

电力工程技术在智能电网建设中的应用研究

施高峰

绍兴大明电力设计院有限公司, 浙江 绍兴 312300

[摘要] 全球能源消费的增长及可再生能源的广泛应用, 要求电力系统具备更高的稳定性与灵活性。智能电网通过集成先进的通信技术与自动化设备, 能够应对可再生能源的波动性优化电力调度, 提升系统可靠性。电力工程技术在智能电网的建设中, 涵盖了电力传输、变电站自动化、配电网智能化等多个方面, 推动了电网的智能化进程, 为能源转型与可持续发展提供了技术保障。

[关键词] 电力工程技术; 智能电网; 建设

DOI: 10.33142/hst.v7i11.14286

中图分类号: F426.61

文献标识码: A

Research on the Application of Power Engineering Technology in the Construction of Smart Grid

SHI Gaofeng

Shaoxing Daming Electric Power Design Institute Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang, 312300, China

Abstract: The growth of global energy consumption and the widespread application of renewable energy require the power system to have higher stability and flexibility. The smart grid, by integrating advanced communication technology and automation equipment, can cope with the volatility of renewable energy and optimize power scheduling, enhancing system reliability. In the construction of smart grids, power engineering technology covers multiple aspects such as power transmission, substation automation, and intelligent distribution networks, promoting the intelligent process of the power grid and providing technical support for energy transformation and sustainable development.

Keywords: power engineering technology; smart grid; construction

引言

随着全球能源需求的不断增长及环境保护要求的提高, 传统电力系统面临严峻挑战。智能电网作为未来电力系统的重要发展方向, 通过融合信息技术、自动化控制与大数据分析, 提供了高效、灵活、可靠的电力解决方案。电力工程技术在智能电网建设中发挥着基础支撑作用, 促进了电网的智能化、自动化和优化管理。

1 智能电网的主要特点

1.1 高度兼容与灵活

智能电网展现出卓越的兼容性与灵活性, 能够高效整合传统电网、可再生能源系统以及分布式发电技术, 实现风能、太阳能等新能源的顺利接入, 同时兼容电动汽车充电设施的高效运行。这种兼容性通过先进的智能调度系统得以实现, 能够根据不同负荷需求与电力供应情况动态调整资源配置, 优化电力流向。例如, 智能变电站利用自动化控制技术与实时数据分析, 能够根据电网负荷变化自动调整电网运行参数, 保障电力系统的高效、稳定运行。此外, 需求响应管理系统 (DRS) 使得电网能够根据实时负荷波动与用户用电需求, 灵活调配电力供应实现用电低谷的平衡, 进一步提升能源利用效率。这一高度兼容性不仅增强了电网对不同能源来源的适应能力, 还提高了电力系统对复杂电力需求和外部环境变化的应变能力。即使在极端气候、突发负荷波动等情况下, 智能电网依然能够保持

稳定、可靠的运行。例如, 虚拟电厂 (VPP) 通过智能算法将分布式能源与储能设备集成, 提供灵活的负荷调节能力, 在需求高峰期自动释放储能电力, 确保电网负荷平衡。

1.2 稳定与安全

智能电网在确保电力系统稳定性与安全性方面发挥着关键作用, 通过实时监控与智能调度, 能够迅速识别并有效应对异常状况, 极大地减少电力中断或系统故障的发生。例如, 自动化故障隔离系统 (AFS) 通过实时监测电网的运行状态, 能在设备故障或短路时迅速识别故障点并自动切换至备用回路, 保障电力供应的连续性与稳定性。此外, 智能电网还采用了自愈技术, 在出现电力中断时通过动态调整电流分配与系统配置实现自动恢复与修复, 确保电网的平稳运行, 这一快速响应机制显著提升了电力供应的可靠性, 尤其是在负荷波动、设备老化或极端天气等不可预见情况下, 能够有效降低突发事件的风险。为了加强系统安全性, 智能电网还集成了先进的安全防护技术。例如, 区块链技术在电力交易与数据存储中的应用, 能够确保电力交易过程中的数据不可篡改, 提高了电力系统的透明度与信任度。此外, 深度学习算法被应用于智能电网的入侵检测系统, 能够对异常流量或攻击行为进行预测与识别, 从而有效防止恶意攻击与网络入侵, 保护用户数据与系统的安全。

1.3 自愈能力

智能电网具备出色的自愈能力, 能够在发生故障时自动

检测问题并迅速做出响应,显著提高系统的恢复速度与可靠性,通过智能传感器、自动化控制系统及实时数据分析,智能电网能快速识别并定位故障源,自动切换至备用线路或重新配置电力分配。例如,在发生短路或设备故障时,智能电网利用自动化重合闸技术(Automatic Reclosing)能够在极短的时间内将电流流向非故障区域,避免大范围停电。与此同时,电网内的分布式智能开关设备(智能断路器)能够精准隔离故障区域,防止问题蔓延,确保电力供应的持续性。在恢复过程中,电网不仅会自动切换电流分配,还会利用实时监控与动态调度系统持续追踪系统状态,进一步优化电力流向,确保恢复过程无缝衔接,这种高度自动化的故障检测与修复机制极大缩短了电力中断的恢复时间,减少了对人工干预的依赖。例如,西门子公司在其智能电网解决方案中应用的“自愈电网”技术,采用实时数据监控和自动控制手段,在电网出现故障时快速调配电力资源并恢复供电。

2 电力工程技术在智能电网中的作用

2.1 智能计算用电量

智能电网借助先进的智能计量系统,能够实现用电量的精准测量与实时监控。通过在用户端安装智能电表,用电数据得以实时收集并自动上传至中央控制系统。由此,电力公司能够准确掌握各个区域和用户的用电情况,并及时发现异常用电或漏电等问题,实时电价的应用还使用户能够灵活调整用电行为,从而优化用电管理。通过这一智能化计量系统,电力资源被更高效地利用,电力公司与用户则共享更为透明且灵活的电力消费模式。

2.2 实现智能化供电

智能电网通过高度智能化的控制系统,已实现了电力供应的自动化与精确调度。借助先进的传感器、数据分析技术及自动化设备,电网能够根据实时负荷需求、发电状况及运行条件,灵活地调整电力流向与分配。电力供应效率的提高与能源浪费的有效减少,均得益于这种智能化的供电方式。例如,在用电高峰期,关键设施的电力调度可被优先保证,确保其稳定供电;而在用电低谷期,发电量的减少可避免资源过剩。通过这种灵活的电力分配方式,智能电网不仅保障了用电安全,还优化了绿色能源的利用效率。

3 电力工程技术在智能电网建设中的应用

3.1 在电网能源转换中的应用

随着全球能源需求的不断增长与资源逐渐紧张,提高能源使用效率并减少浪费已成为电力行业面临的重要挑战。为此,智能电网通过集成先进技术,优化能源的转换与管理成为缓解能源紧张问题的关键解决方案。尤其在清洁能源接入与高效利用方面,智能电网发挥着举足轻重的作用。光伏发电并网技术是智能电网应用中的重要环节,随着光伏技术的不断进步,越来越多的分布式光伏发电系统被接入电网^[1]。为了有效应对可再生能源的波动性,电力系统通过逆变器技术与功率调度系统的结合,确保电力的高效转换与稳定输出。智能电网能够实时监控光伏发电

的运行状态,根据电力需求情况灵活调整电力流向,从而优化电网的调度。同时,功率预测与调度算法的应用使电网能够精确预测光伏发电的波动,提前调度备用能源,避免由于光伏发电不足带来的电力缺口。在风力发电并网方面,智能电网同样发挥着重要作用。由于风能的波动性,电网需要具备较强的灵活性与调度能力,智能电网通过大数据分析 & 预测模型,能够精准预测风力发电的输出情况。在风能波动较大时,电网可通过调度其他能源,如天然气发电或储能设备确保电网的稳定运行。同时,智能电网利用储能系统在风能发电高峰时储存多余电力,在风能发电低谷时释放,从而保障电网的平稳运行并实现能源的高效利用。电力系统自动化技术在智能电网中也起到了至关重要的作用,通过自动化调度系统与远程监控技术,电网能够实时监控各类能源的输入与消耗。一旦出现电力流向不均或异常,系统可以自动调整电力流向或进行故障隔离,确保电网的正常运行。例如,当光伏发电输出过高时,系统会自动调度其他发电方式,或通过储能系统存储过剩电量避免电网过载。

3.2 在智能发电中的应用

在智能电网的发展过程中,尽管风能和太阳能等可再生能源逐渐成为电力供应的重要组成部分,火力发电仍然在保证电力稳定性方面发挥着关键作用。火力发电以其成熟的技术体系、高效的能量转换能力以及较强的负荷调节能力,依旧在全球电力系统中占据重要地位。为减少能源消耗并确保电力的可靠供应,智能电网通过多种先进技术在火力发电领域得到广泛应用。智能锅炉燃烧控制技术是提升火力发电效率的核心技术之一,该技术通过实时监测煤质参数,能够准确掌握煤种的燃烧特性并相应调整锅炉运行状态优化燃烧过程。结合先进的测量技术,煤质的成分、热值等数据能够实时反馈,从而精准计算锅炉热效率,通过这种方式,锅炉能够根据煤种特性调整燃烧过程提高热能转化效率,最大限度地减少能源浪费并降低环境污染^[2]。为了进一步提高燃烧精度,智能电网还采用了数字化锅炉燃烧模型及模糊控制算法,这些技术通过智能建模锅炉的燃烧过程,能够在复杂的运行环境中实现精确控制。基于煤量、风门开度、氧气含量等参数,系统会构建动态的燃烧模型,并根据实时反馈不断优化控制策略,从而确保锅炉在最优状态下高效运行,并提高电力的转换效率。此外,智能电网还广泛应用了非线性优化算法及免疫遗传算法等智能优化技术,这些算法通过模拟和优化燃烧过程,能够自动调整锅炉的最佳运行参数,无论面对负荷波动、燃料变化或设备老化等复杂工况,系统都能动态适应并确保锅炉始终运行在最佳状态,最大化热能的利用率。

3.3 在电网输电工作中的应用

在智能电网的构建中,输电技术在保证电力高效、安全传输方面发挥着至关重要的作用。随着电力需求不断上升以及电网规模和复杂度的增加,传统的输电技术已逐渐无法满足现代电网对效率、稳定性和灵活性的要求。为此,

柔性交流传输技术(FACTS)和高压直流输电技术(HVDC)作为先进的输电解决方案,广泛应用于智能电网中^[3]。柔性交流传输技术是一种创新的电力传输方式,通过结合数字微处理、先进的电力技术和微电子技术,极大提高了电力输送效率并降低了能源损耗。与传统的交流输电技术相比,柔性交流系统不仅能够提供更高效的电力传输,还具备了远程监控的能力,通过实时监控输电和变电负荷的运行状态,柔性交流系统能够精确控制电力流动确保电力安全传输,并减少故障发生的可能性,该技术具有较强的适应性,可以在面对负荷波动、系统扰动等复杂情况时,维持电网的稳定性从而增强电力系统的可靠性。高压直流输电技术(HVDC)是另一种关键的电力输送技术,主要应用于长距离、大容量的电力传输,通过将交流电转换为直流电, HVDC 技术显著降低了输电过程中的能量损失。在超长距离和大容量的电力传输中, HVDC 技术展现出其独特的优势,该技术通过换流器装置进行高效的电力转换与传输,提供比传统交流输电更高的稳定性。此外, HVDC 系统能够减少输电线路数量,从而降低基础设施建设和维护成本,同时提升了系统的灵活性。HVDC 技术可根据电网需求动态调整功率流向,保证电力供应的稳定性。

4 电力工程技术在智能电网建设中的应用策略

4.1 提升电力技术人员的专业技能与创新能力

智能电网的顺利建设,离不开高素质的技术人才。在面对电力技术迅速发展的同时,电网系统的日益复杂也使得提升技术人员的专业技能与创新能力显得尤为重要,必须不断深化技术人员对智能电网核心技术的理解,尤其是对大数据、人工智能及物联网等前沿技术的应用。此外,电力行业应加强与高校及科研机构的合作,定期组织技术培训与知识更新,确保从业人员能够始终掌握最新的技术进展^[2]。不仅仅是基础技术的培训,跨学科能力与创新思维的培养同样至关重要,在智能电网的实际应用中,技术人员不仅需了解电力系统的运行与维护,还应具备数据分析与系统优化的能力,以便应对日益多样化的技术挑战。创新大赛、技术研讨会等活动的组织,有助于激发技术人员的创造力,促使他们在实践中提出新颖的技术解决方案与优化建议。为了进一步提升技术人员的综合能力,电力行业还应建立完善的职业发展路径与激励机制,从而支持技术人员进行科研攻关与技术创新。

4.2 优化智能电网整体结构与功能布局

智能电网的高效运作,依赖于合理的整体结构与功能布局。在规划设计阶段,不仅要考虑电力需求的多样性,还应重视未来发展的可扩展性,除了满足传统负荷需求外,电网还必须能够适应可再生能源的接入,如风能和太阳能等,这些能源通常表现出较大的波动性。在此情况下,科学的网络拓扑设计及分布式能源资源的整合尤为重要,因为它们能够有效提高电力调度的效率,并确保电网在面对不同需求时保持足够的稳定性与灵活性。在智能电网的功

能布局上,关键节点的智能化优化是提升系统效率的核心。例如,在发电、输电、配电及用户端等环节,自动化与信息化的无缝衔接必须得以实现。智能设备、传感器以及通信网络技术的充分应用,能够确保各环节间的信息实时传递,并保持高度的准确性,通过优化电网的分层结构,系统的自我调节能力将得以增强,不仅能提升电网运行效率还能有效减少能耗。借助大数据分析 with 云计算等先进技术,电网能够实时监控运行状态,预测负荷波动及潜在故障风险,从而确保系统保持动态平衡,并实现智能调度。

4.3 构建高效的智能修复与自愈系统

在智能电网的建设过程中,高效的智能修复与自愈系统的构建对于确保电网的稳定性及持续运行至关重要。传统电网在发生故障时,通常依赖人工排查与修复,往往导致恢复时间过长,且可能引发大范围的停电。而智能电网则通过自动化的自愈系统显著提高了故障响应速度缩短了停电时间,从而确保了用户持续的电力供应。自愈系统依赖智能传感器与实时监控技术,能够即时检测电网中的故障点并自动执行隔离处理,借助先进的算法与调度系统,电网能够自动调整电力流向,将电力迅速重新分配至未受影响区域,从而实现局部供电的恢复。例如,智能开关在故障发生时会自动断开故障线路,防止电力中断范围扩大,并迅速切换至备用线路,以尽量减少对用户的影响^[3]。此外,自愈系统还具备故障诊断与预测的能力,通过对历史数据的深度分析,潜在的故障隐患能够被提前识别并进行预警,启动预防措施有效降低突发性故障的发生率。结合大数据与人工智能技术,智能修复系统能够在故障发生前后,提供精准的诊断报告,协助运维人员迅速定位问题并进行有效修复。

5 结语

电力工程技术在智能电网建设中的应用,为电力系统的高效、稳定、智能化运行提供了重要支撑,通过先进的信息技术、自动化控制和数据分析,智能电网能够实现电力的实时监测、精确调度和高效管理,显著提升电力系统的自愈能力与灵活性。随着可再生能源的大规模接入,电力工程技术在应对能源波动性、提升系统可靠性及优化能源利用效率方面展现出巨大潜力。未来,随着相关技术的不断成熟与应用,智能电网将在推动能源转型、实现可持续发展目标中发挥更为重要的作用。

[参考文献]

- [1] 罗刚. 电力工程技术在智能电网建设中的应用[J]. 自动化应用, 2023, 64(2): 77-79.
 - [2] 张恒. 智能电网中的电力工程技术应用分析[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(9): 227-228.
 - [3] 杜博文, 张士也, 潘瑞辉. 电力工程技术在智能电网建设中的应用研究[J]. 中国管理信息化, 2020, 23(24): 160-161.
- 作者简介: 施高峰(1995.3—), 男, 助理级, 籍贯: 浙江绍兴。