

# Intelligent application based on the automation of electrical engineering in power system

Siyu Ren<sup>1</sup> Jian Liu<sup>1</sup> Yanyu Zhu<sup>2</sup>

1. Inner Mongolia Hohhot Hongjun Aluminum Power Co., Ltd., China·Inner Mongolia Tongliao 029200

2. State Power Investment Group Fujian New Energy Co., Ltd., China·Fujian Fuzhou 350011

## Abstract

The automation of electrical engineering in power systems is the core supporting technology of modern energy systems, and its intelligent transformation has become the key to the transformation of global energy. This paper starts from the application significance, cross-domain innovation, and future trends of intelligent technology, and carries out a review of the technological progress and challenges intelligent technology in the field of power system automation. The study shows that the intelligent transformation of power system electrical engineering automation is a systematic reform of multi-disciplinary technology fusion, and is necessary to strengthen cross-domain collaboration and standardization system construction in the future to achieve efficient, safe, and sustainable development of the energy system.

## Keywords

power system; electrical engineering; automation; intelligent application

# 基于电力系统电气工程自动化的智能化应用

任思宇<sup>1</sup> 刘建<sup>1</sup> 朱延玉<sup>2</sup>

1. 内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司, 中国·内蒙古 通辽 029200

2. 国家电投集团福建新能源有限公司, 中国·福建 福州 350011

## 摘要

电力系统电气工程自动化是现代能源体系的核心支撑技术, 其智能化转型已成为全球能源数字化转型的关键。本文从智能化技术的应用意义、跨领域创新及未来趋势3个角度出发, 对智能化技术在电力系统自动化领域的技术进展与挑战展开评述。研究表明, 电力系统电气工程自动化的智能化转型是多学科技术融合的系统性变革, 未来需强化跨领域协同与标准化体系建设, 以实现能源系统的高效、安全与可持续发展。

## 关键词

电力系统; 电气工程; 自动化; 智能化应用

## 1 引言

新的社会经济发展形势下, 可持续发展理念在电力行业发展中得到了渗透及实践, 基于这一背景环境, 电力行业发展应加强自动化、智能化技术的应用, 针对性提升电力行业发展水平及发展质量, 以更好地满足实际需要。现阶段, 电力系统正由集中式、单向供电模式向分布式、双向互动模式深度变革。电力系统电气工程自动化技术在确保电网稳定运行、提升能源资源利用效率方面, 扮演着十分重要的角色。结合时代形势的发展变化, 电力系统电气工程智能化升级, 通过集成人工智能技术(AI)、物联网技术(IoT)、大数据技术、云计算技术等前沿技术手段, 可以赋予电力系统更

强大的感知、分析、决策及自适应能力, 确保能源系统安全、高效、绿色化运行。基于此, 本次研究工作开展过程中, 深入探索分析电力系统电气工程自动化的智能化应用策略, 为相关领域的研究及实践工作开展提供一定的参考及借鉴。

## 2 智能化技术应用于电力系统中的意义分析

### 2.1 提升系统运行效率及可靠性

传统电力系统运行过程中, 主要依靠人工监控及经验决策, 无法有效面对日益复杂的电网结构及实时波动负荷<sup>[1]</sup>。智能化技术的应用, 对电网实时数据信息进行采集、获取, 能够对电网状态精准感知和故障预测。如以 AI 技术应用, 结合气象、经济、社会等多维度数据信息, 有效降低短期负荷误差率, 实现发电计划与资源配置的优化目标<sup>[2]</sup>。

如表 1 所示, 通过对 AI 负荷预测模型进行应用, 电力系统电气工程误差率大幅度下降, 极大程度地提升了供电的

【作者简介】任思宇(1989-), 女, 中国河北唐山人, 硕士, 工程师, 从事电力研究。

可靠性。

表 1 AI 负荷预测误差对比统计表 (2021 年—2024 年)

年份	传统方法误差 (%)	AI 模型误差 (%)
2021	8.3	4.0
2022	8.0	3.6
2023	7.6	3.1
2024	7.4	2.8

### 2.2 实现可再生能源消纳与电网柔性化目标

新的社会经济发展形势下, 电网运行过程中, 风电、光伏等间歇性可再生能源占比逐年攀升, 这导致电网的波动性及不确定性加剧。智能化技术的应用, 通过调度优化及储能协同控制, 有助于缓解可再生能源并网冲击。

### 2.3 有效降低运维成本及人力资源依赖问题

从传统电力运维的情况来看, 需要依赖于定期巡检及人工排查, 这导致工作开展成本高、效率低。智能化技术的应用, 借助于无人机巡检、机器人作业、数字孪生仿真技术的有效应用, 可以对设备状态进行实时监测及预测性维护, 及时地发现设备故障问题, 以带动电力系统电气工程自动化、智能化发展。

## 3 电力系统电气工程自动化的智能化应用分析

### 3.1 人工智能 (AI) 在电力系统自动化中深度融合

人工智能技术 (AI) 凭借着其强大的特征提取、模型识别与自主学习能力, 在电力系统发、输、配、用电领域得到广泛地应用, 打破传统自动化系统依赖固定算法、经验模型的局限, 针对性提升各环节运行效率及控制精度, 带动电力系统的数字化、智能化发展<sup>[1]</sup>。

制, 能够实时采集锅炉燃烧参数、汽轮机运行状态等数据信息, 之后建立起多目标优化奖励机制, 根据不同负荷工况制定最优化的控制策略, 有助于降低煤炭消耗, 并实现对新能源波动做好针对性调节, 更好地满足供电工作开展的现实需要<sup>[4]</sup>。

其次, 从输配电侧视角来看, 该侧作为电力系统的“主动脉”和“毛细血管”, 其运行的安全性、稳定性直接关系到供电可靠性。在 AI 技术融入下, 应用图像识别技术, 在输配电设备巡检自动化中改变传统的人工巡检模式, 保证输配电工作的针对性开展。如采用无人机搭载高清摄像头与红外热成像仪, 沿着输电线路自动巡航, 并结合绝缘子、导线、杆塔等设备图像数据, 结合 CNN 缺陷检测算法应用, 能够自动化识别输配电中存在的问题, 做好故障的有效改进工作, 确保供电工作开展的稳定性、可靠性。

最后, 从用电侧视角来看, 该侧是电力系统与用户互动的核心环节。在 AI 技术赋能下, 能够推动需求侧响应自动化与用电服务智能化发展。如将智能电表与非侵入式负荷监测技术结合, 能够对用户用电行为展开精细化分析, 识别用户习惯、设备运行状态及异常损耗。之后, 结合数据分析, 建立起用户负荷画像, 推送个性化节能建议。

通过将 AI 技术与电力系统自动化深度融合, 实现智能化管理目标, 加强发电侧、输配电侧、用电侧的有机协同, 进一步提升电力系统运行的安全性及可靠性。

### 3.2 物联网与 5G 赋能电网实时感知与协同控制

物联网 (IoT) 与 5G 技术的协同发展, 为电力系统构建“泛在感知、高速互联、实时控制”技术底座, 打破传统自动化系统中设备孤立、数据割裂、响应滞后等局限, 确保电网设备状态监测与跨区域协同控制的自动化、智能化发展目标。这一过程中, 以物联网技术的应用, 通过在电网设备全生命周期部署智能传感器, 形成覆盖发电、输电、配电、用电各环节的泛在感知网络, 实现对电网设备运行状态的全面监测分析, 及时地发现问题、评估问题、解决问题。以高压变压器的检测为例, 油中溶解气体传感器能够对甲烷、乙烷、乙炔等特征气体浓度变化进行监测分析, 对变压器内部故障问题提前预警<sup>[5]</sup>。同时, 局部放电传感器通过对设备绝缘缺陷问题进行检测, 实现对绝缘老化位置的精准定位, 能够有效地避免大面积停电事故的发生。

在 5G 技术应用过程中, 其具有低延时、高可靠、广连接的特性, 可以为物联网感知数据的传输及实时控制提供关键的数据支持。对比传统的电力通信特点来看, 其主要依赖于光纤和 4G 网络, 并且光纤部署成本相对较高, 灵活性较差。而 4G 技术应用时, 网络存在较高的延迟, 可靠性不足, 无法满足当前毫秒级的控制要求。通过融入 5G 技术, 借助于 uRLLC 场景创设, 可以将时延控制在 1 毫秒内, 并且其可靠性可以达到 99.999%, 能够更好地满足电力系统实时控制需要。

随着电力系统电气工程自动化发展, 将“5G+IoT”架

人工智能与新型电力系统的关系

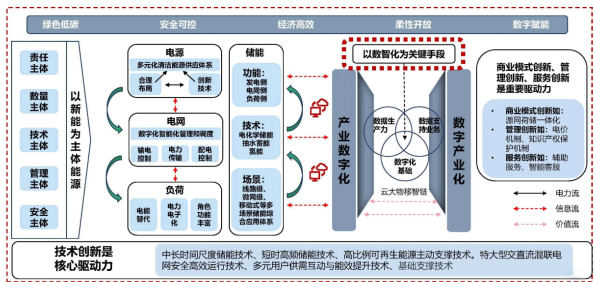


图 1 人工智能融入电力系统示意图

如图 1 所示, AI 技术融入到电力系统当中, 围绕绿色低碳、安全可控、经济高效、柔性开放、数字赋能等多元视角入手, 凸显技术赋能优势, 对于带动电力行业的发展及进步而言, 起到了至关重要的影响。从 AI 技术赋能电力系统的发展来看, 在电力系统各环节运行效率和控制精度方面, 起到积极促进作用。

首先, 从发电侧这一层面来看, 新能源融入发电系统后, 面对发电间歇性、随机性问题, 通过融入 AI 技术, 可以实现发电机组的优化配置目标。如借助 AI 技术对火电机组控

构应用于多个智能配电网示范区内,实现对设备状态数据的实时采集与传输目的。如以某省级的智能配电网示范区建设为例,其通过部署5G基站与边缘计算节点,可以将辖区内的配电网数据信息广泛地搜集获取,并将设备状态数据信息实时传递到系统内,精准捕捉故障问题,做好故障的隔离与自愈控制。现阶段电网运行过程中,分布式电源协同控制技术得到广泛应用。5G技术可以实现分布式光伏、储能电站、微电网之间的实时通信目标,并结合边缘计算节点的协同调度算法应用,确保分布式电源与配电网的互动响应时间缩短到10毫秒范围内,有效地抑制分布式电网并网带来的电压波动及频率偏差问题,确保配电网对分布式能源的接纳能力。

除此之外,以“5G+无人机组合”技术应用,能够实现巡检数据的实时回传和远程控制。这一过程中,巡检人员通过在监控中心实时查看无人机拍摄的高清视频与红外图像,并借助于AI算法应用对设备缺陷进行分析,做好设备故障的及时改进,为系统安全、稳定、可靠运行提供强有力的支持。

### 3.3 数字孪生技术构建电网虚拟映射系统

数字孪生技术主要通过建立起与物理电网完全一致的虚拟镜像,实现对电网运行状态的全维度模拟、故障场景精准推演与控制策略优化目标,为电力系统的自动化控制提供虚拟试验场,可以更加精准地识别电网运行中出现的问题,提升电网运行安全性及经济性<sup>[6]</sup>。

数字孪生电网建立时,其是一项复杂的系统工程,需要融合多源数据、三维建模、仿真计算等,实现多项技术的实时同步。在实际应用时,首先利用物联网传感器、激光雷达、无人机测绘等手段,对物联网的设备参数、拓扑结构、地理环境、运行数据等全要素信息获取,为后续数据分析提供指引;其次,应用BIM、GIS与电力系统仿真软件的融合,建立起电网三维数字模型,实现对设备外观、内部结构、电气连接关系的精准还原;最后,通过实时数据同步接口,将物理电网运行数据实时映射到虚拟模型当中,实现虚拟电网与物理电网的同步运行,为自动化、智能化控制提供决策支持。

数字孪生技术应用于电网运行模拟及优化层面,借助于数字孪生平台的建立及应用,实现对电网全场景、全工况的仿真模拟,为实现调度自动化提供精准的决策依据。在电网运行模拟及优化时,相对于传统模式而言,数字孪生平台可以实时模拟不同运行工况下的电网潮流分布、电压水平、频率变化等,并对潜在的过载、电压越限等风险进行评估分析,之后根据实际情况做出相应的决策处置,以保证电网运行安全性及可靠性。

### 3.4 区块链技术保障电力交易安全透明执行

随着新能源技术的快速发展及实际应用,加之电力市场改革的深入推进,传统的、集中式的电力交易模式已经无法适应分布式发电主体的交易需求。针对这一情况,面对交易流程繁琐、结算效率低、信任成本高等问题,加强区块链技术的应用,依靠去中心化、不可篡改、透明可追溯、

智能合约自动化执行等特性,为电力交易提供更加安全、高效、可信的技术解决方案,推动电力交易从“集中式”向“分布式”转型发展,以确保电力资源的优化配置<sup>[7]</sup>。

分布式能源交易工作开展时,通过利用区块链技术建立起点对点的交易平台,打破传统电力交易中电网企业作为唯一中间方的垄断格局。这一过程中,分布式发电主体与用电主体可以直接在区块链平台上发布交易信息、协商交易价格及交易量,确保交易的透明性。同时,区块链的去中心化记账模式应用,可以使交易数据无法被单一节点篡改,保障交易的安全性。智能合约技术应用时,则实现交易的自动化执行与结算。在实际工作中,当交易条件满足时,智能合约会自动完成电费支付与用电量的交割工作,不需要人工干预,显著性地提升交易效率。

除了在分布式能源交易中应用,区块链技术还可以在电力辅助服务市场、跨区域电力交易、绿电溯源等领域中应用。如在电力辅助服务市场当中,储能电站、电动汽车等可调负荷资源通过区块链平台参与调频、调峰等辅助服务,智能合约可以自动结算辅助服务费用,确保资源提供者的合法权益。在跨区域电力交易中,区块链技术交易实现跨部门、跨区域数据共享与验证目标,保证绿电可追溯、可验证。

## 4 结语

综合上述,电力系统电气工程自动化的智能化转型发展,是当前能源革命与技术革命交汇的必然产物,对于促进电网自动化、数字化、智能化发展而言,起到了至关重要的影响。联系时代形势的发展变化,电力系统电气工程自动化的智能化应用,需要从提升效率、促进可再生能源消纳、降低运维成本等多视角入手,提升其在跨领域创新应用方面的巨大潜力,以保证各项工作得到高效、高质地开展。对此,联系时代形势变化,在推动电力系统智能化发展过程中,应注重从技术协同、标准建设、生态培育等方面入手,将多技术深度融合,建立起安全、可靠、可信的电网系统发展模式,为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系提供强有力的技术支持。

### 参考文献

- [1] 付宝友.智能化技术在电力系统电气工程自动化的应用[J].电力设备管理,2025,(20):62-64.
- [2] 汤致冲.基于电力系统电气工程自动化的智能化应用[J].中国设备工程,2025,(20):246-248.
- [3] 严巍.电力系统电气工程自动化的智能化应用研究[J].张江科技评论,2025,(06):60-62.
- [4] 李婧萱,李海军.电力系统电气工程自动化中智能化技术的运用[J].电子元器件与信息技术,2025,9(03):64-66.
- [5] 张永进.电力系统电气工程自动化的智能化应用[J].产品可靠性报告,2024,(12):89-90.
- [6] 高明.电力系统电气工程自动化的智能化运用分析[J].石河子科技,2021,(06):6-7.
- [7] 黄奎皓.基于电力系统电气工程自动化的智能化应用分析[J].上海大中型电机,2020,(02):20-21+33.