

# 未来配电网发展形态及演进路径的研究

滕登虎,何康瑜

(国网宜昌供电公司,湖北省宜昌市,443000)

**摘要** 本文以分析未来配电网要素组成为基础,首先研究配电网演进趋势及技术适应性,明晰未来配电网的新要素、新形态特征。然后,在研判负荷需求以及分布式电源、新型储能、电动汽车、微电网等新要素的发展趋势基础上,提出了配电网物理、数字和商业三种形态的主要特征,明确发展思路与方向。最后,基于发展新形态及业务管理要求,提出涵盖调控体系和数据体系的配电网二次适应性及发展需求。

**关键词** 配电网;负荷需求;新要素;分布式;储能

中图分类号:V242.3+1 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)10-0022-03

## 1 配电网负荷及要素发展

“十四五”、“十五五”时期,常规电力负荷电量将呈现稳步增长态势,配电网供电需求由高速增长逐步向中高速增长过渡,保障安全可靠供电仍是近期配电网发展的首要任务。

电动汽车等新型负荷的规模化发展,虽然可能造成小容量配电变压器过载、负荷短时波动性增强等影响,但作为灵活性可调节负荷,具有参与电力系统调节的能力,可通过市场机制引导和调控技术手段,改善区域负荷用电特性,减小负荷峰谷差,提高配电设备利用率。

### 1.1 分布式电源的影响

规模化分布式电源接入改变了传统配电网潮流分布特征,具有“潮流双向化”、“配网有源化”等特点,可能导致部分节点电压升高、线路末端电压超标,同时引起功率倒送、保护误动和灵敏度降低等情况。面对分布式电源发展带来的挑战,可通过源网荷储一体化方式,促进规模化分布式电源友好接入,就近消纳。

### 1.2 新型储能的特点

新型储能作为源荷特性一体化要素,具有灵活可调、快速响应特点,有助于提升配电网自平衡水平,同时对主网的调峰调频起到支撑作用。在电源

侧,可以改善出力特性,有效应对分布式电源出力随机性、波动性等问题;在负荷侧,可以提升负荷可调可控水平,实现削峰填谷。储能主要有三个作用。

**平抑功率波动:**风电、光伏等可分布式再生能源出力的波动性将引起配电网功率的波动,利用储能系统快速充放电特性,减小可再生能源并网对配电网的冲击,增强配电网的可控性。

**负荷削峰填谷:**利用储能系统实现用电负荷的时空转移,参与用电侧的峰谷调节、峰谷套利,实现配电网侧削峰填谷、调频、调压和孤岛运行等多种应用功能。

**改善电能质量:**储能系统通过控制策略,双向调节其有功功率和无功功率,达到稳定配电网公共连接点处的电压,并抑制其负载波动的目的,从而改善配电网电能质量。

### 1.3 微电网的主要功能

微电网作为新的技术手段、电网形态和管理方式,是分布式智能电网的重要表现形式和有机组成部分。微电网的规模化发展,将推动电力系统由“源随荷动”实时平衡向“源网荷储”协同互动转变,形成输配电网为主、微电网补充的发展格局,推动实现分布式新能源全额就地消纳和多能互补利用,提升电力普遍服务水平。微电网主要有四个作用。

**响应输配电网调控需求:**微电网的自平衡、自我管理、自调节能力,可将无调节能力的分布式新能源与储能、需求侧响应就近聚合为可控单元,有效响应调控需求。

**提高供电可靠性:**在主网与内部供电之间灵活

作者简介:滕登虎(1978~),男,汉族,湖北宜昌人,本科,工程师,研究方向:智能配电网。

切换的功能提高了供电可靠性。在故障下微电网向外部重要负荷供电或提供黑启动功能。

**提高能源综合利用效率:**微电网可兼顾提供冷、热等多种能源品种,实现多种能源在时间、空间的匹配和融合,有效提高能源综合利用效率。

**提升电力普遍服务水平:**微电网就地集成“源网荷储”全部要素,在输配电网不具延伸条件下,能有效解决偏远地区用电问题。

## 2 配电网形态特征

配电网形态特征是指在政策、经济、技术、能源等多重外因的驱动下,源、网、荷、储、控等多要素有机融合,形成的对外表现形式与内涵属性,包括物理形态、数字形态和商业形态。

### 2.1 物理形态

物理形态是由能源电力供给设施、传输网络、供电用户组成,主要承载能量流。未来配电网将承载海量分布式能源、微电网、储能、综合能源、产销一体柔性负荷等多元要素,系统潮流由单向自然分配向多向随机分布转变,总体呈现多层多级互联的网架结构,局部呈现交直流混联的网络结构,实现区域自我管理和广域协同控制,表现出能源生产清洁化、源网荷储一体化、潮流分布概率化。

### 2.2 数字形态

数字形态依托柔性控制、保护、传感器、信息通信等先进技术,形成涵盖有功控制、电压调节、故障处理、区域自治控制和信息数据体系的体系架构。配电网二次系统将围绕提升调度控制水平、支撑源网荷储互动、加强专业业务协同等方面开展。配网调度控制从检修调度向功率调度转变,数据采传存用体系从分散独立向协同共享转变,表现出以下特征。

**电网全景透明化:**依托传感、通信、信息等先进技术,实现源网荷储设备信息、状态信息、运行信息的全面可见可知。

**运行控制智能化:**传统配电网与数字基础设施融合发展,配网运行控制从粗放型向数字化技术支持的智能调控转变。

**业务融合协同化:**随着管理重心下沉,逐步统一配电网管理机构设置和管理模式,优化各层级管理职能,实现末端业务融合和多专业协同管理。

### 2.3 商业形态

商业形态是在深度融合物理形态、数字形态的基础上,以内外融通服务的信息化系统和外部市场化运营的信息化系统为支撑,开展各类商业活动和价值创造行为。

随着配电网物理形态、数字形态的演进,参与电力交易的要素组合、组织结构、运营方式、业务流程、产品形态等深刻变化,配电网的商业模式呈现市场主体多元化、交易品种多样化、资源配置平台化特征,配电网的产品、服务、业态更加丰富多元。

## 3 配电网的发展与建设需求

### 3.1 提升供电能力,承载多元要素发展

强化供电保障,考虑远景源荷发展情况,尤其是充电设施快速发展,应适度超前建设,合理增加变电站和配变布点,保障合理的供电裕度。促进新能源消纳,按照“整体平衡、量率协调”原则,开展承载力计算分析,合理分解分布式新能源、新型储能、可调节负荷规模,引导科学布局、有序开发、就近接入、就地消纳。提升调节能力,积极适应源荷特性模糊化特征,探索应用储能、新能源微电网等技术,提高配电网资源配置能力和自平衡水平。

### 3.2 完善网架结构,保障供电安全可靠

构建强简有序、相互配合的目标网架,简化高压配电网结构,加强中压配电网结构,提升中压配电网联络水平,提高负荷转供能力。推进坚强局部电网建设,科学构建目标重要用户“生命线”通道,推动基础设施提档升级,提升供电安全和民生保障能力。探索新技术应用,推进新一代智能变电站、高耗能配变建设改造,论证直流配电、花瓣形等新技术、新结构的技术成熟度和推广可行性,提升配电网发展技术先进性和经济性。

### 3.3 优化调度机制,服务多元主体互动

完善调控机制,应明确中低压配电网调控管理模式,根据接入电压等级、规模容量、功能定位、服务对象等特性,明确可观可测的精度深度,建立省调、地调、配调多级协同的调控机制,将配自、用采系统控制功能纳入调度体系。中低压配电网调度应满足调峰调频、无功电压调节等多业务需求,支撑微电网、虚拟电厂、负荷聚合商根据电压等级接入相应调度层级,促进网荷储协调互动。

### 3.4 完善数据架构,打造数字透明体系

数据采集方面应兼顾存量与增量,明确台区融

合终端等采集装置的功能和应用范围;数据传输方面加强配电通信网建设,构建光纤、无线、载波等不同通信方式的应用场景与条件;数据存储方面推动数据共享共用、按需调用;数据应用方面明确配自、调自、用采、负荷管理系统功能定位,避免功能重复。

### 3.5 优化市场规则,助力平等开放交易

推动多元主体参与,明确市场准入标准、规范准入流程,完善市场的交易组织方式、价格机制以及配套衔接机制。丰富交易品种,以电力为主线推动绿电交易、碳排放权交易的联动发展,发挥新兴市场主体灵活调节优势,推动其积极参与辅助服务市场、调节容量市场和需求侧响应。创建良好交易环境,基于交易平台建设“一站式”服务窗口,提供全流程、全业务、智能化的市场化交易服务。

### 3.6 健全管理制度,强化闭环安全管控

完善技术标准,推动完善分布式新能源、储能、微电网国家或行业标准,明确涉网技术要求,严格试验检测、并网验收,确保电力系统安全。强化运行安全,健全设备运维管理、事故防范、网络安全防护等技术体系,科学制定各类电网事故的专项应急预案和现场处置方案。加强安全评估,健全风险管控和隐患排查双重预防机制,加强安全风险评估与论证,合理确定项目选址、布局和安全设施建设,守住电网安全底线。

## 4 配电网二次适应性分析

### 4.1 数据体系

目前存在中压数据感知不足,低压台区终端重复配置、采集,实时数据共享交互困难、通信技术路线不明确等问题,在数据采集向低压延伸方式、中压通信方式以及实时数据接入方面还存在困难。

需要加快推进中压配电网感知设备部署,整合低压台区感知设备,提高智能电表采集频次和数据并发能力,探索涉控场景配电数据多层分级处理。针对不同业务场景制定合理可行的通信技术路线,加快提升中压电缆网络光纤覆盖率,加快推动实时量测数据共享建设,提升各专业数据的同源维护和全量纳管能力。

### 4.2 控制体系

目前调度管理模式主要矛盾集中在中低压调控业务,可能引发同一个要素由多个系统重复控制问题。对于中压分布式电源/储能,调度部门希望采用直采直控方式,设备部希望维持中压要素由配自系统控制;对于低压分布式电源/储能,调度部门希望通过用采系统实现群调群控,设备部希望通过配自主站,经台区融合终端进行调控。因此需要将配自、用采系统控制功能纳入统一调控技术体系。市场交易服务,微电网、储能、可调节负荷等新要素希望进一步参与中长期及现货市场,但配网侧主体参与市场交易存在调度管理与资源调用不匹配问题,因此急需加强主配上下协同控制能力。

## 5 结语

配电网是保障电力“落得下、用得上”的最后一公里,是引领能源绿色低碳转型、构建新型电力系统、发展新业态新模式的“主战场”、“主阵地”。现有配电网技术体系与未来发展形态特征不适应,难以应对新形势、新业态、新形态要求。新时期要把配电网作为新型电力系统建设的着力点,持续优化完善配电网规划理论、建设标准和管理体系,不断提高配电网的适应性、可靠性以及数字化、智能化水平,更好支撑新能源高效开发利用和多元负荷友好接入。

## 参考文献

- [1] 王腾志.面向智能化需求的配电网调度运行管理水平评价及提升研究[D].华北电力大学(北京),2022.
- [2] 郑重.计及形态演变的输配电网风-光-储协同规划策略研究[D].华中科技大学,2022.
- [3] 韩刚,周昭志等.增量配电网发展现状综述及发展趋势研究[J].中国水能及电气化,2022,(03):46-50
- [4] 夏雪,张瑞曦,王磊等.面向配电网数智化转型的高级配电网管理系统研究与展望[J].综合智慧能源,2022,44(12):33-39.
- [5] 王成山,王瑞,于浩等.配电网形态演变下的协调规划问题与挑战[J].中国电机工程学报,2020,40(08):2385-2396.
- [6] 张鹏宇.能源互联网下的配网自动化数据管理与应用研究[D].华北电力大学(北京),2018.
- [7] 刘俊勇,向月,杨威等.充换电服务网络及其与配电网协同规划关键技术分析与研究[J].电力建设,2015,36(07):61-68.