

基于人工智能技术电力调度智能代理 操作方法研究

孔晨华, 吉龙军, 张建军, 罗 萍, 齐建东

(国网甘肃省电力公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 针对基于人工智能技术的电力调度智能代理操作方法进行了研究。首先分析了人工智能技术在电力系统中的应用和发展趋势, 给出了人工智能技术在电力系统中的应用场景。然后对智能代理技术进行了分析, 提出了电力调度智能代理结构, 并针对基于人工智能技术的电力调度代理方案提出了应用技术。最后针对电力调度智能代理操作流程, 提出了以负荷偏差、潮流转移和电压偏移为操作对象的操作方法。

关键词: 人工智能技术; 智能调度; 智能代理; 操作流程

Research on operation method of intelligent agent for power dispatching based on artificial intelligence technology

KONG Chenhua, JI Longjun, ZHANG Jianjun, LUO Ping, QI Jiandong

(State Grid Gansu Electric Power Company, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The intelligent agent operation method of power dispatch based on artificial intelligence technology is proposed. First, the application and development trend of artificial intelligence technology in power systems are analyzed, and the application scenarios of artificial intelligence technology in power systems is discussed. The intelligent agent technology is analyzed, and the intelligent agent structure of power dispatch is proposed. And the application technology for the power dispatching agent scheme based on artificial intelligence technology is proposed. Aiming at the operation process of the intelligent power dispatching agent, an operation method based on load deviation, power flow transfer and voltage deviation is proposed.

Key words: artificial intelligence technology; intelligent scheduling; intelligent agent; operation process

0 引言

电网调度控制中心作为电网的生产指挥中心, 具有保障电网运行和发展的作用, 是集电网一体化管理、调控一体化决策及实施协同等业务为一体的重要机构, 因此智能电网调度技术的支撑, 也对电网调度控制中心的优化作业起着重要的作用。现阶段, 电网运行方式变化快, 人工调度员难以全流程实时跟踪; 电网运行特性日益复杂, 动态特性不断增多, 电网风险感知和安全评

估具有一定困难。

目前针对人工智能技术在电力调度中的研究较少, 有代表性的主要集中在以下方面: 文献[1]提出了人工智能技术在电力调度自动化系统的应用; 文献[2]提出了基于人工智能的电力调度决策支持系统; 文献[3]提出了基于深度强化学习的分布式电采暖参与需求响应优化调度方案; 文献[4]研究了面向调度决策的智能机器调度员; 文献[5]提出了智能代理在电力市场中的应用; 文献[6]分析了有序用电智能多代理系统架构与机制。

为此，本文针对基于人工智能技术的电力调度智能代理操作方法进行了研究。首先分析了人工智能技术在电力系统中的应用和发展趋势，给出了人工智能技术在电力系统中的应用场景。然后对智能代理技术进行了分析，提出了电力调度智能代理结构，并针对基于人工智能技术的电力调度代理方案提出了应用技术。最后针对电力调度智能代理操作流程，提出了以负荷偏差、潮流转移和电压偏移为操作对象的操作方法。

1 人工智能技术在电力系统中的应用和发展

1.1 人工智能技术概述

人工智能技术是用于模拟、延伸和扩展人类智能思维和解决方式的一种新兴科学技术，主要包括机器人、自然语言处理、图像识别、语音识别和专家系统等。人工智能技术的实现主要是通过基于现有逻辑方法和统计运算等技术的仿生模拟，例如无人驾驶、城市大脑和智慧医疗等多个领域均取得突破。人工智能技术与电力系统相结合，可以有效解决电力系统关键性问题，例如设备管理以及电力平衡供应等。电力行业 and 人工智能技术的发展是能源电力转型的关键支撑。

人工智能技术还可以解决电力系统非线性问题，包括人工神经网络在负荷预测与系统保护中的应用、人工智能算法在系统调度规划中的应用及模糊理论在电力系统运行管理中的应用等。运用人工智能技术建立调度支撑系统，可以提高调度运行工作效率和质量，推动电网调度运行由经验依赖型向智能导航型转变。

人工智能调度技术应用于电网，可以提升电网对异常情况和事故情况的响应速度和处理效率，减少人工调度的工作量，可以建立电网运行态势，感知和故障预警分析机制，通过多维度数据对电网调度进行全方位指挥、对设备全生命周期决策管理，从而达到减少设备故障率、提升电网运行质量的目的。通过建立智慧型调度体系，可以减少人工失误，提升电网运行和管理水平，

因此能够提升电网整体的经济性。

人工智能调度技术应用于电网调度，能够大幅提高调控运行决策效率和电网智能化水平，通过安全操作决策辅助分析系统和自主知识学习机制的建立，能够将人工智能技术应用于电网运行态势感知，根据大数据和云计算等关键性技术，提供科学和快速的决策，从而提升调控运行的决策效率和工作质量。

人工智能调度技术在提升电网安全运行控制水平的同时，能够增强供电可靠性和经济调度水平，减少停电总时间，提高转供电率及电网运行的灵活性和高效性，能够从整体上促进电网在社会经济发展中的生产作用，降低全网络停电风险。

电网调度中的各项业务处理是具有一定复杂性的操作，利用人工智能技术实现调度决策分析与自主深度学习的智能推演，可以对这类复杂操作进行流程优化。

从结构功能上来说，人工智能主要分为基础层面、理论层面和应用层面的布局。基础层面是针对现有状态的视频内容、语音内容、情景感知计算和自然语言处理等的操作，这些操作是人工智能技术的基础，根据这类技术可以衍生出其他更加复杂的技术。理论层面是以机器学习算法为主的理论基础，人工智能技术需要强大的理论和高效的算法作为支撑。应用层面是人工智能技术应用的主要方面，例如语音翻译、智能机器人和手势控制等。

1.2 人工智能技术应用场景

利用人工智能技术在数据挖掘和机器学习等方面的优势，针对大电网互联运行特点，总结电网实施运行监视需求，提取典型调度运行控制场景模式，从而实现对电网的动态全方位监视。应用语音识别技术和人机交互技术，实现多维生产运行数据可视化、监视信息需求可定制化及感知分析决策全过程覆盖的电网运行调控。

通过建立大电网调控操作知识库，利用深度学习技术，可以实现对电网规程制度、典型操作经验的学习和掌握，从而实现智能调度决策。通过研究调度倒闸操作等智能辅助应用，可以根据

指定任务进行操作,生成涵盖风险分析、运行方式、操作票和调度预案的电网操作方案策略。

人工智能还能够提供抽象运行记录、检修开工、电量交易和发电计划调整等调度运行业务行为的策略,通过发掘人机交互的潜力,能够实现机器人代替传统调度员的操作要求。通过对电力生产数据报表的分析和学习,能够利用人工智能技术实现各类生产运行数据汇总、整理与校核,并且可以根据电网运行需求自动生成数据资料,并实现可视化展示。

在各类调度支撑系统的基础上,建立综合数据分析库,利用人工智能技术,对电网运行生产数据进行综合管理,提供支持向量机、神经网络等人工智能技术的电网运行形态和趋势事实分析评估,从而拓宽电网运行生产指标的分析,突破电力系统传统解析式模型分析的局限。人工智能技术还能够实现对不同区域电网安全运行的综合评估,根据电网所处地区的地形地貌、自然条件、电网规模和外部环境等实际情况,实现对电网频率、电压和潮流断面等指标的分析和动态展示,从多维度展示调度值班人员的控制行为、业务联系等,实现多维度电网安全运行综合评估。

2 电力智能调度代理结构设计

2.1 智能代理技术概述

智能代理是一种具有独立决策和行为控制的充分自治的软、硬件系统,是人工智能领域的一个重要分支。多代理系统是智能代理的延伸,由多个智能代理共同组成的系统能够灵活地对周围环境和变化需求进行响应。为达到某一全局目标,智能代理和多代理系统都需要协调各自的分布式知识,充分利用相关的策略和规划行为完成对问题的求解。目前智能代理已经成功应用于电力系统多个领域,如电力系统调度、电力市场分析、暂态稳定分析、继电保护分析和微电网控制等。

代理模型是机器学习的一种手段,其他手段还包括网络隐藏分析、灵敏度分析等。这类方法

在获得较高准确率的同时,还可以掌握模型的内部逻辑,已经成功应用于图像识别、自然语言处理等领域。

2.2 电力调度智能代理结构

根据电网调度的管理特点和作业流程,分为“总调-省调-市调-运维中心”的结构,如图1所示。总调相当于总节点,为电网调度各环节建立智能代理模型,实现对调度智能代理的数学抽象,最终通过各代理之间的协同实现调度的多层次、自适应和交互式操作。

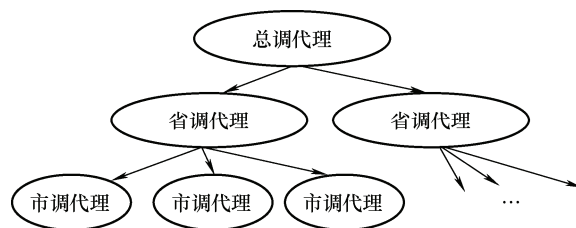


图1 调度智能代理结构

Fig. 1 Architecture of dispatching intelligent agent

3 基于人工智能技术的电力智能调度代理操作

3.1 基于人工智能技术的电力调度代理

智能代理与人工智能技术的深度结合,体现在人机语音交互、专家系统和深度学习等技术的应用和协同。

(1) 人机语音交互

人机语音交互是电力系统中推动数字化和网络化运行的重要手段之一,因此人机语音交互是人工智能技术中的重要应用。利用人机语音交互技术,能够实施计划检修申请单批复、网络化下发指令、电子公告牌、故障汇报和生产信息汇报等关于调度指挥内容的具体工作。

(2) 专家系统

专家系统是指在某一领域具有专家级别知识和经验的计算机程序和系统,能够利用与专家知识相匹配的能力做出推理和决策。典型的专家系统包括知识库、推理机、知识获取机制和人机交互界面。专家系统在电力系统中的应用是人工

智能的主要体现,目前已经具有较为成熟的应用,包括监测与诊断、电网调度操作、事故预想分析和系统故障恢复。电网调度操作是专家系统主要的应用领域。根据存储知识的不同,可以将专家系统分为经验知识、规则、决策树和模型等,通过不同的知识形式来反映不同问题的解决思路。

基于模型的知识表示方式适合于实时出力,与其他方法(如基于规则或启发的推理方式)相比,该方法更加快速和易于维护。专家系统在电力操作中的典型应用是基于生产规则的系统,通过保护规则、断路器的动作逻辑以及运行人员的操作规律用规则表示,形成系统的专家库,利用这类知识推动下一步操作,获取调度操作序列行为。基于生产规则的调度,操作专家系统得以广泛应用,主要是由调度操作的程序性决定的。电力调度操作一次设备的动作逻辑具有一定规范性,可以用直观化的模块形式表示。基于生产规则的专家系统可以灵活地修改规则,并且根据专家系统的实时性和有效性对规则进行适当调整。在某些不确定问题上,还可以利用人机语音交互实现问题的有效解决。专家系统框架如图2所示。

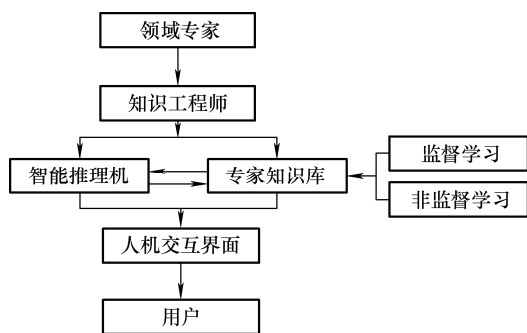


图2 专家系统框架

Fig. 2 Expert system framework

(3) 深度学习

深度学习是人工神经网络的重要分支,含多隐层的多层感知器就是深度学习的一种结构,该结构来源于人工神经网络。

深度学习通过组合底层特征形成更加抽象的高层,用来表示一类概念的属性和特征,从而对数据进行深入挖掘。深度学习是机器学习中的新

兴领域,能够建立和模拟人脑进行分析学习的神经网络,获取图像、声音和文本等信息,模仿人脑的工作机制来对数据进行处理。

从广义上说,机器学习是一种能够赋予机器的学习能力,让其完成一定功能。从实践意义上讲,深度学习能够利用一定数据对模型进行训练,从而让模型对数据进行预测。人工神经网络是一种自上而下的数据处理方式,也是人工智能领域的研究热点之一。

3.2 电力调度智能代理操作流程

电网调度的智能代理是针对发电计划安排、检修申请单、倒闸操作指令下发和调度操作票等业务的自动执行。对于某些逻辑严密和自由度低的调度操作内容,可以设置自主代理操作程序。在执行过程中利用调度代理操作能够规避人工误操作风险,提高工作效率和质量。智能代理操作流程框架如图3所示。

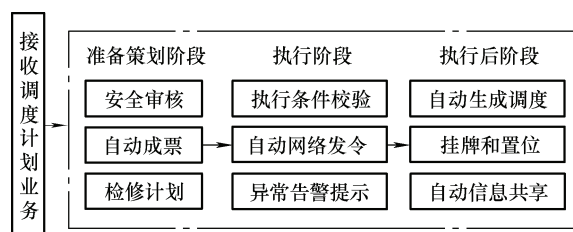


图3 调度智能代理框架

Fig. 3 Scheduling intelligent agent framework

调度业务智能代理流程分为准备决策阶段、执行阶段和执行后阶段。首先根据接受的调度计划业务进行准备策划,实现以安全审核、自动生成操作票及可执行边界条件判定等原则的代理操作。在准备策划阶段,需要利用人工智能技术对电力调度目的及流程进行分析,采取数据处理手段对相关可能发生的问题进行预测。在执行阶段,需要根据准备策划阶段得到的校核结果进行进一步操作。执行阶段需要判断执行条件,还需要检验电力调度计划的状态以及操作是否满足电力系统运行要求。得到执行条件后,需要执行网络下发指令的过程,即通过网络发令指挥现场运行人员进行调度的相关操作。

在执行过程中,智能代理需要对可能出现的

异常告警和提示进行实时跟踪,如果出现异常情况,智能代理需要在一定范围内提前作出执行决策,并及时通知上级调度,以便后期对类似事故和警告进行预知处理。在调度操作执行后,需要智能代理生成调度日志,并且自动在调度图形上挂牌和置位;在一定范围内,智能代理还应当自动实现信息共享,将调度执行准备阶段、执行过程中的问题和经验总结形成数据和可视化信息对外展示。

基于人工智能技术的电力调度智能代理操作是在调度平台原有功能基础上,研究信息量更大、更直观的运行操作方法,提取智能精细运行规则,大幅提升系统自动化能力,提高调度员的应急响应速度。

3.3 智能代理操作的应用

具体来讲,电力调度智能代理能够从调度实际业务需求出发,实现典型调度运行规则的形式化、在线匹配和智能分析预警,并根据海量数据分析,实现关键调度运行规则的自动生成、在线匹配和实施执行,能够根据业务需求和实际经验运行特点,实现电力调度的无人化和自动化。

本文以负荷偏差、潮流转移和电压偏移为案例,分析智能代理在这三个方面的操作流程。

(1) 负荷偏差

负荷偏差是指日前负荷预计与实际电网负荷的偏差程度。现阶段,调度只能通过人工校核对各时间段的预测负荷与实际负荷进行对比,根据全网负荷变化趋势采取相应措施,这样的方式对系统负荷的认知状态不够全面,并且常常会带来偏差。负荷偏差指标的目的在于自动监视全网预测负荷与实际负荷的偏差,主动分析负荷偏差较大的电网节点,并根据关键潮流断面的情况,给出包括电力交易、增加机组出力等一系列解决方案。

负荷偏差主要考虑全网和区域预测负荷与实际负荷的偏差及变化趋势、区域电厂备用情况监视、关键断面潮流监视及直流计划监视等。

智能代理操作流程如图4所示。

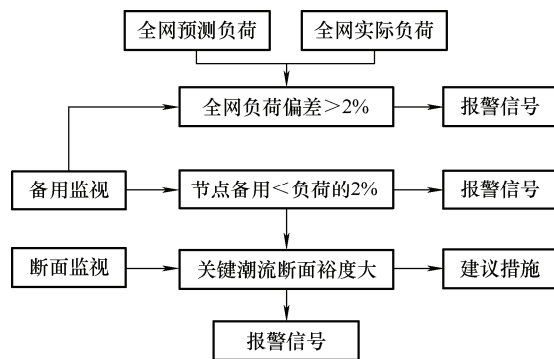


图4 负荷偏差操作流程

Fig. 4 Load deviation operation process

(2) 潮流转移

潮流转移指标是针对关键潮流断面相邻时间变化的情况,如果检测到潮流方向和大小发生变化,则需要判断其变化幅值与阈值的大小,通过对比发出报警信号,判断潮流变化是否起于系统故障,并根据潮流转移大小情况进行后续处理。

潮流转移主要考虑关键断面相邻时间变化情况,当潮流转移指标超过预警值时,或者检测到动态ACE动作、故障智能告警系统告警时,需要由智能代理进行方案解决。

如果代理发现潮流转移由系统故障引起,则根据电力调度运行规则对事故进行预案操作;如果潮流转移由动态ACE动作引起,则需要动态调整ACE值;如果潮流转移由机组跳闸引起,则需要系统代理根据机组跳闸信息给出下一步意见;如果备用不足,则需要进行相应的告警信息,并对系统进行相应解列。

潮流转移实施过程如图5所示。

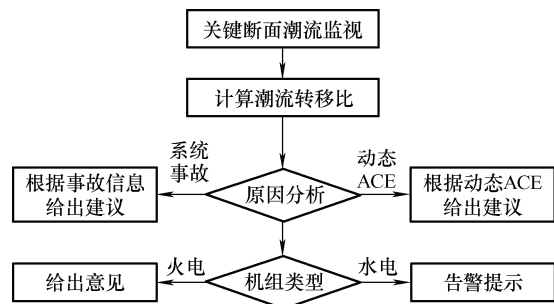


图5 潮流转移流程

Fig. 5 Power flow transfer process

(3) 电压偏移

电压偏移是针对电压与控制线、预警线和合格线的偏差,当偏差达到边界值并持续一定时间时,将触发智能代理并对系统电压进行相应调整。电压偏移操作流程如图6所示。

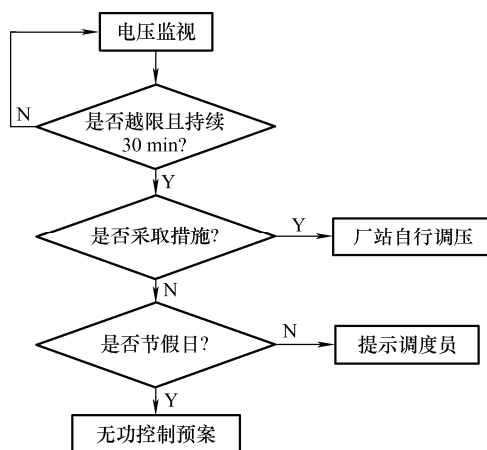


图6 电压偏移操作流程

Fig. 6 Voltage offset operation flow

4 结束语

本文针对人工智能技术在电力调度智能代理操作方法中的应用进行研究,提出了以专家系统、人机语音交互和深度学习等技术为代表的电力调度智能代理操作流程,并根据电力调度的操作机制,给出了负荷偏差、潮流转移和电压偏移为案例的代理操作流程。本文的方法可以进行相应拓

展,实现电力智能调度的进一步深化。

参考文献

- [1] 王馨尉,吕勃翰. 人工智能技术在电力调度自动化系统应用研究[J]. 山东电力技术, 2020, 47(7): 41-47.
- [2] 陈楷,刘轶,王卉. 基于人工智能的电力调度决策支持系统研究[J]. 中国电力教育, 2010(30): 247-248.
- [3] 严干贵,阚天洋,杨玉龙,等. 基于深度强化学习的分布式电采暖参与需求响应优化调度[J]. 电网技术, 2020, 44(11): 4140-4149.
- [4] 孙宏斌,黄天恩,郭庆来,等. 面向调度决策的智能机器调度员研制与应用[J]. 电网技术, 2020, 44(1): 1-8.
- [5] 范杰,杨立兵,李晓刚,等. 基于智能代理模型的跨省集中交易平台仿真分析[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(9): 60-65.
- [6] 陈霄,童星,张宁,等. 有序用电智能多代理系统架构与机制研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(9): 75-82.

作者简介:



孔晨华

孔晨华(1976—),男,山东曲阜人,本科,高级工程师,研究方向:安全监督管理及输电设备技术。

(收稿日期:2020-10-23)EA