

# 机场工程配电线路故障检测与定位技术研究

李 鹏

内蒙古送变电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010020

**摘 要:** 机场工程配电线路对设施设备供电至关重要,其故障会影响机场运行。文章先介绍配电线路按电压等级和敷设方式的类型,以及短路、断路、接地等常见故障类型。接着阐述传统与现代故障检测技术,对比分析优缺点。然后说明故障定位原理、方法及精度效率,介绍实际应用与挑战。最后讲述故障检测与定位系统的设计原则、目标、架构、功能模块及实现测试,为保障机场配电线路安全稳定运行提供支持。

**关键词:** 机场工程; 配电线路; 故障检测; 故障定位

## 1 机场工程配电线路概述

### 1.1 配电线路类型

在机场工程里,配电线路对各类设施设备稳定供电至关重要,按不同分类标准可分为多种类型。从电压等级划分,有高压、中压和低压配电线路。高压配电线路电压等级一般在10kV及以上,用于将外部电源引入机场变电站,为机场大型设备如高杆灯、助航灯光系统等提供初始电力。中压配电线路电压等级在3-10kV之间,它进一步分配高压电能,输送至机场各配电室或重要负荷点,连接航站楼、停机坪等功能区域,保障区域电力稳定<sup>[1]</sup>。低压配电线路电压等级为380V/220V,直接与终端设备相连,为机场办公设备、照明灯具、小型电器等提供日常用电。从敷设方式看,配电线路分为架空线路和电缆线路。架空线路把导线架设在电杆上,建设成本低,施工和维护方便,但在机场易受飞机起降气流、地面车辆碰撞等外力破坏,恶劣天气下也易出故障。电缆线路将电缆埋设地下或敷设在电缆沟、隧道内,安全性和可靠性高,受外界环境影响小,但建设成本高、施工难度大,故障查找和修复困难。

### 1.2 配电线路故障类型

机场工程配电线路运行中,受多种因素影响可能发生故障,常见类型有短路、断路和接地故障。短路故障是不同电位导电部分低阻性短接,多因线路绝缘损坏、设备故障或人为误操作引发。在机场,短路会使电流急剧增大,产生大量热量,损坏线路和设备,甚至引发火灾。如机场照明线路绝缘层老化破损,火线与零线直接接触就会短路,影响照明系统运行,带来安全隐患。断路故障是电路某部分断开,导致电流无法流通,可能由线路断裂、接触不良、开关故障等造成。在机场配电线路中,断路会使相关设备无法工作,影响机场正常运行。接地故障是电气设备带电部分与大地形成导电通

路,可能因线路绝缘损坏、设备外壳接地不良等引起。接地故障会使设备外壳带电,危及人员安全,还可能影响设备正常运行。如机场电气设备外壳接地不良,漏电时人员接触就可能触电。

## 2 机场工程配电线路故障检测技术

### 2.1 传统故障检测技术

传统机场工程配电线路故障检测技术涵盖人工巡检法、电压电流检测法与阻抗法。人工巡检法作为最传统方式,由巡检人员定期巡视线路,检查外观、连接部位有无异常,像线路破损、接头松动等情况。此方法简单直接,但局限性明显。机场配电线路分布广泛,人工巡检效率低,难以全面、及时检查大面积线路。而且,巡检人员经验和技能水平参差不齐,易导致漏检和误检。在机场这种大型复杂场所,人工巡检难以满足快速、准确检测故障的需求。电压电流检测法通过测量线路电压和电流值判断故障。线路故障时,电压和电流会相应变化,如短路时电流增大、电压降低。但该方法只能检测明显故障,对轻微或隐蔽故障难以及时发现。机场配电系统复杂,电压和电流变化受多种因素干扰,增加了故障判断难度<sup>[2]</sup>。阻抗法依据线路阻抗变化判断故障位置,故障点到测量点的阻抗会随故障发生而改变。通过测量阻抗值并结合线路参数,可算出故障点大致位置。该方法优点是原理简单、实现容易,但受线路参数不准确、过渡电阻等因素影响大,定位精度低,难以满足机场工程对故障定位准确性的要求。

### 2.2 现代故障检测技术

随着科技进步,现代故障检测技术在机场工程配电线路故障检测中广泛应用,包括行波法、智能算法和分布式光纤传感技术。行波法利用故障产生的行波在线路上的传播特性进行检测和定位。线路故障时,行波向两端传播,通过测量行波到达两端的时间差,结合传播速

度,可准确算出故障点位置。该方法定位精度高、不受线路参数影响,能快速准确检测和定位故障,可及时发现线路故障,减少对机场运行的影响。不过,行波法需要高精度测量设备和复杂信号处理算法,成本高,对技术人员专业水平要求也高。智能算法如神经网络算法、遗传算法等在配电线路故障检测中作用重要。神经网络算法通过学习大量故障样本,建立故障特征与类型映射关系,实现故障准确识别;遗传算法通过优化搜索过程,找到最优检测和定位方案。智能算法自适应能力强,能处理复杂非线性问题,可结合实时监测数据快速诊断和处理故障。但计算复杂度高,需大量计算资源和时间,实际应用需综合考虑性能和成本。分布式光纤传感技术利用光纤作传感器,实时监测配电线路的温度、应变等参数。线路故障时,故障点参数会变化,通过分析光纤中光信号变化,可检测故障并确定位置。该技术抗电磁干扰能力强、测量精度高、能长距离连续监测,适合机场工程配电线路故障检测,可实时监测线路运行状态,及时发现潜在故障隐患。

### 2.3 故障检测技术的对比分析

传统故障检测技术和现代故障检测技术各有优缺点。传统故障检测技术成本较低,实现相对简单,但检测精度和效率较低,难以满足现代机场工程对配电线路故障检测的要求。现代故障检测技术虽然具有检测精度高、效率高、能够处理复杂问题等优点,但成本较高,对技术和设备的要求也较高。在实际应用中,应根据机场工程的具体情况和需求,选择合适的故障检测技术。对于一些对成本较为敏感、对检测精度要求不高的场合,可以采用传统故障检测技术进行初步的故障检测。而对于对检测精度和可靠性要求较高的关键线路和重要设备,应采用现代故障检测技术,以确保机场配电线路的安全稳定运行。同时也可以将传统故障检测技术和现代故障检测技术相结合,发挥各自的优势,提高故障检测的整体效果。

## 3 机场工程配电线路故障定位技术

### 3.1 故障定位原理与方法

机场工程配电线路故障定位的原理主要是基于线路的电气参数和故障时产生的电气信号变化。常见的故障定位方法包括阻抗法、行波法和智能算法定位法等。阻抗法故障定位原理前面已经介绍过,它是通过测量线路的阻抗值,结合线路的参数,利用故障点到测量点之间的阻抗与距离的关系来计算故障点的位置。在实际应用中,可以通过安装阻抗测量装置,实时采集线路的阻抗数据,并利用定位算法计算出故障点的位置。行波法

故障定位是利用故障产生的行波在线路上的传播特性。当线路发生故障时,行波会以一定的速度向线路两端传播。通过在线路两端安装行波检测装置,测量行波到达的时间,然后根据行波的传播速度和时间差,计算出故障点的位置。行波法定位的关键在于准确测量行波的到达时间和确定行波的传播速度。智能算法定位法是将智能算法应用于故障定位中。通过对大量的故障数据进行学习和分析,建立故障特征与故障位置之间的映射关系。当线路发生故障时,采集故障时的电气参数,利用智能算法进行计算和分析,从而确定故障点的位置。智能算法定位法具有较强的自适应能力和处理复杂问题的能力,能够提高故障定位的准确性和可靠性。

### 3.2 定位技术的精度与效率

故障定位技术的精度和效率是衡量其性能的重要指标。定位精度越高,越能够快速准确地找到故障点,减少故障排查和修复的时间,降低故障对机场运行的影响。定位效率则体现在定位过程的速度和实时性上,能够在故障发生后尽快给出故障点的位置信息。阻抗法定位精度受到线路参数不准确、过渡电阻等因素的影响较大,定位精度相对较低<sup>[3]</sup>。而且,阻抗法的计算过程相对复杂,定位效率也不高。行波法定位精度较高,但在实际应用中,行波的测量和传播速度的确定存在一定的误差,也会影响定位精度。不过,行波法的定位速度较快,能够在故障发生后的短时间内给出故障点的位置信息。智能算法定位法的定位精度和效率取决于算法的性能和训练数据的质量。如果算法选择合适,训练数据充分,智能算法定位法可以实现较高的定位精度和效率。为了提高故障定位技术的精度和效率,可以采取多种措施。

### 3.3 故障定位技术的实际应用

在机场工程中,故障定位技术已经得到了广泛的应用。例如,在机场的助航灯光系统中,配电线路的故障可能会影响飞机的起降安全。通过采用行波法故障定位技术,能够快速准确地定位故障点,及时安排维修人员进行修复,确保助航灯光系统的正常运行。在机场的航站楼配电系统中,利用智能算法定位法对线路故障进行定位。通过对航站楼内配电线路的实时监测数据进行分析,当发生故障时,智能算法能够快速计算出故障点的位置,并通知维修人员进行处理,减少故障对航站楼内旅客和工作人员的影响。然而,在实际应用中,故障定位技术也面临着一些挑战。例如,机场配电线路的环境复杂,存在大量的干扰因素,可能会影响故障定位的准确性。而且,故障定位设备的安装和维护也需要专业的技术人员,成本较高。因此需要不断改进和完善故障定

位技术,提高其在实际应用中的性能和可靠性。

#### 4 机场工程配电线路故障检测与定位系统的设计与实现

##### 4.1 系统设计原则与目标

机场工程配电线路故障检测与定位系统的设计应遵循可靠性、实时性、准确性和可扩展性等原则。可靠性是系统设计的首要原则,系统应能够在各种恶劣环境下稳定运行,准确检测和定位配电线路的故障,确保机场配电系统的安全可靠。实时性要求系统能够及时采集和处理线路的运行数据,在故障发生后能够迅速给出故障检测和定位结果,以便及时采取措施进行处理。准确性是系统的核心要求,故障检测和定位的结果应尽可能准确,减少误判和漏判的情况。可扩展性则考虑到了机场未来发展的需求,系统应能够方便地进行功能扩展和升级,以适应机场配电线路的变化和新增需求。系统的设计目标是实现对机场工程配电线路的实时监测、故障检测和定位,提高故障处理的效率和准确性,保障机场的正常运行。通过该系统,能够及时发现线路故障,快速定位故障点,为维修人员提供准确的故障信息,缩短故障修复时间,减少故障对机场运营的影响。

##### 4.2 系统架构与功能模块

机场工程配电线路故障检测与定位系统一般采用分层分布式架构,主要包括数据采集层、数据传输层、数据处理层和应用层。数据采集层负责采集配电线路的运行数据,如电压、电流、温度、应变等参数。通过安装各种传感器,如电压传感器、电流传感器、温度传感器、光纤传感器等,实时获取线路的状态信息。数据传输层将采集到的数据通过网络传输到数据处理层。可以采用有线通信方式,如以太网、光纤通信等,也可以采用无线通信方式,如ZigBee、LoRa等,根据机场的具体环境和需求进行选择。数据处理层是系统的核心,负责对采集到的数据进行处理和分析。通过故障检测算法和定位算法,对数据进行实时监测和判断,当发现故障时,及时进行故障定位。数据处理层还具备数据存储和管理功能,将历史数据进行存储,以便后续的分析 and 查询。应用层为用户提供操作界面和交互功能,用户可以通过应用层查看线路的运行状态、故障信息和定位结

果,进行故障报警、维修任务分配等操作。应用层还可以与其他机场管理系统进行集成,实现信息的共享和协同工作。

##### 4.3 系统实现与测试

在系统实现过程中,需要根据系统架构和功能模块的设计要求,选择合适的硬件设备和软件平台。硬件设备包括传感器、数据采集器、通信设备、服务器等,应选择性能稳定、可靠性高的产品。软件平台可以采用现有的开发工具和框架,如Python、Java等,进行系统的开发和编程<sup>[4]</sup>。系统开发完成后,需要进行严格的测试。测试内容包括功能测试、性能测试、可靠性测试等。功能测试主要验证系统的各项功能是否能够正常运行,如数据采集、故障检测、定位等功能是否准确可靠。性能测试则测试系统在不同负载情况下的响应时间和处理能力,确保系统能够满足实时性的要求。可靠性测试通过模拟各种故障情况和恶劣环境,检验系统的稳定性和可靠性。在测试过程中,如果发现问题,应及时进行修复和优化。经过多次测试和优化后,确保系统能够满足机场工程配电线路故障检测与定位的需求,然后进行正式的部署和应用。

##### 结束语

机场工程配电线路故障检测与定位技术研究意义重大。通过了解配电线路类型与故障类型,对比多种检测技术,明确故障定位原理方法,并设计实现相应系统,能有效提升机场配电线路故障处理能力。未来,随着技术不断发展,应持续优化故障检测与定位技术及系统,提高其精度、效率和可靠性,更好地适应机场发展需求,保障机场安全高效运行。

##### 参考文献

- [1]白挺玮,于重,孙倩琳,等.输电线路单相接地故障单端测距算法设计[J].信息技术,2024,(12):179-184.
- [2]张军,刘永涛,王刚,等.输电线路索道设计及电池类应急电源的应用[J].电池,2024,54(06):925-926.
- [3]孙银,帅力,郭威,等.配电线路的故障检测与定位研究[J].电气技术与经济,2023(5):169-170.
- [4]王明.基于智能传感器的电力系统故障检测与定位方法研究[J].电力科技,2020,44(3):58-64.