

新时期电气自动化及电气自动化发展趋势

冯维会¹ 续中华¹ 王 刚¹ 林昌盛² 白杨杨²

1. 北京龙泓电力咨询有限公司 山东 济南 250000

2. 中国电建集团核电工程有限公司 广东 湛江 524000

摘 要：新时期电气自动化在技术革新与产业升级中扮演关键角色。本文围绕电气自动化展开研究，首先阐述其在新时期的定义与内涵；接着分析传感器、执行器、控制理论及通信网络等关键技术；然后探讨其在工业制造、能源电力、交通运输和建筑智能家居等领域的典型应用场景；最后聚焦核心发展趋势，包括智能化深化、能源互联网融合、工业互联网与数字孪生应用、电动汽车协同以及跨学科技术赋能等，旨在为电气自动化领域的理论与实践发展提供参考。

关键词：电气自动；关键技术；应用场景；发展趋势

引言：随着科技飞速发展，人类社会步入全新时期，电气自动化作为现代工业与科技的核心驱动力，正经历深刻变革。从传统工业生产到智能城市建设，从能源管理到交通运输，电气自动化技术无处不在，极大地提升了生产效率、改善了生活质量。新时期，面对智能化、绿色化、网络化等新需求，电气自动化技术不断创新突破，与新兴技术深度融合，催生出众多新应用与新模式。深入探究新时期电气自动化的概念、关键技术、应用场景及发展趋势，对于把握行业动态、推动产业升级具有重要意义。

1 新时期电气自动化的概念

新时期电气自动化是传统电气自动化在新时代科技浪潮推动下的深度拓展与革新，它融合了多学科前沿技术，构建起一个高度集成化、智能化、网络化的复杂系统，旨在实现对电气系统更高效、精准、灵活的控制与管理。从技术层面看，新时期电气自动化不再局限于单一的电气控制，而是将传感器技术、通信技术、计算机技术、人工智能技术等深度融入其中。通过传感器，能实时、精准地获取电气系统及周边环境的各类信息；借助先进的通信技术，实现设备之间、设备与控制系统之间的高速数据传输与共享；利用计算机强大的运算能力，对海量数据进行快速处理与分析；再结合人工智能算法，赋予系统自主决策和智能控制的能力。从应用范畴来讲，新时期电气自动化的应用领域极为广泛，不仅涵盖传统的工业制造、能源电力等行业，还在交通运输、建筑与智能家居、医疗卫生等新兴领域发挥着重要作用。它能够根据不同行业的需求，提供定制化的解决方案，实现生产过程的自动化、智能化，提高能源利用效率，提升人们的生活品质^[1]。

2 新时期电气自动化的关键技术

2.1 传感器技术

传感器技术是新时期电气自动化获取外界信息的关键基础。它如同系统的“感知器官”，能精准捕捉各类物理、化学参数。现代传感器技术朝着高精度、高可靠性、多功能化方向发展。高精度传感器借助先进的材料与制造工艺，如纳米材料和微机电系统（MEMS）技术，可将测量误差控制在极小范围内，满足精密制造、航空航天等领域对数据准确性的严苛要求。高可靠性传感器通过优化设计和冗余配置，能在恶劣环境如高温、高压、强电磁干扰下稳定工作，保障工业生产的连续性。多功能化传感器则集成了多种传感功能，可同时测量温度、压力、湿度等多个参数，减少设备数量和布线复杂度。

2.2 执行器技术

执行器技术是电气自动化系统实现动作控制的核心环节。它将控制信号转化为机械运动或其他物理量的变化，直接作用于被控对象。新时期执行器技术注重提高响应速度、控制精度和可靠性。电动执行器采用先进的电机驱动技术和闭环控制算法，能快速、准确地响应控制指令，实现位置、速度和转矩的精确控制，广泛应用于工业自动化生产线、机器人等领域。气动执行器以压缩空气为动力，具有结构简单、动作迅速、防火防爆等优点，在化工、食品等行业应用广泛。液压执行器则凭借其输出力大、响应平稳的特点，常用于大型机械设备和重型装备中。同时，执行器的智能化程度不断提高，具备故障诊断、自适应调节等功能，可有效提升系统的运行效率和稳定性。

2.3 控制理论与技术

控制理论与技术是电气自动化的“大脑”，决定着系统的性能和智能化程度。新时期，传统控制理论不断优化，现代控制理论蓬勃发展。经典PID控制算法通过改进参数整定方法，提高了对复杂系统的控制精度和适应性。状态空间法、最优控制等现代控制理论为高精度、多变量系统的控制提供了有力工具，在航空航天、电力系统等领域得到广泛应用。智能控制理论的兴起更是为电气自动化带来了新的变革，模糊控制、神经网络控制、专家控制等智能控制方法能够处理不确定、非线性复杂系统，模仿人类的决策和推理过程，实现对系统的自适应、自学习控制，大大提升了系统的智能化水平和应对复杂环境的能力。

2.4 通信与网络技术

通信与网络技术是新时期电气自动化系统实现信息交互和远程控制的重要支撑。随着工业互联网的发展，对通信的实时性、可靠性和带宽提出了更高要求。现场总线技术如Profibus、CAN等，实现了工业现场设备之间的数字化通信，提高了系统的集成度和抗干扰能力。工业以太网以其高速、大容量的特点，逐渐成为工业通信的主流技术，支持实时通信和多种协议，可实现设备层、控制层和管理层之间的无缝连接。无线通信技术如Wi-Fi、ZigBee、5G等的应用，为电气自动化系统提供了更灵活的组网方式，特别适用于移动设备、分布式系统和远程监控场景。

3 新时期电气自动化的典型应用场景

3.1 工业制造领域

新时期电气自动化在工业制造领域是提升效率与质量的关键力量。生产线上，自动化设备通过电气控制系统精准协同作业，机械臂按预设程序完成物料抓取、装配，传送带有序输送产品，极大提高了生产速度与一致性。电气自动化还能实现生产过程的实时监控，传感器实时采集温度、压力、振动等数据，反馈至控制系统，一旦出现异常立即调整参数或停机检修，保障生产安全与稳定。同时，借助先进的控制算法，可对生产流程进行优化，减少能源消耗与原材料浪费。在质量检测环节，电气自动化结合机器视觉技术，快速精准检测产品外观缺陷与尺寸偏差，实现100%在线检测，有效提升产品质量，增强企业在市场中的竞争力，推动工业制造向智能化、柔性化方向发展。

3.2 能源电力领域

能源电力领域中，新时期电气自动化发挥着保障稳定供电与高效利用能源的重要作用。发电环节，各类电厂利用电气自动化技术实现设备的智能运行与维护。

火电厂通过自动化系统精确控制锅炉燃烧，提高燃烧效率，降低污染物排放；水电厂依据水位、流量等信息自动调节水轮机出力，实现水资源的合理利用。输电环节，智能电网依托电气自动化构建实时监测与控制系统，能快速定位故障并自动隔离，减少停电范围与时间。配电环节，自动化配电系统根据负荷需求动态调整供电策略，提高供电质量与可靠性^[2]。

3.3 交通运输领域

新时期电气自动化为交通运输领域带来高效、安全与便捷的变革。铁路运输中，高速列车采用先进的电气自动化控制系统，实现列车的精准牵引、制动与运行控制，确保高速运行下的安全性与稳定性。自动化调度系统实时掌握列车位置与运行状态，优化列车运行图，提高铁路运输效率。城市轨道交通里，自动驾驶系统根据运行计划自动控制列车运行，提升运营准时性与舒适性；智能信号系统自动调整列车运行间隔，增强线路通过能力。公路交通方面，智能交通系统借助电气自动化技术实时监测交通流量，通过调整信号灯时长、发布交通诱导信息等方式缓解拥堵。

3.4 建筑与智能家居领域

新时期电气自动化在建筑与智能家居领域营造出舒适、便捷与安全的居住环境。智能建筑中，楼宇自控系统通过电气自动化技术集成管理空调、照明、通风等设备。传感器实时感知室内外环境参数，系统自动调节设备运行，实现节能与舒适的平衡。安防系统利用电气自动化集成视频监控、入侵报警等功能，实时守护建筑安全。智能家居领域，电气自动化让家居设备互联互通。用户可通过手机或语音控制灯光、窗帘、家电等设备，实现个性化场景设置。智能家电具备自动学习功能，能根据用户习惯调整运行模式，如智能冰箱自动管理食材、智能洗衣机选择合适洗涤程序。

4 新时期电气自动化的核心发展趋势

4.1 智能化与自主决策能力深化

新时期电气自动化正加速向智能化深度演进，自主决策能力成为关键突破点。设备层面，智能传感器具备自诊断、自校准功能，能实时感知环境变化并自动调整运行参数，如智能电机根据负载动态优化转速与扭矩，节能效果显著。系统层面，基于大数据与人工智能算法的决策系统，可对海量运行数据进行深度挖掘与分析，实现故障预测与健康管理。在电力系统中，该系统能提前数周察觉设备潜在故障，安排精准检修，避免非计划停机。控制层面，强化学习等算法赋予系统自主学习能力，使其在复杂多变的工况下自主优化控制策略。此

外,人机协作模式不断创新,操作人员可通过自然语言与自动化系统交互,系统理解意图后自主执行任务,大幅提升操作便捷性与效率,推动电气自动化向更高水平的智能化迈进。

4.2 能源互联网与新能源技术融合

能源互联网的发展促使电气自动化与新能源技术深度融合,构建清洁、高效、安全的能源体系。在能源生产端,电气自动化技术助力新能源发电设备实现高效运行与智能运维。光伏电站通过自动化跟踪系统,使光伏板始终保持最佳角度接收阳光,提升发电效率;风电场利用智能变桨与偏航控制,优化风能捕获。能源传输环节,柔性直流输电等先进电气自动化技术,解决新能源远距离、大规模输送难题,降低输电损耗。能源消费端,智能电表、分布式能源管理系统等实现用户侧能源的精细化管理。用户可根据实时电价与自身需求,自主调整用电设备运行时间与功率,参与需求响应。同时,能源互联网打破传统能源供需界限,通过虚拟电厂等技术聚合分布式能源资源,实现能源的优化配置与共享,提高能源利用效率,推动能源生产与消费模式的革命性变革。

4.3 工业互联网平台与数字孪生应用

工业互联网平台与数字孪生技术为电气自动化在工业领域的应用带来全新范式。工业互联网平台作为连接设备、数据与人的桥梁,汇聚海量工业数据,通过数据分析与挖掘为电气自动化系统提供优化决策支持。企业可借助平台实现设备的远程监控、故障诊断与预测性维护,降低运维成本,提高设备利用率。数字孪生技术则创建物理实体的虚拟映射,在产品设计阶段,通过数字孪生模型进行仿真测试,提前发现设计缺陷,优化产品性能,缩短研发周期。在生产过程中,数字孪生工厂实时模拟生产流程,根据订单需求与设备状态动态调整生产计划,实现柔性生产。此外,数字孪生还可用于员工培训,通过虚拟场景模拟操作过程,提高培训效果与安全性。工业互联网平台与数字孪生的深度融合,推动电气自动化向数字化、网络化、智能化转型升级。

4.4 电动汽车与交通电气化协同

电动汽车的快速发展与交通电气化进程紧密相连,电气自动化在其中发挥核心支撑作用。在电动汽车领域,先进的电池管理系统(BMS)通过电气自动化技术实现电池的精准监测与智能管理,延长电池使用寿命,

提高充电效率与安全性。充电基础设施方面,智能充电桩具备自动识别、计费、远程控制等功能,还能与电网互动,参与电力调峰。交通电气化层面,电气自动化推动轨道交通、船舶、航空等领域的电动化转型。智能轨道交通系统通过自动化信号控制与列车运行调度,提高运输效率与安全性;电动船舶采用先进的电力推进系统,实现零排放航行;电动飞机在研发过程中,电气自动化技术助力飞行控制系统、动力系统等相关部件的优化设计。

4.5 跨学科融合与新兴技术赋能

新时期电气自动化与其他学科的交叉融合日益紧密,新兴技术为其发展注入强大动力。与材料科学的融合,新型半导体材料如碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)的应用,使电力电子器件性能大幅提升,实现更高效率、更高频率的电能量转换,推动电动汽车充电桩、智能电网设备等向小型化、高效化发展。与信息技术的融合,5G、物联网技术实现设备之间的高速、稳定通信,构建万物互联的电气自动化网络,提升系统的实时性与可靠性。区块链技术保障能源交易的安全与透明,促进分布式能源的公平交易。与生物技术的融合,生物传感器在电气自动化监测领域展现潜力,可实现对生物信号、环境生物指标的精准检测^[3]。

结束语

在能源转型与工业4.0浪潮的双重驱动下,电气自动化正以智能化、网络化、绿色化为核心重塑产业格局。随着人工智能、数字孪生、区块链等技术的深度融合,电气自动化系统正从单一控制向全局优化演进,智能电网调度效率提升、工业机器人协作精度突破、电动汽车充电网络动态平衡等创新应用层出不穷。面对“双碳”目标与全球能源互联网建设,电气自动化人才需兼具电力电子、控制工程与跨学科能力,方能在特高压输电、氢能装备、脑机接口等前沿领域引领变革。

参考文献

- [1]马启航.新时期电气自动化的发展与应用[J].电子技术与软件工程,2021(12):115.
- [2]刘刚毅.我国电气自动化现状及发展趋势研究[J].企业技术开发,2021,32(17):165-167
- [3]刘颖,钟玉珍.电气自动化控制系统的应用及发展趋势探讨[J].电子测试,2021(07):198-199