

电气及其自动化在智能电网中的关键技术与应用研究

刘晓峰

江西省人力资源有限公司（江西科能工程建设咨询监理有限公司），江西南昌，330000；

摘要：智能电网是能源与数字技术融合的核心，推动电力系统向高效可靠转型。电气及其自动化技术以精准控制、智能决策等特性，成为智能电网建设的核心支撑。本文立足智能电网发展需求，梳理其中电气及其自动化的核心技术，包括智能感知、精准控制等关键技术。探讨这些技术在发电、输电、配电等环节的应用，剖析应用中的挑战并提出发展建议。研究成果可为两者深度融合提供参考，助力构建安全稳定、经济高效的现代电力系统，适应能源结构调整与社会用电需求的提升。

关键词：电气及其自动化；智能电网；智能感知技术；精准控制技术

DOI：10.69979/3029-2727.25.11.094

引言

全球能源结构调整与数字技术发展，使传统电力系统难以满足多元供给与高品质用电需求。智能电网通过融合电力、通信与信息技术，实现电力全环节智能化管理。电气及其自动化技术是智能电网的“神经中枢”，其水平决定电网智能化程度与效能。从新能源并网到输电监测，再到配电调控，该技术作用关键。当前，能源安全与低碳发展成为重要目标，系统研究其关键技术与应用，对推动智能电网高质量发展、保障能源供应稳定，具有重要的理论意义。

1 电气及其自动化与智能电网的核心关联

1.1 智能电网的技术特征与发展诉求

智能电网具备自愈、互动、高效等显著技术特征。自愈能力体现在通过实时监测与智能分析，快速发现并处理电网故障，减少供电中断时间。互动性表现为电网与用户、能源供应商之间的信息共享，实现用电需求与能源供给的动态匹配。高效性则强调资源优化配置，降低电力传输损耗，提升能源利用效率。当前，发展诉求集中在适应新能源大规模并网、满足用户个性化用电需求、支撑“双碳”目标实现等方面。传统电网的刚性结构已无法承载这些需求，智能电网的技术升级与功能完善成为必然趋势。

1.2 电气及其自动化的技术内涵与核心优势

电气及其自动化技术以电气设备为基础，融合自动控制、信息技术，实现电力系统的自动监测、调节与管理。其技术内涵包括硬件设备的自动化改造与软件系统的智能控制。核心优势首先是控制精度高，能对电力设

备运行参数进行精准调控，保障设备稳定运行。其次是响应速度快，面对电网运行状态变化，可迅速做出反应，避免故障扩大。此外，该技术还能实现无人值守运行，通过远程监控降低人力成本，同时减少人为操作失误，提升电网运行的可靠性与经济性。

1.3 两者融合的现实意义与价值体现

电气及其自动化与智能电网的融合，是电力行业发展的必然结果。从现实意义来看，这种融合能有效解决传统电网存在的调控滞后、效率低下等问题，提升电网对新能源的接纳能力。在新能源发电波动性较大的情况下，通过自动化技术实现发电功率的平滑调节，保障电网频率与电压稳定。价值体现方面，融合发展可降低电力系统运行成本，通过智能调度减少能源浪费。同时，为用户提供更优质的用电服务，支持分布式能源接入与电动汽车充电等新型用电模式，推动能源消费结构升级，助力低碳社会建设。

2 智能电网中电气及其自动化的关键技术体系

2.1 电网状态智能感知与数据采集技术

电网状态智能感知与数据采集技术是智能电网运行的基础。该技术通过在输电线路、变压器、开关设备等关键节点部署传感器，实时采集电压、电流、温度等运行参数。传感器类型包括光纤传感器、无线传感器等，能适应不同的运行环境。采集到的数据通过通信网络传输至控制中心，为电网状态评估与决策提供依据。技术核心在于数据采集的实时性与准确性，通过优化传感器布局与数据传输协议，减少数据延迟与丢失。同时，利用数据预处理技术，剔除异常数据，提升数据质量，为后续的智能分析与控制奠定坚实基础。

2.2 电力系统精准控制与调节技术

电力系统精准控制与调节技术是维持电网稳定运行的核心手段。该技术基于电网运行状态数据，通过自动控制装置对发电机、无功补偿设备等进行调节，实现电网频率、电压的稳定。在新能源并网场景中，通过变流器控制技术，平抑新能源发电的功率波动，减少对电网的冲击。针对负荷变化，采用自适应控制算法，动态调整电力供应，实现供需平衡。技术应用中，需结合电网拓扑结构与运行特性，优化控制策略。同时，借助先进的控制芯片与软件系统，提升控制指令的执行速度与精度，确保电网在各种运行工况下都能保持稳定。

2.3 多源信息交互与协同调度技术

多源信息交互与协同调度技术打破了智能电网各环节的信息壁垒。该技术整合发电侧、输电侧、配电侧及用户侧的各类信息，包括发电功率、负荷需求、设备状态等。通过统一的信息平台，实现各环节信息的实时共享与交互。协同调度则基于这些多源信息，采用智能算法对电力资源进行全局优化配置。例如，在高峰期，调度中心结合各发电厂出力与用户负荷，合理分配电力，避免局部电网过载。技术关键在于信息交互的安全性与协同调度的高效性，通过加密技术保障信息传输安全，利用人工智能算法提升调度决策的科学性与及时性。

3 电气及其自动化技术在智能电网发电侧的应用

3.1 新能源发电系统的自动化并网控制

新能源发电系统的自动化并网控制是实现新能源高效利用的关键。该技术通过并网逆变器、控制器等设备，实现新能源发电系统与电网的平滑连接。在并网前，对发电系统的输出电压、频率等参数进行调节，使其与电网参数一致。并网过程中，采用软并网技术，减少对电网的冲击电流，保障并网安全。并网后，实时监测发电系统与电网的运行状态，当电网出现故障时，自动将发电系统与电网解列，避免故障影响扩大。同时，根据电网调度指令，调节新能源发电功率，实现与电网的协调运行，提升新能源的并网接纳能力。

3.2 发电过程的智能监测与效能优化

发电过程的智能监测与效能优化技术贯穿于发电设备运行的全过程。通过在光伏板、风机、发电机组等设备上安装监测装置，实时采集发电效率、设备温度、能耗等数据。这些数据传输至监测中心后，通过数据分析判断设备运行状态，及时发现设备异常。效能优化则

基于监测数据，结合发电环境变化，调整发电设备运行参数。例如，对于光伏电站，根据光照强度与角度，调整光伏板朝向，提升发电效率。对于火电机组，优化燃烧参数，降低煤耗。该技术不仅能提升发电效能，还能延长设备使用寿命，降低发电成本。

3.3 储能系统与发电单元的协同调控

储能系统与发电单元的协同调控技术是解决新能源波动性问题的有效途径。该技术通过自动化控制系统，实现储能系统与发电单元的联动运行。当新能源发电功率过剩时，控制储能系统充电，储存多余电能。当新能源发电功率不足时，储能系统放电，补充电力供应，保障输出功率稳定。在协同调控过程中，需根据发电预测数据与负荷需求，制定合理的充放电策略。同时，利用先进的能量管理系统，优化储能系统的运行状态，提升储能效率。该技术的应用，不仅能平抑新能源发电波动，还能提升电网的调峰填谷能力，保障电力供应的连续性。

4 电气及其自动化技术在智能电网输配电侧的应用

4.1 输电线路状态监测与故障快速定位

输电线路状态监测与故障快速定位技术是保障输电安全的重要支撑。该技术通过在输电线上部署在线监测设备，包括图像监测、气象监测、覆冰监测等装置，实时掌握线路运行环境与状态。图像监测设备可及时发现线路异物、导线损伤等问题；气象监测设备能采集风速、温度、湿度等数据，为线路抗灾提供依据。故障快速定位则基于行波测距、阻抗测距等技术，当线路发生故障时，快速确定故障位置。通过将监测数据与定位技术结合，缩短故障排查与修复时间，减少因线路故障造成的供电损失，提升输电线路的运行可靠性。

4.2 配电网络的自动化重构与负荷均衡

配电网络的自动化重构与负荷均衡技术是提升配电效率的核心。配电网络结构复杂，负荷分布不均易导致局部线路过载。该技术通过智能开关、馈线终端等自动化设备，实时监测配电网络的运行状态与负荷分布。当出现负荷过载或线路故障时，自动调整开关状态，实现配电网络的重构，将负荷转移至负载较轻的线路。同时，结合用户用电规律，采用负荷预测技术，提前调整配电策略，实现负荷均衡分配。这一技术能有效降低配电网络的线损，避免设备因过载损坏，提升配电网络的供电可靠性与经济性。

4.3 用户侧用电信息采集与互动服务实现

用户侧用电信息采集与互动服务实现技术拉近了电网与用户的距离。通过智能电表等采集设备,实时采集用户的用电数据,包括用电量、用电时段等信息。这些数据通过电力通信网络传输至供电企业,为电费结算、用电分析提供依据。互动服务则基于用电信息,为用户提供多元化服务。例如,向用户推送用电明细与节能建议,引导用户错峰用电。支持用户通过手机APP等渠道查询用电信息、办理用电业务。该技术不仅提升了供电服务效率,还能培养用户的节能意识,实现电网与用户的良性互动,促进电力资源的优化配置。

5 电气及其自动化技术在智能电网中的应用挑战与发展方向

5.1 技术融合的兼容性与稳定性问题

电气及其自动化技术与智能电网融合过程中,兼容性与稳定性问题较为突出。智能电网中存在大量不同厂家生产的设备与系统,这些设备与系统的通信协议、数据格式存在差异,导致信息交互困难,影响技术融合效果。同时,随着接入电网的设备数量增多,系统复杂度提升,易出现数据拥堵、控制指令冲突等问题,降低电网运行稳定性。此外,部分老旧设备的自动化改造难度大,与新技术、新设备的兼容性差,制约了融合进程。解决这些问题需制定统一的技术标准,加强设备与系统的兼容性设计,同时优化系统架构,提升系统的抗干扰能力与稳定性。

5.2 海量数据处理与安全防护挑战

智能电网运行过程中会产生海量的运行数据、用户数据等,这些数据的处理与安全防护面临较大挑战。海量数据不仅数据量庞大,还具有多源、异构的特点,传统的数据处理技术难以满足实时分析需求,导致数据价值无法充分挖掘。数据安全方面,智能电网与互联网深度融合,数据传输过程中易遭受黑客攻击、数据泄露等安全威胁。一旦用电数据或电网运行数据被窃取或篡改,可能影响电网安全运行与用户信息安全。因此,需引入大数据处理技术,提升数据处理效率,同时构建全方位的安全防护体系,采用加密、身份认证等技术,保障数据安全。

5.3 面向未来的技术创新与发展路径

面向未来,电气及其自动化技术在智能电网中的应用需以技术创新为核心,明确发展路径。技术创新方面,

应加强人工智能、大数据、物联网等新技术与电力技术的融合,开发智能决策系统、自适应控制技术等,提升电网的智能化水平。重点突破新能源并网控制、储能协同调控等关键技术,适应新能源大规模发展需求。发展路径上,需完善技术标准体系,推动技术规范化发展。加强产学研合作,促进技术成果转化。同时,加大研发投入,培养专业技术人才,为技术创新提供支撑。通过持续的技术创新与科学的发展规划,推动智能电网向更高效、更智能、更绿色的方向发展。

6 结论

本文围绕电气及其自动化在智能电网中的关键技术与应用展开研究,明确了两者融合的核心价值与现实意义。智能电网的发展离不开电气及其自动化技术的支撑,其关键技术体系涵盖智能感知、精准控制、信息交互等多个方面,这些技术在发电、输配电等环节的应用,有效提升了电网的运行效率与可靠性。研究发现,当前两者融合过程中仍面临兼容性、数据安全等挑战。未来需通过技术创新、标准完善等措施,推动技术升级。本文的研究成果为电气及其自动化技术在智能电网中的应用提供了理论参考,助力智能电网更好地适应能源结构调整与社会发展需求,为能源行业的高质量发展奠定基础。

参考文献

- [1] 丁艳玲,郭夕琴,李银露.人工智能背景下电气自动化专业课程数字化改造研究[J].家电维修,2025,(11):32-34.
- [2] 曹旭.电气工程自动化中人工智能运用[J].智慧中国,2025,(08):58-59.
- [3] 高华鑫,孙晓帅.智能电网技术在工业电气系统中的应用与节能效果[J].中国宽带,2025,21(08):115-117.
- [4] 韩效成.基于智能化的机械设备电气自动化技术应用研究[J].冶金设备管理与维修,2025,43(03):73-75+78.
- [5] 陈伟.电气工程自动化在智能电网中的应用与前景展望[J].工程建设与设计,2025,(08):60-62.
- [6] 何思远.电气工程及其自动化技术下的电力系统自动化发展分析[J].电子元器件与信息技术,2025,9(04):211-213.