

Key technical challenges and opportunities of enabling efficient utilization of new energy with electric automation

Zhang Liu

Guangxi Branch of China Huaneng Group Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

Electrical automation technology provides critical support for efficient utilization of new energy through intelligent control, system integration, and data analysis, yet faces multiple technical challenges. Driven by global energy transition and carbon neutrality goals, renewable energy sources like photovoltaic and wind power are increasingly integrated into power systems. Traditional energy management and dispatching frameworks struggle to accommodate the volatility and distributed nature of renewables, making it imperative to leverage electrical automation technology for optimal energy utilization. This paper systematically analyzes the application of electrical automation in new energy sectors, exploring its intrinsic logic and practical significance through three dimensions: core technological systems, key challenges, and development opportunities.

Keywords

electrical automation; new energy; efficient utilization; key technologies; challenges and opportunities

电气自动化赋能新能源高效利用的关键技术挑战与机遇

刘章

中国华能集团有限公司广西分公司, 中国 · 广西 南宁 530000

摘要

电气自动化技术通过智能控制、系统集成与数据分析, 为新能源高效利用提供关键支撑, 但也面临多重技术挑战。在全球能源结构转型与碳中和目标驱动下, 新能源如光伏、风电等在电力系统中的占比持续提升。传统能源管理与调度体系难以适应新能源波动性、分布性等特点, 亟须依托电气自动化技术实现新能源的高效利用。本文围绕电气自动化在新能源领域的应用展开系统性分析, 从核心技术体系、关键挑战与发展机遇三个维度探讨其内在逻辑与现实意义。

关键词

电气自动化; 新能源; 高效利用; 关键技术; 挑战与机遇

1 引言

近年来, 随着能源消费结构调整与环境治理要求的提升, 新能源产业迎来快速发展机遇。本文以电气自动化赋能新能源高效利用为研究主题, 系统分析其关键技术挑战与现实机遇, 旨在为相关领域技术创新与政策制定提供参考依据。

2 电气自动化在新能源利用中的应用基础与核心体系

2.1 智能感知与数据采集技术体系

电气自动化实现新能源高效利用的前提在于准确掌握能源系统状态与外部环境信息。智能感知与数据采集技术是基础环节, 主要依赖于多类型传感器与边缘计算设备。新能源

场站如光伏电站与风电场需监测的核心数据包括电压、电流、温度、风速、辐射强度等, 数据量巨大且更新频率高。当前主流技术体系采用基于光纤传感与无线传输结合的方案, 实现对新能源设备运行状态的全面监控。为了满足复杂环境下的应用需求, 传感设备须具备高灵敏度、高可靠性与低功耗特性。此外, 边缘计算节点逐渐取代传统集中式采集模式, 承担数据预处理与本地控制功能, 减轻中心系统负担, 提高响应速度。完整的智能感知体系不仅为后端控制与调度提供数据支持, 也是保障新能源系统安全稳定运行的必要条件。

2.2 实时控制与智能调度系统构建

新能源发电系统波动性强, 要求电气自动化控制系统具备更高实时性与动态响应能力。传统以火电为主的控制逻辑主要依赖慢响应过程, 而新能源场景下需基于毫秒级调度机制。智能调度系统通常包括现场控制单元 (SCU)、区域控制中心 (RCC) 与主调度平台三层结构, 形成分层分布式控制架构。现场控制单元负责具体设备如变流器、储能单元与开关设备的直接控制, 区域控制中心负责协调同一区域内

【作者简介】刘章 (1993-), 男, 中国江西萍乡人, 本科, 工程师, 从事电气工程及其自动化研究。

多座电站与负荷，主调度平台则进行全局优化。现代控制系统引入人工智能算法如深度学习与强化学习，实现预测与决策功能，提升调度系统适应性与容错性。此外，电气自动化系统在新能源并网、功率平衡与无功补偿方面也发挥着关键作用，保障新能源接入对主网安全性的最小冲击。

2.3 综合能源管理平台与信息安全体系

随着新能源场站规模化发展，单一控制系统已无法满足多电源、多负荷、多用户协同调度需求。构建综合能源管理平台成为必然选择，该平台以云平台为基础，集成能量流、信息流与资金流三位一体的管理功能。平台主要功能包括能源生产预测、负荷预测、市场交易协调与设备运维管理。通过与物联网、大数据与区块链技术结合，平台能够实现能源资源的高效配置与透明结算。然而，新能源系统信息安全风险显著高于传统电力系统。一方面，系统接口增多、开放性增强带来潜在攻击面扩大；另一方面，关键设备如变流器与储能单元若被非法控制，将对整个电网稳定性造成严重威胁。因此，必须建立完善的信息安全体系，包括身份认证、数据加密、防火墙与入侵检测机制，确保系统可靠性与安全性。

3 当前电气自动化技术应用中面临的关键挑战

3.1 系统兼容性与标准统一难题

随着新能源产业技术的快速发展，风电、光伏等多种能源形式广泛应用，不同设备厂商在技术实现上存在显著差异。具体表现在通信协议、数据格式、控制逻辑与接口标准等方面。例如，风电场与光伏电站内部，变流器控制器、能量管理系统（EMS）、监控系统与上层调度平台之间往往采用各自定义的通信协议和数据接口。这种情况不仅导致系统集成过程中需要投入大量人力进行适配开发，还形成了“信息孤岛”问题——不同系统间难以直接互通数据，影响整体调度与管理效率。

尽管国际上已发布如 IEC 61850、IEC 60870-5-104 等相关标准，国内也有多项行业标准与规范，但从实际应用情况看，标准覆盖范围不全、实施细节不明确、落地执行力度不足等问题仍然突出。例如，IEC 61850 主要适用于变电站自动化系统，对新能源场站特有设备支持不够完整；国内行业标准更新周期长，难以及时跟上技术发展步伐。

此外，新能源产业链上下游企业众多，企业规模、技术能力参差不齐，缺乏统一的数据模型和接口规范，进一步加剧了兼容性问题。这不仅增加了系统开发与集成成本，还影响设备的后期运维效率和大数据分析应用能力，成为电气自动化赋能新能源高效利用的首要技术障碍。

3.2 实时性与大规模数据处理压力

现代新能源场站发展势头强劲，风电、光伏电站单体规模常达数百兆瓦，配备的监控设备与传感器多达成千上万。大型光伏电站监测项目丰富，直流侧、交流侧的各类参数以及设备温度、光照强度等数据都在监测范围内。分布式

新能源场景更为复杂，众多中小型光伏屋顶、储能电池、充电桩相互交织，形成庞大的数据网络。

面对海量数据流量，电气自动化系统须具备强大的数据采集、传输、存储和分析能力，且要保证高实时性，以实现运行状态监测与控制指令下发。但实际应用问题不少，通信网络受带宽和传输协议制约，大规模设备接入时数据拥堵、丢包频发；中心平台处理海量数据易形成瓶颈，影响指令及时性；边缘设备现场终端智能化低，缺乏本地快速响应与数据预处理能力，依赖上层系统决策，降低系统灵活性。

这些问题严重影响新能源场站调度效率和运行灵活性。比如光伏出力快速波动时，调度响应滞后后会加剧电网频率和电压波动，威胁系统稳定。因此，当前新能源电气自动化系统要重点突破技术瓶颈，在保证控制实时性基础上，优化数据流设计，合理配置计算资源，构建分布式、层次化数据处理架构，提升系统性能与稳定性。

3.3 信息安全与系统鲁棒性不足

新能源系统为实现远程监控等目标多采用开放网络架构，这虽带来便利，却也引发了显著的信息安全风险。近年来，针对关键基础设施的网络攻击频发，新能源系统作为电力系统重要构成，也成为攻击对象。当前，多数新能源电气自动化系统依赖传统边界防护策略，靠防火墙等外围设备保障安全。但面对内部人员误操作、设备被植入恶意程序及高级持续性威胁等新型攻击，传统防护体系力不从心。而且，部分新能源场站为降成本，使用廉价网络设备，安全策略配置不完善，漏洞多，易被黑客利用，导致设备瘫痪或数据泄露。此外，新能源系统自身鲁棒性和容错能力欠佳。其结构复杂、设备多样，任一环节单点故障都可能影响整体运行，遭遇极端天气、自然灾害或设备老化时，缺乏有效容灾和恢复机制，难以快速恢复正常。

鉴于此，建立全面动态的信息安全防御体系刻不容缓。需推行“零信任”架构，强化内部访问控制；引入威胁检测与响应平台，实时监测和快速响应安全事件；配置多层次容错与冗余机制，提升系统自我恢复能力。从标准统一、架构优化和安全升级协同发力，提升新能源利用效率和系统运行水平 [1]。

4 电气自动化赋能新能源利用的战略机遇分析

4.1 碳达峰碳中和政策推动技术创新

我国明确提出 2030 年前实现碳达峰、2060 年前达成碳中和的战略目标，这一宏伟蓝图为新能源产业开辟了广阔的发展空间，使其迎来前所未有的发展契机。在政策的有力引导下，大量资金与资源如潮水般涌入新能源场站的建设与运营管理领域，有力地推动了电气自动化技术的加速迭代升级。国家能源局、工信部等多部门积极作为，陆续出台一系列智能电网与数字能源相关的政策文件，明确且严格地要求电气自动化系统必须具备适应新能源场景的能力。这些政策不仅为技术研发指明了清晰的方向，为标准制定提供了坚实

的依据,还极大地促进了产业间的协作。在政策的保驾护航和市场的积极响应下,形成了良好的政策与市场环境,为新能源产业的长远、健康发展奠定了稳固的基础,助力我国在全球新能源竞争中占据有利地位 [2]。

4.2 人工智能与大数据技术融合发展

在新能源电气自动化系统升级进程中,人工智能与大数据技术正发挥着至关重要的驱动作用。深度学习模型在新能源领域大显身手,借助其对光伏与风电出力进行精准预测,调度人员能提前规划,显著提升调度计划的准确性与经济性,有效降低能源浪费与运营成本。大数据分析平台同样不可或缺,它可对海量的历史运行数据进行深度挖掘,通过模式识别提前察觉潜在故障,实现故障预警。这使得新能源设备的运维模式从传统的被动响应转变为主动防御,大大提高了设备的可靠性与使用寿命。不仅如此,AI技术在新能源系统中的应用前景极为广阔。在优化控制算法方面,能实现更精准的系统调控;智能故障诊断可快速定位问题;自适应调度策略能根据实时情况灵活调整。这些应用将全方位提升新能源电气自动化系统的智能化水平,推动新能源产业迈向新的发展阶段 [3]。

4.3 国际市场拓展与产业链完善

随着我国新能源技术全球竞争力的不断攀升,电气自动化设备与系统集成解决方案的出口展现出巨大潜力。当下,东南亚、非洲与中东等地区新能源需求呈快速增长态势,当地在新能源开发利用过程中,对先进的电气自动化系统有着强烈且迫切的需求。我国企业在这场国际竞争中具备显著优势,一方面拥有较强的成本优势,能以更具性价比的产品和服务吸引客户;另一方面积累了丰富的技术储备,可满足不同地区多样化的需求。基于此,我国企业有望在国际市场斩获更大份额。与此同时,国内新能源产业链正日益完善,从基础的传感器、关键的变流器到智能的调度平台,各个环节紧密相连,形成了上下游协同发展的良好格局。这不仅为技术的持续创新提供了动力,也为电气自动化技术在国内外的推广与应用创造了坚实基础,助力我国新能源产业在全球市场行稳致远 [4]。

5 优化电气自动化赋能新能源高效利用的路径建议

5.1 完善标准体系与行业协同机制

为推动新能源电气自动化领域发展,需完善标准体系

与行业协同机制。一方面,促使国际与国内标准同步更新,内容涵盖数据接口、通信协议以及设备性能评价指标等,确保标准的前沿性与适用性。同时,成立跨行业、跨企业的标准化组织,打破行业与企业间的壁垒,促进设备兼容性与可操作性提升,有效降低系统集成与运维成本。另一方面,鼓励产业链上下游企业加强协同创新,构建技术共享、优势互补的合作模式。通过整合各方资源,集中力量攻克技术难题,提高整体技术水平,增强我国新能源电气自动化产业在国际市场的竞争力。

5.2 加强技术研发投入与示范项目建设

加大对智能传感、实时控制与信息安全等核心技术的研发支持力度,设立专项基金与技术攻关项目。鼓励高校、科研院所与企业联合建立联合实验室与技术创新中心。通过建设大型示范项目验证新技术应用效果,加速成果转化与推广应用,形成可复制、可推广的技术解决方案 [5]。

6 结语

电气自动化作为推动新能源高效利用的重要技术手段,在保障电力系统安全稳定运行与实现绿色低碳发展中发挥着不可替代的作用。本文围绕电气自动化赋能新能源利用的核心问题,从技术体系构建、关键挑战分析与发展机遇探讨三个方面展开系统研究。结果表明,智能感知、实时控制与信息安全是当前技术发展的重点与难点,必须通过完善标准体系、加强技术创新与促进产业协同加以解决。为实现碳达峰碳中和目标,必须持续推动电气自动化与新能源系统深度融合,形成高效、智能、绿色的现代能源体系,为我国能源安全与可持续发展贡献更大力量。

参考文献

- [1] 黄金彪,冉飞.智能化技术在电气工程自动化控制中的应用[J].电工技术,2024,(S2):147-149+152.
- [2] 郭晓通,史惠英.追风逐日,新能源产业加速跑[N].河北日报,2024-10-30(010).
- [3] 黄彦峰.冷轧装备面向绿色化、智能化转型实践[J].中国重型装备,2024,(04):27-31.
- [4] 孔宇.“双碳”目标下的智慧能源体系发展研究[J].电力勘测设计,2024,(07):33-36+86.
- [5] 姚年春,何玉林,张阔.智能制造背景下高职电气自动化专业人才培养模式的创新研究[J].职业技术,2024,23(03):1-9.