

# 智能电网对配电网设计的影响

宋光献

广西绿能电力勘察设计有限公司 广西 南宁 530000

**摘要:** 智能电网技术深刻影响配电网设计, 通过集成先进技术提升电网智能化水平。分布式电源接入与微电网融合丰富了配电网结构层次, 通信技术支持信息交互, 电力电子技术优化电能质量, 储能技术增强稳定性。智能监测与诊断技术优化运维策略, 需求响应机制促进电力供需平衡。智能电网推动配电网向高效、智能、可靠方向发展, 提升电力资源利用效率。

**关键词:** 智能电网; 配电网设计; 运行管理优化

## 引言

随着电力系统的不断发展, 智能电网已成为未来电网建设的核心趋势。配电网作为电网的末端环节, 其设计合理与否直接关系到电力供应的可靠性、经济性和环保性。智能电网的引入, 为配电网设计带来了全新的视角和理念, 推动了配电网的智能化、高效化、安全化升级。本文将深入探讨智能电网对配电网设计的影响, 从结构、技术到运行管理等多个方面进行分析, 为配电网的未来发展提供参考。

## 1 智能电网对配电网设计的重要性

智能电网作为未来电力系统发展的核心趋势, 其对配电网设计的重要性日益明显。配电网作为电网的末端环节, 直接面向广大电力用户, 其设计合理与否直接关系到电力供应的可靠性、经济性和环保性。智能电网的引入, 为配电网设计带来了全新的视角和理念, 对配电网的智能化、高效化、安全化升级具有深远影响。智能电网集成了先进的通信技术、信息技术、控制技术和新能源技术, 这些技术的融合应用为配电网设计提供了强有力的技术支撑。通过智能电网的建设, 配电网能实现对电力流、信息流的实时监测、分析与控制, 优化电力资源配置, 提高电网运行效率。这种高度集成与智能化的特性, 使得配电网设计更加注重系统的整体性和协调性, 促进了配电网结构的优化和升级。在智能电网背景下, 配电网设计需要充分考虑分布式能源的接入与协调运行。随着可再生能源的快速发展, 分布式能源在配电网中的比重逐渐增加。智能电网通过先进的控制和调度技术, 实现了分布式能源与主电网的灵活互动, 有效提高了能源的利用效率和电网的供电可靠性。这要求配电网设计在网架结构、设备选型、控制系统等方面进行全面优化, 以适应分布式能源的接入需求。智能电网对配电网设计的安全性、经济性和环保性也提出了更高要

求。智能电网的自愈能力、抵御自然灾害的能力以及网络安全防护能力, 为配电网的安全稳定运行提供了有力保障。

## 2 对配电网结构设计的影响

### 2.1 分布式电源接入改变网络拓扑

在智能电网蓬勃发展的态势下, 分布式电源的广泛接入已成为不可逆转的趋势。像太阳能光伏发电系统以及小型风力发电设施等, 它们凭借自身的优势逐渐在配电网中占据重要地位。传统配电网呈现出典型的单一电源辐射状网络拓扑形态, 而分布式电源的介入打破了这种固有格局。由于分布式电源的接入位置并非固定不变, 其容量大小也存在诸多不确定性因素, 这就给配电网设计工作带来了极大挑战。在规划配电网时, 需着重考量分布式电源接入点的合理布局。通过精准的潮流计算, 才能确定最佳接入位置。以居民区配电网设计为例, 若要接入分布式光伏电源, 需综合考虑房屋朝向、光照时长以及负荷分布等情况。借助专业的电力系统分析软件, 对不同接入方案进行模拟计算, 分析潮流分布变化。这样才能保证电能从分布式电源高效传输至用户端, 避免出现功率倒送现象, 有效防止电压波动超出允许范围, 从而确保电网电压质量稳定, 保障居民正常用电<sup>[1]</sup>。

### 2.2 微电网融合丰富结构层次

微电网作为智能电网体系中的关键构成部分, 其独立运行与和主网互联运行的双模式特性, 为配电网结构带来了全新的变革。(1) 微电网将多种分布式电源、储能设备及负荷有机整合, 形成了一个小型而高效的供电系统, 极大地丰富了配电网的结构层次。在进行配电网设计时, 我们首先需要重点关注微电网与主配电网之间的接口设计。依据微电网的规模、电压等级及主配电网的特性, 我们应精心选择连接设备与接线方式, 以确保电气连接的可靠性和稳定性, 为微电网的平稳运行提供

坚实基础。(2)在保护配置方面,我们必须充分考虑微电网在不同运行模式下的特殊性和可能遇到的故障类型。为此,我们需要设计出具有针对性的保护方案,确保在故障发生时能够迅速、准确地定位并隔离故障点。这样能有效防止故障扩大,还能切实保障主配电网和微电网的安全稳定运行,提高系统的整体可靠性。(3)通信协调在微电网与主配电网的融合过程中扮演着举足轻重的角色。我们需要构建一条高效、稳定的通信网络,实现两者之间的实时、准确信息交换。通过这一通信网络,我们可以精准调控功率流动,优化资源配置,进一步提升配电网的运行效率。这也能显著增强供电的可靠性和稳定性,满足用户对电能的高质量需求<sup>[2]</sup>。

### 3 对配电网技术设计的影响

#### 3.1 通信技术支撑信息交互

在智能电网的架构体系下,配电网对信息交互的实时性与准确性有着严苛要求,而先进的通信技术成为满足这一需求的核心支撑。为达成智能电网的高效运作,在配电网设计进程中,构建全方位、广覆盖的通信网络势在必行。光纤通信凭借其高带宽、低损耗以及强抗干扰能力的显著优势,成为骨干通信网络的首选。而无线通信技术,如4G、5G以及Wi-Fi等,则凭借其灵活便捷的部署特性,在末梢通信环节发挥着关键作用。借助这一通信网络,配电网中的各类设备与系统得以互联互通。可对配电网设备的运行状态展开实时监测。以配电变压器为例,通过在其关键部位安装传感器,并利用通信网络将采集到的油温、绕组温度、负载电流等数据实时传输至监控中心,运维人员能够及时掌握设备运行状况,预判潜在故障风险;用户用电信息的精准采集也得以实现。智能电表通过通信链路,将用户的实时用电量、用电时段等数据快速上传至电力公司系统,助力电力公司进行精细化的电费核算与电力营销,还为用户提供详细的用电信息反馈,使用户能够合理规划用电行为,分布式电源和负荷的远程控制也依托通信网络得以实现。电力调度中心可根据电网实时运行状态,远程调控分布式电源的出力以及负荷的投入与切除,确保配电网的供需平衡与稳定运行。

#### 3.2 电力电子技术优化电能质量

电力电子技术在智能电网配电网领域中占据核心地位,对优化电能质量起着至关重要的作用。(1)随着现代工业的快速发展和各类非线性用电设备的广泛应用,配电网正面临着谐波污染、电压波动与闪变、无功功率不平衡等电能质量问题的严峻考验。为了有效应对这些挑战,电力电子装置的应用显得尤为关键。静止无功补

偿器(SVC)便是其中的佼佼者。它能快速调节输出的无功功率,动态跟踪并补偿配电网中的无功需求,改善电压水平,降低电压波动。当配电网中感性负荷激增导致电压下降时,SVC能迅速输出容性无功以抬升电压;反之,当容性负荷占比较大时,它则输出感性无功以维持电压稳定。(2)有源电力滤波器(APF)在解决谐波电流问题方面发挥着重要作用。它能实时检测配电网中的谐波电流,并生成与之大小相等、方向相反的补偿电流注入电网,有效抵消谐波,净化电网电流。在工业区域,非线性设备如变频器、电弧炉等会产生大量谐波,对电力设备的正常运行构成严重威胁。(3)在此类区域的配电网设计中,合理配置有源电力滤波器(APF)显得尤为重要。APF能够有效滤除电网中的谐波电流,减少其对电力设备的干扰和损害,保障设备的稳定运行。通过降低谐波影响,延长设备使用寿命,提高生产效率。APF的应用还能显著降低因谐波引发的设备故障风险,确保配电网的安全可靠运行,为区域经济发展提供有力支撑<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 储能技术增强配电网稳定性

随着分布式电源大规模接入以及用电负荷的复杂多变,配电网运行面临着功率波动、电能质量下降等诸多挑战,储能技术的应用为这些问题提供了有效的解决方案。在分布式电源接入场景下,由于太阳能、风能等可再生能源具有间歇性和波动性特点,其发电出力难以精准预测与稳定控制。太阳能光伏发电受光照强度影响,在阴天或夜晚发电功率会大幅下降甚至停止发电;风力发电则取决于风速大小,风速不稳定导致发电功率波动频繁。储能系统能够在分布式电源发电充裕时储存多余电能,而在发电不足时释放电能补充电网,起到“削峰填谷”的调节作用,有效平抑分布式电源的功率波动,保障配电网的功率平衡与稳定运行。对于用电负荷侧,在工业生产过程中,部分设备启动时会产生较大的冲击性负荷,瞬间消耗大量电能,引发电压骤降等问题,影响其他设备正常运行。储能系统可在负荷高峰时段快速释放电能,满足设备的瞬时大功率需求,缓解电网供电压力,维持电压稳定;在负荷低谷时段,则吸收电网多余电能进行存储,提高电能利用效率。从配电网故障应对角度看,储能技术能够增强电网的应急供电能力。当配电网发生局部故障导致停电时,储能系统可作为备用电源,为重要用户或关键区域提供临时电力支持,保障其基本用电需求,减少停电造成的损失与影响。在医院、数据中心等对供电可靠性要求极高的场所,配置储能设备可在电网故障时无缝切换供电,确保医疗设备正常运转、数据不丢失<sup>[4]</sup>。

## 4 对配电网运行管理设计的影响

### 4.1 智能监测与诊断优化运维策略

在智能电网环境下,配电网实现了全面且深入的智能化监测。各类先进传感器被广泛部署于配电网设备的关键部位,如在配电变压器的绕组、铁芯以及冷却系统处安装温度传感器,在输电线路上配置电流、电压传感器等。这些传感器犹如电网的“触角”,能够实时且精准地采集设备运行的各类参数。基于这些丰富的监测数据,在设计配电网运行管理系统时,运用先进的数据分析算法与人工智能技术构建智能诊断模型。以配电变压器为例,该模型可综合油温、绕组温度、负载电流等多维度数据,通过复杂的数学模型与机器学习算法,挖掘数据背后隐藏的设备运行状态信息。利用基于深度学习的神经网络算法,对长期积累的变压器运行数据进行训练,让模型学习正常运行状态下的数据特征分布。实时监测数据偏离正常范围,模型便能迅速捕捉到异常信号,并结合历史数据与故障案例库,精准预测可能出现的故障类型与故障部位。这种智能监测与诊断体系的建立,促使配电网运维策略发生根本性转变。传统的定期检修模式缺乏针对性,在设备状态良好时进行不必要的检修,既耗费人力物力,又因频繁停电影响用户用电体验。而如今基于智能监测诊断的状态检修策略,能依据设备的实际运行状态,精准判断何时需要进行检修以及检修的重点内容。通过提前安排检修计划,在设备即将出现故障但尚未引发停电事故前及时处理,提高了运维效率,降低了运维成本,同时提升了配电网的供电可靠性,保障用户的持续稳定用电。

### 4.2 需求响应促进电力供需平衡

智能电网所支持的需求响应机制,为配电网实现电力供需动态平衡提供了关键途径。在配电网设计阶段,需充分考量如何构建高效且实用的需求响应系统。这一系统旨在通过价格信号以及多样化的激励措施,引导用户主动调整自身用电行为。在高峰用电时段,配电网面临巨大的供电压力。借助先进的通信技术与用户信息交互平台,向用户发送实时电价调整信息。用户在接收到

电价上涨信号后,基于经济考量,会主动减少非必要的用电负荷,如暂停一些可延迟的电器设备运行。对于拥有储能设备的用户,系统可引导其释放存储的电能,将这部分电能回馈到电网中,有效缓解配电网的供电紧张局面。一些大型商业综合体配备了储能系统,在高峰时段通过释放储能电能,既能满足自身部分用电需求,又能为电网分担负荷压力。而在低谷用电时段,配电网存在供电能力过剩的情况。通过提供优惠电价,鼓励用户增加用电。居民用户可能会选择在此时段使用耗电量较大的设备,如电热水器、洗衣机等。工业用户则可调整生产计划,将一些非关键生产环节安排在低谷时段进行,充分利用低价电能,提高生产效益的同时,提升了电网设备的利用率。这种基于需求响应的电力供需平衡调节机制,优化了配电网的运行状态,降低了峰谷差,还有助于提高电力资源的整体利用效率,推动配电网向更加高效、智能的方向发展。

### 结束语

智能电网技术的发展为配电网设计带来了前所未有的变革。通过优化配电网结构、提升技术水平和创新运行管理方式,智能电网显著提高了配电网的智能化水平、运行效率和供电可靠性。未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,智能电网将在配电网设计中发挥更加重要的作用,推动配电网向更加高效、智能、可靠的方向发展,为电力行业的可持续发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]刘讓,尹宏.基于5G的智能配电网通信终端设计与应用[J].信息记录材料,2025,26(1):169-171.
- [2]戴新晨,强丹丹,李伟伟,张学广.基于配电网边缘智能控制的单相全桥三电平用户电能路由器设计[J].自动化与仪表,2025,40(2):14-17.
- [3]刘炜.配电网智能化状态监测与故障处理平台设计[J].信息记录材料,2024,25(3):105-107.
- [4]张丽.智能电网对配电网设计的影响研究[J].华东科技(综合),2021(2):296-296.