

电气工程技术与电工电子技术应用研究

孙海辉

河北省承德市围场县，华润电力风能（承德围场）有限公司

摘要：电气工程和电工电子技术在电力系统、电机电力电子、高电压绝缘等领域的应用研究，推动了电网的智能化、电能利用的高效化和设备的高可靠性发展。电力系统自动化、电力电子、绝缘监测等技术与人工智能等新兴技术的融合，助力了能源互联网、智慧能源等新业态的形成，为安全、高效、绿色、智能的现代电网建设奠定了坚实基础。

关键词：电气工程；电工电子；智能电网；电力系统自动化；高电压绝缘

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.09.078

引言

“十四五”期间，我国将全面推进能源革命和电力现代化建设。国家发布的《中国电力发展“十四五”规划》明确提出，要加快建设现代能源体系，推动能源清洁低碳安全高效利用，智能电网是实现这一目标的重要支撑和关键路径。在此背景下，电气工程和电工电子技术的创新应用备受关注，在智能电网各环节发挥着不可替代的作用。

一、电气工程技术的应用研究

1. 电力系统及其自动化

电力系统及其自动化是电气工程领域的重要分支，在现代社会经济发展中发挥着不可替代的作用。随着电网规模不断扩大、新能源大规模接入以及用户对供电可靠性和电能质量要求的提高，电力系统日益呈现出复杂性和非线性特征，对自动化技术提出了更高要求。电力系统自动化综合应用了计算机、通信、控制等多学科技术，实现了电力生产、输电、变电、配电、用电等各个环节的实时监测、控制、调度与管理。其中，SCADA系统构建了覆盖发输配用各领域的信息采集与监控平台；EMS系统综合考虑经济性、安全性等因素对电网进行优化调度运行；变电站自动化和配电自动化分别针对高压变电站和配电网络实现了测量、保护、控制一体化和智能化；用电信息采集系统为电力需求侧管理、电费结算、负荷预测等业务提供了数据支撑。近年来，以大数据分析、人工智能为代表的先进信息技术在电力系统中得到创新应用，推动了能源互联网、泛在电力物联网、智慧能源等新业态、新模式的发展。电力系统自动化正在向更高层次的智能调度、广域协同、源网荷储一体化优化方向发展，必将在提高电网运行效率、支撑新能源消纳、保障电力安全可靠供应等方面发挥更大作用。

2. 电机与电力电子

电机和电力电子是电气工程的两大支柱技术，在工业生产、交通运输、电力拖动、家用电器等众多领域得到广泛应用。电机是将电能转换为机械能的电磁装置，

按结构和工作原理可分为直流电机、交流异步电机、交流同步电机等类型。在工业领域，交流异步电机以其结构简单、坚固耐用、运行可靠的特点成为应用最广泛的通用电机；在机器人、数控机床、伺服系统等领域，永磁同步电机因其功率密度高、效率高、动态响应快而备受青睐；在航空航天、电动汽车等特殊场合，开关磁阻电机因其在高速运行时损耗小、过载能力强而得到重视。电力电子技术通过功率半导体器件实现电能的变换、控制和调节，极大地拓展了电能利用的灵活性和有效性。在可再生能源发电领域，电力电子变流器是风力发电机组并网、光伏逆变器并网不可或缺的关键设备；在电气传动领域，PWM变频调速技术显著提高了电机系统的效率，实现了无级调速和能量回馈；在特高压输电领域，柔性直流输电、静止无功补偿等技术有效解决了长距离、大容量输电面临的技术挑战。随着电力电子器件向高频率、大容量、高可靠性方向发展，新型拓扑结构、控制策略不断涌现，电力电子正在向模块化、标准化、智能化方向演进，与先进技术携手共进，必将在节能增效、智能电网建设等方面发挥更大作用。

3. 高电压与绝缘技术

高电压与绝缘技术是保障电力系统安全稳定运行的基石。随着电力系统电压等级和输送容量不断提高，以及特高压、智能电网建设的快速推进，高电压设备和绝缘材料面临着严峻挑战。气体绝缘技术利用SF₆气体优异的绝缘性能和灭弧能力，实现了高电压开关设备、变压器、输电线路等设备的小型化和紧凑型设计，在节约土地资源、提高设备可靠性方面发挥了重要作用。固体绝缘材料如交联聚乙烯因其优异的电气性能和热稳定性，已广泛应用于高压电缆、变压器绝缘等领域，大幅提升了设备的绝缘性能和使用寿命。复合绝缘则通过多种绝缘介质的优化组合，在充分发挥各自优势的同时，实现了设备绝缘性能的整体提升。在特高压输电领域，为解决雷电、污秽等因素引起的绝缘子闪络问题，研发了高性能复合外绝缘、防雷措施等关键技术，有力保障

了输电线路的安全运行。随着人工智能、物联网等新一代信息技术的发展，状态检修向状态预知、主动预防方向升级，基于红外测温、局放检测等手段的状态监测和故障诊断技术日臻成熟，大幅提高了高电压设备的运维效率和智能化水平。未来，新型绝缘介质、纳米改性技术、多场耦合下绝缘机理等基础研究和应用技术的持续突破，将进一步推动高电压工程向更高电压等级、更大输电容量、更高可靠性和智能化方向发展，为构建安全、高效、绿色、智能的现代电网提供坚实支撑。

二、电工电子技术的应用研究

1. 电子信息与通信技术

电子信息与通信技术是现代信息化和数字化的核心支撑。随着移动互联网、物联网、云计算等新一代信息技术的蓬勃发展，电子信息与通信技术迎来了新的机遇和挑战。在无线通信领域，5G技术以其高速率、低时延、大连接的特点，推动了移动通信的革命性变革，为万物互联和智慧城市建设奠定了网络基础。在光通信领域，光纤传输技术不断突破带宽和距离的限制，满足了海量数据传输的需求。光纤传感技术在结构健康监测、油气管道泄漏检测等方面得到广泛应用。在信息处理领域，人工智能芯片、神经形态芯片等新型计算架构不断涌现，推动了图像识别、自然语言处理等智能应用的发展。量子通信、太赫兹通信等前沿技术也在不断取得突破。电子信息与通信技术与电气工程的交叉融合，催生了泛在电力物联网、智能变电站等新应用场景，为能源互联网和智能电网的建设提供了重要技术支撑。

2. 电子测量与仪器

电子测量与仪器技术是电气工程和电子信息领域的重要基础。随着电子技术的飞速发展，电子测量手段不断创新，测量精度和速度不断提升。在电能计量领域，智能电表采用新型传感技术和数字信号处理技术，实现了电能的精确计量和用电信息的自动采集，为智能电网的需求侧管理和能效分析提供了数据支撑。在电力系统监测领域，基于光纤电流/电压互感器、电子式互感器等新型传感器的在线监测装置，提高了电网运行状态的可观性和控制精度。在电气设备诊断领域，红外热成像、局部放电检测等先进仪器为变压器、电机等关键设备的状态评估和故障预警提供了有力工具。在环境监测领域，电化学传感器、激光雷达等仪器在大气污染物和温室气体监测中发挥着重要作用。此外，虚拟仪器技术通过软硬件的融合，极大地提高了测量系统的灵活性和可扩展性。电子测量与仪器技术与物联网、大数据分析等技术的结合，推动了智能传感器网络和测控一体化系统的发展，为工业自动化和环境保护等领域提供了重要的技术手段。

3. 电子材料与器件

电子材料与器件是电子信息产业和电气工程技术的物质基础。微电子制造技术的不断突破，推动了集成电路特征尺寸的持续缩小，芯片集成度和性能得到大幅提升。先进封装技术如三维集成、系统级封装等，进一步提高了电子系统的集成密度和功能密度。宽禁带半导体材料如碳化硅、氮化镓等，以其优异的禁带宽度和击穿电场强度，在高温、高频、大功率等极端应用环境下展现出巨大潜力，有望突破硅基器件的性能极限。在新型显示领域，柔性显示、微型化显示等技术不断取得进展，为可穿戴设备和虚拟现实等应用开辟了广阔空间。在照明领域，LED光源以其高效、环保、长寿命等优点，加速了传统照明向固态照明的转变。压电材料、磁性材料、超导材料等功能材料也在传感器、能量存储、医疗诊疗等领域得到广泛应用。电子材料与器件技术的创新，不仅推动了电子产品的小型化、智能化发展，也为电力电子、电机驱动、微电网等电气工程技术的升级换代提供了关键支撑。

三、电气工程技术与电工电子技术的融合应用

1. 智能电网的构建与运营

智能电网是电气工程技术与电工电子技术融合应用的典型代表。它通过先进的传感、通信、控制和信息技术，将发电、输电、配电、用电等环节进行全面互联和智能化管理，实现了电网的可靠、高效、经济、环保运行。在发电侧，智能电网利用大数据分析和机器学习技术，优化调度可再生能源如风电、光伏发电等间歇性电源，提高其并网比例和电网友好性。在输电侧，智能电网采用柔流输电、高压直流输电等技术，提高输电容量和可控性，实现电力的优化配置和远距离传输。在配电侧，智能电网通过配电自动化和微电网技术，提高供电可靠性和电能质量，实现分布式能源的就地消纳和多元互补。在用电侧，智能电网利用需求侧响应和智能用电技术，引导用户合理用电，削减峰值负荷，提高电网效率。智能电网还集成先进的电力电子器件，如柔流输电、固态变压器等，提升电网的灵活性和韧性。此外，智能电网高度依赖电工电子测量和通信技术，实现电网的全域感知和数字化运营。综上所述，智能电网的构建和运营充分体现了电气工程技术与电工电子技术的交叉创新，标志着能源革命和数字革命的深度融合，为实现能源清洁低碳转型和电网现代化升级提供了重要技术途径。

2. 新能源发电系统的集成与优化

新能源发电是实现能源低碳转型的重要路径，但其出力的间歇性和波动性给电网运行带来了新的挑战。电气工程技术与电工电子技术的融合应用，为新能源发电

系统的集成与优化提供了有效解决方案。在风力发电领域,采用双馈异步发电机、永磁同步发电机等先进发电技术,提高了风电机组的发电效率和电网适应性。同时,风电场集群运行优化技术和虚拟同步发电技术,提升了风电的等效惯性和一次调频能力,增强了其对电网频率的支撑能力。在光伏发电领域,智能光伏逆变器集成了最大功率跟踪、无功功率调节等多项功能,提高了光伏电站的发电效率和电能质量。此外,光储一体化和“光伏+储能”技术,通过锂离子电池、液流电池等先进储能装置,提高了光伏发电的出力稳定性和电网友好性。在生物质能、地热能等其他新能源发电领域,电气工程技术的优化设计和电工电子技术的智能控制,也有效提升了发电效率和电网适应性。随着大规模新能源发电的渗透和接入,源网荷储协调控制技术成为新能源消纳的关键。电力电子变流器、柔流输电等技术在新能源并网中发挥着重要作用。综上所述,电气工程技术与电工电子技术在新能源发电系统的集成优化中深度融合,助力新能源高效开发和大规模消纳,为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系贡献了重要力量。

3. 工业自动化与智能制造的实现

工业自动化和智能制造是实现工业转型升级和高质量发展的关键举措,离不开电气工程技术与电工电子技术的深度融合和集成创新。在工业自动化领域,可编程逻辑控制器(PLC)、分布式控制系统(DCS)等自动化装置广泛应用于生产过程控制和设备监控,提高了生产效率和产品质量。现场总线技术和工业以太网技术实现了工业现场设备的互联互通和数据共享,奠定了工业物联网的通信基础。在智能制造领域,数控机床、工业机器人等高端装备集成了伺服电机、变频器、机器视觉等电气与电子技术,实现了加工制造过程的高度自动化和智能化。3D打印技术中的熔丝沉积、激光烧结等方法,利用精密电机控制和高能束控制技术,实现了复杂结构件的快速成型制造。在工业软件领域,数字孪生、虚拟现实等新技术高度依赖工业数据采集和高速计算处理能力,电工电子技术在传感器、嵌入式系统等方面提供了重要支撑。在能源管理方面,工业能效监测和能量流优化技术,通过先进的电参量测量和控制算法,实现了工业系统的节能降耗。此外,预测性维护、远程运维等智能运维技术集成了状态监测、故障诊断、智能决策等方法,提高了工业装备的可靠性和可用性。

4. 电气安全与电磁兼容性的保障

电气安全和电磁兼容性是电气工程和电子信息技术应用中必须高度重视的问题,事关人身安全、设备可靠性和系统稳定性。电气安全涉及触电防护、过电流保

护、接地保护等多个方面。在高压输电领域,采用绝缘子、避雷器等关键部件,提高了输电线路的防雷击和防污闪能力。在配电领域,应用剩余电流动作保护器、故障电弧探测器等先进装置,有效防范触电、电气火灾等危害。在低压用电领域,大力推广使用具有断路、短路保护功能的塑料外壳式断路器,提升了用电安全水平。此外,电气火灾监控系统、智慧用电安全系统等新技术应用,进一步强化了电气安全防护能力。电磁兼容性问题涉及电磁骚扰和电磁敏感性两大类。在电力电子设备中,应用软开关技术、无源滤波技术等手段,降低了开关过程中的高频骚扰。在变电站等高电压设施中,合理设置地网和屏蔽层,减少了对通信、铁路等邻近设施的电磁干扰。在微电子电路设计中,采用合理的PCB布线、接地方式,提高了抗电磁干扰能力。在电磁敏感设备如医疗器械、军工电子等领域,采用屏蔽机柜、光电隔离等防护措施,确保了设备在复杂电磁环境下的稳定运行。电磁兼容标准与测试技术的完善,为产品的电磁兼容设计提供了重要依据。综上所述,电气工程技术与电工电子技术在电气安全与电磁兼容性保障中相互交织,共同织就了一张保护电气系统和电子设备安全稳定运行的“安全网”,为电气工程和电子信息技术的发展保驾护航。

结束语

电气工程和电工电子技术是支撑智能电网建设和现代能源体系构建的核心力量。未来,二者必将在更广泛的领域实现革命性融合,孕育更多原创性、引领性技术成果,为电力现代化和能源革命提供强大动力,让清洁、高效、智能的能源利用成为美好生活的鲜明底色,书写人民对美好生活向往的崭新篇章。

参考文献

- [1]张庆胜. 电力电子技术在电气工程中的应用[J]. 电子技术, 2021, 50(10): 168-169.
- [2]肖翔. 电子技术的优势及其在电气工程自动化控制中的应用[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(08): 131-132.
- [3]刘建. 刍议电气工程训练与电工电子技术教学[J]. 农业工程与装备, 2021, 48(04): 66-68.
- [4]张卫华. 电气工程训练与电工电子技术应用研究[J]. 设备管理与维修, 2021, (21): 22-23.
- [5]韩迎朝. 电气工程技术与电工电子技术应用研究[J]. 科技创新与应用, 2021, (03): 148-150.
- [6]何晓婵. 电气工程训练与电工电子技术的实践分析[J]. 科技经济市场, 2020, (10): 11-12.