

电力配电网优化与重构策略

王宇尧

(鄂尔多斯供电公司 内蒙古鄂尔多斯市 016100)

摘要: 本文针对电力配电网运行效率不高、线损严重、供电可靠性不足等问题,探讨了优化与重构策略。文章重点分析了配电网优化的原则和实践路径,包括构建高效智能配电网、设备升级改造和能源损耗降低等关键技术。同时,文章也阐述了配电网重构的驱动因素,如网络结构缺陷、负荷特性演变、分布式能源接入和电力市场机制影响,并介绍了拓扑分析、故障处理与恢复、电压无功控制和网络潮流计算等关键重构技术。

关键词: 配电网优化; 配电网重构; 关键技术; 负荷预测; 电压无功控制

引言

随着我国经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,电力需求持续增长,电力配电网作为连接发电企业与电力用户的重要纽带,其运行状态和服务质量直接关系到电力系统的安全稳定和用户的用电体验。然而,当前电力配电网面临着运行效率不高、线损严重、供电可靠性不足等问题,这些问题严重制约了电力行业的可持续发展。为此,电力配电网的优化与重构成为了行业内广泛关注的研究课题。

一、构建高效智能配电网,优化原则与实践路径

配电网优化旨在提升供电质量与效率,降低线损,增强电网的可靠性与经济性,同时确保电网运行的安全稳定。优化原则坚持经济合理、技术先进、环境友好,以负荷需求为导向,综合考虑网络结构、设备性能、资源利用和政策法规,通过科学的网络规划、运行调整和技术创新,实现配电网结构的优化和运行效率的提升,旨在构建一个高效、清洁、智能的配电网系统,满足社会经济发展和环境保护的双重要求。

二、配电网优化关键技术研究

2.1 配电网结构优化

配电网结构优化是提升电网整体性能的关键策略,其核心在于通过一系列精细化的网络调整,实现供电效率与可靠性的显著提升。关键措施包括简化网络拓扑结构,消除不必要的冗余线路,这不仅减少了建设成本,也提高了电网的运行效率。同时,强化线路间的联络,使得在发生故障时,能够迅速切换供电路径,大幅缩短用户的停电时间,提升了供电的连续性和可靠性。在变电站布局方面,根据负荷中心的变化动态调整位置和容量,有效缩短供电半径,降低线路损耗,从而显著提升供电质量。此外,配电网结构优化还涉及到分布式能源和储能系统的融合,通过构建灵活的源-网-荷-储互动模式,实现能源的优化配置和高效利用。智能调度系统的应用,使得配电网能够更好地适应各种运行工况,增强了电网的韧性和对环境的适应性。

2.2 设备升级改造

设备升级改造在配电网优化中扮演着至关重要的角色,其核心目标是提升设备的性能和可靠性,以满足不

断增长的电力需求并提升供电质量。关键措施包括对老旧设备的淘汰和新型设备的引入。具体来说,新型变压器的应用,以其更高的能效和更低的损耗,大幅减少了能源的浪费,提升了电网的经济性^[1]。智能化开关设备的投入使用,不仅加快了操作速度,还大幅提升了操作的安全性,有效降低了设备故障率。此外,高性能电缆的使用,不仅增强了输电能力,还提高了线路的抗干扰能力,确保了电力传输的稳定性和安全性。同时,继电保护装置的升级改造也是不可或缺的一环,它能够在电网发生故障时迅速、准确地切除故障点,保障了电网的稳定运行和供电连续性。

2.3 能源损耗降低

配电网优化关键技术研究着重于降低能源损耗,旨在通过技术创新和管理提升,大幅提升电网运行效率,削减线路损耗。关键策略包括运用先进的电力电子技术,这些技术能有效降低线路的电阻和电抗,进而减少能量损耗。同时,对电网结构进行优化,包括合理规划线路和变电站布局,以及采用无功补偿和智能调度措施,这些手段均有助于提高功率因数,减少损耗。例如,通过整合分布式发电和储能系统,可在负荷侧维持供需平衡,减轻长距离输电的损耗问题。

在电网运行管理方面,精细化操作同样至关重要。通过实时监测线路状态和精准负荷预测,确保在高峰用电时段合理分配电力资源,有效降低不必要的损耗^[2]。此外,推广高效节能的变压器,如非晶合金变压器,以及采用新型导线材料,如超导材料,也是减少能源损耗的关键措施。这些技术的综合应用和策略的贯彻执行,正推动着配电网向更加节能和高效的方向迈进,为构建绿色低碳的能源体系提供了坚实支撑。

三、配电网重构的驱动因素

配电网重构的驱动因素紧密交织,体现在网络结构的固有缺陷、负荷特性的动态演变、分布式能源的广泛融入以及电力市场机制的深远影响。当前配电网结构的不合理,表现为线路布局不优化、传输能力受限以及节点连接复杂,这些因素加剧了线路损耗,降低了系统的可靠性和经济性。与此同时,负荷的变化与增长成为配电网重构的重要推动力。随着社会经济的发展,负荷需

求呈现出非线性增长趋势,尤其是在特定时段,负荷峰值对配电网的稳定运行构成挑战。

此外,分布式能源的接入对配电网产生了深刻影响。可再生能源的间歇性和不确定性,使得配电网的潮流控制、电压调节和故障处理变得更加复杂。分布式电源的接入不仅改变了配电网的运行模式,也对系统的规划和设计提出了新的要求。与此同时,电力市场的改革和竞争机制的引入,对配电网的重构提出了更高的要求。市场环境下,配电网需要更加灵活、高效,以适应电力交易、需求响应等市场活动,确保电力供应的经济性和用户满意度。

四、配电网重构的关键技术

4.1 拓扑分析

配电网拓扑分析是根据图论的相关知识,对配电网性质和结构进行研究分析,通过控制开关状态来改变配电网的结构,反映配电网中各个元器件的连接关系,具有十分重要的意义^[3]。

拓扑分析是配电网重构的基础,其核心在于确定配电网的连接关系和运行状态。通过专业的电网分析软件,如 DigSILENT PowerFactory、PSS/E 或 ETAP,可以对配电网进行建模,并在此基础上进行拓扑分析。该分析通常包括节点分析、支路分析和环网分析^[4]。例如,节点分析需要识别所有馈线节点,计算节点电压和相角,而支路分析则关注线路的负载率、损耗和传输能力。环网分析则侧重于识别网络中的闭合环路,为后续的开环操作提供依据。拓扑分析的结果为网络潮流计算提供了必要的数据库,确保了计算的准确性。

4.2 故障处理与恢复

故障处理与恢复是配电网重构中的关键环节,它直接关系到电网的可靠性和用户的供电质量。在配电网发生故障时,如线路短路或设备故障,系统需要迅速识别故障点,并采取隔离故障区域。这通常涉及到故障检测、隔离和恢复(FDIR)系统,该系统通过 SCADA、EMS 等自动化系统收集实时数据,如故障电流、开关状态和电压水平。例如,当检测到故障电流超过设定阈值时,系统将自动启动故障处理程序,通过断路器或隔离开关隔离故障,并重新配置网络结构,以恢复非故障区域的供电^[5]。数据驱动的故障恢复策略可以显著减少停电时间,如将故障处理时间从传统的 30 分钟降低到 5 分钟以内。

4.3 电压无功控制

电压无功控制是维持配电网电压稳定和提升功率因数的重要手段。在配电网重构过程中,电压无功控制通过调节无功电源和补偿装置,如电容器、电抗器和静止无功发生器(SVG),来优化电压水平和无功流动。例如,当监测到某馈线末端电压低于规定值时,系统会自动投切电容器组以提供无功支持,提高电压水平。专业的电力系统分析软件可以提供详细的电压无功优化方案,包

括控制设备的投切顺序、容量选择和调节策略。通过这些措施,可以有效地将电压偏移控制在 $\pm 5\%$ 的范围内,从而满足电力系统对电压质量的要求。

4.4 网络潮流计算

网络潮流计算是配电网重构中的关键技术之一,其核心任务是通过数学模型和算法模拟电网中的电力流动情况,为电网的规划和运行提供科学、准确的决策支持。在这一过程中,牛顿-拉夫逊法、快速分解法和前推回代法等高级算法被广泛应用,以处理配电网中的非线性方程组,确保计算结果的精确性和计算过程的高效性。牛顿-拉夫逊法以其在求解非线性问题中的收敛速度快而备受青睐,而快速分解法则在处理大规模电网问题时显示出较高的计算效率^[6]。前推回代法则在辐射状配电网的潮流计算中表现出良好的适用性。通过这些方法,潮流计算能够实时监测电网的运行状态,预测负荷变化对电网的影响,从而为电网的调度、优化和故障处理提供重要依据,保障配电网的安全、稳定和高效运行。

结束语

电力配电网的优化与重构是一个复杂而重要的课题,对于提升供电质量和效率、降低线损、增强电网的可靠性和经济性具有重要意义。未来,我们需要进一步深化对配电网优化与重构技术的研究,不断探索新的技术和方法,以应对不断变化的负荷特性和电力市场环境。

配电网优化与重构需要综合考虑经济性、技术先进性、环境友好性等因素,并坚持以负荷需求为导向,实现资源的优化配置和高效利用。同时,我们也需要加强政策法规的支持,鼓励技术创新和应用,推动配电网向更加高效、清洁、智能的方向发展。通过科学规划和先进技术应用,我们相信可以构建一个高效、清洁、智能的配电网系统,满足社会经济发展和环境保护的双重要求,为构建绿色低碳的能源体系做出贡献。

参考文献:

- [1]高艳丰,闫红艳,曾凡斐.计及分布式电源接入的配电网优化调度方法研究[J].电气应用,2022,41(01):91-98.
- [2]李小伟,陈楚.基于网络动态重构的配电系统优化调度方法研究[J].电气自动化,2022,44(01):85-87+91.
- [3]全洪燕.基于改进 FWA 的含分布式电源的配电网优化重构方法研究[D].辽宁工程技术大学,2022.DOI:10.27210/d.cnki.glnju.2022.000991.
- [4]孙伟卿,刘唯,张婕.高比例可再生能源背景下配电网动态重构与移动储能协同优化[J].电力系统自动化,2021,45(19):80-90.
- [5]张姚,段青,沙广林,等.基于配电网重构的固态变压器双层选址方法[J].北京交通大学学报,2021,45(06):65-70
- [6]邓斯凯.含分布式电源的配电网多目标动态优化重构方法研究[D].湖南大学,2021.DOI:10.27135/d.cnki.ghudu.2021.002324.