

变电站数字监测技术在电网安全运行中的应用研究

马杰雄 张新闻

内蒙古电力（集团）有限责任公司巴彦淖尔供电分公司 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘要：随着电网规模的不断扩大和复杂程度的日益提高，变电站的安全运行至关重要。变电站数字监测技术作为保障电网安全稳定运行的关键手段，正受到广泛关注。本文对变电站数字监测技术进行深入研究，阐述其在电网安全运行中的多种应用方式，包括对电气设备状态监测（如变压器、断路器等关键设备的温度、振动、绝缘等参数监测）、运行环境监测（温湿度、气体浓度等）以及电能质量监测等方面。分析该技术如何通过实时、准确的数据采集与分析，及时发现潜在故障隐患，为电网的预防性维护和故障快速处理提供有力支持，从而有效提升电网安全运行水平，减少停电事故带来的损失，对保障电力供应的可靠性和稳定性具有重要意义。

关键词：变电站；数字监测技术；电网安全运行；电气设备状态监测；预防性维护

引言：随着现代社会对电力供应的依赖程度日益加深，电网的安全稳定运行成为电力系统的核心目标。变电站作为电网中的关键节点，其设备的正常运行状况直接影响整个电网的性能。传统的监测方法在面对日益复杂的电网结构和运行要求时逐渐暴露出局限性，如数据获取不及时、不准确，故障发现滞后等问题。

在这种背景下，数字监测技术应运而生。它以先进的传感器技术为基础，能够精确地采集变电站内各类设备（包括变压器、断路器、隔离开关等）的电气、机械等参数。通过高速通信网络，将这些数据实时传输至监控中心。而且，利用数据分析和处理技术，可以对海量的数据进行挖掘和分析，从而实现对设备状态的准确评估和潜在故障的预测。这一系列的功能为电网的安全运行提供了全新的保障手段，对于推动电网向智能化方向发展有着深远意义。因此，深入研究变电站数字监测技术在电网安全运行中的应用是十分必要的。

1 变电站数字监测技术概述

1.1 数字监测技术的定义与特点

数字监测技术是一种基于现代信息技术，对目标对象进行数字化、智能化监测的技术手段。它运用各种类型的传感器采集物理量，如温度、压力、电流、电压等，并将这些模拟信号转换为数字信号。其特点显著，具有高精度，传感器技术的发展使得采集的数据能精确反映设备状态。它具备实时性，通过高速通信网络可快速将数据传输到监测系统，实现对设备的实时监控。数字监测技术还拥有高可靠性，其系统设计和数据处理算法能有效减少误差和误报。此外，它具有很强的兼容性，可以整合多种不同类型的传感器和监测设备，形成统一的监测平台，满足复杂环境下的多样化监测需求。

1.2 数字监测技术在变电站中的应用领域

数字监测技术在变电站中有广泛的应用领域。在电气设备监测方面，对变压器可监测油温、绕组温度、油色谱等，及时发现过热、绝缘老化等问题；对于断路器能监测其分合闸时间、行程、同期性等参数，保障其可靠动作。在环境监测领域，可检测变电站内的温度、湿度、气体浓度等环境因素，防止因环境异常导致设备故障。同时，在安防监测方面，利用数字监控摄像头、红外传感器等设备，实现对变电站周界和内部的入侵检测、火灾监测等功能，保障变电站的安全运行，为变电站的稳定工作提供全方位的保障。

1.3 数字监测技术的主要功能与作用

数字监测技术主要有多项关键功能与作用。首先是数据采集功能，通过多种传感器全面收集变电站设备的运行参数和环境数据，形成丰富的信息源。其次是状态评估功能，利用先进的算法对采集的数据进行分析，准确判断设备的健康状况，确定是否存在潜在故障。再者是故障预警功能，当监测到设备运行参数偏离正常范围时，能及时发出警报，以便运维人员提前采取措施，避免故障扩大化。此外，它还具有远程监控功能，使运维人员可在控制中心远程查看变电站的实时运行状态，减少现场巡检工作量。这一系列功能保障了变电站设备可靠运行，提高电网整体安全性和稳定性。

2 变电站数字监测技术的原理与方法

2.1 数字监测技术的理论基础

数字监测技术的理论基础涵盖多方面。信号与系统理论是关键，它指导对传感器获取的各种信号（如电信号、光信号等）的理解和处理，包括信号的时域、频域分析，以便从复杂信号中提取有价值信息。信息论为数

据传输和存储提供依据,确保监测数据在采集、传输过程中的准确性和高效性,通过编码、加密等手段保障信息安全。控制理论则用于对监测系统的反馈控制,使监测过程能根据实际情况自动调整参数。此外,计算机科学理论支持整个监测系统的软件架构和算法实现,包括操作系统、数据库管理等,为数字监测技术在复杂环境下稳定、可靠运行奠定了坚实的理论根基。

2.2 数字监测技术的实现方法

数字监测技术的实现方法多样。首先是传感器的选型与部署,依据监测对象的特性,选择合适的传感器类型(如温度传感器、振动传感器等),并将其合理安装在变电站设备的关键部位。其次是通信网络的构建,采用有线(如光纤、以太网)或无线(如Zigbee、4G/5G)通信方式搭建数据传输链路,保障数据的稳定、快速传输。再者是监测系统硬件的搭建,包括数据采集卡、服务器等设备的选择和配置,满足数据处理和存储的需求。最后是软件系统的开发,利用编程技术开发具备数据采集、显示、存储和分析等功能的软件平台,实现对变电站设备的全面监测和有效管理。

2.3 数字监测技术的数据处理与分析流程

数字监测技术的数据处理与分析流程较为复杂。首先是数据采集,通过传感器获取原始数据,这些数据可能包含噪声和干扰。接着进行数据预处理,包括数据滤波、去噪、归一化等操作,提高数据质量。然后是特征提取,从预处理后的数据中挖掘能反映设备状态的关键特征,如振动信号的频率特征、温度变化的趋势特征等。之后是数据分类与识别,利用模式识别算法将数据特征与已知的设备状态模式进行匹配,判断设备处于正常、异常哪种状态。对于异常数据,进一步进行故障诊断分析,通过关联分析、故障树分析等方法确定故障原因和位置。最后将处理和分析结果进行存储和可视化展示,为运维人员提供直观的决策依据。

3 变电站数字监测技术在电网安全运行中的应用

3.1 实时监测与预警系统

(1) 实时监测电网数据

实时监测电网数据是保障电网安全运行的核心环节。在变电站中,通过部署大量高精度的传感器,可对电网的各项参数进行不间断采集。这些传感器分布于变压器、断路器、母线等关键设备,能准确获取电压、电流、温度、湿度等数据。数据采集后,借助高速通信网络实时传输至监控中心。在监控中心,专业的监测系统对数据进行实时接收和展示,使运行人员能直观地了解电网的实时状态。同时,系统还具备数据存储功能,为

后续的分析 and 查询提供依据。通过实时监测,可以及时发现电网运行中的微小变化,如电压的轻微波动、设备温度的异常升高。这有助于运行人员在问题萌芽阶段就采取相应措施,避免问题恶化,保障电网的稳定供电,满足社会对电力的持续需求。

(2) 预警潜在的安全风险

预警潜在的安全风险对于电网安全至关重要。数字监测技术利用先进的算法对实时监测到的电网数据进行深度分析。首先,基于历史数据和设备运行模型,设定合理的阈值和预警规则。当采集到的数据接近或突破这些阈值时,系统会立即触发预警机制。例如,当变压器油温持续上升接近危险值,或者断路器的操作次数接近其机械寿命极限时,系统会发出预警。预警信息不仅包含风险的类型,还会详细指出可能受影响的设备和区域。同时,预警系统可以通过多种方式通知相关人员,如短信、声光报警等。这使得运维人员能够提前做好准备,及时开展检查和维护工作,防止潜在风险进一步发展成实际故障,有效减少因突发故障导致的停电时间和损失,保障电网的安全性和可靠性。

3.2 故障检测与管理

(1) 实时分析电网数据,发现故障

实时分析电网数据以发现故障是数字监测技术的关键功能。在电网运行过程中,大量的实时数据源源不断地流入监测系统。系统运用复杂的数据分析算法,如小波分析、神经网络等,对数据进行深度挖掘。对于电压数据,可分析其波形是否存在畸变,以此判断是否存在短路故障或电压异常源。电流数据的突变可能暗示着线路的过载或接地故障。通过对不同设备采集的多维度数据进行关联分析,比如结合变压器的油温、油色谱数据以及绕组电流数据,可以更准确地发现隐藏的故障。此外,实时对比当前数据与正常运行状态下的历史数据模式,一旦出现明显偏差,也能快速定位可能的故障点。这种实时分析机制能够在故障发生的初期,甚至在故障尚未完全形成之前,就发现潜在问题,为及时处理故障争取宝贵时间,降低故障对电网的影响。

(2) 提供故障处理手段,提高处理效率

提供有效的故障处理手段以提高处理效率对于保障电网快速恢复运行意义重大。当监测系统检测到故障后,会迅速为运维人员提供详细的故障信息,包括故障位置、故障类型、可能的故障原因等。在故障位置确定方面,借助于安装在设备和线路上的传感器网络,可以精确到具体的变电站设备或某一段线路。对于故障类型的判断,如短路、断路、绝缘损坏等,为后续维修工作

提供明确方向。同时,系统还能根据故障的严重程度和电网的运行状态,推荐相应的处理方案。例如,对于一些局部的、不影响主要供电的小故障,可以通过远程控制操作隔离开关、切换备用线路等方式快速隔离故障。对于严重故障,系统可以协调维修资源的调配,通知附近的维修团队携带合适的工具和备件赶赴现场。此外,通过对故障处理过程的记录和分析,不断优化处理流程,进一步提高后续故障处理的效率。

3.3 数据整合与分析

(1) 整合变电站数据,建立数据库

整合变电站数据并建立数据库是电网智能化管理的重要基础。变电站内包含多种类型的数据,如设备的实时运行参数、历史检修记录、环境监测数据等。首先,需要统一数据格式,将不同传感器、不同监测系统采集到的数据进行标准化处理,使它们能够兼容。然后,利用数据采集接口和数据传输协议,将分散在各个设备和系统中的数据集中收集到一个数据中心。在这个过程中,要确保数据的完整性和准确性,对丢失或错误的数据进行修复和补全。对于大量的实时数据和历史数据,采用合适的数据库管理系统进行存储,如关系型数据库用于存储结构化的设备参数和检修记录,非关系型数据库用于存储大量的实时监测数据和复杂的环境数据。通过建立完善的数据库,可以方便地对数据进行查询、调用和关联分析,为电网的运行分析、故障诊断和决策提供有力的数据支持。

(2) 提供数据支持,优化电网运行

提供数据支持以优化电网运行是数据整合与分析的最终目标。通过对整合后的变电站数据库进行挖掘和分析,可以获得丰富的信息。基于设备的长期运行数据,可以评估设备的健康状况和剩余寿命,制定合理的设备维护计划,避免过度维修或维修不足。分析电网在不同负荷条件下的运行参数,能够优化电网的调度策略,合理分配电力资源,提高电网的供电效率。例如,在用电高峰时段,根据实时数据调整变压器的分接头位置,保证电压稳定。通过对故障数据的统计和分析,可以找出电网的薄弱环节,采取针对性的改进措施,如加强线路绝缘、增加备用设备等。此外,数据支持还能用于预测

电网的负荷变化趋势,提前做好准备,保障电网在复杂多变的运行环境下始终保持最优状态,满足用户对高质量电力供应的需求。

4 变电站数字监测技术的发展趋势与前景

4.1 技术发展趋势

随着科技的进步,变电站数字监测技术呈现出显著的发展趋势。智能化与自动化程度将不断提高,减少人工干预,实现更高效精准的监测。数据处理与分析技术持续升级,从海量复杂数据中挖掘更多有价值信息。同时,它会与其他技术如物联网、大数据、人工智能等深度融合与创新,突破现有技术局限,拓展功能边界,为电网安全运行提供更加强有力的保障。

4.2 应用前景展望

变电站数字监测技术的应用前景广阔。在智能电网建设中,能全方位保障电网稳定运行和智能运维。在新能源发电领域,可有效监测新能源接入对电网的影响,保障安全。在电力市场交易方面,其准确的数据能为交易提供可靠支持,助力电力资源合理分配和交易公平性的提升。

结语

随着电力系统的不断发展,变电站数字监测技术在电网安全运行中的地位愈发凸显。通过本文的研究可知,该技术在实时监测电网数据、预警安全风险、故障检测与管理以及数据整合与分析等多方面展现出卓越性能。它犹如电网的“智能卫士”,为电网的稳定运行保驾护航。从更广泛的意义上看,变电站数字监测技术的持续进步推动着电网朝着智能化、高效化方向大步迈进。

参考文献

- [1]赵雷,郑敏.人工智能在变电检测数据处理中的应用探索[J].中国电力,2024(4):78-85.
- [2]张伟.智慧电网中数字孪生技术的应用与实现[J].电力系统自动化,2023(10):45-52.
- [3]李明,王强.电网数字化监控技术的进展与挑战[J].电力科学与技术学报,2024(2):23-30.
- [4]王丽,刘涛.变电设备带电检测技术的最新进展[J].电网技术,2023(8):89-96.