

基于人工智能的输电线路保电护线分级管理体系研究

王政宇 邝石 程生安

国网郑州供电公司

摘要：随着社会的快速发展，电力供应的可靠性和稳定性对于社会经济的发展至关重要。在输电线路中，保电护线是保障电力系统安全运行的关键环节。基于人工智能的输电线路保电护线分级管理体系可以提高保电护线的准确性和及时性，为输电线路的安全运行提供有效的保障。

关键词：人工智能；输电线路保电护线；分级管理体系

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2023.10.211

引言

随着电力系统规模的不断扩大和用电负荷的快速增长，输电线路的安全稳定运行成为电力系统发展的重要问题。在输电线路中，保电护线是对电力系统进行及时修复和恢复的必要手段，具有不可替代的作用。

一、基于人工智能的输电线路保电护线分级管理体系概述

（一）保电护线的定义和作用

保电护线是指在输电线路中设置的一种特殊线路，它具有优先供电和快速恢复等特性，用于确保电力系统在突发故障或自然灾害等情况下能够实现快速修复和供电恢复。保电护线的设置是为了保障重要用户、重要设备以及关键部门的供电需求，同时也是电力系统保障供电可靠性的重要手段。保电护线的作用不仅仅是提供备用电源，更重要的是能够在电力系统发生故障或意外情况时迅速切换至保电护线，以确保关键用户和重要设备能够持续供电。保电护线可以有效降低停电时间和供电中断对社会经济的影响，提高电力系统的可靠性和稳定性。

具体来说，保电护线具备快速的切换机制，当主电源发生故障或中断时，能够迅速切换至保电护线，确保关键用户和重要设备的供电恢复。这可以极大地缩短停电时间，降低供电中断对生产、通信和社会运行的影响。保电护线被设定为优先供电线路，它可以保证关键用户和重要设备的电力供应。在电力系统负荷过载或供电紧张时，保电护线能够优先得到供电，确保供电需求得到满足。同时，保电护线在自然灾害等灾难事件发生后，充当着重要的恢复和救援支持角色。它能够迅速提供电力给紧急救援、医疗服务、通信网络等关键部门，确保灾区基础设施的正常运行。

（二）人工智能在输电线路保电护线管理中的应用

概述

人工智能在输电线路保电护线管理中的应用概述是指将人工智能技术应用于保电护线的管理和运维中，以提高保电护线的准确性、效率和可靠性。人工智能技术包括机器学习、深度学习、数据挖掘、图像识别等，可以辅助实现对保电护线的自动化分级、异常监测和优化决策，为电力系统的安全运行提供有力支持。人工智能技术可以用于保电护线的自动化分级。传统的保电护线分级是基于经验和规则制定的，难以适应复杂多变的电力系统环境。而人工智能技术可以通过分析大量的历史数据和实时监测数据，利用机器学习算法进行自动化分析和分类，准确确定保电护线的等级。通过人工智能技术的应用，可以大幅度提高保电护线分级的准确性和及时性，更好地满足不同用户和设备的供电需求。人工智能技术还可以用于保电护线的异常监测与故障预测。传统的巡检和监测手段对于保电护线的异常监测有一定局限性，效率较低。而基于人工智能的图像识别技术和数据挖掘方法能够对保电护线的运行状态进行实时监测和分析，及时发现潜在的故障风险，并预测可能的故障类型和发生时间。这使得维修和修复工作能够提前进行，减少停电时间，并提高整个电力系统的可靠性。人工智能技术还可以用于优化保电护线的调度决策。通过对大量历史数据的学习和分析，结合实时监测数据，可以建立保电护线的预测模型和优化算法，以实现最优的保电护线调度策略。这可以帮助系统运营人员更好地管理和调度保电护线，提高电力系统的稳定性和可靠性。

二、数据采集与预处理

（一）输电线路数据的来源与类型

输电线路数据的来源多样化，在输电线路上安装传感器和监测设备，如温度传感器、电流传感器、电压传感器等，可以实时获取线路的运行状态和参数信息。监

控与数据采集系统 (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA) 是用于实时监视和远程控制输电线路的系统。通过SCADA系统, 可以获取到输电线路的实时数据, 如负荷数据、开关状态、告警信息等。遥测系统通过远程测量和传输数据, 可以对输电线路进行实时监测。遥测设备可以获取线路的电流、电压、功率等信息, 并将这些数据传输到中心站或数据中心。维护人员对输电线路进行定期巡检和维修, 会产生维护记录和历史数据。这些记录包含了线路的故障情况、维修记录、设备更换等信息, 可以为数据分析和预测提供有价值的参考。对于输电线路数据的类型, 主要包括线路的实时电流、电压、频率等数据, 这些数据可以通过传感器和监测设备获取。包括线路的故障记录、维修记录、设备更换等信息。包括线路上的负荷大小、负荷变化情况数据, 可通过SCADA系统或负荷监测设备获得。包括线路的位置、长度、形状等地理信息。

(二) 数据预处理方法与流程

数据预处理是数据分析和挖掘的重要步骤之一, 目的是对采集到的原始数据进行清洗、转换和归一化, 以提高数据的质量和可用性。通过删除或纠正异常值、缺失值等处理, 保证数据的准确性和完整性。可以使用统计方法、插值方法进行数据清洗。对原始数据进行转换, 以满足特定的分析需求。例如, 可以进行数据平滑、采样率调整等操作, 以消除噪声和不必要的细节。从原始数据中选择出最具代表性和有用性的特征。可以使用统计方法、相关性分析、主成分分析等技术来选择和提取特征。将不同范围的数据统一到一定的区间内, 以便于比较和分析。常见的归一化方法有线性归一化、z-score归一化等。将数据集划分为训练集、验证集和测试集等部分, 用于模型建立、评估和验证。通过绘制图表和可视化工具, 将处理后的数据进行可视化展示, 以便更好地理解数据特征和关系。在数据预处理流程中, 需要根据具体的研究目的和数据特点选择适当的方法和步骤, 以保证数据的质量和准确性, 并为后续的数据分析和建模奠定基础。

三、基于人工智能的保电护线分级算法研究

(一) 保电护线分级算法的原理和设计思路

保电护线分级算法的主要目标是根据不同的因素对输电线路进行分类和优先级排序, 以确定不同级别的保

电护线。首先需要确定影响保电护线级别的主要因素, 例如重要用户数量、设备重要性、区域重要性、负荷需求等。根据实际情况, 选择可量化和可测量的指标, 并赋予各个因素相应的权重。收集相关数据, 包括用户信息、设备信息、区域信息、历史故障记录等。对数据进行清洗、转换和归一化等预处理操作, 以确保数据的准确性和一致性。根据选定的因素, 对数据进行特征提取和构建, 提取有代表性和区分度的特征。可以使用统计分析、相关性分析、主成分分析等方法来进行特征工程。基于选定的因素和特征数据, 选择合适的算法模型来进行保电护线的分级。常见的算法模型包括机器学习和深度学习算法。使用历史数据进行模型的训练和调优, 并使用验证集进行模型的评估和性能指标的计算。可以采用交叉验证、网格搜索等方法来找到最佳的模型参数配置。根据训练好的模型, 对新的数据进行分类预测和分级。根据各个因素的权重和模型的输出结果, 对保电护线进行优先级排序, 确定不同级别的保电护线。

(二) 基于机器学习的保电护线分级算法

基于机器学习的保电护线分级算法采用监督学习的思想, 通过训练一组标记好的数据样本来构建模型, 并根据输入的特征预测输出的保电护线级别。常见的机器学习算法包括支持向量机 (SVM)、决策树、随机森林等。收集历史数据, 并根据设定的因素进行数据预处理和特征提取。选择合适的机器学习算法, 并将数据集分为训练集和验证集。通过训练集进行模型的拟合和训练, 调整算法参数以提高模型性能。使用验证集评估模型的预测效果和准确性, 并根据算法指标 (如准确率、召回率等) 进行模型的选择和调优。使用训练好的模型对新的输入数据进行预测, 即将输入数据映射到对应的保电护线级别。

(三) 基于深度学习的保电护线分级算法

基于深度学习的保电护线分级算法采用深度神经网络模型来学习原始数据的非线性特征表示。深度学习模型具有强大的学习能力和对复杂数据的表达能力, 常见的模型包括卷积神经网络 (CNN)、循环神经网络 (RNN)、长短期记忆网络 (LSTM) 等。算法的具体步骤如与机器学习算法类似, 收集并预处理数据, 提取特征。选择合适的深度学习模型架构, 并通过训练数据进行网络的训练。可以使用梯度下降和反向传播算法进行

模型参数的更新和优化。使用验证集评估模型的性能，并根据评估结果进行模型的选择、调优和改进。使用训练好的深度学习模型对新的输入数据进行预测，确定其对应的保电护线级别。基于深度学习的保电护线分级算法通常需要较大规模的数据集和较长的训练时间，但其在处理复杂问题和提高预测精度方面具有显著的优势。通过选择合适的模型和特征，并进行适当的训练和调优，可以实现高效准确地对保电护线进行分级。

四、保电护线管理策略与措施

（一）不同级别保电护线的管理要求与指导原则

不同级别的保电护线需要根据其重要性和供电需求确定相应的管理要求和指导原则。高级别的保电护线通常涉及重要用户、关键设备或重要区域的供电，因此需要高度重视其维护和运营管理。高级别保电护线应优先进行巡检、检修和维护，并采取预防性措施以减少故障发生概率。对于这些保电护线，应建立紧急响应机制，以确保在故障发生时能够快速恢复供电。

中级别的保电护线通常涉及一般用户和设备的供电，其重要性相对降低，但仍需保证供电可靠性。中级别保电护线应按照规定巡检频率进行巡检和维护工作。对于存在潜在故障风险的设备或区域，可以采取预防性的检修措施，以保障供电的稳定性。

低级别的保电护线涉及较小规模或次要用户、设备或区域的供电。低级别保电护线可适量减少巡检和维护频次，但仍需要保证故障发生后能够及时恢复供电。可采取现场巡检和定期维护的方式，更注重对设备状态的监测和异常准备工作。

（二）保电护线的巡检与维护策略

为保障保电护线的安全运行和可靠供电，需要制定相应的巡检与维护策略。根据保电护线的级别和重要程度确定巡检的频率。高级别保电护线应进行更频繁的巡检，并确保巡检的全覆盖。巡检需要对关键设备、关键环节和重要接口进行检查，包括开关设备、绝缘子、导线连接、接地装置等。通过可视巡检、手持检测仪器和红外热像仪等工具进行巡检。根据巡检的结果进行设备故障修复、设备更换或预防性维护。定期对设备进行润滑、清洁和检查，以确保其正常运行。对巡检和维护过程中发现的故障进行记录，对故障进行分析，总结经验教训，并根据分析结果优化巡检和维护策略。

（三）基于人工智能的故障诊断与修复策略

基于人工智能的故障诊断与修复策略利用机器学习和深度学习等技术，对保电护线的故障进行快速诊断和修复。收集保电护线的监测数据、历史数据和运行状态信息。通过数据预处理和特征提取，准备好用于故障诊断和修复的数据。使用机器学习或深度学习模型进行故障诊断和预测。通过训练模型，将输入的保电护线数据映射到故障类型和严重程度。根据模型预测的故障类型和严重程度，快速定位故障点，并采取相应的修复措施。可借助自动化设备和远程操作技术，提高故障修复的效率和准确性。根据实际故障诊断和修复的结果，对算法模型进行持续优化和改进，以提高故障诊断的准确性和效率。通过基于人工智能的故障诊断与修复策略，可以加强对保电护线的监测和维护，并及时解决可能引发故障的问题，提高供电可靠性和运行的安全性。

结束语

通过采用机器学习和智能算法，该体系可以准确地划分不同的保电护线等级，并提出相应的管理策略，可以实现对输电线路的及时监测和维护。这不仅可以提高输电线路的可靠性和稳定性，还可以有效降低维修时间和成本。尽管还存在一些挑战和问题，但基于人工智能的输电线路保电护线分级管理体系具有广阔的应用前景和发展潜力，在未来的研究中有望得到更进一步的改进和优化。

参考文献

- [1] 李志清, 李春晖, 张哲等. 输电线路防外破智能警示保护装置[J]. 电世界, 2023, 64(02): 27-29.
- [2] 邱志远, 李道豫, 冯文昕等. 高压直流输电控制保护定值智能管理辅助系统设计[J]. 电子设计工程, 2022, 30(14): 44-47+52.
- [3] 宋世勇. 基于边界特性的高压直流输电线路保护策略研究[D]. 广西大学, 2022.
- [4] 槐青. 柔性直流输电线路保护与故障测距方法研究[D]. 武汉大学, 2021.
- [5] 王桥梅. 高压直流输电线路故障智能诊断方法研究[D]. 四川轻化工大学, 2021.
- [6] 郭新杰. 智能电网继电保护构成的关键技术分析[J]. 中国高新技术企业, 2015(15): 148-149.