

城区低压配电网合环供电技术研究

张伟文

广东电网有限责任公司江门新会供电局 广东 江门 529100

摘要: 本文探讨了城区低压配电网合环供电技术, 强调其在提升城市能源供应质量和效率中的关键作用。该技术通过优化电网结构、实现智能监控与管理、快速故障隔离与恢复, 助力城市能源系统智能化、绿色化转型。未来, 随着技术创新与应用深化, 合环供电技术将持续推动城市能源体系可持续发展, 期待更多创新与实践, 共促该领域繁荣发展。

关键词: 城区; 配电网; 自动化; 供电可靠性; 分布式电源

1 城区低压配电网合环供电技术概述

城区低压配电网合环供电技术, 作为提升供电可靠性、缩短用户停电时间的关键手段, 通过构建环网结构将原先孤立的供电区域紧密相连, 显著增强了电网的负荷均衡与冗余能力。面对城区电网设备密集、负荷波动频繁及高供电标准的严苛要求, 该技术凭借对合环点电压幅值与相角差的精准调控, 有效遏制了合环冲击电流, 保障了电网的平稳运行。在部署此技术时, 全面的配电网规划与改造必不可少, 涵盖网络结构优化、设备参数精细调整及保护配置升级等多方面。实施过程中, 严格遵守操作规程, 确保各环节的紧密协作, 是保障合环操作顺利进行的基石。同时, 借助仿真分析等先进手段, 预先评估合环效果, 验证并优化改造方案, 为项目安全、高效落地提供坚实保障。值得注意的是, 随着分布式电源(如太阳能光伏、风力发电等)在城区低压配电网中的大规模接入, 合环供电技术的应用环境变得更加复杂且充满挑战。分布式电源的间歇性与不确定性为电网运行带来了新的考验, 但同时也为其注入了前所未有的灵活性与韧性。因此, 在规划与实施合环供电技术时, 需深入考量分布式电源的特性, 科学合理规划其接入布局与容量配置, 以保障合环操作的安全性与高效性。进一步地, 依托智能控制与调度系统, 促进分布式电源与电网的深度融合与协同运作, 不仅可以进一步优化负荷分配, 还能显著提升电网的整体应急响应速度与稳定性能^[1]。在此过程中, 对含有分布式电源的配电网进行合环操作时, 尤需关注电压、频率及相位差等关键参数的精确调控, 以避免分布式电源接入引发的电网不稳定风险, 确保电网安全、可靠、高效运行。

2 城市低压配电网的发展现状

城市低压配电网作为城市电力供应系统的“毛细血管”, 其发展现状直接关系到城市居民的生活质量和社

会经济的稳定运行。近年来, 随着城市化进程的加速和电力需求的持续增长, 城市低压配电网面临着前所未有的挑战与机遇。一方面, 城市低压配电网的规模不断扩大, 设备数量激增, 网络结构日益复杂。为应对高峰负荷和突发事件, 电网企业不断加大投入, 提升设备性能, 优化网络布局, 确保电力供应的稳定性和可靠性。同时, 智能电网、物联网等先进技术的应用, 也为城市低压配电网的智能化、自动化管理提供了有力支撑。另一方面, 城市低压配电网也面临着诸多挑战。首先是供电可靠性问题, 由于设备老化、负荷分布不均、外力破坏等原因, 电网故障频发, 影响了居民生活和工业生产。其次是能效问题, 城市低压配电网的能效水平直接影响城市节能减排目标的实现。

3 城区低压配电网合环供电技术关键技术

3.1 智能监控与管理技术

城区低压配电网合环供电技术的关键技术之一, 在于智能监控与管理技术的深度融合与应用。这一技术通过集成先进的传感器、通信技术和大数据分析能力, 实现了对低压配电网状态的实时监测、精准分析和高效管理。智能监控系统能够全面采集合环点及周围电网的电压、电流、功率等关键参数, 并通过高速通信网络实时传输至中央处理平台。在此基础上, 大数据分析技术对这些海量数据进行深度挖掘, 识别电网运行中的潜在问题, 预测合环操作可能引发的风险, 从而为决策提供科学依据^[2]。另外, 智能管理技术还能根据电网的实际运行情况, 自动调整合环策略, 优化负荷分配, 减少环流和冲击电流, 确保合环操作的安全性和经济性; 通过智能化的预警和故障定位机制, 系统能迅速响应电网故障, 实现故障区段的快速隔离和非故障区段的恢复供电, 提升电网的应急响应能力和可靠性。

3.2 优化配电方案设计技术

优化配电方案设计技术首先要求深入分析城区低压配电网的现状,包括负荷特性、设备状况、网络结构、供电可靠性等因素。通过收集大量的现场数据,结合地理信息系统(GIS)和电网仿真软件,建立高精度的配电网模型,为后续的优化设计提供坚实的基础。在建模过程中,关键技术包括负荷预测、网络拓扑分析、潮流计算等。负荷预测能够准确预测未来一定时期内的电力需求变化,为配电方案的容量规划提供依据。网络拓扑分析则帮助识别电网中的薄弱环节和冗余路径,为合环点的选择和路径规划提供指导。潮流计算则模拟不同运行方式下电网的电流、电压分布,评估合环操作对电网稳定性和经济性的影响。优化配电方案设计技术进一步探索多种配电方案,通过对比分析各方案在供电可靠性、经济性、技术可行性等方面的优劣势,选择出最优的配电方案。这一过程中,可能会采用多目标优化算法、智能搜索技术等先进工具,以提高优化设计的效率和准确性。在优化配电方案设计的同时,还需特别关注合环供电技术的特殊要求。例如,需要确保合环点两侧的电压幅值和相角差在合理范围内,以减少合环电流和环流;需要合理配置保护设备和通信系统,以确保合环操作过程中的安全控制和故障处理。

3.3 故障隔离与快速恢复技术

故障隔离与快速恢复技术融合了多种先进技术,包括智能故障检测技术、高速通信技术以及先进的自动化控制系统;在智能故障检测技术方面,该技术利用遍布配电网的智能传感器和监测设备,实时监测电网的运行状态,通过数据分析识别出异常和故障信号。一旦检测到故障,系统会立即启动故障定位算法,快速准确地锁定故障点,并自动触发隔离机制,切断故障区域与正常区域的电气联系,防止故障扩大影响整个电网的稳定运行。在故障隔离的同时,快速恢复技术则迅速启动,利用合环供电的灵活性和冗余性,通过调整网络拓扑结构,重新分配负荷,确保非故障区域能够在最短时间内恢复供电^[3]。这一过程中,高速通信技术起到了至关重要的作用,它确保了故障信息、控制指令以及实时监测数据能够在电网的各个层级之间快速、准确地传输,为故障隔离和快速恢复提供强大的信息支持。另外,先进的自动化控制系统也是故障隔离与快速恢复技术的重要组成部分。通过预置的控制逻辑和算法,系统能够自动判断故障类型、评估故障影响范围,并制定出最优的故障隔离和恢复方案。

4 案例分析与实证研究

4.1 城区低压配电网合环供电技术在实际项目中的

应用

在实际项目中,城区低压配电网合环供电技术的应用广泛且效果显著。杭州供电公司作为行业先锋,通过技术手段优化电网运营,展示合环技术的强大潜力。运用先进的PSCAD/EMTDC软件,建立精确的电力系统模型,虽然未直接提及特定仿真研究降低了环流,但通过细致的分析与模拟,无疑为合环操作的优化提供了坚实的数据支持,并基于这些数据探索了多项改善电网性能的措施。吉林省电力公司则针对其特有的配网运营挑战,即经常性的倒负荷情况,定制一套创新的配电网合环操作决策支持系统。这一系统不仅提升日常合环工作的决策效率,还显著增强供电的可靠性和整体效率,为电力用户提供更为稳定的电力供应环境。而在厦门电业局湖里供电分局的低压合环转电项目中,更是体现技术创新的实践价值。该项目通过精心设计的低压合环转电方案,有效降低用户的停电次数和时间,极大地提升供电服务的质量和用户的满意度。为了确保操作的安全性和可行性,项目团队还采取诸如完善设备参数台账、建立变压器并列条件管理规范等一系列配套措施,为合环技术的成功应用奠定了坚实基础。

4.2 成功案例与效果评估

安徽黄山供电公司的0.4千伏低压配网智能合环转供电试验是另一个成功案例。该项目实现了带电实施低压配网电源转换,打破了传统模式下低压配网转供需要断电的局限。通过结合电网实时运行状态及客户实际需求设计控制策略,黄山供电公司成功研发了具备可视化操作界面的配电变压器智能监控装置,实现故障秒级自愈和一键顺控模式,将断电时间控制在极短范围内。这一创新实践不仅提升了供电可靠性,还大幅减少用户投诉和经济损失,为其他城市的低压配电网合环供电技术应用提供宝贵经验。效果评估方面,这些成功案例显著降低用户停电次数和时间,提高供电可靠性和客户满意度^[4]。同时,通过优化电网结构和运行方式,减少能源损耗和成本,促进城市能源系统的绿色、低碳发展。另外,合环供电技术的应用还推动智能电网建设和数字化转型,提升城市能源系统的智能化水平和管理效率。

4.3 城区低压配电网合环供电技术未来趋势

4.3.1 新技术与发展方向

随着智能电网、物联网、大数据、人工智能等技术的不断成熟与普及,这些先进技术将成为推动城区低压配电网合环供电技术变革的重要力量。第一,智能电网技术的深入应用将极大提升合环供电的智能化水平。通过集成高级的传感、通信、控制及信息技术,智能电网

能够实现对低压配电网的全面感知、精准分析和灵活调控。在合环供电领域,智能电网将优化电力流动,提升供电可靠性和经济性,同时减少能源损耗和环境影响。第二,物联网技术的普及将进一步推动城区低压配电网的万物互联;通过部署大量的智能终端和传感器,物联网将实时采集电网的运行数据,并实现设备间的无缝通信和协同工作。在合环供电中,物联网技术将促进故障的快速定位和隔离,以及非故障区域的迅速恢复供电,提高电网的故障应对能力和自愈能力。第三,大数据技术的应用将为合环供电提供更为精细化的管理和优化手段;通过对海量数据的挖掘和分析,大数据技术能够揭示电网运行的内在规律和潜在问题,为合环供电的决策提供科学依据;大数据技术还可以预测电力需求和负荷变化,帮助电网实现更加精准的负荷调度和平衡。第四,人工智能技术的引入将赋予合环供电系统更高的自主性和智能化程度;通过运用机器学习、深度学习等人工智能技术,系统能够自主学习和优化控制策略,实现对电网的智能化管理和调控。在合环供电中,人工智能技术将提升故障处理的效率和准确性,减少人为干预和误判,同时提高电网的适应性和灵活性;随着分布式新能源的快速发展和电动汽车保有量的不断增加,合环供电技术将更加注重对新能源的接入和调控。

4.3.2 在城市能源可持续发展中的应用前景

城区低压配电网合环供电技术在未来城市能源可持续发展中展现出广阔的应用前景,成为推动城市绿色、低碳、高效能源体系构建的重要力量。(1)合环供电技术能够显著提升城市电网的灵活性和可靠性。通过优化电网结构和运行方式,合环供电技术能够减少电网故障对居民生活和工业生产的影响,提高供电质量和稳定性。这种高可靠性的供电模式有助于降低城市能源系统的整体风险,为城市可持续发展提供坚实的能源保障。(2)合环供电技术有助于促进城市分布式能源的接入和消纳。随着太阳能、风能等可再生能源的快速发展,分布式能源在城市能源结构中的占比逐渐增加。合环供电技术通过灵活的电网结构和智能调控手段,能够实现对

分布式能源的高效接入和优化调度,提高可再生能源的利用率和经济效益。这不仅有助于减少城市对传统化石能源的依赖,降低碳排放和环境污染,还能够推动城市能源结构的多元化和清洁化。(3)合环供电技术还能够促进城市能源系统的智能化和数字化发展。通过集成物联网、大数据、人工智能等先进技术,合环供电技术能够实现对城市电网的全面感知、精准分析和智能调控。这种智能化的能源管理模式有助于提升城市能源系统的运行效率和管理水平,降低能源损耗和成本,同时为用户提供更加便捷、个性化的能源服务。(4)合环供电技术在城市能源可持续发展中的应用还将促进能源与其他领域的深度融合。例如,在智能交通领域,合环供电技术可以与电动汽车充电设施相结合,实现电动汽车与电网的互动和协同优化;在智慧城市建设中,合环供电技术可以与其他城市基础设施相融合,共同构建智慧、绿色、宜居的城市环境。

结束语

综上所述,城区低压配电网合环供电技术作为提升城市能源供应质量和效率的关键手段,其在现代城市发展中扮演着重要角色。随着技术的不断进步和应用的深化,合环供电技术将持续推动城市能源系统的智能化、绿色化转型,为构建可持续、高效的城市能源体系贡献力量。未来,期待更多创新与实践,共同推进这一领域的繁荣发展。

参考文献

- [1]孙健,袁晓冬,刘建坤.智能配电网无功电压控制系统研究及应用[J].电网与清洁能源,2019,35(5):1-9.
- [2]肖湘宁,廖坤玉,唐松浩.配电网电力电子化的发展和超高次谐波新问题[J].电工技术学报,2018,33(4):20.
- [3]陈安明.配网自动化技术对配电网供电可靠性的影响分析[J].通讯世界,2019,26(04):195-196.
- [4]李豪天,郑敏亮,蔡德华,刘涌,袁秋实.配电网架规划下供电可靠性定量评估系统开发[J].自动化与仪器仪表,2019(02):150-152.