

智能电网关键技术探析

杨海霄 王钰龙

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘要：智能电网作为电力系统的重要发展方向，对提升能源利用效率和供电可靠性意义重大。本文首先阐述了智能电网的定义与特点，随后深入剖析量测、通信、信息管理、电力电子、智能调度与广域防护、高级配电自动化、高级读表体系和需求侧管理等关键技术。同时探讨其面临的技术挑战，如电压等级优化、数据完善和调度平台升级，以及经济挑战，包括高投资成本与效益评估。并提出政策支持、技术创新、跨行业合作等解决方案，旨在推动智能电网的持续发展与完善。

关键词：智能电网；关键技术；探析

引言：随着全球能源需求的增长和对可持续发展的追求，传统电网面临诸多局限。智能电网应运而生，它借助先进的信息技术、通信技术和控制技术，实现电力系统的智能化运行与管理。智能电网具有自愈性、兼容性、高效性等显著特点，能够有效整合各类能源资源，优化电力分配，提高供电质量。然而，其建设与发展涉及多项关键技术的突破与应用，同时也面临着技术与经济等方面的诸多挑战，亟待深入探究与应对，以充分发挥智能电网在现代能源体系中的核心作用。

1 智能电网的定义与特点

智能电网是将先进的传感测量技术、通信技术、信息技术、计算机技术和控制技术与物理电网高度集成而形成的新型电网。它以物理电网为基础，利用各种智能化手段实现对电力从发电、输电、变电、配电到用电全过程的监测、控制、优化和保护，从而构建一个安全、可靠、高效、经济、环保且具有自愈能力的电力网络系统。智能电网具有诸多显著特点。其具有高度的自愈性，能够自动检测并快速隔离故障区域，通过自我修复和调整，减少停电时间和范围，保障电力供应的连续性。兼容性强，可容纳多种不同类型的发电形式，无论是传统的火电、水电，还是新兴的风电、太阳能发电等可再生能源，都能有效接入并协调运行。具备高效性，通过智能的电力调度和优化分配，降低电网传输损耗，提高能源利用效率。智能电网还呈现出互动性，用户与电网之间能够实现双向通信和信息交互，用户可根据实时电价信息调整用电行为，电网也能更好地了解用户需求，提供个性化的电力服务，同时在环保性方面，有利于促进清洁能源的大规模接入和消纳，推动能源结构的绿色转型^[1]。

2 智能电网的关键技术分析

2.1 量测技术

量测技术在智能电网中起着至关重要的作用。它主要是通过各类高精度的传感器对电网运行中的各类参数进行准确、实时的测量，比如电压、电流、功率、频率以及设备的运行状态等。先进的量测技术能够实现对电网全环节的覆盖，从发电端的发电机组运行参数监测，到输电线路上的实时电量传输情况把控，再到配电侧和用户端的细致量测。在智能电表的应用方面，其可以精确记录用户的用电数据，并且实现分时计量，为阶梯电价等策略提供可靠依据。同时，相量测量单元（PMU）能够对电网的同步相量进行快速采集，为电网的动态监测、故障分析以及稳定控制提供关键数据。

2.2 通信技术

通信技术是智能电网的“神经系统”，确保了电网各部分之间信息的高效传递。智能电网涵盖了多种通信方式，有光纤通信、无线通信等，以适应不同的应用场景需求。光纤通信凭借其高带宽、低损耗、抗干扰能力强的特点，常用于输电线路的通信以及变电站等重要节点间的信息交互，能快速准确地传输大量的电网运行数据、控制指令等。无线通信技术则在一些分散、不易布线的区域发挥优势，像智能电表与电网网站之间的数据传输，利用无线通信可便捷实现。电力线载波通信（PLC）更是利用现有的电力线路进行数据传输，降低了通信网络建设成本，方便对配电网进行监控和管理。

2.3 信息管理技术

信息管理技术是智能电网高效运作的核心环节，它负责对海量的电网数据进行收集、整理、存储、分析以及应用。首先，在数据收集方面，要整合来自量测技术所获取的各种实时数据，包括设备状态、电量数据等众多信息源，构建起全面的电网数据资源池。然后运用数据仓库等

技术对这些数据进行有效的分类存储,便于后续检索和调用。在数据分析上,借助大数据分析工具和人工智能算法,能够挖掘出数据背后隐藏的规律和潜在问题,比如通过对历史用电数据的分析预测用电高峰和低谷时段,为发电计划调整提供参考;分析设备运行数据来提前判断设备是否存在故障隐患,实现预防性维护。

2.4 电力电子技术

电力电子技术在智能电网中有着广泛且关键的应用。它主要是通过对电力进行变换和控制,实现电能的高效传输、分配以及优化利用。在输电环节,柔性交流输电系统(FACTS)就是基于电力电子技术发展起来的,它能够灵活调节输电线路的电压、阻抗等参数,有效增强输电能力,提高电网的稳定性,比如在远距离输电过程中应对电压波动、潮流控制等问题时发挥重要作用。在配电领域,电力电子技术应用于无功补偿装置、电能质量调节设备等,像静止无功发生器(SVG)可以快速、精准地补偿无功功率,改善配电网的功率因数,减少电能损耗,提升电能质量,保障用户端能获得稳定可靠的电力供应。

2.5 智能调度与广域防护系统

智能调度与广域防护系统是保障智能电网安全、稳定、高效运行的重要支撑。智能调度系统综合运用先进的计算机技术、通信技术以及优化算法,对电网的发电、输电、配电等环节进行实时监控与统筹安排。它能够根据实时的负荷需求、发电能力以及电网运行状态,快速制定出最优的发电计划和调度指令,确保电能的合理分配,比如在用电高峰时合理调配各发电厂的出力,避免出现供电不足或电网过载的情况。广域防护系统则着眼于电网的整体安全,通过在大范围内布置监测点,采集电网的动态信息,利用广域测量系统(WAMS)的数据,实时分析电网的稳定性情况,一旦检测到潜在的故障隐患或者遭受外部干扰,如雷击、短路等情况,能够迅速启动相应的防护机制,采取切机、解列等控制措施,防止故障的蔓延扩大,保障电网的安全稳定运行。

2.6 高级配电自动化技术

高级配电自动化技术旨在提升配电系统的智能化水平和供电可靠性。它整合了现代信息技术、自动化技术以及电力工程技术,实现对配电网的全方位监控、故障快速定位与隔离以及网络重构等功能。在日常运行中,通过在配电线路上安装大量的智能传感器,实时监测线路的电压、电流、开关状态等信息,一旦检测到故障发生,系统能借助先进的故障定位算法,迅速准确地确定故障位置,将故障区域快速隔离,避免影响到其他正常

供电区域。而且,高级配电自动化技术还能依据实时的电网运行情况,自动对配电网进行网络重构,优化电力潮流分布,比如重新调整联络开关的开合状态,使未故障区域的供电能够尽快恢复正常,减少停电时间和停电范围。

2.7 高级读表体系和需求侧管理

高级读表体系是智能电网与用户之间进行信息交互的重要窗口,它以智能电表为核心,实现了对用户用电信息的精准采集与实时传输。智能电表相较于传统电表,功能更为强大,不仅能准确记录用电量,还可分时计量、监测电能质量等参数,为电力公司和用户提供详细的用电数据。通过通信网络,这些数据能够及时反馈到电网管理端,便于电力公司掌握用户用电习惯、分析用电负荷变化趋势,为制定合理的电价策略、优化电网运行提供依据。需求侧管理则是从用户角度出发,通过引导和激励用户合理调整用电行为,实现电力资源的优化配置。比如实施分时电价政策,使用户在电价低谷时段增加用电,高峰时段减少用电,从而平滑用电负荷曲线,减轻电网在高峰时段的供电压力^[2]。

3 智能电网面临的挑战与解决方案

3.1 技术挑战

3.1.1 电压等级优化

随着电网规模的扩大与电力传输需求的增长,确定合理的电压等级序列变得更为复杂。不同电压等级间的衔接需要平衡经济性与技术性,既要减少电压转换环节的损耗与成本,又要确保电力在各层级电网间稳定高效传输。同时,新的发电形式与分布式能源接入对电压等级适配性提出新要求,如何使电压等级适应多样化电源接入并保障电能质量,在满足局部地区供电需求的同时不影响整个电网的稳定性,是电压等级优化过程中亟待解决的关键问题。

3.1.2 电网测量基础数据完善

智能电网运行依赖海量且精准的测量数据,但目前数据采集的完整性与准确性仍有不足。部分偏远地区或复杂环境下的电网设备,受地理条件与技术限制,数据采集难度大,存在数据缺失现象。而且不同类型传感器采集的数据格式与标准不一致,导致数据整合困难,难以形成全面、统一的电网运行状态视图。此外,数据的实时性更新也面临挑战,数据传输延迟可能使基于数据的决策滞后于电网实际运行变化,影响智能电网的精准调控与故障预警能力。

3.1.3 调度技术系统平台升级

智能电网的发展使得电网运行状态更加复杂多变,

对调度系统的计算能力与响应速度要求大幅提高。传统调度平台难以满足大规模分布式能源接入后的复杂调度需求,在处理多源数据融合与快速分析时存在瓶颈。同时,新的智能调度算法与模型的应用需要平台具备更高的兼容性与扩展性,而现有平台架构在整合这些新技术时可能面临技术架构老化、软件硬件不匹配等问题,如何在保障电网稳定运行的前提下,平稳、高效地实现调度技术系统平台的升级换代,是智能电网发展进程中的一大挑战。

3.2 经济挑战

3.2.1 投资成本高昂

智能电网建设面临投资成本高昂的巨大挑战。其涉及众多先进技术与设备的研发、采购与部署,如智能电表、相量测量单元、大量的传感器以及复杂的通信网络设施等,这些硬件设备的购置成本极高。同时,软件系统的开发与维护,包括智能调度系统、信息管理平台等,也需要持续投入大量资金。此外,智能电网建设过程中的基础设施改造,如变电站升级、输电线路智能化改造等工程,都伴随着高额的资本支出,这对电力企业及相关投资方的资金实力和融资能力提出了极为严峻的考验,资金短缺很可能导致项目推进缓慢或无法达到预期规模与效果。

3.2.2 经济效益评估

由于智能电网涵盖范围广、技术复杂且处于不断发展演变过程中,准确量化其经济效益较为困难。一方面,智能电网的效益具有多维度性,包括减少停电损失、提高能源利用效率、促进新能源消纳等,但这些效益难以用统一的货币标准进行精确衡量,且部分效益可能在长期才能显现,短期内难以评估。另一方面,智能电网建设中的成本与收益在不同主体间的分配不均衡,例如电力企业承担了主要的建设成本,但一些社会效益可能由社会大众共享,如何合理确定各主体的成本分担与收益获取机制,以全面、公正地评估智能电网的经济效益,是当前面临的重要挑战之一。

3.3 解决方案

3.3.1 政策支持与资金投入

政府应出台税收优惠、补贴等政策,鼓励企业投身智能电网建设,如对采用智能电网技术的企业给予税收减免。加大财政资金扶持力度,专项拨款用于关键技术研发与基础设施建设,引导社会资本参与,通过设立智能电网

产业基金等方式拓宽融资渠道。明确智能电网在国家能源战略中的地位,制定统一规划与标准,确保各方协同推进,为智能电网大规模建设与稳定发展提供坚实政策保障与充足资金来源,加速其在全国的推广应用。

3.3.2 技术创新与产业升级

企业与科研机构应深度合作,聚焦大数据分析、人工智能在电网运维中的应用等关键技术创新,提升电网智能化水平。建立产学研用协同创新机制,加速科研成果转化。推动智能电网产业升级,培育壮大智能电表、智能开关等高端设备制造产业集群,提高产业竞争力。鼓励企业开展国际合作,引进吸收国外先进技术并再创新,以技术突破带动智能电网产业从制造向创造转变,适应全球能源变革趋势。

3.3.3 跨行业合作与资源共享

智能电网可与通信行业合作,共享5G等通信网络资源,提升数据传输速度与稳定性,实现电网信息高速交互。与新能源汽车行业协同,打造车联网互动生态,利用电动汽车储能特性辅助电网调峰调频。联合金融行业创新金融服务产品,如开发智能电网项目资产证券化产品,解决资金难题。跨行业整合资源,实现优势互补,拓展智能电网功能与应用场景,促进多行业融合发展,为智能电网创造更广阔发展空间^[1]。

结束语

智能电网作为电力系统的未来发展方向,其关键技术的深入探析与突破对推动能源领域的变革意义深远。通过对量测、通信、信息管理等多方面关键技术的剖析,我们明晰了智能电网的技术架构与核心要点。尽管面临技术与经济的诸多挑战,但通过政策支持、技术创新以及跨行业合作等有效解决方案,智能电网的发展前景依然广阔。持续的技术探索与创新实践将助力智能电网不断完善,实现能源的高效利用、可靠传输与绿色分配,为全球可持续发展提供强劲动力。

参考文献

- [1]王芳芳.建设智能电网关键技术浅析[J].中国高新技术企业,2019(27):132-134.
- [2]李灵.智能电网调度运行关键技术浅析[J].低碳世界,2019(35):33-34.
- [3]黄国强.智能电网关键技术的分析与探讨[J].陕西电力,2019,11:44-47.