

人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用

周天宝¹ 周桂明² 潘望实³

(国电南瑞科技股份有限公司信息系统集成分公司 江苏南京 210000)

摘要:对于电力系统的故障诊断,当前仍难以通过数学模型做出准确描述。而人工智能技术可对人类分析以及处理问题的智能行为进行模拟,可适用于难以通过数学模型分析和解决的问题之中。伴随当前人工智能技术的发展,也为电力系统故障诊断带来了新的方向和途径。基于此,本文主要探讨了人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用。

关键词:人工智能技术;电力系统;故障诊断;应用

伴随现阶段我国智能电网大面积推进,现代电力系统正加快朝着更加智能化以及信息化的趋势发展,人工智能技术在智能电网建设中有着至关重要的地位,从电网所具备的特殊性质来看,若事故发生后没有及时准确做出故障诊断以及有效处理,将导致电网事故的发生以及严重后果。因此构建起稳定、可靠、迅速地电力系统故障诊断体,对于减少故障诊断时间,提高电网供应稳定性,保证电网安全可靠运行有着极为重要的现实意义^[1]。电力系统故障诊断主要指的是借助数据采集分析以及监控系统所收集的一系列保护信息、断路器变位信息以及电压、电流等电气量信息,并按照保护断路器动作逻辑,结合工作人员相关经验来对可能的故障原件以及故障类型作出评估判断。电力系统故障诊断体现了较高的复杂性,通常难以使用常规数学方法作出描述。人工智能技术可对人类处理问题的过程经验准确模拟,具备较强的学习能力,近些年在电力系统故障诊断领域中人工智能技术愈发体现出重要的价值。

一、建立在推理型的电力系统故障诊断方法

依托于推理型的电力系统故障诊断方法,与人类思维过程更加相似,将所得到的故障信息按照提前制定的规则,进行相应的逻辑推理,从而得到出现故障的电力设备以及故障原因^[2]。推理型人工智能方法,还可将其细分为显型推理以及隐型推理两种类型,常见的专家系统便是显型推理的一类,其主要是对人为诊断行为的模拟以及计算机来完成推理过程。而依托于人工神经网络以及 Petri 网等故障诊断方法则把逻辑推理规则进一步数学化以及抽象化,此类方法归类于隐型推理的范畴内。

1. 专家系统

专家系统是目前起步时间较早且发展较为成熟的人工智能技术之一,主要是结合特定领域相关专家所提供的知识与经验来完成推理和判断过程,对专家决策进行模拟,从而对一系列需要专家作出决策的复杂问题进行有效地解决^[3]。专家系统在电力系统故障诊断中应用广泛,尤其在基于产生式规则中更为常见,主要指的是将保护以及断路器动作逻辑以及工作人员工作经验通过相关规则呈现出来,构建起故障诊断专家系统知识库,并结合电力设备所提供的报警信息,在知识库中逐步进行推理,最终得到故障诊断的结果,这一结果也具备了良好的解释能力。依托于专家系统的电力系统故障诊断方法中的推理机制,又可划分成两种类型。首先是基于启发式规则的推理系统,在这一系统中主要是通过正向推理的方法,对故障信息和知识库中规

则进行匹配,以获得最终的故障诊断结果。其次是正、反推理系统,主要是将正向以及反向推理方法进行结合,也就是按照断路器以及继电保护与被保护设备三者间逻辑关系构建起相应的推理规则,根据现场保护信息与假设故障的符合度,计算得到相应的可信度。这一方法主要是借助混合推理,因此也进一步提升了专家系统应用在电力系统故障诊断中的适应性以及自学习能力。

尽管当前专家系统有着较为成熟的理论体系,可以呈现出较为完整的诊断解释过程,但从实际应用的情况来看,专家系统还有一定的不足。例如很难得到完整的知识库,难以验证其完备性。同时在自适应能力方面还有待提高,由于电网拓扑结构持续变化需要不断构建新的知识库,因此有着较大的维护难度。除此之外容错能力不足,对于出现的拒动、误动现象,很容易发生错误判断以及遗漏判断的现象。

2. 人工神经网络

人工神经网络,主要是对人类神经系统传递和处理信息过程进行模拟的人工智能技术,其具备了显著的并行处理、联想记忆、非线性映射等诸多特征,在电力系统乃至其他领域人工神经网络均有着大面积的运用^[4]。相较于专家系统而言,人工神经网络的优势体现在可以通过神经元及相互间的有向权重连接来隐含处理知识,有着较强的非线性映射以及泛化功能,因此也具备了更好的容错性。即使所接收到的信号存在噪声,依然可以计算得到准确的故障结果。依托于人工神经网络的电力系统故障诊断,主要是把故障信息利用数字化后,将其作为神经网络的输入量,而得到的故障诊断结果则属于输出量。在实际运用中第一步需要先训练和学习人工神经网络,把相应的故障预警信号作为样本,构建起样本库。第二步借助全部样本来继续训练人工神经网络,让样本库内的知识通过网络形式在连接权内储存。第三步则是计算人工神经网络的输入量,获得输出量,最终做出对故障的诊断。当前,有研究人员通过 Hopfield 联想记忆神经网络模型,并运用构建在投影原理基础上的伪逆学习算法,实现了一些扰动信息情况下系统仍然具备良好的容错性能。同时有研究人员通过径向基函数神经网络来对高压输电线路故障进行诊断,并和反向传播神经网络进行比较,结果发现前者在容错能力以及网络训练效率方面都要比传统反向神经网络的效果更好。

现阶段基于人工神经网络的电力系统故障诊断呈快速发展

趋势,并取得了一定成果。然而从实际应用来看,还有许多问题亟待解决,例如仍然需要众多典型样本来训练网络权值;算法的学习收敛效率仍有待提高;对于启发性知识的处理还面临一定困难。

3. Petri 网

Petri 网是由德国研究人员 Petri 在 20 世纪 60 年代所提出,其也属于通用数学模型的常见类型。在这一系统中,依托于不同元件之间的关系,借助网络形式来呈现出系统中同时发生、次序发生以及循环发生的一系列活动^[5]。Petri 网能够借助变迁节点以及位置节点来开展静态结构的系统分析,同时还可借助节点上的 Token 开展动态行为的系统分析。基于 Petri 网的电力系统故障诊断能够准确表示出电网故障以及切除的离散事件动态行为。依托于 Petri 网的电力系统故障诊断也就是通过 Petri 网来对电网继电保护装置反应的故障进行描述,并对相应故障进行针对性切除的过程。并通过求逆最终获得 Petri 网故障诊断结果。相关研究人员根据 Petri 网无法处理不确定性信息这一问题,提出在构建 Petri 网模型的过程中,同时借助概率理论来对故障信息的不确定性进行处理,通过相关实例仿真演示结果可以看出,这一方法操作简便,有良好可行性,可以得到理想的诊断结果。同时有研究人员借助具备更好容错性以及并行处理性的模糊 Petri 网来对电力系统故障诊断中的不确定性动作信息作出处理,在构建 Petri 网模型的同时运用基于可信度的模糊逻辑推理机制,更好地体现了故障诊断过程的智能特征。

Petri 网可以准确描述以及建模出较为复杂的系统,但 Petri 网应用中仍然有一定不足之处。例如需要具备众多的先验知识,这也使得节点数量较多,易出现状态空间爆炸现象。同时容错能力还有待提高,对于错误的报警信息难以准确识别。现阶段国内外有关电力系统故障诊断中对于 Petri 网技术的应用研究还处在理论探索阶段,而伴随电网规模的持续壮大,怎样构建起更加简单易行的 Petri 网模型,是这一技术广泛适用的重要基础。

二、建立在不确定性理论的电力系统故障诊断方法

因保护装置、断路器拒动以及信息传输期间破坏等因素,可导致故障诊断信息出现一定的不确定性。因此相关研究人员便将处理不确定信息的方法运用在电力系统故障诊断中,比较常见的包括模糊理论、概率理论等。

1. 模糊理论

模糊理论在结构方面与专家系统较为接近,主要涵盖了模糊知识库、人机界面以及模糊推理机等重要部分^[6]。在电力系统故障诊断中运用模糊理论能够使精确推理转变为近似推理,进一步提高了容错性能。通常情况下,在电力系统故障诊断中都是将模糊理论和其他方法进行联合应用来对不确定性问题进行处理。有研究人员将模糊理论与 Petri 网联合来计算处理不确定

性传递,结果发现能够以良好的解释诊断结果。尽管当下模糊理论有众多方面优势,但在具体实践中还有一定问题有待解决,例如在学习能力方面比较缺乏,同时在获取和组织知识方面面临较大困难。

2. 概率理论

建立在概率理论之上的不确定性推理方法又可细分为贝叶斯理论、可信度方法等。在电力系统故障诊断中应用概率理论,主要是通过先验概率或者可信度值来表现故障信息,随后通过保护信息构建相应的产生式规则,并运用概率理论计算不确定性传递,最终获得系统内不同元件故障概率值。有研究人员借助贝叶斯网络模型来对电力系统故障进行诊断,量化表现故障信息,将诊断问题转化为不确定性以及不完备信息下的决策问题,通过贝叶斯网络完成不确定性推理。概率理论的不足之处体现在推理过程中要求人为设置众多先验信息,同时人伴随推理不断深入,误差逐渐累积,导致结论可靠性下降。

三、结语

综上所述,人工智能技术的飞速发展更新为电力系统故障诊断问题的解决带来了新的思路以及方法,当前在这一领域中也取得了丰富的成果。未来伴随智能电网发展以及自动化水平的提升,故障诊断信息也更加多样化,而如何进一步提升故障诊断的稳定、准确性,成为智能电网建设背景下电力系统故障诊断探研究的重点方向。

参考文献:

- [1] 蒋羽鹏. 刍议人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用[J]. 中国科技纵横,2020(2):147-148.
- [2] 杨子腾,王立志,张亮,等. 人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用研究[J]. 科学技术创新,2021(30):12-14.
- [3] 李斯阳. 人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用研究[J]. 电力系统装备,2021(12):136-137.
- [4] 林信,覃晖. 研究人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用[J]. 通讯世界,2020,27(1):245-246.
- [5] 王哲,刘梓健,邱宇. 人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用研究[J]. 电子设计工程,2020,28(2):148-151,156.
- [6] 钱世超. 人工智能技术在电力系统故障诊断中的运用分析[J]. 通信电源技术,2020,37(6):72-73.

周天宝(1980-1),男,汉族,江苏南京,硕士,中级,主要研究方向:人工智能、产业互联网、物联网、电力数字孪生技术等。

周桂明(1989-),男,汉族,江苏盐城人,学士,主要研究方向:人工智能、5G、物联网、电力数字孪生技术等。

潘望实(1987-),男,汉族,江苏南京人,学士,主要研究方向:人工智能、产业互联网、物联网、电力数字孪生技术等。