

城市轨道交通牵引变电所在线监测方案研究

刘 忠

中铁通轨道运营有限公司 浙江 温州 325000

摘 要: 随着城市轨道交通的快速发展,牵引变电所作为供电系统的核心组成部分,其运行状态的稳定性与安全性直接关系到列车的正常运行和乘客的安全。本文深入探讨了城市轨道交通牵引变电所在线监测方案,旨在通过实时监测和分析变电所设备的运行状态,提高运维效率,确保供电系统的安全稳定。研究内容涵盖了在线监测系统的架构设计、关键技术、监测方案实施等方面。

关键词: 城市轨道交通;牵引变电所;在线监测;智能传感器;大数据

引言

随着城市轨道交通网络的不断扩大和列车运行速度的提升,对供电系统的安全性和可靠性提出了更高要求。牵引变电所作为将高压电能转换为列车所需直流电的关键环节,其设备直接影响供电质量和列车运行安全。传统的定期检修模式已难以满足现代轨道交通对供电系统高可靠性和可用性的需求,因此,引入在线监测系统对牵引变电所设备进行实时监测和状态评估显得尤为重要。

1 架构设计

城市轨道交通牵引变电所在线监测系统是一个复杂而高效的集成系统,旨在确保牵引变电所设备的安全、稳定运行。该系统主要由中央级在线监测系统、站级管理系统、所内监测终端及通信网络等核心部分组成,每一部分都扮演着不可或缺的角色。

1.1 中央级在线监测系统

中央级在线监测系统是整个监测体系的大脑和指挥中心。它负责收集来自各个站级管理系统的监测数据,这些数据涵盖了牵引变电所内各类设备的运行状态信息。中央级系统通过强大的数据处理和分析能力,对这些数据进行集中处理,提取出有用的信息,为全局性的状态评估和故障诊断提供科学依据^[1]。此外,中央级系统还具备远程监控和调度功能。通过这一功能,运维人员可以在中央控制室对远程的牵引变电所进行实时监控,及时发现并处理潜在问题。在必要时,还可以对牵引变电所进行远程操控和管理,大大提高了运维效率和响应速度。

1.2 站级管理系统

站级管理系统位于各牵引变电所内,是连接中央级系统和所内监测终端的桥梁。它负责采集所内设备的监测数据,如设备的温度、电流、电压等关键参数,并进行初步处理和分析。站级管理系统能够识别出设备的异

常状态,并及时将处理结果和报警信息上传至中央级在线监测系统。除了数据采集和处理功能外,站级管理系统还具备本地监控和报警功能。当设备出现故障或异常时,系统能够立即发出报警信号,提醒现场运维人员及时处理。这一功能有效缩短了故障发现和處理的时间,提高了设备的可靠性和安全性。

1.3 所内监测终端

所内监测终端是安装在牵引变电所关键设备上的监测设备,如变压器、断路器、互感器等。这些终端负责实时采集设备的运行状态数据,并通过通信网络将数据传输至站级管理系统。监测终端的高精度传感器能够准确测量设备的各项参数,为状态评估和故障诊断提供准确的数据支持。

1.4 通信网络

通信网络是确保监测数据实时传输和系统可靠运行的关键。为了满足高速、稳定的通信需求,系统采用了光纤通信等先进通信技术。光纤通信具有传输速度快、抗干扰能力强、数据安全性高等优点,能够确保监测数据的准确传输和系统的稳定运行。

2 关键技术分析

智能传感器技术、大数据分析技术、物联网技术以及机器人技术在城市轨道交通牵引变电所在线监测系统中发挥着至关重要的作用。这些关键技术的应用,不仅提高了监测系统的准确性和效率,还为运维人员提供了更加科学、客观的决策支持,有助于确保牵引变电所设备的安全、稳定运行。

2.1 智能传感器技术

智能传感器技术是牵引变电所在线监测系统的基础和核心。在牵引变电所中,设备的运行状态对于整个系统的安全和稳定至关重要。因此,采用高精度、高可靠性的智能传感器来实时监测设备的运行状态显得尤为

重要。智能传感器不仅具备传统传感器的测量功能，还融入了自校准、自诊断等智能化特性。自校准功能确保了传感器在长时间使用后仍能保持较高的测量准确性，减少了因传感器漂移或老化带来的误差。自诊断功能则能实时监测传感器自身的工作状态，一旦发现异常或故障，能立即进行报警或自我修复，大大提高了监测数据的可靠性和系统的稳定性。此外，智能传感器还具有数据处理能力，能够在本地对采集到的原始数据进行初步处理和分析，如滤波、去噪、数据压缩等，从而减轻上级系统的数据处理负担，提高整个监测系统的实时性和响应速度。

2.2 大数据分析技术

大数据分析技术是牵引变电所在线监测系统中的重要一项关键技术。随着监测系统的不断运行，会积累大量的监测数据。这些数据中蕴含着设备运行的潜在规律和故障特征，但仅凭人工分析是难以挖掘出来的。大数据分析技术通过运用统计学、机器学习、数据挖掘等方法，对采集到的监测数据进行深度挖掘和分析。通过建立设备状态评估模型和故障诊断模型，可以对设备的运行状态进行实时评估，预测设备的寿命和剩余可用时间，及时发现设备的潜在故障和异常状态。设备状态评估模型通常基于设备的运行历史数据和实时监测数据，通过对比分析、趋势分析等手段，对设备的健康状态进行量化评估。故障诊断模型则利用模式识别、神经网络等技术，对设备的故障特征进行提取和分类，实现故障的自动识别和定位^[2]。大数据分析技术的应用，不仅提高了设备状态评估和故障诊断的准确性和效率，还为运维人员提供了科学、客观的决策支持，有助于制定更加合理、有效的运维策略。

2.3 物联网技术

物联网技术是实现牵引变电所设备互联互通和数据共享的关键技术。通过将牵引变电所的设备接入物联网平台，可以实现设备之间的信息交互和数据共享，形成一个完整的监测网络。物联网技术使得设备的监测数据可以实时上传至云端或中央数据库，运维人员可以通过互联网或移动网络随时随地访问这些数据，实现对设备的远程监控和管理。同时，物联网技术还支持设备的智能调度和协同工作，可以根据设备的运行状态和任务需求，自动调整设备的工作模式和参数，提高运维效率和管理水平。此外，物联网技术还可以与其他智能系统进行集成，如智能安防系统、智能能源管理系统等，实现多系统的联动和协同工作，进一步提升牵引变电所的整体智能化水平。

2.4 机器人技术

机器人技术是实现牵引变电所内巡检自动化的关键技术。智能巡检机器人能够自主规划巡检路线、识别设备状态并进行故障诊断，大大提高了巡检的效率和准确性。智能巡检机器人通常集成多种检测设备和技术手段，如红外热像仪、紫外线探测器、声音分析仪等，可以对设备进行全方位、多角度的检测和分析。通过图像识别、声音识别等技术，机器人可以准确识别设备的外观状态、运行声音等特征，及时发现设备的异常和故障。同时，智能巡检机器人还具备远程监控和控制功能。运维人员可以通过远程控制终端对机器人进行实时监控和操作，指导机器人完成巡检任务。在发现设备故障或异常时，机器人可以立即进行报警或采取相应的处理措施，如拍照、录像等，为后续的故障分析和处理提供有力的证据和支持。

3 监测方案实施

在城市轨道交通牵引变电所在线监测系统的建设中，监测方案的实施是至关重要的一环。它直接关系到监测系统能否准确、可靠地运行，从而确保牵引变电所设备的安全和稳定。以下将针对变压器、断路器、互感器等关键设备的在线监测方案进行具体化的阐述，并介绍系统集成与测试的过程。

3.1 变压器在线监测

变压器是牵引变电所中的核心设备，其运行状态直接影响到整个供电系统的稳定性和安全性。因此，对变压器进行在线监测是必不可少的。油中溶解气体分析（DGA）技术是变压器在线监测的重要手段之一。变压器油在运行过程中，由于热解、氧化或放电等原因，会产生一些气体溶解在油中。通过定期采集变压器油样，并分析其中溶解气体的种类和含量，可以判断变压器内部是否存在过热、放电等故障。例如，如果检测到乙炔（ C_2H_2 ）含量异常升高，可能意味着变压器内部存在放电故障；如果氢气（ H_2 ）含量持续增加，则可能表示变压器存在过热或受潮问题。除了DGA技术，局部放电监测技术也是变压器在线监测的重要手段。局部放电是变压器绝缘老化和故障的重要征兆之一。通过在变压器上安装局部放电传感器，可以实时监测到变压器内部的局部放电信号，并对其进行分析和处理。通过比较不同时间段的局部放电数据，可以评估变压器的绝缘状态和发展趋势，及时发现并处理潜在的故障隐患^[3]。在实施变压器在线监测方案时，还需要考虑监测终端的安装位置、采样频率、数据传输方式等因素。确保监测终端能够准确、可靠地采集到变压器的运行状态数据，并将数据实

时传输至站级管理系统或中央级在线监测系统。

3.2 断路器在线监测

断路器是牵引变电所中的另一类关键设备,其分合闸性能和机械特性直接影响到供电系统的可靠性和安全性。因此,对断路器进行在线监测也是必不可少的。电寿命监测技术是断路器在线监测的重要手段之一。通过监测断路器的分合闸次数、分合闸时间等参数,可以评估其电寿命和剩余可靠性。例如,如果断路器的分合闸次数接近或超过其设计寿命,或者分合闸时间出现异常延长或缩短,都可能意味着断路器存在潜在故障或需要维修更换。机械特性监测技术也是断路器在线监测的重要组成部分。通过监测断路器的触头磨损、机构运动轨迹等参数,可以评估其机械性能和稳定性。例如,如果断路器的触头磨损严重或机构运动轨迹出现异常偏差,都可能导致分合闸不准确或失效,进而影响到供电系统的正常运行。在实施断路器在线监测方案时,还需要考虑监测终端的兼容性、采样精度、数据传输稳定性等因素。确保监测终端能够与不同型号、不同厂家的断路器兼容,并准确、稳定地采集到断路器的运行状态数据。

3.3 互感器在线监测

互感器是牵引变电所中的测量设备,其测量精度和绝缘状态直接影响到供电系统的计量准确性和安全性。因此,对互感器进行在线监测也是十分重要的。误差监测技术是互感器在线监测的主要手段之一。通过定期校准互感器的测量值,并与标准值进行比较,可以评估其测量精度和稳定性。如果发现互感器的测量误差超出允许范围,就需要及时进行调整或更换。绝缘监测技术也是互感器在线监测的重要组成部分。通过监测互感器的绝缘电阻、介损等参数,可以评估其绝缘状态和可靠性。如果发现互感器的绝缘电阻下降或介损增大,就可能意味着其绝缘性能受损,需要进一步检查和处理^[4]。在实施互感器在线监测方案时,还需要考虑监测终端的安装方式、采样周期、数据传输安全性等因素。确保监测终端能够方便、可靠地安装在互感器上,并准确、安全地采集到互感器的运行状态数据。

3.4 系统集成与测试

在完成各设备的在线监测方案设计后,还需要进行

系统集成与测试工作。将各监测终端与站级管理系统、中央级在线监测系统进行集成和联调测试,确保系统的稳定运行和数据的准确传输。系统集成过程中,需要确保各监测终端与管理系统之间的通信协议兼容、数据传输稳定可靠。同时,还需要对管理系统进行配置和调试,确保其能够正确接收、处理和存储来自各监测终端的数据。系统测试阶段,需要模拟实际运行场景进行测试,验证系统的可靠性和实用性。例如,可以模拟变压器内部过热、放电等故障情况,测试DGA技术和局部放电监测技术的准确性和灵敏度;可以模拟断路器分合闸次数超限、机构运动轨迹异常等情况,测试电寿命监测技术和机械特性监测技术的有效性和稳定性;可以模拟互感器测量误差超限、绝缘性能受损等情况,测试误差监测技术和绝缘监测技术的准确性和可靠性。通过系统集成与测试工作,可以确保城市轨道交通牵引变电所在线监测系统能够准确、可靠地运行,为牵引变电所设备的安全和稳定提供有力保障。

结语

城市轨道交通牵引变电所在线监测方案的研究与应用对于提高供电系统的安全性和可靠性具有重要意义。通过实时监测和分析变电所设备的运行状态数据,可及时发现并处理潜在的故障隐患,降低运维成本和提高管理效率。未来,随着智能化、自动化技术的不断发展,城市轨道交通牵引变电所在线监测系统将进一步向智能化、集成化方向发展。通过引入人工智能、机器学习等先进技术,可实现对设备状态的智能评估和故障预测,为城市轨道交通的安全运行提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1]吴庆兵.城市轨道交通牵引变电所在线监测方案研究[J].机电信息,2024,(08):16-20.
- [2]吴伟,罗利平.城市轨道交通牵引变电所智能在线监测方案探讨[J].电气化铁道,2018,29(S1):98-101.
- [3]何斌,张华志,温建民,等.城市轨道交通智能供电系统框架及功能设计[J].现代城市轨道交通,2022,(08):80-83.
- [4]胡鹏宇,梁荣干,徐宝星.地铁变电所在线监测系统方案研究[J].现代城市轨道交通,2022,(S2):135-139.