

电气工程电气技术发展研究

马玉祥

宁夏德贤建筑工程有限公司 宁夏 银川 750002

摘要: 电气工程作为现代科技的基石,其发展深刻重塑了人类社会的能源利用方式与生产生活模式。本文系统梳理了电气工程电气技术的发展历程,从早期静电现象研究到现代智能电网、新能源并网技术的演进。分析了电力系统、电力电子、电气控制与测量技术的核心,包括特高压输电、宽禁带半导体器件、智能控制算法等关键领域。指出电气技术正朝着智能化、绿色化、集成化与微型化方向加速发展,在工业自动化、清洁能源开发、智慧交通等领域展现出广泛应用前景。

关键词: 电气工程;电气技术发展历程;技术;发展趋势

引言

从18世纪富兰克林的风筝实验到21世纪智能电网的普及,电气技术经历了从基础理论突破到系统集成的跨越式发展。当明全球能源危机与碳中和目标驱动下,电气工程正面临新一轮技术革命:电力电子器件的微型化、人工智能与电气系统的深度融合、新能源并网技术的创新,均为产业升级提供了新动能。本文通过梳理电气工程的技术演进脉络,分析其核心领域的发展现状与未来趋势,旨在为行业创新与可持续发展提供理论参考。

1 电气工程电气技术的发展历程

电气工程电气技术的发展历程是一部人类不断探索、创新与进步的历史,它深刻地改变了人类社会的面貌,具体如下:(1)早期电气技术的起源早期。古代人们对静电现象有了初步的观察,但真正系统的研究始于近代。18世纪,富兰克林进行了著名的风筝实验,他在雷雨中放飞带有金属钥匙的风筝,成功证明了雷电与静电的本质相同,这一勇敢而伟大的实验不仅揭示了雷电的奥秘,还为电学的发展开辟了新的道路。之后,伏特发明了伏特电池,这是人类历史上第一个能产生稳定、持续电流的电源装置。伏特电池的出现,使得科学家们能够更深入地研究电流的性质和作用,为后续的电气发明和应用提供了关键条件。这些早期的电气实验和发明,虽然在当时看似简单,却如同星星之火,点燃了电气工程发展的燎原之势。(2)电力时代的开端与发展。1831年,法拉第发现了电磁感应现象,这一伟大发现为发电机的发明奠定了理论基础。随后人们根据电磁感应原理制造出了早期的发电机。发电机能够将机械能转化为电能,为大规模的电力供应提供了可能。与此同时,电动机的发明实现了电能到机械能的转换,使得电力在工业生产中得到了广泛应用。电力作为一种高效、便捷

的能源,逐渐取代了蒸汽动力,推动了第二次工业革命的蓬勃发展。工厂的生产效率大幅提高,生产规模不断扩大,人类社会进入了一个全新的发展阶段。电力系统也在这一时期初步建立,包括发电、输电、变电和配电等环节,为电力的稳定供应和合理分配提供了保障。

(3)现代电气技术变革与创新。集成电路的发明是这一时期的重要里程碑,它将大量的电子元件集成在一块微小的芯片上,使得电子设备的体积大幅减小,性能却得到了极大提升。电力电子技术的发展则使得电能的变换和控制更加高效、灵活,广泛应用于电力系统、交通运输、工业自动化等领域^[1]。计算机技术的飞速发展也为电气系统的智能化和自动化提供了强大的支持,通过编程和算法,电气设备能够实现自主控制和优化运行。

2 电气工程电气技术

2.1 电力系统技术

电力系统技术构建起电能从产生到使用的完整链条。(1)发电环节融合多种技术路径。传统火力发电依托蒸汽动力循环,通过燃煤、燃油或燃气加热水产生蒸汽,推动蒸汽轮机旋转,进而带动发电机发电,其技术成熟且在全球电力供应中占比长期居高。水力发电基于水轮机将水的势能与动能转化为机械能,通过传动机构驱动发电机,具备可再生、清洁且调节性能良好的特点。核能发电利用核反应堆中核燃料的裂变反应释放热能,加热冷却剂产生蒸汽驱动汽轮发电机组,具有能量密度高、稳定供电的优势。新能源发电技术中,风力发电借助空气动力学设计的叶片捕获风能,经增速齿轮箱提升转速后驱动发电机;太阳能光伏发电基于半导体材料的光伏效应,将光能直接转化为电能,二者发展迅猛,逐渐成为电力供应的重要补充力量。(2)输电技术。特高压输电技术凭借1000千伏及以上交流电压或

± 800 千伏及以上直流电压,显著降低输电损耗、提升输电容量与距离。特高压交流输电依靠三相交流电路传输电能,适用于构建区域互联电网;特高压直流输电采用点对点传输模式,可有效避免交流输电的稳定问题,实现非同步电网互联。柔性直流输电技术基于电压源换流器(VSC),具备四象限运行、独立控制有功与无功功率的能力,支持分布式电源与微电网灵活接入。(3)配电系统。智能配电网技术借助传感器、通信网络与智能控制装置,实现对配电线路、设备的实时监测与控制。通过故障定位、隔离与自动恢复供电技术,大幅提升供电可靠性;依托分布式电源并网控制、负荷侧管理技术,促进分布式能源就地消纳与电能高效利用。

2.2 电力电子技术

电力电子技术以电力电子器件为基石,实现电能形态的灵活转换与精准控制。电力电子器件历经多代更迭,从早期的晶闸管、功率二极管,到IGBT(绝缘栅双极型晶体管)等复合型器件,再到以碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)为代表的宽禁带半导体器件。宽禁带器件凭借高击穿场强、高电子迁移率与高热导率特性,可在更高电压、频率与温度环境下稳定运行,显著提升电力电子装置的功率密度、效率与可靠性。

电力电子变换技术包含整流、逆变、斩波、变频四大核心类型。整流技术将交流电转换为直流电,不可控整流采用二极管整流桥实现,可控整流借助晶闸管等可控器件调节输出电压;逆变技术实现直流到交流的转换,通过脉宽调制(PWM)技术精确控制输出交流电的频率、幅值与相位;斩波技术通过周期性开通、关断电力电子器件,实现直流电压的升降压变换;变频技术基于整流-逆变环节,实现交流电机的调速运行,满足不同负载工况需求。

在控制技术层面,矢量控制通过坐标变换将交流电机定子电流分解为励磁与转矩分量,实现对电机磁通与转矩的独立控制;直接转矩控制直接检测电机定子磁链与转矩,通过优化开关表实现快速动态响应;模型预测控制基于系统数学模型,预测多个控制序列下的系统输出,选择最优控制策略,可有效应对系统非线性、多变量与干扰问题。

2.3 电气控制技术

电气控制技术致力于实现电气设备与系统的自动化、智能化运行。(1)控制理论,经典控制理论以传递函数为数学模型,运用根轨迹法、频率响应法设计控制器,解决单输入单输出线性定常系统的控制问题;现代控制理论基于状态空间方程,采用最优控制、自适应控

制等策略,实现对多输入多输出、非线性时变系统的精确控制;智能控制理论突破传统数学模型限制,模糊控制基于模糊集合与模糊推理处理不确定性问题,神经网络控制通过模拟生物神经元结构实现复杂非线性映射,专家系统整合领域专家知识与经验,实现智能决策与故障诊断。(2)可编程逻辑控制器(PLC)作为核心控制设备。通过扫描输入、执行用户程序、刷新输出的循环工作方式,实现逻辑控制、顺序控制、定时计数等功能。其模块化设计、梯形图编程语言与高可靠性,使其成为工业自动化领域的主流控制装置。(3)在电气传动控制领域。交流调速技术凭借交流电机结构简单、维护方便、成本低廉的优势,逐步取代直流调速技术。交流异步电机基于转子感应电流与旋转磁场相互作用实现能量转换,永磁同步电机利用永磁体产生励磁磁场,配合矢量控制或直接转矩控制策略,可达到与直流电机媲美的调速性能。伺服控制技术通过伺服电机、驱动器与反馈装置构成闭环系统,实现位置、速度与转矩的高精度控制,广泛应用于数控机床、工业机器人等高端装备。

2.4 电气测量技术

电气测量技术是获取电气系统与设备运行信息的关键手段。(1)电气参数测量。电压测量通过电压互感器实现高电压到低电压的变换,采用电磁式、电容式或电子式原理;电流测量借助电流互感器或霍尔效应传感器,实现大电流的隔离测量;功率测量通过模拟乘法器或数字采样计算电压、电流乘积;频率与相位测量利用锁相环、过零检测或数字信号处理算法实现精确测量。

(2)电气设备状态监测。局部放电测量采用脉冲电流法捕捉放电脉冲信号,高频电流法检测电缆接头等部位的高频电流,超高频法通过接收放电产生的超高频电磁波定位放电位置;温度测量利用热电偶的热电效应、热电阻的电阻-温度特性或红外热成像技术获取设备表面温度分布;振动测量借助加速度传感器采集振动信号,通过频谱分析诊断轴承磨损、转子不平衡等机械故障。(3)智能化电气测量技术。智能电表集成计量、通信、控制功能,支持双向计量、阶梯电价与远程费控;网络化测量系统基于工业以太网、现场总线等通信协议,实现分布式测量节点的数据共享与协同控制;虚拟仪器技术融合计算机硬件、软件与模块化仪器,通过图形化编程环境自定义测量功能,提升测量系统的灵活性与扩展性^[2]。

3 电气工程电气技术的应用领域

电气工程电气技术作为现代科技的核心领域之一,其应用广泛渗透到以下社会的各个层面,深刻影响着人们的生活。(1)在工业领域。自动化生产线依靠先

进的电气控制技术实现高效运转,通过可编程逻辑控制器(PLC)精确控制生产流程,提高了生产效率和产品质量。电动机作为工业动力的主要来源,在各类机械设备中广泛应用,电力电子技术的发展使得电机调速更加精准,进一步降低了能耗。工业机器人的操作和控制也离不开电气技术,它们能够完成复杂的生产任务,减少人工操作,提高生产的安全性和稳定性。(2)在能源领域。在发电环节,不同类型的发电厂都依赖电气技术实现稳定发电。火力发电厂通过电气控制系统实现对锅炉、汽轮机等设备的自动化运行;水力发电厂利用电气测量技术监测水位、流量等参数,确保发电机组的高效运行。新能源发电如风力发电和太阳能发电中,电气技术用于实现电能的转换、存储和并网。电力系统的输电和配电环节也离不开电气技术,高压输电技术能够减少输电损耗,智能电网利用电气通信技术实现对电力的实时监测和优化调度。(3)在交通运输领域。电动汽车采用电力电子技术实现电池的充放电管理和电机的驱动控制,提高了能源利用效率,减少了尾气排放。高铁等轨道交通依赖先进的电气牵引系统实现高速运行,电气信号系统保障了列车运行的安全和调度的高效。机场的导航、通信等设备也都基于电气技术,确保飞机的安全起降和航行。(4)在建筑领域。智能建筑通过电气自动化系统实现对照明、空调、电梯等设备的集中控制,提高了能源利用效率。电气消防系统能够实时监测火灾隐患,及时发出警报并采取灭火措施,保障人员生命和财产安全^[3]。电气安防系统如监控摄像头、门禁系统等,增强了建筑的安全性。

4 电气工程关键技术的发展趋势

随着科技的飞速发展,电气工程关键技术正呈现出多维度的发展趋势,深刻影响着能源利用、工业生产和社会生活的各个方面。(1)智能化。在电力系统中,智能电网的建设成为焦点。借助先进的传感器、通信技术和数据分析手段,智能电网能够实现对电力生产、传输、分配和消费的实时监测与智能调控。根据用户的用电习惯和实时需求,自动调整电力供应,提高能源利用

效率。在工业自动化领域,智能机器人和自动化生产线通过集成人工智能和机器学习算法,能够自主学习和适应不同的生产任务,实现高效、精准的生产操作。(2)绿色化。面对全球能源危机和环境保护的压力,清洁能源的开发和利用成为关键。太阳能、风能、水能等可再生能源发电技术不断取得突破,电力电子技术的进步使得这些清洁能源能够更高效地转换为电能并入电网。节能技术在电气工程中得到广泛应用,高效电机、智能照明系统等能够有效降低能源消耗,减少对环境的影响。(3)集成化。电力电子设备与电气控制设备的集成度越来越高,形成了一体化的解决方案。例如,将逆变器、控制器和传感器集成在一个模块中,不仅减小了设备体积,还提高了系统的可靠性和稳定性。不同领域的技术也在不断融合,如电气工程与信息技术、材料科学的交叉融合,催生了新的技术和产品。(4)微型化和高性能。随着半导体技术的进步,电气设备的体积越来越小,但性能却不断提升^[4]。微型化的电气设备在便携式电子设备、医疗设备等领域具有广阔的应用前景。

结束语

电气工程电气技术的发展历程,是一部人类探索能源高效利用与智能控制的创新史。从传统火力发电到新能源并网,从机械控制到人工智能驱动,技术迭代不断突破物理与认知边界。随着智能化、绿色化、集成化与微型化趋势的深化,电气技术将在能源互联网、工业4.0、智慧城市等领域释放更大潜力。但技术进步亦需直面能源安全、系统稳定性与跨学科协同等挑战。

参考文献

- [1]沈祥云.电气工程电气技术发展研究[J].电脑校园,2019(9):2513-2514.
- [2]刘雪丽.建筑智能数字化电气工程技术发展研究[J].魅力中国,2019(35):342-343.
- [3]杨新野.建筑智能数字化电气工程技术发展研究[J].数字化用户,2019,25(22):148.
- [4]朱江.建筑智能数字化电气工程技术发展研究[J].建筑工程技术与设计,2020(28):2502.