

基于物联网的配电网故障检测与定位技术研究

庄学荣

福建省名城嘉源商业管理服务有限公司，福建省泉州市，362000；

摘要：物联网是以信息传感网络为基础，实现物物相连的互联网。当前配电网故障检测与定位主要以人工为主，由于故障信息的获取存在较大误差，导致传统方法存在不足，而基于物联网的配电网故障检测与定位技术则为解决以上问题提供了一种新思路。通过融合传感设备、通信网络和计算机软件等技术手段，研究基于物联网的配电网故障检测与定位技术，实现配电网运行状态和故障信息的实时监测和智能分析。通过优化算法实现配电网故障定位，提升故障检测效率。最后，提出配电网故障定位系统总体架构，并设计基于物联网的配电网故障定位系统关键硬件设备和软件平台。

关键词：物联网；配电网故障检测；定位技术

DOI：10.69979/3060-8767.25.09.060

引言

随着国民经济的快速发展，配电网规模日益扩大，故障停电事故时有发生，严重影响了人民群众的生活和企业的正常生产。目前，我国配电网故障检测与定位主要以人工为主，由于故障信息获取存在较大误差，导致传统方法存在不足。因此，基于物联网的配电网故障检测与定位技术为解决上述问题提供了新思路。本文围绕物联网技术在配电网故障检测与定位中的应用进行研究，构建基于物联网的配电网故障检测与定位系统总体架构，重点分析了物联网技术在配电网故障信号识别、传感数据预处理、智能算法应用等方面的应用，并针对系统软硬件平台设计与关键技术进行了详细研究。

1 传统故障检测与定位技术

传统的配电网故障检测与定位技术包括配电网故障信息的获取、故障信号的识别、传感数据预处理、智能算法应用等方面。其中，故障信号的识别是指通过检测配电线路上的故障信号，利用无线网络进行信息传输，并根据接收到的数据信息，对配电线路上的故障信息进行提取和分析；传感数据预处理是指将采集到的配电网故障数据通过数字信号处理方法进行预处理，降低信号噪声，提高传感数据精度；智能算法应用是指将采集到的传感数据和预处理后的传感数据作为基础，采用多种智能算法对故障信号进行处理，进而实现配电网故障定位^[1]。

2 现有方法的主要问题与挑战

目前，现有的配电网故障定位方法均以单端检测为主，在检测过程中通常会存在以下几个问题：（1）通

信故障：现有方法通常需要将故障信息上传至上位机，然而上位机无法正确获取故障信息，导致配电网故障检测存在一定的局限性。（2）终端监测误差：由于配电网复杂多变的运行环境，终端监测数据易受干扰，导致故障检测准确性差。（3）数据传输延迟：由于配电网配变分布不均匀，容易导致通信网络延时。（4）通信成本高：由于配电网结构复杂，各节点之间通信距离较远，导致通信成本高。（5）定位精度差：由于配电网的拓扑结构复杂，导致定位精度低^[2]。

3 物联网技术在配电网故障检测中的应用

3.1 物联网体系结构与核心技术

物联网体系结构由感知层、网络层、应用层组成。其中，感知层是物联网的基础，其主要实现对各类信息的采集和感知，为后续数据处理提供基础数据支撑；网络层主要负责感知数据的传输与交换，是实现物联网数据采集与共享的重要部分；应用层是物联网的最终目的，主要实现信息共享和智能分析。核心技术包括传感器技术、无线通信技术、网络协议技术等。其中，感知层是物联网的核心部分，由大量的智能传感器组成；网络层由各种类型的无线通信网络组成；应用层是物联网具体应用的实现，由智能终端与应用系统组成^[3]。

3.2 智能传感器与数据采集

（1）智能传感器：利用传感器实现配电网故障的检测与定位，基于物联网的智能传感器具有多种类型，包括图像传感器、无线传感器网络、可编程逻辑器件等。

（2）数据采集：基于物联网的配电网故障检测系统中需要大量的数据进行数据采集，包括配电网的结构、运

行状态以及配电网的故障状态等。对数据进行采集是为了实现对配电网故障的监测与定位。（3）传输技术：将采集到的数据进行传输需要应用到通信技术，通过无线通信将数据进行传输，而无线通信技术包括4G、5G等多种形式。利用4G网络，可以将采集到的数据进行远距离传输，能够保证配电网故障检测的实时性。

3.3 无线通信与实时数据传输

（1）无线通信是指在通信过程中使用无线电频率进行数据的传输，其具有容量大、能耗低、传输速度快等优点。目前，我国已有多种类型的无线通信网络，包括3G、4G等。（2）实时数据传输是指在数据采集和处理过程中，将数据以无线或有线的方式进行实时传输。由于配电网的拓扑结构复杂，导致各节点之间的通信距离较远，因此需要对数据进行实时传输。（3）远程控制是指通过物联网技术实现配电网故障检测与定位的远程控制，其能够实现对配电网运行状态和故障状态的实时监测与远程控制^[4]。

4 基于物联网的配电网故障检测方法

4.1 故障信号识别与提取

当线路发生故障时，首先发生故障的线路会发出明显的信号，如果能够快速地发现并提取该信号，那么就可以判断出该线路故障点。由于配电网结构复杂，线路分布广泛，各个线路上的元件繁多，因此在实际中很难判断出故障信号的来源。然而当出现故障时，会产生相应的行波信号，并且会在线路上产生相应的反射信号。因此在实际中可以对这些反射信号进行分析，从而获取其所代表的意义。基于物联网技术的配电网故障检测方法，就是根据反射信号、行波信号以及二次谐波分量来判断配电网故障点的位置。因此当发生故障时，能够通过反射信号与行波信号来判断出具体的位置。

4.2 传感数据预处理与特征分析

对于感知数据进行预处理，主要包括两个方面：第一，对于传感数据的噪声进行消除。由于传感器在工作时会受到各种因素的干扰，因此需要对数据进行预处理。第二，对于传感数据中存在的异常值进行修正。由于配电网是一个复杂多变的系统，因此在数据采集过程中会存在各种各样的异常值，当异常值出现时，需要对其进行修正。对传感数据进行特征分析，主要包括：（1）基于小波分析对传感数据中存在的噪声进行消除；（2）基于小波分析对传感数据中存在的非周期分量进行消除；（3）基于小波分析对传感数据中存在的谐波分量

进行消除；（4）基于小波分析对传感数据中存在的零序分量进行消除^[4]。

4.3 智能算法在故障检测中的应用

针对传感器获取的数据，利用智能算法对传感数据进行处理，主要包括以下几个方面：（1）小波分解与重构：小波变换将信号分解成一系列不同频带的信号，通过分析信号频带特征，提取信号的特征量作为故障特征参数。（2）遗传算法优化：遗传算法是一种基于群体适应度的搜索方法，利用遗传算法对传统的优化问题进行优化。（3）人工神经网络是一种非线性系统模拟器，它能够实现对大量信息进行处理，并且具有良好的自学习能力和联想记忆功能。（4）模糊逻辑是一种非线性系统模拟器，具有良好的自适应性和容错性。

4.4 多源信息融合检测模型设计

多源信息融合是将来自不同来源的信息通过适当的方式组合起来，使它们之间能够互相补充，共同发挥作用。多源信息融合技术在电网系统中的应用可以大大提高电网故障检测的准确性和可靠性，实现故障检测、故障诊断、故障隔离、故障恢复等一系列功能。本文提出一种基于多传感器信息融合技术的配电网故障检测方法，该方法可以利用传感器采集到的电压电流数据信息、多源信息融合技术以及人工智能算法等多个方面对配电网系统进行监控，从而实现配电网的实时监测，并有效提高配电网系统故障检测和定位的准确性和可靠性。该方法可有效提高配电网的自动化水平，降低停电时间和停电范围^[5]。

5 基于物联网的配电网故障定位技术

5.1 定位原理与关键技术

故障定位的核心技术是准确定位故障区段。在确定故障区段后，可以采取一定的措施对其进行隔离。首先，在配电网中安装具有分断能力的馈线终端单元（FTU），通过对配电网终端单元（FTU）上所采集到的信息进行分析与处理，进而对故障区段进行准确判断。其次，利用“测距”的原理，对配电网故障区段进行定位。最后，将故障区段定位结果上传至后台终端设备中。在基于物联网的配电网故障定位技术中，需要采集大量的数据信息，因此可以将数据信息分为两部分：一部分是与配电网相关的数据信息；另一部分是配电网中终端单元（FTU）采集到的数据信息。

5.2 基于地理信息系统（GIS）的故障定位

地理信息系统（GIS）是一种专门用于图形和数据的计算机处理系统。利用该系统可使管理人员能够对各种数据进行更全面地分析和处理，从而为管理人员提供了更为精确的决策依据。GIS为配电网故障定位提供了良好的平台。通过GIS可以将配电网中不同变电站、不同线路的地理位置、地理信息数据等进行关联，可快速定位故障位置，并给出故障信息。地理信息系统（GIS）应用于配电网故障定位，能够充分利用GIS空间数据、属性数据及相关的业务管理和数据处理功能，能将配电网中所有设备与其运行状态、运行环境等要素进行关联和分析。

5.3 智能终端协同定位方法

在智能终端协同故障定位系统中，智能终端的功能为对远程传输的配电网运行状态、故障信息进行分析，同时通过智能终端的遥信和遥控功能来对现场设备进行控制，同时通过智能终端与网络通信系统进行数据的传递。在此系统中，首先需要安装远程传输装置，能够将故障信息通过通信网络传送到上级调度中心。当发生故障后，在故障信息到达后，能够通过通信系统将故障信息传到上级调度中心。同时在通信系统中采用GPRS/GSM/CDMA等无线网络来对通信信号进行传输，这样可以避免数据传输时的延迟问题，能够更好地对故障信息进行收集。

6 系统架构与实现

6.1 故障检测与定位系统总体架构设计

基于物联网的配电网故障检测与定位系统采用分层架构。第一层为感知层，通过智能终端采集各类开关、开关状态、电流、电压等数据；第二层为传输层，将数据进行传输，主要有NB-IoT、4G/5G、Wi-Fi等无线网络，通过网络传输将采集的数据发送至智能终端；第三层为应用层，应用主要包含了智能终端云服务平台和APP客户端，主要功能是实现故障的定位与处理。其中智能终端云服务平台主要包括智能终端云服务端、业务支撑平台等功能；APP客户端主要包括APP客户端的开发与运行等。

6.2 关键硬件设备与软件平台

由于基于物联网的配电网故障检测与定位系统需要能够采集各种传感设备的数据，因此，本系统所使用的关键硬件设备主要有：智能开关。智能开关是智能配电网故障检测与定位系统中的重要基础设施，其作用是

在线路发生故障时能够及时地断开线路，避免故障范围扩大；光纤收发器。光纤收发器用于采集线路中各类传感器的数据，包括电压、电流、温度等；各种故障录波器。各种故障录波器能够实时记录线路上各种故障信息，并将数据上传到中心服务器。故障检测器。故障检测器是一个多功能、多用途的设备，它能够自动检测线路上出现的各种故障，并及时向中心发送信号。

6.3 系统集成与通信安全保障

本系统采用的是多模光纤传输，因此，在使用前需要对多模光纤进行一定的加工处理，以达到将其用于光纤收发器中。为了实现通信安全，本系统采用了两种不同的安全措施。其一，在传输过程中，每隔一段距离就会设置一个通信节点，该通信节点在接收到各个节点传输过来的数据时，都会进行相应的加密处理。这样在保证数据安全性的同时，还能提高系统的实用性。其二，在每个节点上都安装了一定数量的密码芯片，这样就能够防止设备被非法访问。此外，为了实现通信安全的目的，系统还采用了对称密钥体制来进行加密处理。这种体制能有效地防止数据被窃取。

7 结语

本文基于物联网技术，设计了一种新型的配电网故障检测与定位系统。该系统能够利用各种传感器采集到的数据信息，通过智能算法对采集到的数据信息进行分析，并对数据信息进行处理，然后利用多传感器信息融合技术对配电网故障进行检测，最后根据分析结果，利用地理信息系统（GIS）技术对故障区域进行定位，实现配电网的实时监测。该系统能够有效提高配电网自动化水平，降低停电时间和停电范围。

参考文献

- [1] 孙畅, 吴牧野. 物联网技术在配电网故障检测中的应用 [J]. 互联网周刊, 2024, (20): 34-36.
- [2] 周竟成. 交直流混合配电网故障检测技术研究 [D]. 济南大学, 2024.
- [3] 郭上华. 配电网故障定位与供电恢复方法研究 [D]. 华南理工大学, 2022.
- [4] 孔祥玉, 徐勇, 李鹏, 等. 基于云边架构和小波神经网络的配电网故障诊断方法 [J]. 供用电, 2020, 37(04): 17-23.
- [5] 戴海祥. 基于无线传感器网络的配电网故障定位设计 [D]. 安徽理工大学, 2018.