

# 电气工程及其自动化在新能源发电领域的应用研究

陈东

国电电力内蒙古新能源开发有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i12.19218

**[摘要]** 本文聚焦电气工程及其自动化在新能源发电领域的应用。先剖析电气工程及其自动化知识体系与技术架构,阐述新能源发电现状与趋势。接着从太阳能、风能及其他新能源发电方面,介绍电气自动化技术的多元应用。随后探讨其助力新能源发电在提升效率与稳定性、降低成本与难度、推动规模化与智能化发展方面的优势。最后从技术创新、产业发展、人才培养三方面提出发展策略,为新能源发电提供理论支撑与实践指引。

**[关键词]** 电气工程; 自动化; 新能源发电; 应用研究

中图分类号: TM61 文献标识码: A

## Research on the Application of Electrical Engineering and Automation in the Field of New Energy Power Generation

Dong Chen

Guodian Power Inner Mongolia New Energy Development Co., Ltd.

**[Abstract]** This paper focuses on the application of electrical engineering and automation in the field of new energy power generation. It first analyzes the knowledge system and technical architecture of electrical engineering and automation, and elaborates on the current status and trends of new energy power generation. Then, from the aspects of solar energy, wind energy, and other new energy power generation, it introduces the diverse applications of electrical automation technology. Subsequently, it discusses the advantages of electrical automation in improving efficiency and stability, reducing costs and complexity, and promoting large-scale and intelligent development of new energy power generation. Finally, it proposes development strategies from three aspects: technological innovation, industrial development, and talent cultivation, providing theoretical support and practical guidance for new energy power generation.

**[Key words]** electrical engineering; automation; new energy power generation; application research

### 1 电气工程及其自动化与新能源发电概述

#### 1.1 电气工程及其自动化剖析

电气工程及其自动化是以电子技术、信息技术、控制技术和计算机技术为基础,融合电工理论、电磁场分析、电机学、电力电子技术等核心知识体系的综合性学科。作为现代工程技术的基石,其研究范畴覆盖从微观电子器件到宏观电力系统的全链条技术,既包含发电机、变压器等强电设备的设计制造,也涉及传感器、智能算法等弱电控制系统的开发应用。该学科在20世纪初随工业革命兴起,历经电子管计算机、集成电路、智能控制等三次技术革命,现已形成“强弱电结合、软硬件贯通、元件系统协同”的复合型知识体系<sup>[1]</sup>。在技术架构层面,电气工程及其自动化呈现“四维一体”特征:基础层涵盖电路理论、电磁场数值分析等理论工具;设备层包含电机、电力电子器件等核心装备;系统层涉及发电、输电、配电的自动化控制;应用层

则延伸至智能制造、智能电网、新能源开发等领域。这种技术纵深使其成为能源革命的关键支撑——通过实时监测设备运行状态、优化能源转换效率、实现故障预测性维护,电气自动化技术正在重构传统能源系统的运行逻辑。

#### 1.2 新能源发电全景解析

新能源发电作为全球能源转型的核心引擎,已形成涵盖太阳能、风能、生物质能、地热能、潮汐能等多维度的技术矩阵。截至2025年,全球新能源装机容量突破15000GW,其中光伏发电占比达42%,风力发电占38%,形成“风光主导、多能互补”的能源格局。我国作为全球最大新能源市场,建成全球首个百万千瓦级海上风电场、全球最大单体光伏电站,新能源发电量连续五年稳居世界第一。技术演进呈现三大趋势:其一,设备大型化与智能化并行,15MW级海上风机、700W/片光伏组件成为主流;其二,储能技术突破制约瓶颈,锂电池度电成本降至0.3元,压缩空气

储能效率突破70%;其三,系统集成度显著提升,虚拟电厂技术实现分布式能源的集群调控,智能微网构建起“源网荷储”一体化生态。这种技术跃迁推动新能源从补充能源向主体能源转变,2025年我国非化石能源消费比重达28%,较2010年提升17个百分点。

## 2 电气工程及其自动化在新能源发电领域的多元应用

### 2.1 太阳能发电中的精妙应用

在光伏发电领域,电气自动化技术发挥着至关重要的作用,成功构建起“感知-控制-优化”的闭环系统。以青海塔拉滩光伏基地为例,这里采用了先进的智能跟踪系统。该系统借助双轴驱动装置,能够根据太阳位置的变化,让光伏组件实时精准地对准太阳方位。相较于传统的固定式安装方式,这种智能跟踪系统使发电量提升了22%。这一提升并非微不足道,在大规模的光伏发电场景中,意味着每年能够多产生大量的清洁电能。不仅如此,隆基绿能研发的AI优化算法更是为光伏发电带来了质的飞跃。此算法能够基于气象数据、设备状态等128项参数,进行全面而细致的分析。根据这些分析结果,动态地调整组件倾角与清洁周期。通过这种精准的调整,单块组件年发电量成功突破2000kWh。在储能系统方面,智能化升级同样关键。宁德时代开发的BMS(电池管理系统)采用三级架构,通过2000+个监测点,实时、准确地采集电池电压、温度等关键参数。结合大数据分析技术,能够提前实现故障预警与均衡控制。在青海共和光伏电站的实际应用中,该系统使储能系统循环寿命延长了30%,度电成本降低至0.25元。此外,更前沿的钙钛矿/晶硅叠层电池技术,借助电气自动化生产线实现0.1mm级薄膜精准涂布,将光电转换效率推至33.9%的行业新高。

### 2.2 风力发电中的深度融合

风力发电系统的自动化控制呈现出“单机智能+场群协同”的双层架构,为风力发电的高效运行提供了有力保障。金风科技研发的4-5MW智能风机便是单机智能的典型代表。这款智能风机集成了128个传感器与边缘计算单元,如同为风机安装了敏锐的“感知器官”和聪明的“大脑”。它能够实时感知风速、湍流强度等环境参数,根据这些参数的变化,通过变桨距控制技术,使功率波动率降低至5%以内。这意味着风机在运行过程中能够更加稳定地输出电能,减少因功率波动对电网造成的冲击<sup>[2]</sup>。在江苏如东海上风电场,场群控制系统发挥着重要作用。该系统通过5G通信网络连接128台风机,如同构建了一张高速、稳定的信息网络。结合数字孪生技术,能够构建出精确的三维风场模型。通过这个模型,可以实现发电功率的集群优化,使场区综合利用率提升8%。运维体系的智能化转型在风力发电领域同样显著。明阳智能开发的“智慧风场”平台,集成了无人机巡检、机器人螺栓紧固、AR远程指导等18项智能技术。这些技术的应用,使单台风机年运维成本从12万元降至6万元。更令人瞩目的是,其研发的叶片健康监测系统,通过光纤光栅传感器能够捕捉0.01mm级的形变信号,结合深度学习算法可以提前30天预警裂纹缺陷,将叶片寿命延长至25年。

### 2.3 其他新能源发电中的应用

在生物质发电领域,电气自动化技术破解了原料适应性难题。国能生物开发的智能燃烧控制系统,通过多光谱传感器实时监测炉膛温度、氧含量等参数,结合模糊控制算法动态调整给料速度与配风比例,使秸秆、垃圾等12类燃料均能实现稳定燃烧,热效率提升至88%。其建设的山东单县项目,年处理农业废弃物40万吨,相当于替代标准煤20万吨。地热发电的自动化突破集中在热能提取环节。冰岛雷克雅未克地热电站采用的双工质循环系统,通过变频控制泵组实现工质流量的精准调节,使热能转换效率突破22%。更值得关注的是,其研发的井下智能监测装置,可耐受150℃高温与50MPa高压,实时传输井筒温度、压力数据,使地热井寿命延长至30年。潮汐能发电的自动化控制则聚焦于能量捕获优化。英国MeyGen潮汐电站采用的变桨距水轮机,通过液压伺服系统实时调整叶片角度,使水流能量捕获效率提升至45%。其部署的中央控制系统可协调8台机组运行,根据潮汐周期自动切换发电/蓄能模式,使年发电量突破15GWh。

## 3 电气工程及其自动化助力新能源发电的显著优势

### 3.1 提升发电效率与稳定性

电气自动化技术通过精准控制与智能优化,显著提升新能源发电系统的能量转换效率。在光伏领域,智能跟踪系统使组件接收光照时长延长40%,AI优化算法提升发电量15%-20%;在风电领域,4-5MW级风机的变桨距控制与AI运行策略协同作用,使风机功率曲线平滑度提升40%,数字孪生技术降低功率波动率至5%以内。更关键的是,储能系统的智能化管理实现能量时空平移——青海共和光伏电站的储能系统通过“削峰填谷”策略,使弃光率从12%降至3%,系统综合利用率提升至92%。稳定性提升同样显著,智能电网技术通过实时监测与动态调节,增强新能源发电的抗干扰能力。国家电网建设的特高压柔性直流输电工程,采用分层接入与协同控制技术,使风电、光伏的并网容量提升3倍,故障恢复时间缩短至100毫秒<sup>[3]</sup>。在微电网层面,虚拟电厂技术整合分布式能源,通过需求响应机制实现供需精准匹配,使区域电网频率波动范围控制在±0.05Hz以内。

### 3.2 降低运营成本与维护难度

自动化运维体系的建立,使新能源发电进入“无人值守”新时代。金风科技的智慧风场平台针对4-5MW主流风机,通过无人机巡检、机器人作业、AR远程指导等技术,使单台风机年运维成本降低53%,故障处理时间缩短75%。光伏领域的智能清洁机器人,采用高压水射流与毛刷协同作业,清洁效率提升3倍,单MW清洁成本从8000元降至2000元。预测性维护技术的突破更带来革命性变化。明阳智能的叶片健康监测系统,通过光纤传感与AI诊断,使裂纹检测准确率提升至98%,维修计划制定时间从72小时缩短至2小时。宁德时代的电池管理系统,通过大数据分析实现SOH(健康状态)精准预测,使电池更换周期延长40%,全生命周期成本降低35%。

### 3.3 促进新能源发电的规模化与智能化发展

电气自动化技术推动新能源发电从“项目示范”向“产业

生态”跃迁。在设备制造环节,自动化生产线使风机、光伏组件的产能提升5倍,单位产能投资降低60%。金风科技的智能工厂针对4-5MW风机生产线,通过AGV物流、机器人装配、数字孪生质检等技术,实现整机下线周期从30天缩短至5天,产能提升至传统工厂的3倍。智能化升级更重构能源系统运行逻辑。虚拟电厂技术整合分布式光伏、储能、电动汽车等资源,通过需求响应机制实现供需双向互动。国家电网建设的省级虚拟电厂平台,已聚合可调节负荷资源1200MW,相当于新建2座燃煤电厂。在智能微网领域,青海海西州建设的“光储氢”一体化示范项目,通过能量管理系统实现光伏、储能、氢能的协同优化,使弃电率降至1%以下,系统综合效率突破85%。

#### 4 电气工程及其自动化在新能源发电领域的发展策略

##### 4.1 技术创新与突破路径

基础研究需聚焦三大方向:其一,核心装备突破,研发15MW+海上风机、钙钛矿/晶硅叠层电池、长时储能技术等颠覆性装备;其二,控制算法升级,开发基于数字孪生的虚拟调试技术、多能互补的优化调度算法;其三,材料科学创新,突破高温超导电缆、耐腐蚀海工材料、固态电解质等关键材料。技术转化需构建“产学研用”协同创新体系。建议设立新能源自动化技术国家实验室,联合高校、企业开展关键技术攻关;建立中试基地加速技术迭代,如建设海上风电试验场、光伏组件户外实证基地;完善技术标准体系,制定智能风机、储能系统等20项行业标准。

##### 4.2 产业发展与政策支持建议

产业布局应遵循“区域协同、场景驱动”原则。在“三北”地区建设风光储一体化基地,在东部沿海布局海上风电与海洋能综合利用,在中东部城市发展分布式光伏与智能微网。建议设立新能源自动化装备产业园,吸引电机、传感器、控制系统等产业链企业集聚,形成百亿级产业集群。政策支持需构建“激励+约束”双机制。激励方面,延续新能源发电补贴政策,对智能运维系统、储能装置等关键设备给予30%投资补贴;建立绿色金融体系,对新能源自动化项目提供低息贷款与碳减排支持工具。约

束方面,将自动化水平纳入新能源项目准入标准,要求新建风电场必须配备智能控制系统,光伏电站必须配置储能装置。

##### 4.3 人才培养与引进策略

人才培养需构建“三位一体”体系:其一,高校教育强化“新工科”建设,在电气工程课程中增加人工智能、大数据分析等模块,与新能源企业共建联合实验室;其二,职业教育推行“双元制”模式,由企业导师与学校教师共同制定实训课程,培养既懂电气技术又熟悉新能源设备的复合型人才;其三,继续教育开展“技能提升行动”,每年培训10万名新能源运维工程师,重点提升其在智能诊断、预测性维护等方面的实操能力<sup>[4]</sup>。人才引进需实施“全球揽才计划”。建议设立新能源自动化人才专项基金,对引进的海外高层次人才给予100万元安家费与科研启动资金;建立国际人才合作基地,与德国弗劳恩霍夫研究所、美国国家可再生能源实验室等机构开展联合研发;完善人才评价机制,将技术成果转化、专利授权等指标纳入职称评审体系,激发人才创新活力。

#### 5 结束语

电气工程及其自动化为新能源发电带来深刻变革,在提升效率、降低成本、推动规模化智能化发展等方面成效显著。随着技术创新不断突破、产业政策持续完善、人才队伍日益壮大,其应用前景将更为广阔。未来,需各方协同共进,深化电气自动化技术与新能源发电的融合,助力全球能源转型,实现清洁、高效、可持续的能源发展目标,为人类社会的绿色未来筑牢根基。

#### [参考文献]

- [1]刘东阳,温浩,郭强.电气工程及其自动化在新能源发电领域的应用研究[J].中国高新科技,2024,(18):96-98.
- [2]李阿蒙.新能源发电行业:工程建设企业面临的机遇与挑战[J].施工企业管理,2024,(08):23-26.
- [3]张娜,许海凤.基于电气工程自动化的供配电节能控制系统设计[J].电气技术与经济,2025,(03):189-191+194.
- [4]周金星,陈武增,徐江.电厂电气自动化控制系统的可靠性策略[J].流体测量与控制,2021,2(06):22-25.