

基于人工智能的继电保护系统研究

张梦瑜

国网江苏省电力有限公司苏州市吴江区供电分公司 输变电运检中心 江苏苏州 215200

摘 要: 文章针对复杂电网环境下的继电保护系统,提出了一种基于人工智能的继电保护技术。运用机器学习、神经网络、数据挖掘等方法,对这些技术在电力系统故障诊断及保护整定等方面的应用进行了深入的研究。结果表明,采用人工智能技术可以有效地提高故障检测的精度与响应速度,提高系统的适应性。文章的研究成果将为继电保护技术的发展提供有效的技术支撑,解决传统技术在实时性、灵活性等方面的局限性,为未来电力系统智能化提供理论依据,具有广阔的应用前景。

关键词: 人工智能;继电保护;电力系统;智能化

引言

电力系统日益复杂,可靠性要求越来越高,传统继电保护面临着越来越多的挑战。现有系统在故障检测、定位、响应速度等方面存在不足,难以在大规模电网环境下及时、高效地应对突发事件,影响电网安全稳定运行。为了解决这个问题,人工智能技术的快速发展为继电保护技术的革新提供了新的途径。近年来,以机器学习、神经网络为代表的人工智能技术已经在许多领域展现出了强大的数据处理能力。在电力工业中,这些技术可以实现对海量数据的实时监控与分析,提高故障辨识精度,优化保护设置,实现自适应调节。同时,引入智能决策支持系统,使继电保护能更好地应对复杂运营环境与突发事件,提升整个系统的智能水平。

一、人工智能技术概述

(一) 人工智能的发展历程

人工智能从二十世纪五十年代开始发展,其最早的研究侧重于对人的思考与行为进行逻辑推理。1956年,达特茅斯会议标志着人工智能的正式诞生。此后数十年间,人工智能经历了几个重要发展时期,其中一个就是“冬天期”,即因技术条件所限,科研成果不能达到预期的效果,从而使科研经费投入减少,关注度降低。进入21世纪以来,随着计算能力的不断增强以及大数据时代的到来,人工智能又一次迎来了繁荣。近年来,深度学习技术的兴起,使机器可以利用神经网络完成复杂数据

的处理,在图像识别、自然语言处理、智能决策等方面发挥着重要作用。目前,人工智能技术已不仅仅局限于科学研究领域,它已逐步渗透到各行各业,特别是电力系统,具有广阔的应用前景,对传统技术的升级和创新起到了巨大的推动作用。

(二) 人工智能的基本概念

人工智能就是利用计算机来模拟人的智能行为,使其能够完成通常需要人工智能才能完成的任务。其中心内容包括:学习、推理、解决问题、理解自然语言、知觉等。人工智能可以分为智力迟钝和智力发达两种。弱人工智能专注于语音识别、图像识别等特定任务,强人工智能则致力于实现人类完全智能^[1]。在实际应用中,人工智能主要依靠机器学习、深度学习等方法,对海量数据进行学习,从而提升模型的预测与决策能力。这个过程既需要算法设计,也需要大量的高质量数据支撑。在电力系统中,人工智能技术的引入,实现了智能监控、故障诊断和负荷预测,提高了电网运行的可靠性和效率。

(三) 人工智能在电力领域的应用

人工智能技术正越来越多地应用于电力行业,其涵盖了从发电、传输、配电到用电等各个方面。在发电领域,人工智能能够优化能量管理与调度,提升新能源利用率。例如,利用机器学习算法实时分析环境因子如风速、太阳辐射等,预测并调配风电、光伏发电,实现清洁能源的最大利用。在输电与配电环节,人工智能技术可以帮助构建智能电网,对电网运行状态进行实时监控,并对可能出现的故障进行早期识别,从而降低停电风险。在此基础上,将人工智能技术应用到电力需求侧管理中,为用户提供个性化用电建议,优化用电策略。智能继电

作者简介: 张梦瑜(1996.11-),女,江苏苏州市人,硕士,研究方向:继电保护。

保护的引入使电力系统能迅速对故障作出反应,降低事故损失。

二、继电保护系统的现状分析

(一) 继电保护系统的基本原理

继电保护是保障电力系统安全的重要机制,其基本思想就是及时发现故障并及时隔离故障,保护电力设备,维护电网稳定运行。通过对电气参量如电流、电压等进行实时监控,利用继电器等设备,实现对电气参数的自动控制。当检测到短路、过载等异常情况时,保护装置能快速响应,切断故障部位的电源,避免故障进一步扩大,危害其他设备。除此之外,继电保护中还涉及到过流保护、差动保护、接地保护等多种保护方式,每一种方式都能对不同的故障作出相应的监控和响应^[2]。合理设定保护定值、设定延时,既能保证系统的安全性,又能降低对正常工作的影响。随着科技的发展,现代继电保护系统向智能化方向发展,利用数据采集与分析技术,实时监测与预警电力设备的运行状态,增强其可靠性与抗干扰性。

(二) 传统继电保护技术的局限性

传统的继电保护技术虽然已经在电力系统中扮演着举足轻重的角色,但是它的局限性也越来越明显。首先,传统的继电保护方法依靠设定值固定、逻辑运算简单,很难应对电网复杂多变、负荷变化大的情况。因此,当系统发生多个故障时,系统的响应速度与精度都会受到影响,从而导致系统误动或拒动,给电网带来极大的安全隐患。另外,传统保护系统多为分散式布局,各保护设备间缺乏有效的通讯与协调,难以形成完整的保护联动机制,降低了系统抗干扰能力。此外,传统的继电保护技术对故障诊断与定位能力有限,需人工干预,导致故障恢复周期长、供电可靠性低。随着新能源接入电网,电网结构日趋复杂,传统保护技术对其适应性与灵活性提出了新的挑战。为了更好地适应现代化电网发展的需要,必须引进更先进的技术,提高继电保护的智能化、自动化水平。

(三) 当前继电保护系统的智能化水平

当前,随着信息技术、人工智能等技术的飞速发展,继电保护的智能化程度也在不断提高。现代智能继电保护除具备传统保护功能外,还将大数据分析、云计算、机器学习等新技术引入到智能保护系统中,显著提升了系统的适应性与智能化决策能力。该系统通过对电网运行状态进行实时监控,对海量数据进行采集和分析,从而提高了对故障发生概率的准确预测和预警能力^[3]。另

外,该智能系统还可以实现设备之间的互联互通,一旦出现故障,可以快速定位故障区域,及时调度,减少故障处理时间,降低停电对用户的影响。该系统采用智能算法,能够根据网络运行状态的变化,对保护设置进行自动调节,并对保护策略进行优化。同时,文章的研究成果将有助于提升复杂失效场景的应对能力,为运维人员提供更精确的决策支持。因此,目前继电保护系统智能化程度的提高,不仅提高了系统的运行效率,而且为电网安全、稳定运行提供了更强有力的保证。

(四) 继电保护系统面临的主要问题

近年来,继电保护技术向智能化方向发展的同时,也面临着一系列的挑战。首先,复杂多变的系统故障识别与定位更加困难,尤其是在大规模智能电网、分布式电源接入等背景下,传统故障检测算法与模型难以满足需求,导致故障处理效率低下。其次,智能继电保护需要实时、高质量的数据,但在实际应用中,数据采集与传输会产生延时、丢失等问题,影响系统的决策能力。同时,继电保护向智能化方向发展的同时,网络攻击、数据篡改等风险也日益增大,对电网安全构成了潜在威胁。此外,尽管智能系统可以改善保护性能,但其技术复杂度高、成本高,使得很多中小电力公司难以实现。最后,对操作人员进行培训与技术更新,以保证操作人员对新技术的熟练掌握,提高系统管理水平。因此,如何对这些问题进行有效地处理就成为了今后继电保护研究中的一个重要课题。

三、基于人工智能的继电保护技术研究

(一) 基于机器学习的故障识别

文章介绍了一种基于机器学习的故障诊断方法。传统的故障辨识方法大多采用固定阈值或规则,很难适应复杂电网负荷与设备状态的变化。而机器学习算法则可以从历史数据中提取潜在的故障模式,实现更灵活、更精确地故障检测。比如,利用支持向量机、决策树等有标签的故障数据对模型进行训练,从而识别出系统的异常状态。另外,利用聚类分析等无监督学习算法,发现未知的错误模式,帮助运维人员及时调整防护策略^[4]。随着数据获取技术的不断发展,机器学习模型可以对传感器及监控设备产生的海量数据进行实时处理,快速识别故障并给出预警。这样不仅可以提高系统的响应速度,而且可以降低误报率和漏报率。同时,利用机器学习的特征选择与降维能力,从复杂数据集中抽取最具判别性的特征,进一步提高故障辨识精度。因此,以机器学习为基础的故障辨识技术将会使继电保护向更高效率和更

智能的方向发展。

（二）神经网络在继电保护中的应用

神经网络作为非线性建模的有力工具，已被广泛地应用于继电保护中。该方法具有自主学习能力，能够模拟人类大脑的工作模式，对复杂电力系统的特点进行自适应。尤其对于大规模数据，神经网络可以有效地从输入数据中提取出复杂的关系，从而对故障进行分类、定位和预测。比如，卷积神经网络（CNN）能够对电流波形进行特征提取，能够对电流波形的细微变化进行识别，从而及时发现潜在的故障。递归神经网络（RNN）及其变种，如长短时记忆网络（LSTM）等，可以对时间序列数据进行分析，并能准确地预测故障的发生概率。将神经网络与传统继电保护算法相结合，可提高系统整体性能，减少误动、拒动等风险。同时，神经网络具有自适应能力，能够在不断输入新数据的情况下，对系统进行有效的故障检测。

（三）数据挖掘技术在保护设定中的作用

数据挖掘技术是继电保护中一个非常重要的环节，特别是对保护设置的优化。传统保护多依靠经验或固定参数，易造成保护动作不及时或过于敏感，给系统带来隐患。然而，数据挖掘技术能够从历史数据中挖掘出设备运行状态和故障之间的内在联系，从而为保护的设置提供科学依据。通过聚类分析，操作人员可对相似设备的运行特性进行分类，从而为不同类型的设备制定相应的保护策略。此外，关联规则挖掘技术可以探索设备各运行参数间的内在联系，有助于识别影响设备安全的关键因素，进而对保护设置进行动态调整。在此基础上，提出了一种基于数据挖掘的继电保护方法，该方法不仅能提高继电保护设置的合理性、可靠性，而且能根据实际运行状况实时优化，提高继电保护的灵活性和智能化程度。同时，数据挖掘技术还可以帮助我们发现设备的退化趋势，提前做好维修计划，避免因突发故障而造成的损失。在此基础上，引入数据挖掘技术，使其智能化程度大大提高，是保障电网安全运行的重要保证^[5]。

（四）智能决策支持系统的构建

在继电保护中建立智能化决策支持系统，提高故障处理的效率与精度。该系统综合运用了数据采集技术、机器学习技术和智能算法等技术，通过对实时监测数据进行分析处理，从而达到辅助决策的自动化程度。当系

统发现异常情况时，智能决策支持系统可以快速地对故障类型、位置及严重程度进行评估，并根据历史数据与模型预测结果，提出最优的应对策略。该过程一般包括故障诊断，影响评估，以及制定恢复策略。文章拟将多源数据（包括设备运行状态、环境因子、历史故障等）进行融合，实现对电网健康状态的综合分析，为运维人员提供决策依据。比如，将图神经网络与多源数据融合技术相结合，建立电网动态模型，实现对复杂工况的快速响应。另外，该系统具有自学习功能，可以持续地对决策算法进行优化，提高故障处理的精度和效率。随着电力系统智能化程度的不断提高，这类决策支持系统将成为未来继电保护中不可或缺的一部分，为保障电网安全稳定运行提供有力的技术支撑。

结论

综上所述，文章对基于人工智能的继电保护技术进行了研究，并对其在电力系统中的应用前景进行了分析。随着电力系统日益复杂，传统的继电保护技术面临着响应速度慢、误动作率高、自适应能力差等问题。以机器学习、神经网络为代表的人工智能技术为上述问题的解决提供了新途径。在此基础上，提出了一种基于故障特征的智能决策支持系统。同时，利用数据挖掘技术对保护设置进行优化，使保护系统具有较强的灵活性和适应性。

参考文献

- [1]周密.基于人工智能与信息技术的继电保护系统设计与实现[J].电子元器件与信息技术, 2024, 8(06): 79-81.
- [2]单杰.基于人工智能的继电保护系统故障追踪[J].自动化技术与应用, 2023, 42(03): 15-19.
- [3]王翰林.人工智能技术在电力系统继电保护中的应用研究[J].江西电力职业技术学院学报, 2022, 35(03): 6-7+12.
- [4]施蔚青, 何四平.人工智能技术在电力系统继电保护中的应用阐述[J].电子元器件与信息技术, 2021, 5(12): 18-19.
- [5]陆冰雁, 张佳艺, 王善立, 等.人工智能技术在电力系统继电保护中的应用[J].软件, 2021, 42(07): 153-155.