

面向智能电网的线损预测与控制策略研究

王亚萍¹ 张振福¹ 赵柏涛²

1. 国网宁夏电力有限公司石嘴山供电公司 宁夏 石嘴山 753000

2. 国网宁夏电力有限公司银川供电公司 宁夏 银川 750000

摘要: 随着智能电网技术的快速发展,线损作为电力系统中不可忽视的重要经济指标,其预测与控制技术成为研究热点。本文旨在探讨面向智能电网的线损预测与控制策略,通过分析智能电网中线损的成因,提出一套系统化、流程化的预测与控制方法,以期提高电网运行效率,降低运营成本,促进电力行业的可持续发展。

关键词: 智能电网;线损;预测;控制

引言

智能电网作为未来电网发展的方向,集成了先进的传感器技术、计算机技术和通信技术,为实现高效、安全、可靠的电力供应提供了可能。然而,在长距离、大规模的电能传输过程中,线损问题依然突出,直接影响电力企业的经济效益和社会效益。因此,开展面向智能电网的线损预测与控制策略研究具有重要意义。

1 智能电网中线损概述

1.1 线损定义与分类

智能电网中的线损是指在电能从发电站输送到用户终端的过程中,由于电阻、电感和电容等电气元件的存在而产生的能量损耗。根据损耗发生的环节,线损可分为输电损耗、配电损耗和变压器损耗等^[1]。输电损耗主要发生在高压输电线路中,配电损耗则发生在低压配电网中,而变压器损耗则是由变压器在工作过程中产生的能量损失。

1.2 线损成因分析

智能电网中线损的成因复杂多样,主要包括以下几个方面:一是电阻性损耗:电能通过导线时,由于导线电阻的存在,会产生热量并导致能量损失。二是磁滞损耗和涡流损耗:这些损耗与变压器等电气设备的工作状态密切相关,主要由磁场的交替变化引起。三是管理不善:如窃电、计量误差等问题,可能导致电能损失增加,进一步加大线损。

2 智能电网线损预测技术

2.1 基于大数据的线损预测模型

随着大数据技术的快速发展,基于大数据的线损预测模型在智能电网领域成为了研究的热点。该模型充分利用智能电网中各类传感器所采集的实时数据,如电流、电压、功率等,通过先进的数据挖掘和机器学习算法,实现对线损的精准预测。以下是该模型的具体步骤:

2.1.1 数据预处理

对收集到的原始数据进行初步检查,去除其中的异常值、缺失值等,确保数据的完整性和一致性。采用滤波、平滑等技术,去除数据中的随机噪声和干扰,提高数据的信噪比。将不同量纲的数据进行标准化处理,使其具有相同的尺度,便于后续的特征提取和模型训练。

2.1.2 特征提取

从预处理后的数据中提取出负荷随时间变化的曲线,反映电网的负荷波动情况。提取出电网设备(如变压器、导线等)的温度变化数据,反映设备的工作状态和损耗情况。还可以提取出如电网拓扑结构、设备参数等其他与线损相关的特征。

2.1.3 模型训练

根据数据的特性和预测需求,选择合适的机器学习算法,如随机森林、梯度提升树等。这些算法具有强大的非线性映射能力和泛化能力,适用于处理复杂的线损预测问题。将提取的特征数据划分为训练集和测试集,用于模型的训练和验证。使用训练集数据对选择的机器学习算法进行训练,建立线损预测模型。训练过程中需要不断调整算法参数,优化模型的预测性能。

2.1.4 预测结果评估

使用测试集数据对训练好的模型进行验证,通过对比预测结果与实际线损数据,评估模型的预测精度。常用的评估指标包括均方误差、平均绝对误差等。除了预测精度外,还需要评估模型的泛化能力,即模型对于新数据的预测能力。可以通过在不同时间段、不同电网区域的数据上进行测试,来评估模型的泛化性能。

2.2 预测精度提升策略

2.2.1 优化预测算法

针对智能电网的特点,为进一步提升预测精度,需选择更适合的预测模型。考虑到智能电网数据具有时空

特性，即数据在时间和空间上均存在关联性，因此可以考虑应用深度学习模型进行预测。深度学习模型，如卷积神经网络（CNN）和长短时记忆网络（LSTM），能够有效捕捉数据中的时空特征，提高预测的准确性。具体来说，CNN可以提取数据中的空间特征，而LSTM则可以捕捉数据中的时间依赖关系。通过结合这两种模型，可以构建一种时空深度学习模型，以更全面地利用智能电网中的数据信息，从而提升线损预测的精度和可靠性。

2.2.2 加强数据采集和质量控制

为确保预测输入数据的准确性和完整性，从而减少因数据质量问题导致的预测误差，需采取一系列措施加强数据采集和质量控制。首先，应定期检查和维护智能电网中的各类传感器，确保其处于良好的工作状态，能够准确、稳定地采集实时数据^[2]。其次，在数据收集过程中，应采用先进的数据传输和存储技术，确保数据的完整性和一致性，避免数据的丢失和损坏。此外，还需要对收集到的原始数据进行严格的质量检查，包括数据的异常值检测、缺失值处理等，以确保数据的准确性和可靠性。

2.2.3 引入多源数据融合技术

为进一步提高预测的准确性和鲁棒性，可以考虑引入多源数据融合技术，综合利用多种数据源的信息进行预测。除了智能电网中传统的电流、电压、功率等数据外，还可以结合气象数据、用户用电行为数据等其他相关信息。例如，气象数据可以提供温度、湿度、风速等环境信息，对电网设备的运行状态和损耗情况有一定影响；用户用电行为数据可以反映电网负荷的变化规律，对预测电网未来的负荷趋势具有重要意义。

3 智能电网线损控制策略

3.1 技术控制策略

3.1.1 优化电网结构

优化电网结构是降低输电损耗、提高电网运行效率的关键技术控制策略之一。通过合理规划电网布局，可以有效减少迂回供电和长距离输电，从而降低输电过程中的能量损失。具体来说，优化电网结构包括以下几个方面：首先，对电网布局进行科学规划，确保电力传输的路径尽可能直接、短捷，减少不必要的迂回和曲折。这有助于降低输电过程中的电阻损耗和电感损耗，提高输电效率。其次，合理选择输电线路的导线截面积和材质，以降低电阻损耗。较大截面积的导线具有较小的电阻，能够减少电能在传输过程中的损失。同时，采用优质导电材料制成的导线也能有效降低电阻损耗。此外，还可以考虑采用先进的输电技术，如高压直流输电

（HVDC）和柔性交流输电（FACTS）等，以提高输电效率和稳定性。在实施优化电网结构策略时，需要充分考虑电网的可靠性和经济性^[3]。一方面，要确保电网结构能够满足电力供应的可靠性和稳定性要求；另一方面，也要注重降低电网建设和运行的成本，实现经济效益和社会效益的双赢。通过不断优化电网结构，可以有效降低输电损耗，提高智能电网的运行效率 and 经济效益。

3.1.2 升级改造老旧设备

在智能电网线损控制策略中，升级改造老旧设备是一项至关重要的技术控制策略。通过采用新型低损耗导线、高效节能的变压器等设备，可以显著减少设备自身的损耗，进一步降低电网的线损率。具体来说，升级改造老旧设备包括以下几个方面：首先，针对电网中使用的导线，可以选择新型低损耗导线进行替换。这些导线通常采用先进的材料和工艺制造，具有更低的电阻和电感，能够有效减少电能在传输过程中的损失。其次，对于电网中的变压器，应优先选用高效节能的产品。这类变压器通常采用先进的磁路设计和制造工艺，能够有效降低空载损耗和负载损耗，提高变压器的运行效率。在实施升级改造老旧设备策略时，需要充分考虑设备的兼容性和经济性。一方面，要确保新型设备与现有电网系统的兼容性，避免出现技术障碍和安全隐患；另一方面，也要注重设备的经济性和使用寿命，选择性价比高、可靠耐用的设备进行替换。

3.1.3 应用无功补偿和谐波治理技术

在智能电网线损控制策略中，应用无功补偿和谐波治理技术是一项重要的技术控制策略。通过提高电网功率因数，减少无功损耗和谐波损耗，可以有效降低电网的线损率，提升电网的运行效率。具体来说，无功补偿技术主要是通过添加无功补偿设备，如电容器、电抗器等，来平衡电网中的无功功率，从而提高电网的功率因数。这样可以减少电网中的无功电流，进而降低因无功电流产生的损耗，提高电网的传输效率。而谐波治理技术则是针对电网中的谐波问题进行治理。谐波是电网中的一种非正弦波形的电流或电压，它会产生额外的损耗，并可能对电网设备造成损害。通过应用谐波治理技术，如使用谐波滤波器、有源滤波器等，可以有效减少电网中的谐波成分，降低谐波损耗，保护电网设备的安全运行^[4]。在实施无功补偿和谐波治理技术时，需要充分考虑电网的实际运行情况和设备特性。根据电网的功率因数和谐波状况，选择合适的无功补偿设备和谐波治理方案，以确保技术的有效性和经济性。

3.1.4 实时监测与调整

在智能电网线损控制策略中,实时监测与调整是一项至关重要的技术控制策略。通过利用智能电网中的传感器和通信技术,可以实时监测电网的运行状态,包括电压、电流、功率因数等关键参数,从而及时发现并处理可能导致线损增加的问题。具体来说,实时监测系统能够连续收集电网运行数据,并通过高级的数据分析算法,对数据进行快速处理,以识别出电网中的异常状态或潜在问题。一旦发现线损增加的迹象,系统可以立即发出警报,并建议相应的调整措施。调整措施可能包括改变电网的运行方式,如调整变压器的分接头位置、改变电网的拓扑结构等,以降低线损。此外,还可以根据实时监测到的数据,优化电网的负荷分配,使电网运行更加经济高效。实时监测与调整策略的实施,需要依靠智能电网中的高级计量基础设施(AMI)和能量管理系统(EMS)等先进技术。这些技术能够提供准确、实时的电网运行数据,并支持快速的数据分析和决策制定。

3.2 管理控制策略

3.2.1 增强线损管理意识

在智能电网的线损控制策略中,增强线损管理意识是一项重要的管理控制策略。这要求供电公司全体员工深入理解和贯彻线损管理理念,将其融入到日常工作的每一个环节中。为实现这一目标,供电公司可以组织定期的线损管理培训,提升员工的专业知识和技能。同时,通过制定明确的线损管理目标和考核标准,激励员工在日常工作中积极采取措施降低线损。此外,公司还可以建立线损管理交流平台,鼓励员工分享经验和创新思路,共同推动线损管理工作的持续改进。通过这些措施,可以培养全体员工的线损管理意识,为降低智能电网的线损率奠定坚实基础。

3.2.2 设立线损管理部门

为有效实施智能电网的线损控制策略,设立专门的线损管理部门显得尤为重要。该部门的核心职责是制定线损管理的规章制度,确保线损管理工作有章可循、有据可依。在具体实践中,线损管理部门需细化各部门的职责,确保每个部门都明确自己在线损管理中的角色和任务。同时,建立高效的协作机制,促进部门间的信息共享和协同工作,共同推动线损管理工作的顺利进行。

通过设立线损管理部门,可以进一步完善智能电网的线损管理体系,提高线损管理的专业性和效率。这将有助于降低电网的线损率,提升电网的整体运行效益,为智能电网的可持续发展提供有力保障。

3.2.3 加强沟通与协作

在智能电网的线损管理策略中,加强与企业、政府及客户之间的沟通与协作是至关重要的一环。为了共同推进线损管理工作,供电公司需要积极建立并维护与这些关键利益相关方的良好关系。与企业沟通时,可以共同探讨线损降低的技术方案和实施路径,寻求技术支持与合作。与政府沟通时,可以了解政策导向和支持措施,争取政策资源和资金扶持。与客户沟通时,可以了解客户的用电需求和节能潜力,引导客户合理使用电力,共同降低线损。通过加强沟通与协作,可以形成线损管理的合力,共同推动智能电网的线损降低工作,实现电网运行的更加经济、高效和可持续。

结语

面向智能电网的线损预测与控制策略研究是提升电网运行效率、降低运营成本的重要途径。本文通过分析智能电网中线损的成因和预测方法,提出了一套系统化、流程化的预测与控制策略。未来,随着智能电网技术的不断发展和完善,线损预测与控制技术也将不断进步。为实现更加高效、安全、可靠的电力供应,需要继续加强跨学科研究与合作,推动线损预测与控制技术的创新与应用。同时,还应关注新兴技术如人工智能、物联网等在智能电网中的应用潜力,为线损预测与控制提供更多可能性。

参考文献

- [1]王科.新时期智能电网建设与线损管理研究[J].电工技术,2023,(S1):262-264.
- [2]李志鹏,孙超亮,彭小亚,等.智能电网中的线损精细化管理策略分析[J].电子技术,2023,52(10):288-289.
- [3]于苗,张恺鹏.智能电网中的低压线损管理分析[J].集成电路应用,2024,41(02):277-279.
- [4]李果,袁小凯,黄世平.基于神经网络模型的智能电网线损估计方法[J].沈阳工业大学学报,2022,44(02):133-138.