内的任何位置，且故障原因多样，如绝缘老化、外力破坏、自然因素等，因此查找起来较为困难。接地故障还可能破坏三相平衡系统，导致非故障相的电压升高，进而引发其他设备故障，因此其危害不容小觑。

## 3 基于无线通信的 10kV 线路故障定位系统设计原理

### 3.1 故障定位基本原理

基于无线通信的10kV线路故障定位系统，其核心在于通过先进的无线通信技术和数据处理算法，实现对线路故障的精准定位。首先，系统利用安装在线路上的故障指示器来检测故障信号，这些故障指示器通常包含故障电流检测电路、就地指示部分以及数字编码与无线调制发射单元。当线路发生短路、接地等故障时，故障指示器能够迅速响应，将故障信息以数字编码的形式通过无线方式发射出去。这一过程中，故障指示器的工作原理类似于一个无线传感器节点，能够实时监测线路状态并在故障发生时进行报警。其次，系统通过信息处理单元（IPU）接收并处理来自故障指示器的无线信号，IPU通常安装在线路分支点处，能够接收来自多个故障指示器的编码信息，并进行解调解码。解码后的信息会与IPU的地址组合，形成一个包含综合地址码的数据包。这一数据包随后会经过一个与地址码相对应的时间延时，以

确保数据的准确性和可靠性。之后,数据包通过编码电路再次被调制为无线电波信号,发射出去以供后续处理。最后,数据处理及转发系统(如CM200等)会接收IPU发射的无线信号,并进行进一步的解调、解码和显示。解码后的数据会被送入用户监控信息系统,该系统与地理信息系统(GIS)和管理信息系统(MIS)相结合,形成一个独立的软件子系统。这一子系统能够实时监测配电网络状态和故障情况,实时定位故障点,并便于电力线路的维护和事故抢修。在故障定位过程中,系统还会利用先进的算法对故障信号进行分析和处理,以排除干扰因素,提高定位的准确性和可靠性<sup>[2]</sup>。

### 3.2 系统总体架构设计

基于无线通信的10kV线路故障定位系统的总体架构设计遵循模块化、可扩展性和高可靠性的原则。系统主要由以下几个模块组成:(1)数据采集模块:该模块负责采集线路上的故障信号。它包含故障指示器、传感器等硬件设备,能够实时监测线路状态并在故障发生时进行报警。数据采集模块通过无线通信方式与后续模块进行数据传输。(2)无线通信模块:该模块负责实现各模块之间的无线通信。它采用先进的无线通信技术,如ZigBee、LoRa、NB-IoT等,确保数据的实时传输和可靠性。无线通信模块还具备抗干扰能力强、传输距离远等特点,能够适应复杂多变的线路环境。(3)信息处理模块:该模块负责接收并处理来自数据采集模块的无线信号。它包含信息处理单元(IPU)等硬件设备,能够对接收到的信号进行解调解码、地址组合和数据打包等操作。信息处理模块还具备数据处理能力强、算法先进等特点,能够提高故障定位的准确性和可靠性。(4)数据处理及转发模块:该模块负责将信息处理模块发送的数据进行进一步的处理和转发。它包含数据处理及转发系统(如CM200等)等硬件设备,能够对接收到的数据进行解调、解码和显示等操作。该模块还具备数据转发能力强、支持多种通信协议等特点,能够确保数据的高效传输和共享。(5)用户监控信息系统:该模块是系统的核心部分,负责实现故障的实时监测、定位和报警等功能。它与GIS和MIS相结合,形成一个独立的软件子系统。用户监控信息系统能够实时监测配电网络状态和故障情况,实时定位故障点,并生成相应的报警信息和处理建议。同时该系统还支持历史数据查询、统计分析等功能,为电力线路的维护和事故抢修提供有力支持。

### 3.3 系统工作流程

基于无线通信的10kV线路故障定位系统的工作流程主要包括以下几个步骤:步骤一,数据采集与传输。当

线路发生故障时,故障指示器会迅速响应并采集故障信号。随后,这些信号会通过无线通信模块传输到信息处理模块进行处理;步骤二,信息处理与打包。信息处理模块接收到来自数据采集模块的无线信号后,会进行解调解码、地址组合和数据打包等操作。这些操作旨在提取故障信息并将其转化为可供后续处理的数据格式;步骤三,数据转发与接收。处理后的数据会被发送到数据处理及转发模块进行进一步的转发和处理。该模块会将数据转发到用户监控信息系统以供实时监测和定位使用<sup>[3]</sup>;步骤四,故障实时监测与定位。用户监控信息系统接收到数据后,会利用先进的算法对故障信号进行分析和处理。通过实时监测配电网络状态和故障情况,系统能够迅速定位故障点并生成相应的报警信息和处理建议;步骤五,报警与故障处理。一旦故障被定位并确认,系统会通过声光报警、短信通知等方式告知调度人员和电力运行人员。他们可以根据系统提供的故障信息和处理建议迅速赶赴现场进行处理,以确保线路的安全稳定运行。

## 4 基于无线通信的10kV线路故障定位系统关键技术

### 4.1 数据采集与处理技术

数据采集与处理技术是基于无线通信的10kV线路故障定位系统的基石。这些数据通过安装在线路上的传感器进行采集,并实时传输至系统中心进行分析和处理。传感器是实现数据采集的核心部件,在10kV线路故障定位系统中,传感器通常被安装在关键位置,如线路首末端、分支点及易发生故障的区域。这些传感器能够实时监测线路的运行状态,并将采集到的数据通过无线通信方式发送至系统中心。传感器的精度和可靠性直接影响到数据采集的准确性和故障定位的精度。由于传感器采集到的数据往往包含噪声和冗余信息,因此在进行故障定位之前,需要对数据进行预处理。数据预处理技术包括数据清洗、数据压缩和数据融合等步骤。数据清洗旨在去除数据中的噪声和异常值;数据压缩则通过算法减少数据量,提高数据传输效率;数据融合则是将来自不同传感器的数据进行整合,以提高数据的完整性和准确性。为了确保数据的长期保存和高效管理,基于无线通信的10kV线路故障定位系统通常采用分布式数据库技术。该技术将数据分散存储在多个数据库中,以提高数据的可靠性和可扩展性,系统还配备有数据备份和恢复机制,以确保在数据丢失或损坏时能够迅速恢复。

### 4.2 无线通信网络构建技术

无线通信网络是实现数据实时传输和故障定位的关键。无线通信网络架构设计需考虑线路的拓扑结构、通

信距离及通信节点的分布等因素。在10kV线路中,由于线路长、分支多且地形复杂,因此通常采用网状网络结构以提高数据传输的可靠性和稳定性。网状网络结构通过多个通信节点之间的相互连接,形成多个通信路径,从而有效避免单点故障导致的数据传输中断。通信协议的选择对于无线通信网络的性能和可靠性具有重要影响。在10kV线路故障定位系统中,通常采用Zigbee、LoRa、NB-IoT等低功耗广域网通信技术。这些技术具有传输距离远、功耗低、组网灵活等优点,能够满足线路故障定位系统的通信需求。通信质量优化是提高无线网络稳定性和可靠性的重要手段,在10kV线路故障定位系统中,通常采用多种优化策略来提高通信质量。

#### 4.3 故障定位算法设计

故障定位算法是基于无线通信的10kV线路故障定位系统的核心。行波法是一种常用的故障定位方法,该方法利用故障产生的行波信号在线路中的传播特性,通过测量行波信号的到达时间和传播速度来计算故障点的位置。在10kV线路故障定位系统中,通常采用行波测距仪或行波传感器来采集行波信号,并通过算法处理得到故障点的位置信息。零序电流比幅法是一种适用于小电流接地系统的故障定位方法,该方法通过分析单相接地故障时产生的零序电流特征,结合线路的参数和拓扑结构,实现对故障点的定位<sup>[4]</sup>。在10kV线路故障定位系统中,通过安装零序电流互感器来采集零序电流信号,并利用算法对信号进行处理和分析,从而得到故障点的位置信息。随着人工智能技术的发展,机器学习算法在故障定位领域得到了广泛应用,基于机器学习的故障定位算法通过训练大量历史数据,建立故障特征与故障位置之间的映射关系。在10kV线路故障定位系统中,可以利用机器学习算法对采集到的数据进行处理和分析,实现对故障点的快速准确定位。

#### 4.4 系统安全保障技术

系统安全保障技术是基于无线通信的10kV线路故障定位系统的重要保障。为了确保数据的机密性和完整

性,基于无线通信的10kV线路故障定位系统通常采用数据加密技术。该技术通过对传输的数据进行加密处理,确保数据在传输过程中不被窃取或篡改。系统还配备有解密机制,以便在需要时对数据进行解密和恢复。身份认证与访问控制技术是保护系统设备安全的重要手段。在基于无线通信的10kV线路故障定位系统中,通常采用用户名和密码、数字证书等身份认证方式,确保只有合法用户才能访问系统。系统还配备有访问控制机制,根据用户的权限和角色限制其对系统的访问和操作。网络安全监测与应急响应技术是提高系统安全性的重要保障。在基于无线通信的10kV线路故障定位系统中,通常采用网络安全监测工具来实时监测系统的运行状态和网络安全状况。一旦发现异常或攻击行为,系统将立即启动应急响应机制,采取相应的安全措施来保护系统的安全稳定运行。

#### 结束语

本研究通过对基于无线通信的10kV线路故障定位系统的设计与实现进行深入探讨,成功构建了集数据采集、无线通信、故障定位与安全保障于一体的综合系统。该系统的应用将极大提升故障处理的效率与准确性,为电力系统的安全稳定运行提供坚实保障。未来,将继续优化系统性能,拓展应用范围,为智能电网的进一步发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]成志婵.基于无线通信的便携式矿灯优化设计与应用[J].机械研究与应用,2022,35(04):153-156.DOI:10.16576
- [2]李江涛,王懿伟.10kV配网线路故障定位查找与隔离探析[J].通信电源技术,2020,37(10):229-230,234.
- [3]林少佳,吴天杰,黄雄,等.基于超声波检测技术的配网架空线路故障定位方法[J].自动化与仪器仪表,2021(4):199-202,206.
- [4]钟兴华.探究优化10kV配网线路故障定位及电缆试验的新举措[J].中国设备工程,2022(2):70-71.