

电气工程及其自动化中智能化技术的应用

苏晓明

邢台纳科诺尔精扎科技股份有限公司, 河北 邢台 054001

[摘要]智能化技术正在对电气工程及其自动化发展方向进行着全方位的重新塑造。文章论述了智能化技术在电气工程及其自动化中具有怎样的重要意义, 对智能化技术在电力系统智能调度和运行控制、变电站智能监测和设备管理、工业自动化生产线智能控制、建筑电气智能化管理、新能源发电和综合能源系统智能控制等五个方面的具体运用进行了系统的梳理, 并从完善智能化系统架构设计、深化多源数据融合和平台建设、提高智能控制协同和自主决策能力、建立全生命周期智能运维和人才保障机制四个方面提出优化策略。经过研究发现, 智能化技术同电气工程深度融合发展, 是促使行业由自动化向智能化迈进的重要途径。

[关键词]智能化技术; 电气工程; 自动化; 电力系统调度; 智能运维

DOI: 10.33142/ect.v4i7.20135

中图分类号: TP27

文献标识码: A

Application of Intelligent Technology in Electrical Engineering and Its Automation

SU Xiaoming

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054001, China

Abstract: Intelligent technology is reshaping the development direction of electrical engineering and its automation in all aspects. The article discusses the important significance of intelligent technology in electrical engineering and automation, and systematically sorts out the specific applications of intelligent technology in five aspects: intelligent scheduling and operation control of power systems, intelligent monitoring and equipment management of substations, intelligent control of industrial automation production lines, intelligent management of building electrical systems, intelligent control of new energy generation and comprehensive energy systems. Optimization strategies are proposed from four aspects: improving the architecture design of intelligent systems, deepening multi-source data fusion and platform construction, enhancing intelligent control collaboration and autonomous decision-making capabilities, establishing a full life cycle intelligent operation and maintenance and talent guarantee mechanism. After research, it has been found that the deep integration of intelligent technology and electrical engineering is an important way to promote the industry's transition from automation to intelligence.

Keywords: intelligent technology; electrical engineering; automation; power system dispatch; intelligent operations

引言

电气工程及其自动化属于电力系统和工业生产的技术支持。伴随着人工智能、大数据、物联网等新一代信息技术的迅猛发展, 智能化技术以智能监测、智能诊断的方式对设备状态进行实时监测, 用智能控制系统对系统进行调节, 使系统的效率和稳定性得到提高。目前我国能源行业正处在由传统向清洁化、智能化转变的过程中。新型电力系统具有高比例新能源、高比例电力电子装备的典型特征, 发电出力随机性、波动性明显, 再加上电动汽车、储能、虚拟电厂等新型负荷多元接入, 给电网安全调度和精益运维带来了严峻的挑战。2025 年国家发展改革委、国

家能源局联合发布文件, 提出推动五个以上的专业大模型在电网等领域的深度应用。在此情况下, 怎样把智能化技术系统地融入到电气工程及其自动化各个环节当中, 就成为行业高质量发展的重要问题。

1 智能化技术应用于电气工程及其自动化的意义

智能化技术给电气工程及其自动化带来的意义是多方面的。人工智能技术同电气工程自动化相融合之后, 在运行效率上不但明显改善了系统的运行速度与稳定性, 而且促使电气工程朝着数字化、网络化以及智能化的方向发展。使用机器学习算法进行故障预测, 改进深度学习以提高能效, 利用智能传感网络进行即时监测, 使系统由原来

的被动应对变为现在的主动干涉。从安全可靠的角度来看,在现代智慧电网的建设过程中,正确、有效地落实智能化技术的应用,充分发挥出智能化技术的优势,可以进一步提高电气工程的自动化水平。智能化技术使得系统具备了自我感知、自我诊断、自我修复的能力,可以很好地降低由于设备故障或者人为失误造成安全风险。人工智能技术不但是电气工程自动化高质量发展的推动者,也是企业创造更大经济效益的助推器。从经济性角度来讲,智能化技术可以改善运行参数,缩减非必要的维修费用,加强能源利用效能,从而明显削减系统全生命周期的成本。就决策模式而言, AI 技术正在迅速渗入电网规划、调度、运维、交易等各个环节当中,促使行业由原来的“经验主导”转变为现在的“数据引领”。

2 智能化技术在电气工程及其自动化中的应用

2.1 电力系统智能调度与运行控制

电力系统智能调度属于电气工程中应用最广、影响最深远智能化技术领域。伴随着新能源的大规模接入,传统的电网正在向“源、网、荷、储”协同互动的新型电力系统转变,电网的结构越来越复杂,对于调度的实时感知、快速研判、精准决策的要求也越来越高。国网武汉供电公司智能虚拟调度员 AI 平台把智能成票、智能巡航、故障处置、调度助手这四个主要功能模块深度整合在一起。AI 虚拟调度员有智能成票、智能巡航、故障处理、调度助手这四个主要功能,把计划检修拟票时间从原来的 3 到 4 个小时缩短到现在的 10min 以内,生成的覆盖率达到 98%,准确率达到 85%以上;非自动化开关故障定位准确率大于 90%,故障研判时间小于 1~2min。南方电网广西电网公司研发的电网调度 AI 数字员工“阿度”,把南方电网电力调度“大瓦特-天璇”大模型融合起来,依靠强大的理解能力和即时响应能力,在新能源并网场景、电力现货市场里大显身手。源网荷储 AI 智慧保供平台可以利用语音交互技术,得到未来一周的供电形势预测数据,准确地预估供电裕度。当电网设备出现重过载等情况时,该平台就可以自动调用虚拟电厂的优化保供策略并下发到设备上执行。智能调度系统正在促使电网调度由原来的“经验驱动”向“智能驱动”转变,使调度更加准确、迅速。

2.2 变电站智能监测与设备管理

变电站是电网的重要节点,变电站的智能化程度直接影响到电力系统安全稳定的运行。智能变电站是采用物联网、大数据、人工智能等智能化技术的新型变电站,具有自动化、智能化、数字化等特点,在实际运行中可以大大

降低人工成本,提高运维准确率,保证运行安全。利用先进的传感器技术和大数据分析的方法,建立自动化的设备特征参数持续采集系统,并且采用智能分析的方式,可以对设备的状态进行更加全面、准确的监测,发现各种类型设备的微小故障特征,从而达到预测和预警的目的。国网浙江电力建设的“空天地”一体智能巡检系统以一个智能巡视系统为依托,将高空层无人机、地面层四足机器人、固定层视频监控三个感知终端融合^[1]。系统依靠 AI 算法把各种数据加以融合,能够自主展开例行巡视,专项巡视和特别巡视等工作,并且自动生成缺陷报告并且持续对巡检路径加以调整,进而达成从感知,剖析到决策的全部过程自动化。国网宁夏超高压公司 750 千伏贺兰山变电站首次采用“无人机+智能巡检系统”联合巡检模式进行设备检测,该方式可以达到全方位检测的目的,比传统的手工巡检提高了 75%的效率。无人机装有 8K 可见光云台和 1K 高清红外相机,按照激光点云生成的巡视航线自主飞行。

2.3 工业自动化生产线智能控制

智能化技术正在改变工业自动化生产线的控制方式。在智能制造的大背景下,工业电气系统分布式控制架构是提高生产效率、保证系统稳定的重要方式。就具体的使用而言, AI 技术的应用大大提高了生产效率和产品质量,而且也是解决传统生产方式中的高成本、低灵活性等主要问题的重要途径。在机器视觉系统的辅助下,产品的良品率等各项指标都得到了很大的提高。机器视觉设备属于轧制生产线里的“AI 之眼”,它既有原料识别、板型检测的功能,又能变身“质检官”,用 0.02 毫米的分辨能力去扫描每个钢铁产品,实现产品表面缺陷的检测^[2]。传统的电气控制系统存在着信息孤岛严重、数据利用率低、远程运维难、架构僵化等状况,但是智能化技术的加入使得生产线具有了自适应调节、实时改善以及远程控制的能力。使用模块化、分层控制架构,制定统一接口标准可以提高系统集成效率,加强信息融合能力。

2.4 建筑电气智能化管理

建筑电气智能化管理属于智能化技术的重要应用领域。电气工程及自动化技术在智能建筑中处于“神经中枢”的位置,贯穿于电力供应、设备控制、安全防护和能源管理的全过程,是保证建筑智能化的重要基础。从技术路径来说,物联网感知、BIM 协同设计以及人工智能控制算法形成了“感知-协同-优化”的应用体系。利用多传感器数据融合算法提高监测精度,依靠 BIM 三维模型完成多专业协同以及管线冲突的前置解决。工程案例验证表明,

设计阶段的碰撞问题解决率为 92.3%，施工效率提高 31.2%，运营期综合能耗降低 17.8%。从负荷管理的角度来说，采用智能化照明控制、空调及通风系统、用电管理系统以及能效监测技术，在设计阶段就将节能和智能化控制作为重点，取得了较好的节能效果。采用智能控制后，本项目从开始到结束的耗能可节省约 20%。

2.5 新能源发电及综合能源系统智能控制

新能源发电的波动性、随机性给智能化控制带来了迫切的要求。《关于推进人工智能“+”能源高质量发展的实施意见》中提到推进人工智能在零碳园区、智能微电网、算电协同等领域的应用，提高源网荷储一体化智能运行水平，促进新能源就地消纳。中能智新公司针对大工业负荷、绿电园区、风光制氢等场景，开发出源网荷储一体化智慧联合调控平台，该平台是“中枢大脑”，可以对园区的电源、负荷、储能进行精准的控制，“全面可测、精确可控、高度可调”。远景人工智能超级储充网络用全局化的视角来重新构造城市能源系统，核心就是“四网融合”，即超快充网络、储能网络、智能微网、虚拟电厂。由于可再生能源具有碎片化、波动性的特点，传统的管理方式已经不能满足需要，物理人工智能正在促使能源系统由被动响应变为主动优化，由人为调度变为自主决策。表 1 对智能化技术在新能源发电和综合能源系统各个方面的典型应用以及主要价值进行了系统的梳理。

3 电气工程及其自动化智能化应用优化策略

3.1 完善智能化系统架构设计与标准体系建设

推进智能化应用的深入发展，首先要做好系统的架构设计以及标准体系的建立工作。从架构设计上来说应该使用分层分布式架构，选择合适的感知层设备并选用适合的通信技术和协议。采用模块化、分层控制架构，制定统一接口标准可以提高系统的集成度，加强信息融合的能力。IEC 61850 标准把变电站通信体系分成站控层、间隔层、过程层三层，分层设计加上 GOOSE 完成毫秒级的实时信号传递。《新型电力系统智能电网自动化系统应用技术规

范》对智能电网自动化系统的基本要求、功能、数据、系统安全、运行维护等各方面做了规定，基本要求包含集成性、实时性、互动性、可扩展性。从标准体系建设角度出发，应该尽快制订统一的数据接口标准、通信协议规范以及安全防护要求，以解决各个厂商设备之间互相兼容的问题，从而给智能化技术的大规模应用提供支撑。

3.2 深化多源数据融合与一体化平台建设

数据是智能化应用的主要资源，加强多源数据融合、一体化平台的创建成为重点。数据融合上用大数据技术来完成数据的高效集成和管理，利用深度学习、强化学习等算法对数据进行实时分析和预测优化。采用光纤通信和智能感知相结合的方式，用人工智能技术进行决策优化，采用边缘计算和云端协同架构的方式进行架构设计，从而达到设备状态实时监测和故障自诊断的目的。在平台建设上要创建统一的电力数据中台和工业互联网平台，智能巡检管控平台加强“智能体+大模型”的技术应用，达成多源数据的汇集、保存、处理和服务。综合利用物联网、人工智能、云计算等技术创建起智能传感网络来对设备展开实时监测。

3.3 提升智能控制协同与自主决策能力

智能控制、自主决策属于智能化应用的主要能力。多 Agent 技术依靠分布式自主决策和协同交互的特点，给电力调度自动化系统升级赋予了新的解决办法。根据研究结果可知，采用多 Agent 电力调度自动化系统可以使得新能源消纳率提高 17%~20%，故障恢复时间缩短 60%以上，运行成本降低 12%~15%。以多智能体控制系统为基础搭建起互联网络，在各个节点自主运行的同时可以完成大量的信息交流，进而推动生产环节供需的协调。在自主决策上，AI 驱动的自主决策机制以及多智能体协同控制成了智能电网的重要技术路线^[3]。依靠“云-边-端”算力协同，在车间级上让 AI 推理做到毫秒级响应，把系统由原来的“条件反射式”简单控制，变成现在的具有“实时感知、精确计算、自主决策、数据交换、协同运作能力”的智慧决策。

表 1 新能源发电及综合能源系统智能控制应用场景

应用领域	典型应用场景	核心技术	核心价值
光伏发电	功率预测、实时控制、故障诊断	模型预测控制、分布式控制	提高发电效率、管控发电成本
风电并网	出力预测、并网控制、协同调度	智能预测算法、自适应控制	提升并网稳定性与消纳能力
综合能源系统	源网荷储协同、实时仿真、数字孪生	数字孪生、多能互补优化	实现能源系统精细化管理与优化调度
源网荷储一体化	AI 预测、智能调度、协同决策	能源大模型、气象大模型	实现全链条全生命周期智慧调控

3.4 构建全生命周期智能运维与创新人才保障机制

智能运维、人才保障是智能化应用持续运行的保障。智能运维方面的人工智能技术应用策略有智能电网和能源管理、电气设备预测性维护、自动化系统优化控制等。系统应采用感知、传输、平台、应用四层架构,融合多种状态监测以及智能故障预估能力,达成设备从出生到消亡整个生命周期的数字化管理。创建起“数据融合-智能诊断-决策改善”全流程的数字化管理架构之后,可以明显改善复合型故障识别的精确度。从人才培养上来说,要推进产教融合,创建起“实习-研发-就业”一体化通道,培育出既有电气工程专业才能又有智能化技术素质的复合型人才^[4]。以课程共建、顶岗实习双轨制为依托,使毕业生同产业需求无缝对接。要加大技术研发力度,健全人才机制,加强数据治理,给电气工程智能化应用提供有力的人才支持。

4 结语

智能化技术正在从根本上改变电气工程及其自动化技术的形态和运行方式。从电力系统智能调度、变电站智能监测、工业自动化生产线、建筑电气管理、新能源发电

和综合能源系统控制等各个方面,智能化技术已经深入到电气工程的各个重要部分。就系统架构、数据融合、智能控制、运维管理以及人才培养等各方面而言,必须坚持技术创新与体系创建并重推进。未来,由于人工智能、数字孪生、工业互联网等新兴技术的不断融入,电气工程及其自动化会向着更加智能、高效、安全的方向不断发展,给能源转型和制造业高质量发展提供强有力的支撑。

[参考文献]

- [1]刘朋,张永林,刘文君.电气工程及其自动化的智能化技术应用[J].中国科技纵横,2025(11):51-53.
- [2]雷蕾,张文通.智能化技术在电气工程自动化控制中的应用[J].张江科技评论,2025(4):95-97.
- [3]孙正伟,赵金金.电气工程及其自动化技术的智能化应用研究[J].时代汽车,2025(4):22-24.
- [4]周志坤.智能化技术在电气工程自动化控制系统中的应用分析[J].仪器仪表用户,2025,32(1):87-89.

作者简介: 苏晓明(1996—),男,汉族,河北隆尧县人,2018年7月毕业于邯郸学院电气工程及其自动化专业,统招本科,现在任公司电气工程师,从事电气设计与调试工作。