

智能电网与电力工程

陈满兴

广东辰誉电力科技有限公司 广东 佛山 528300

摘要: 智能电网通过集成先进的通信、信息、控制及计算机技术,实现了对电力系统的全面感知、分析、决策与控制,显著提升了电网的智能化、自动化和互动性水平。而电力工程技术的不断进步,特别是电力电子技术、谐波抑制与无功补偿技术、物联网技术、大数据与人工智能技术的融合应用。本文深入探讨了智能电网与电力工程技术的最新进展,分析了这些技术在提升供配电系统性能、促进系统智能化方面的重要作用,以期对相关研究提供参考和借鉴。

关键词: 智能电网; 电力工程; 供配电系统; 应用

引言

随着全球能源需求的不断增长和能源结构的深刻变革,智能电网作为新型电力系统的核心组成部分,正逐渐成为推动能源转型和实现可持续发展的重要力量。智能电网通过集成先进的信息、通信和控制技术,实现了对电力系统的全面感知、分析、决策和优化,极大地提高了电力系统的安全性、可靠性和经济性。电力工程技术作为智能电网建设的基础和支撑,其发展水平直接决定了智能电网的性能和效益。因此,深入研究智能电网与电力工程技术的关系,探讨两者在供配电系统中的具体应用,对于推动供配电系统的发展具有重要意义。

1 供配电系统的基础理论

1.1 供配电系统的基本原理与组成

供配电系统的基本原理在于通过一系列变换、分配和控制环节,将发电厂产生的电能转化为适合用户使用的电压和电流形式。系统通常由发电厂、输电线路、变电站(或配电所)、配电线路和用电设备五大部分组成。发电厂负责将各种能源转化为电能;输电线路则负责将电能远距离传输至变电站;变电站则通过变压器等设备将电压进行升降变换,以适应不同用电需求;配电线路则将电能分配至各个用户端;最终,用电设备将电能转化为所需的动力或热能。电力系统的电压等级与供电方式是供配电系统设计的基础,电压等级的选择直接影响到电能的传输效率、设备成本以及系统的安全性^[1]。一般来说,高压输电能够减少电能损耗,但设备成本和运行维护难度也相应增加。因此,在实际设计中,需要根据输电距离、负荷容量以及经济性等因素综合考虑。供电方式则分为集中式供电和分布式供电两种。集中式供电将电能从大型发电厂集中输送到用户端,适用于大规模、远距离的电能传输;而分布式供电则利用小型或微型电源在用户端或附近发电,具有灵活、高效、环保

等优点。此外,电力系统负荷特性与计算方法对于供配电系统的设计和运行至关重要,负荷特性描述了电力系统在不同时间、不同条件下对电能的需求情况。根据负荷特性,可以将负荷分为恒定负荷、变动负荷和冲击负荷等类型。恒定负荷指负荷大小基本保持不变,如照明、空调等设备;变动负荷则指负荷大小随时间变化,如家用电器、工业设备等;冲击负荷则指负荷在短时间内突然增大或减小,如电动机启动、电弧炉等。负荷计算方法则包括平均负荷法、最大负荷法、需要系数法等,这些方法的选择取决于负荷特性的复杂程度和精度要求。

1.2 供配电系统的设备与技术

一方面,变压器作为供配电系统中的核心设备,其性能与选择直接关系到整个系统的电压等级转换、电能传输效率及供电质量。根据用途不同,变压器可分为电力变压器、特种变压器等多种类型。电力变压器主要用于电力系统中电压的升降变换,是电能传输与分配的关键设备。在选择变压器时,需综合考虑其容量、电压等级、损耗、绝缘性能、冷却方式等因素,以确保满足系统需求并达到经济运行。此外,随着新材料、新工艺的应用,如非晶合金变压器的推广,不仅降低了空载损耗,还提高了能源利用效率,成为绿色供配电系统的重要组成部分^[2]。配电设备则包括开关柜、断路器、互感器、避雷器等,它们共同构成了供配电系统的控制与保护体系,确保电能的安全分配与故障的快速切除。另一方面,自动化技术的广泛应用,为供配电系统带来了革命性的变革。传统的供配电系统往往依赖于人工操作与监控,存在响应速度慢、故障定位不准确、运维成本高等问题。而自动化技术的引入,通过集成监控、数据采集与分析、远程控制等功能,实现了对供配电系统的实时监控与智能调度。例如,SCADA(监控与数据采集)

系统能够实时采集电力系统中的各类参数，如电压、电流、功率因数等，并通过图形化界面展示，便于运维人员快速掌握系统状态，及时响应异常情况。同时，自动化系统还能实现故障自动定位、隔离与恢复，大大提高了系统的供电可靠性。

2 智能电网在供配电领域的应用

2.1 智能电网对供配电系统的影响

智能电网通过集成先进的通信、信息、控制及计算机技术，实现了对供配电系统的全面感知、分析、决策与控制。在提高供电质量与可靠性方面，智能电网能够实时监测电网状态，包括电压、电流、频率等关键参数，及时发现并处理潜在的故障隐患，有效避免了大规模停电事故的发生。同时，智能电网具备强大的自适应能力，能够根据负荷变化自动调整供电策略，确保电力供应的稳定性和连续性。例如，在高峰时段，智能电网可以智能调度电力资源，优先保障重要用户和关键设施的用电需求；在低谷时段，则通过优化调度策略，减少不必要的电能浪费。此外，智能电网还具备故障快速恢复能力，一旦发生故障，能够迅速定位并隔离故障区域，同时启动备用电源或调度其他电源进行补充，最大限度减少停电时间和影响范围，提升了供电的可靠性和用户的满意度^[3]。而在降低电能损耗与运营成本方面，智能电网通过精准计量、实时监测与智能调度，实现了对电网运行状态的精细化管理。一方面，智能电网能够精确计算每个用电环节的电能损耗，为制定节能降耗策略提供数据支持；另一方面，通过优化电网结构、提升设备能效、推广节能技术等措施，智能电网有效降低了电能传输与分配过程中的损耗，提高了能源利用效率。并且，智能电网还具备强大的数据分析与预测能力，能够准确预测电力需求，合理安排电力生产与供应，避免了电力过剩或短缺带来的经济损失。这些措施共同作用下，显著降低了供配电系统的运营成本，提高了电力企业的经济效益。

2.2 智能电网技术在供配电系统中的实践

第一，智能电网调度与控制系统是智能电网技术的核心组成部分，它通过集成先进的通信、计算和控制技术，实现了对供配电系统全局状态的实时监测、精准分析与智能决策。该系统能够自动收集、处理和分析来自电网各个节点的海量数据，包括电压、电流、功率因数、负荷变化等，为调度人员提供全面、准确的电网运行状态信息。基于这些信息，智能电网调度与控制系统能够自动调整电网运行策略，优化电力资源的分配，确保电网在安全、经济、环保的状态下运行。第二，智能

电网保护与自动化技术则是保障电网安全稳定运行的关键，传统的电网保护主要依赖于硬件设备，如继电器、断路器等，其响应速度和准确性有限。而智能电网保护与自动化技术则通过集成先进的传感器、通信和控制技术，实现了对电网故障的实时监测、精准定位与快速切除。如基于差动保护的原理，智能电网能够实时监测电流的变化，一旦检测到异常电流，即可迅速切断故障电路，防止故障扩大。并且，智能电网保护与自动化技术还能够实现电网的自适应保护，即根据电网运行状态的变化自动调整保护策略，提高保护的准确性和灵活性。第三，智能电网与分布式能源的互动，是推动能源结构转型和绿色低碳发展的重要途径。分布式能源，如太阳能、风能等可再生能源，具有分散、灵活、环保等优点，但其发电量和发电时间受自然条件影响较大，给电网的稳定运行带来挑战。智能电网通过集成先进的能源管理系统和储能技术，实现了对分布式能源的实时监测、精准预测与智能调度。同时，智能电网还支持分布式能源与电网之间的双向互动，即分布式能源不仅可以向电网供电，还可以在电网需要时从电网获取电能，实现能源的灵活调度和高效利用。

3 电力工程技术在供配电系统中的应用

3.1 电力工程技术提升供配电系统性能

电力电子技术在供配电系统中的应用日益广泛，其核心在于通过电力电子器件的高频开关动作，实现对电能精确控制和转换，这一技术不仅提高了电力系统的灵活性和可控性，还促进了新能源的接入与高效利用。在供配电系统中，电力电子技术主要应用于以下几个方面：一是稳定电压，通过动态电压调节器（DVR）和有载调压变压器（OLTC）等设备，在电压波动时快速调整电压幅值，保持其在允许范围内，确保供电质量；二是稳定频率，通过快速调节有功功率，确保系统频率的稳定，防止电能质量下降和系统崩溃；三是调节功率，特别是在新能源系统中，使用电力电子装置进行功率调节，可以实现能量的最大化利用；四是补偿无功，通过静止无功补偿器（SVC）等装置，平衡电网中的无功功率，改善电能质量，降低线路损耗。此外，电力电子技术还应用于软开关技术、智能电网技术以及特高压直流输电技术等领域，进一步提高了电力系统的整体效率和可靠性。另外，谐波抑制与无功补偿技术则是解决供配电系统中谐波污染和无功功率不平衡问题的关键，谐波是由非线性负载产生的频率为整数倍于基波频率的电压或电流成分，它会导致电压、电流的畸变，影响其他设备的正常运行。为了抑制谐波，可以采用谐波滤波器、

谐波抑制变压器等技术手段。同时,无功补偿技术通过安装无功补偿设备(如电容器和电感器),平衡电网中的无功功率,提高电压质量,降低线路损耗。在实际应用中,谐波抑制与无功补偿往往是相互关联的,许多谐波抑制设备同时也具有无功补偿的功能。比如,有源电力滤波器(APF)不仅能够滤除谐波,还能够补偿无功功率,提高系统的功率因数,这种综合的谐波抑制和无功补偿措施,对于提升供配电系统的性能、优化电能质量具有重要意义。

3.2 电力工程技术促进供配电系统的智能化

电力工程技术,特别是物联网技术、大数据与人工智能技术的融合应用,正深刻推动着供配电系统的智能化转型,极大地提升了系统的运行效率、可靠性和安全性。(1)物联网技术在供配电系统中的应用,实现了设备、系统与用户之间的深度互联。通过射频识别、传感器、二维码等感知技术,物联网能够实时采集供配电系统中各类设备的运行状态、环境参数等信息,并通过有线或无线通信技术将这些信息传输至数据中心或云平台。这些信息经过分析和处理后,可以为运维人员提供实时的监控、预警和决策支持。(2)大数据技术在供配电系统中的应用,则进一步挖掘了数据背后的价值。供配电系统产生的数据量庞大且复杂,大数据技术通过对这些数据进行收集、存储、处理和分析,可以揭示出系统的运行规律、潜在问题和优化空间^[4]。例如,基于大数据技术的电能质量分析,可以实时监测电压、电流、频率等电能质量指标,及时发现并处理电能质量问题,确保供电质量稳定可靠。同时,大数据技术还可以应用于负荷预测、故障预测、能效评估等领域,为供配电系统的规划、运行和维护提供科学依据。(3)人工智能技术在供配电系统中的应用,则推动了系统的智能化决策和

自主管理能力的发展,人工智能技术通过机器学习、深度学习等算法,可以对供电系统中的海量数据进行深度挖掘和分析,实现故障预警、故障诊断、智能调度等功能。例如,基于人工智能技术的故障预警系统,可以实时监测设备的运行状态,预测可能发生的故障,并提前采取措施避免故障的发生。此外,人工智能技术还可以应用于智能巡检、智能运维等领域,通过自动化、智能化的手段提高运维效率和质量。

结语

综上所述,智能电网与电力工程技术作为推动电力行业变革的重要力量,正引领着电力系统向更加智能化、高效化、可持续化的方向发展。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,智能电网将实现更加精细化的管理、更加智能化的决策和更加高效的能源利用。同时,电力工程技术也将不断创新,为智能电网的发展提供更加先进的技术支撑。我们有理由相信,在智能电网与电力工程技术的共同推动下,电力行业将迎来更加广阔的发展前景,为全球能源转型和可持续发展作出更大的贡献。

参考文献

- [1]高建华.电力工程变电运行的安全管理分析[J].光源与照明,2021(6):130-131.
- [2]毕月.电气工程自动化技术在智能电网建设发展中的应用[J].工程技术研究,2021,6(9):105-106.
- [3]王少艳,侯瑞春,陶冶,等.面向智能家电与智能电网价值网融合的电力需求响应策略[J].制造业自动化,2021,43(5):1-4,8.
- [4]梁霄辉.智能电网建设中电力工程技术应用要点[J].设备管理与维修,2021(16):140-142.