

电力工程技术在智能电网建设中的应用研究

蒲海平

(西北(西安)电能成套设备有限公司, 陕西 西安 710054)

摘要 随着全球能源需求的不断增长和环境保护意识的日益增强, 传统电网面临着供电可靠性、电能质量和节能减排等诸多挑战。智能电网作为一种现代化的电力网络解决方案, 通过集成先进的信息技术、通信技术、传感技术和控制技术, 实现了电力系统的智能化管理。本文主要介绍了新能源并网技术、高压直流输电技术、特高压输电技术、配电自动化、电力调度与控制等技术在智能电网中的应用现状和发展趋势, 以期为显著提高智能电网的性能提供借鉴, 进而为实现更加可靠、高效和可持续的电力供应奠定坚实的基础。

关键词 智能电网; 电力工程技术; 电能质量; 能源转换

中图分类号: TM76

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.20.003

0 引言

随着经济的发展和人口的增长, 对电力的需求持续上升, 这给现有的电力系统带来了前所未有的压力。与此同时, 环境问题也日益突出, 传统的化石燃料发电方式导致了大量的温室气体排放, 加剧了气候变化的风险。面对这些挑战, 发展更加智能、高效和环保的电力系统成为必然选择。智能电网作为新一代电力系统的核心, 通过引入先进的信息技术和自动化手段, 实现了电力传输、分配、消费全过程的智能化管理。智能电网不仅能够优化电力资源配置, 降低能源消耗, 还能够提升电力供应的可靠性, 增强安全性, 促进可再生能源的有效利用。因此, 研究和推进智能电网建设不仅是电力行业发展的必然趋势, 也是实现经济社会可持续发展的关键环节。

1 智能电网概述

1.1 智能电网的基本概念

智能电网是一种现代化的电力网络, 它通过集成先进的信息技术、通信技术、传感技术、控制技术和电力工程技术, 实现了电力系统的智能化管理。与传统电网相比, 智能电网不仅能够更有效地进行电力传输和分配, 而且还能实时监控电网状态, 优化电力资源的配置, 提高供电可靠性和电能质量。智能电网的核心在于其具备自愈能力, 即在遇到故障时能够自动识别问题并采取恢复措施恢复正常运行, 同时它还支持双向通信, 使得电力公司与用户之间可以实现信息互动, 促进节能减排和可持续发展。

1.2 智能电网的组成模块

智能电网由多个关键组件构成, 共同确保电力系统的高效运行与管理。首先是发电部分, 包括传统的

火力和水力发电站以及新兴的太阳能电站和风力发电场等可再生能源设施; 其次是输配电网络, 它由高压输电线路、变电站及配电网组成, 负责将电力从发电站传输到用户端。高级计量基础设施(AMI)作为智能电网的重要组成部分, 通过智能电表及相关通信技术实现对电力使用的精确计量和实时监控。通信网络则为整个电网提供了数据交换的基础, 使得各个组件能够相互通信和协调工作。此外, 信息系统处理并分析收集到的数据, 支持电网的优化决策。最后, 用户端应用允许消费者参与到能源管理系统中来, 提供诸如智能家居设备和能源管理应用程序等工具, 使用户能够更好地了解和控制自身的能源使用情况。这些模块无缝衔接, 构成了一个智能化、自动化的现代电力网络^[1]。

1.3 智能电网的作用与发展现状

智能电网可以显著提高供电可靠性, 减少停电时间和频率, 保证电力供应的连续性。智能电网有助于整合大量分布式能源资源, 特别是可再生能源, 从而推动清洁能源的发展。智能电网还可以改善电能质量, 降低损耗, 增强电网的安全性和稳定性。目前, 全球范围内正在加速推进智能电网建设, 各国政府和企业纷纷加大投资力度, 开发新技术和新产品。在我国, 随着特高压输电技术取得重大突破, 智能电网建设已经步入快速发展轨道, 并在提升国家电网的整体性能方面取得了显著成就。

2 电力工程技术在智能电网建设中的应用价值

2.1 提升供电智能化水平

提升供电智能化水平极大地增强了电力系统的灵活性和响应能力。首先, 智能电网通过实时监控和数据分析, 能够更精准地预测负荷变化趋势, 从而优化

发电计划和资源分配,确保电力供应的稳定性和可靠性;其次,智能化技术使得用户能够更加主动地参与到能源管理中。例如:通过智能电表获取详细的用电信息,了解自身的消费模式,并据此调整用电行为以节省开支。这种双向互动还促进了分布式能源的有效整合,包括太阳能、风能等可再生能源,进一步提升了电网的灵活性和可持续性。

2.2 改善电能质量

改善电能质量是智能电网建设中的关键目标之一,其应用价值显著。高质量的电能对于保障各种电气设备的安全运行至关重要,尤其是对电压稳定性、频率偏差及谐波失真敏感的精密设备而言。良好的电能质量不仅能延长设备使用寿命,还能减少因电力波动导致的生产中断或数据丢失等问题,提高工业生产的连续性和效率。同时,在接入大量间歇性可再生能源的情况下,维持稳定的电能质量有助于增强整个电力系统的适应性和抗干扰能力,为实现清洁能源的大规模利用提供了坚实的技术支撑^[2]。

2.3 增强电能计量准确性

增强电能计量的准确性在智能电网建设中具有显著的应用价值。首先,精准的电能计量有助于确保电费计算更加公正透明,避免了因传统计量方式精度不足而导致的计费争议。这不仅提升了用户对电力服务的信任度,也为电力公司提供了可靠的收入基础;其次,通过准确计量用户的用电数据,可以更有效地识别电网中的损耗点,从而优化电网运行效率,减少不必要的能源浪费。

2.4 推动节能环保理念

一方面,智能电网支持更多清洁能源,如太阳能、风能等分布式能源的接入,减少了对传统化石燃料的依赖,有效降低了温室气体排放。另一方面,智能电网通过先进的能量管理系统根据实时电价信号自动调整负荷,鼓励用户在非高峰时段增加用电,这种需求侧管理策略有助于平衡电网负荷,提高整体能源利用效率。

3 电力工程技术在智能电网中的具体应用

3.1 能源转换技术的应用

1. 新能源并网技术的应用。随着可再生能源的发展,新能源并网技术成为实现这些清洁能源高效接入电网的重要手段。新能源发电具有间歇性和不确定性,这对传统电网构成了挑战。新能源并网技术通过采用先进的电力电子变换器,可以将不稳定且变化频繁的直流电或交流电转化为适合电网传输的标准频

率和电压等级的电力。此外,智能逆变器技术不仅能够提高新能源发电系统的效率,还能增强其对电网波动的适应性。基于大数据分析和人工智能算法的预测模型也被应用于预估新能源发电量,以便更好地规划电网调度策略,确保电力供应的稳定性^[3]。

2. 高压直流输电(HVDC)技术的应用。高压直流输电技术在长距离、大容量电力传输以及不同频率或制式的电网互联方面展现出了显著优势。相较于传统的交流输电系统,HVDC输电系统能够减少线路损耗,并允许更有效的跨区域电力传输。尤其是在连接远离负荷中心的大型风电场或太阳能电站时,HVDC技术能够提供更为经济高效的解决方案。此外,HVDC输电系统还具备良好的可控性和灵活性,能够在不影响现有电网结构的情况下实现与不同国家或地区电网的安全连接。近年来,随着技术的进步,HVDC系统的成本逐渐降低,可靠性不断提高,这为其在智能电网中的广泛应用奠定了坚实的基础。

3.2 电网输电技术的应用

1. 特高压输电技术的应用。特高压输电技术是使用电压等级为 ± 800 千伏及以上的直流输电或 $1\,000$ 千伏及以上的交流输电技术。这种技术主要用于远距离、大容量的电力传输,具有显著减少输电损耗、提高传输效率的优势。随着我国在特高压输电技术上的突破与应用,它已经成为智能电网中实现跨区域电力调配的关键手段之一。特高压输电能够有效解决能源分布不均的问题。例如:将西部丰富的水电、风电资源高效地传输到东部负荷中心地区,不仅促进了清洁能源的大规模开发利用,还加强了不同地区之间的电力互济能力。特高压输电技术的发展,使得长距离电力输送变得更加经济和高效,为构建更加环保和可持续发展的电力系统提供了强有力的支持。

2. 直流输电技术的应用。相较于传统的交流输电方式,直流输电在长距离电力传输上表现出更低的损耗率和更高的传输效率。直流输电技术特别适用于海底电缆输电以及不同频率电网之间的互联,如连接孤立的岛屿电网或跨国界的电力传输项目。该技术还可以用于增强现有交流电网的稳定性和可控性,通过提供快速的功率调节功能来缓解由于可再生能源间歇性带来的电网波动问题。

3.3 智能监测与控制技术的应用

1. 高级量测基础设施(AMI)的应用。高级计量基础设施是智能电网的重要组成部分,它包括智能电表、通信网络和数据管理系统等组件。AMI允许电力公司和用户之间进行双向通信,不仅能够精确记录用户的用

电量,还能向用户提供详细的能耗信息,帮助他们更好地理解自己的用电模式并采取节能措施。此外,AMI还支持远程抄表、实时电价通知等功能,有助于优化负荷管理,减少高峰时段的电力需求。对于电力公司而言,AMI提供的实时数据分析可以识别电网中的潜在问题,如异常耗电或设备故障,从而及时采取措施预防停电事故的发生^[4]。

2. 配电自动化的应用。配电自动化是指利用现代信息技术和控制技术对配电网进行监控和管理的过程。它包括馈线自动化、变电站自动化和分布式能源资源管理等方面。通过安装传感器和控制器,配电自动化系统可以实时监测电网状态,并根据需要自动调整开关设备的状态以隔离故障区域,恢复非故障区域的供电,大大缩短了停电时间。此外,配电自动化还可以优化电压调节和无功功率补偿,改善电能质量,提高供电可靠性。随着越来越多的分布式能源接入配电网,配电自动化在协调传统发电与新能源发电方面的作用也越来越重要。

3. 电力调度与控制的应用。电力调度与控制是确保整个电力系统安全稳定运行的关键环节。智能电网采用先进的电力调度与控制系统,能够基于实时数据做出快速而准确的决策。这些系统利用大数据分析、机器学习算法等先进技术预测负荷变化趋势,评估系统稳定性,并制定最优的发电计划和调度策略。例如:在应对可再生能源间歇性带来的波动时,电力调度中心可以通过灵活调整各类电源的输出比例,保证供需平衡。同时,电力调度与控制系统还负责协调跨区域能源传输,提高资源利用效率。智能化的电力调度与控制不仅能提升电网的运行效率,还能增强其应对突发事件的能力,为构建更加可靠、经济、环保的未来电力系统提供保障。

3.4 系统运行自动化保护技术的应用

1. 分布式控制技术的应用。分布式控制在智能电网中的应用旨在提高系统的灵活性和鲁棒性,使电网能够更有效地应对各种复杂情况。分布式控制系统通过网络中部署多个控制节点,实现对电力系统各部分的精细化管理。每个节点都能独立执行特定的任务,并与其他节点进行信息交换以协调操作。在智能电网中,分布式控制技术被广泛应用于负荷管理、分布式能源资源整合以及微电网运行等领域。当电网发生局部过载时,附近的分布式控制器可以迅速调整本地负荷或增加储能设备的输出,从而避免了更大范围的停电事故。此外,随着越来越多的家庭和企业安装了太阳能板和其他形式的可再生能源发电装置,分

布式控制技术也成为优化这些资源利用效率的关键手段,通过动态调节各个分布式电源的输出功率,在确保电网供需平衡的同时最大化清洁能源的使用比例^[5]。

2. 远程监控技术的应用。远程监控技术使得电力公司能够在任何时间、任何地点对其电网进行全面监测和控制,极大地提高了运维效率和服务水平。借助先进的传感器、通信技术和数据分析平台,远程监控系统可以实时收集电网各个环节的数据,包括电压、电流、频率等参数,以及设备状态和环境条件等信息。这些数据经过处理后,可用于预测可能发生的故障,提前采取措施防止事故发生;或者在故障发生时,帮助技术人员快速定位问题所在,制定有效的修复方案。

远程监控技术的一个重要应用场景是在维护偏远地区的输电线路和变电站方面。以往,这些地方由于地理位置偏僻,现场检查困难且成本高昂。而现在,通过部署无人机、机器人巡检等远程监控设备,结合高清摄像头、红外热成像仪等传感装置,工作人员无需亲临现场即可完成巡检任务,既节省了时间和费用,又降低了人员风险。在紧急情况下,如自然灾害发生后,远程监控系统还可以帮助评估损害程度,指导抢修工作优先级排序,加快恢复供电的速度。

4 结束语

智能电网的建设背景源于对传统电网在供电可靠性、电能质量及环境保护方面不足的深刻反思,其意义在于通过集成先进的信息技术、通信技术、传感技术和控制技术,实现电力系统的智能化管理。本研究详细介绍了新能源并网技术、高压直流输电技术、特高压输电技术、配电自动化等电力工程技术在智能电网建设中的应用现状和作用。这些技术不仅可以显著提升智能电网的整体性能,也为解决当前电力系统面临的挑战提供了切实可行的方案。

参考文献:

- [1] 孔德育. 电力工程技术在智能电网建设中的应用研究[J]. 科技资讯, 2025, 23(01): 76-78.
- [2] 于金梅, 惠裕. 智能电网建设中电力工程设备安装管理与技术研究[J]. 光源与照明, 2025(02): 231-233.
- [3] 伍捷怡. 智能电网建设中电力工程技术的应用分析[J]. 电工技术, 2024(S2): 406-408, 411.
- [4] 沐影, 武成慧, 曹灵, 等. 智能电网建设中机电工程技术运用研究[J]. 电力设备管理, 2025(08): 200-202.
- [5] 戴虹, 钟山. 智能电网建设中电力工程设备安装关键技术研究[J]. 流体测量与控制, 2024, 05(06): 99-102.