

20kV 配电网架构优化与负荷平衡设计策略

● 商 哲



[摘要] 随着我国经济的快速发展,社会用电负荷增长比较快,10kV 的配电网逐渐难以满足安全、稳定、经济的用电要求。因此,20kV 电压等级开始取代 10kV,直接向 380V 供电。本文深入探讨了 20kV 配电网架构优化与负荷平衡设计策略。本文分析了 20kV 配电网存在负荷不均衡、供电可靠性低以及适应性与灵活性不足的问题。笔者基于优化目标,提出了相应的优化方案,包括引入环网结构与双电源供电、实施智能化负荷管理系统和集成可再生能源与分布式发电等措施。同时,笔者提出了负荷平衡的必要性,并在此基础上,总结出 20kV 配电网负荷平衡设计方案,以满足现代社会对电力系统的高标准要求。

[关键词] 20kV 配电网;负荷平衡;电力;环网

在现代电力系统中,配电网作为连接电力生产与消费的关键中介,其效率和稳定性对经济活动顺利开展和居民生活质量具有决定性影响。配电网是以使用电能为主要任务的一部分电力网络,根据电压等级分为高压、中压和低压配电网。其中,20kV 是介于 35kV 与 10kV 之间的新供电模式。与 35kV 相比,20kV 可降低造价、节约土地、减少电压转换环节、集约利用廊道资源。与 10kV 相比,20kV 供电半径增加 60%,供电范围扩大 1.5 倍,供电能力提高 1 倍,输送损耗降低 75%,通道宽度基本相当,在输送功率相同时,可减少变电站和线路布点。随着工业化和城市化的深入发展,20kV 配电网面临着一些挑战。因此,本文对 20kV 配电网架构优化与负荷平衡设计策略展开探究,以提高电网的整体运行效率和可靠性。

Q 当前 20kV 配电网架构存在的主要问题

(一) 负荷不均衡

20kV 配电网传统的径向架构主要面临着负荷不均衡的挑战。径向系统由于其设计和结构的局限性,常常导致电力资源在地理和用户之间的分配存在显著差异。在城市高密度用电区域,如商业中心或工业园区,负荷的高集中度会使得部分线路长时间承受超过设计标准的电流,这不仅增加了线路的损耗,还危害了供电的稳定性和安全性。长期的负荷不均衡还可能导致电力设备的过早老化,增加维护成本和更换频率,提高了电网运行的经济成本。

(二) 供电可靠性低

在传统的 20kV 配电网中,由于大多采用单一电源的

径向供电方式,一旦发生主供电源故障,整个供电区域将面临停电的风险。这种架构在抗风险能力上不强,这一不足在极端天气或突发事件下表现尤为明显。例如,台风、暴雨等自然灾害可能会导致输电线路断裂,从而使得大面积用户受到影响。供电可靠性的不足不仅影响居民生活,也对商业活动和工业生产造成一定程度上的干扰,对社会经济发展构成一定的威胁。

(三) 适应性与灵活性不足

现有的 20kV 配电网架构对新兴能源技术的适应性不足。随着分布式发电技术,特别是太阳能和风能的快速发展和广泛应用,传统的配电网难以处理多源异构的电力输入。分布式发电的接入和运行要求电网具有更高的灵活性和智能化水平,以实现能源的高效配置和使用。然而,现行的配电网架构并未设计支持双向流动,这限制了可再生能源的广泛应用,并可能导致能源浪费和管理效率低,从而影响整个社会的能源战略和可持续发展目标。

Q 20kV 配电网架构优化设计

(一) 20kV 配电网架构优化设计的目标

针对 20kV 配电网的优化设计,设定合理且明确的设计目标是提高电网整体性能的先决条件。表 1 为 20kV 配电网架构优化设计的主要目标。

(二) 实现设定目标的策略

在 20kV 配电网的优化设计中,实现前述设定目标的策略需具备系统性、前瞻性以及实用性。

表 1 20kV 配电网架构优化设计目标

设计目标	目标实现
提高供电可靠性	增强电网在面对自然灾害或系统故障时的稳定性和连续性,确保关键区域和关键时刻的电力供应不受影响
增强系统的灵活性和适应性	使电网能够适应新兴的电力生成方式,如可再生能源,及其对双向电流和高变动性负荷的要求,提高系统的整体效率
优化负荷分配	实现电力资源在网络中的均衡使用,减少能源浪费,降低因负荷不平衡导致的电网损耗和相关成本
提升经济效益	通过提高电网运行效率和减少能源浪费,降低运行成本,同时提高电力系统的资产利用率和投资回报
加强环保性能	支持环境友好型能源的接入和运用,减少碳排放和其他环境影响,促进可持续发展目标的实现
提升用户满意度	通过为用户提供更稳定和高质量的电力服务,提升用户对电网服务的信任度和满意度,改善用户体验

1. 引入环网结构与双电源供电

为了增强 20kV 配电网的供电可靠性,需要引入环网结构与双电源供电。设计与实施环网结构需要对现有的电网布局进行全面地评估和重新规划。这包括在关键节点设置双向供电能力的开关设备,使得电流可以在两个方向流动,从而在一条供电线路出现问题时能够迅速通过另一条路径补充电力,具体操作步骤如下:第一,确定电网中的关键负载中心和供电站点,然后在这些节点之间布置双向电缆,安装可以远程或自动控制的环网柜。这些环网柜应具备智能切换功能,能在检测到线路故障时自动选择最佳的供电路径。第二,引入双电源供电系统涉及的是选择两个电力来源,可能是两个不同的变电站,或者一个变电站与一个可再生能源发电点的组合。每个电源点都需要具备足够的容量来支持整个网络的负载需求,以及在紧急情况下的额外负载。这一策略的实施还需考虑到地理和环境因素,如地形、居民区分布和工业区位置。第三,在进行足够的地质和环境评估后,要合理规划电缆的走向和深度,确保电网安全运行。通过实施这些措施,可以有效地构建一个既可靠,又安全的电力供应系统。

2. 实施智能化负荷管理系统

智能化负荷管理系统的实施是提升 20kV 配电网效率和响应能力的关键所在。需要安装高精度的电力传感器和计量设备在各个关键的供电点和用户接入点。这些设备将实时收集电压、电流、频率和功率等关键参数的数据,为系统的智能化管理提供基础,具体步骤如下:第一,在配电网中部署集中的数据处理中心,该中心配备先进的服务器和数据

分析软件,能够处理来自各个传感器的数据,并据此进行负荷预测和调整。第二,开发并实施负荷管理算法,这些算法可以基于历史数据和实时数据,预测电网负荷的短期和长期变化,自动调整电网运行的参数,如调节变压器的输出和分配线路的负载。同时,智能化负荷管理系统还需包括用户界面,使电网运营商和最终用户都能够监控电力使用情况和系统状态。用户界面应提供直观的图表和报警系统,确保在电网出现异常时,相关人员能够快速响应。第三,为了实现这一系统的最优运行,还需要定期对系统进行维护和升级,以适应最新的技术发展和市场需求。

3. 集成可再生能源与分布式发电

为了有效地集成可再生能源和分布式发电系统到 20kV 配电网中,必须采取一系列具体的技术和管理措施,确保这些新型电力资源能够安全、高效地并入现有的电网架构。

第一,制定和实施一套兼容可再生能源和分布式发电的技术接入标准是必需的。这包括为太阳能光伏、风力发电机及其他形式的可再生能源设定电气性能要求,如电压级、频率和相位匹配标准,确保这些设备在并入主电网时不会引起技术冲突或稳定性问题。第二,开发和部署一个高效的能量管理系统(EMS)来监控和控制分布式发电资源的输出。EMS 将负责实时收集各发电点的数据,如产能、使用率及故障率等,并根据电网需求动态调整发电量和负载分配。此系统还应能实时响应电网需求的变化,优化资源分配,以最大化可再生能源的利用效率。第三,为了进一步优化分布式发电的集成,采用先进的预测技术来预测可再生能源的产能变化十分关键。例如,太阳能发电受天气影响较大,通过精确的天气预测模型,可以预测太阳辐射强度的短期和长期变化,从而调整配电策略。同时,部署快速响应系统以处理可再生能源产能突增或突降的情况,确保电网的稳定运行。

20kV 配电网负荷平衡的必要性

负荷平衡在 20kV 配电网的运营中扮演着关键角色,其重要性不容忽视。负荷平衡确保了电网能够高效、安全、稳定地运行,同时对电能质量、设备寿命以及经济效益产生直接影响。

(一) 维持电网的稳定性和可靠性

配电网的负荷平衡首要确保电网的稳定性。当电网中的电力供需平衡失调时,会导致频率和电压的波动,这种波动如果无法有效控制,可能引发更严重的供电中断问题。例如,过高的负载需求会超过变压器和输电线路的承载能力,增加设备的磨损,并可能导致过热甚至火灾事故。因此,通过适当的负荷管理,保持电网各部分运行在设计参数之内,是保证整个系统稳定运作的基础。

(二)提升电能质量

电能质量是衡量电力系统性能的重要指标,直接影响到用户的电力使用体验。不平衡的负荷会引起电压不稳定,从而产生闪变和谐波等问题。这不仅影响电气设备的正常工作,还可能损害敏感设备,缩短设备使用寿命。通过优化负荷分配,可以显著减少这些电质问题,给用户提供更加稳定和可靠的电力供应。

(三)优化能源使用和降低经济成本

从经济角度考虑,负荷平衡能够优化资源的使用,提高能源效率。配电网运行中的负荷平衡有助于减少电力损耗,尤其是在高负载区域,合理调配可以避免不必要的能量浪费,降低运行成本。此外,通过减少需求高峰期的负载压力,电网公司可以减少昂贵的电力购买和投资在额外基础设施上的费用。从长远来看,这将为电网公司和消费者节省大量的经费。

20kV 配电网负荷平衡设计方案

为确保 20kV 配电网运行的高效性和稳定性,制定精确的负荷平衡设计方案是关键。这些方案针对确保电网各部分在不同时间和不同条件下均能有效运行。

(一)部署高精度实时监测系统

在 20kV 配电网的负荷平衡设计中,首要步骤是部署一套高精度的实时监测系统。此系统的核心功能是提供实时、准确的电网运行数据,这是实现有效负荷管理的基础。系统设计应采用最先进的传感器技术,包括但不限于电压、电流和频率传感器,这些设备应安装在电网的关键节点,如主变电站、重要的配电点以及大规模用电企业地点。具体实施步骤如下:第一,进行全面的网格分析,确定数据采集点的最佳位置,以确保所得数据全面代表电网的运行状态。第二,安装具有高数据传输可靠性和低延迟的通信设备,确保监测数据可以无缝、实时地传输到数据处理中心。第三,设置数据接收和分析平台,该平台应具备强大的数据处理能力,能够进行快速的数据解析和即时的负荷评估。

(二)实现动态负荷调控技术

在高精度监测系统收集和分析数据的基础上,要采用动态负荷调控技术。采用这一技术的目的是根据实时数据动态调整电网运行参数,以优化负荷分布,减轻高负载区域的压力,从而提高整个电网的效率和可靠性。采用此技术的步骤如下:第一,开发和部署一套高效的负荷管理算法,该算法能根据实时监测数据预测负荷变化趋势,并自动调整电网的运行策略。例如,通过调整变压器的输出功率或切换电网的运行模式,以应对预测的负荷变化。第二,整合和优化自动化设备的控制逻辑,如自动开关和调压设备,使之

能在必要时自动启动或调整,以平衡负载。第三,建立一个反馈机制,通过持续监测调控效果和收集操作数据,对系统进行微调和优化,确保动态负荷调控技术的长期有效性和可靠性。

(三)开展需求侧管理项目

需求侧管理,旨在通过激励或直接控制消费者用电行为,尤其在高峰负荷时期,以减轻电网压力并提高能源利用效率。第一,制定并实施一系列激励机制,调整相关的电价政策和峰谷电价。这些机制鼓励消费者在电力需求低的时段使用更多电力,而在高峰时段减少用电。此策略的成功实施依赖于消费者对电价变动的敏感性和他们调整用电习惯的能力。第二,推广和安装智能电表是实现需求侧管理的技术基础。智能电表不仅能提供实时的能耗数据反馈给消费者,还能使电力公司远程读取数据,更精准地调控和预测电网负载。智能电表的数据可以助力电力公司确定哪些需求响应措施最有效,同时为消费者提供节能提示。第三,有效的需求侧管理需要消费者的积极参与。相关部门可以引导消费者了解他们的用电习惯如何影响电网运行,并使消费者了解他们的用电习惯对他们的电费支出至关重要。相关部门可以通过工作坊、信息短片和在线平台等多种方式,增强消费者对节能减排重要性的认识,并引导他们如何响应电价信号,改变不良的用电行为。

结束语

综上所述,针对 20kV 配电网,本文提出的一系列优化设计策略,不仅可以解决负荷不均衡、供电可靠性低以及适应性不足等问题,还可以提高配电网的经济效率,促进环境可持续发展。针对需求侧管理项目,通过促进用户参与和智能化技术的应用,体现了现代电力系统管理的新方向。这些策略的实施将为配电网的稳定运行和未来发展奠定坚实的基础,从而推动电力系统向更高效、更可靠、更环保的方向发展。

参考文献

- [1]陈锐,曾杰,郑雅玲,等.20kV 配电网电压互感器一次侧电流的仿真与分析[J].广东电力,2022,35(02):54-65.
- [2]齐齐.青岛地区应用 20kV 配电网的可行性研究[D].青岛:青岛大学,2020.
- [3]毛剑,黄浩慧,许国凯,等.带电更换 20kV 以下配电线路绝缘子的应用研究[J].江西电力职业技术学院学报,2021,34(12):7-9.

作者简介:

商哲(1983—),女,汉族,河北石家庄人,本科,工程师,深圳新能电力开发设计院有限公司,研究方向:配电网设计。