

需求响应视角下电力营销与设备调度 优化模型及其应用

罗正严, 朱晗琰

(国网浙江省电力有限公司嵊泗县供电公司)

【摘要】文章基于需求响应的视角,探讨了电力营销与设备调度的优化模型及其应用。通过对电力用户需求响应特性的深入分析,构建了以用户满意度和电力系统运营效率最大化为目标的优化模型。该模型结合了电力营销策略和设备调度策略,实现了电力供需的动态平衡,提高了电力系统的灵活性和稳定性。实际应用表明,该模型能够显著降低电力峰值负荷,减少电力设备的运行成本,同时提升用户的用电体验和满意度。

【关键词】需求响应;电力营销;设备调度;优化模型;电力系统

中图分类号: TM73

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.140

Optimization Model of Power Marketing and Equipment Scheduling from the Perspective of Demand Response and Its Application

LUO Zheng-yan, ZHU Han-yan

(State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Shengsi County Power Supply Company)

【Abstract】Based on the perspective of demand response, this paper discusses the optimization model of power marketing and equipment scheduling and its application. Through in-depth analysis of the demand response characteristics of power users, an optimization model aimed at user satisfaction and maximizing the operational efficiency of the power system is constructed. This model combines power marketing strategy and equipment scheduling strategy to achieve a dynamic balance between power supply and demand, and improve the flexibility and stability of the power system. Practical application shows that this model can significantly reduce the peak power load, reduce the operating cost of power equipment, and improve the user's electricity usage experience and satisfaction.

【Keywords】demand response; power marketing; equipment scheduling; optimization model; power system

1 引言

在电力市场日益发展、智能电网技术应用愈发广泛的今天,需求响应作为电力市场调节的重要手段,逐渐引起了人们的重视。需求响应通过引导电力用户在电力供需紧张状态下调节用电行为,从而平衡电力市场中的供给与需求,增强电力系统运行的灵活性与稳定性。基于这一背景,如何结合电力营销、设备调度等需求响应策略构建优化模型,从而达到电力供需动态平衡、电力系统高效运行,已成为研究热点。

2 需求响应和电力营销之间的联系

需求响应与电力营销存在紧密且相互赋能的关联。电力营销的核心目标是满足电力客户需求、实现电力企业经济效益,而需求响应则是电力营销的重要策略与创新手段。从用户需求管理视角出发,需求响应助力电力营销深度洞察用户用电行为与需

求特性。通过实施需求响应措施,如激励用户在用电低谷期提升用电量、在用电高峰期降低用电量,电力企业可采集丰富的用户用电时间与用电量数据。这些数据可用于深入分析用户用电规律,例如识别价格敏感型用户、判断用电需求刚性较强的用户等。基于此类分析结果,电力营销能制定更精准的营销策略:针对价格敏感型用户,推出更多峰谷电价套餐或时段电价优惠活动,吸引用户调整用电时间,在提升用户对电力企业的满意度与忠诚度的同时,进一步提升电力资源利用效率^[1]。

在电力市场竞争中,需求响应为电力营销赋予更强竞争力。在电力市场持续开放、主体日益多元化的背景下,各电力供应商间的竞争日趋激烈。可高效开展需求响应的电力企业,能在满足用户基本用电需求的前提下,提供更灵活、更具个性化的服务。例如,在电力供应紧张时,通过需求响应措施保障用户基本用电权益不受损害;在电力供应充足时,

引导用户理性增加用电量、拉动电力消费等。这种客户导向型营销模式可助力电力企业在市场竞争中脱颖而出,吸引更多客户资源,扩大市场份额。

3 需求响应视角下电力营销优化模型的构建

3.1 客户细分策略

客户细分是从需求响应视角构建电力营销优化模型的重要依据,用户细分中需优先考量用户用电规模。大型工业客户通常用电规模大、用电模式固定,对电力价格敏感度较低,但对供电可靠性与稳定性要求极高。如钢铁厂、化工厂,一旦发生停电事故将造成重大经济损失,因此在需求响应措施设计中,需重点为该类用户配置备用电源保障或签订专门供电协议,确保其电力系统调整期间基本生产需求不受影响^[2]。

中等规模商业客户如商场、酒店、写字楼,电力需求具有波动性,且与营业时段、经营行为紧密相关。该类用户对电价具备一定敏感性,同时注重用电舒适性与便捷性。针对该类用户,可依据营业时间差异制定差异化电价套餐,如在非营业时段设置较低电价,鼓励其开展设备维护、制冷制热系统预运行等操作,实现移峰填谷;同时可提供能源管理咨询服务,助力其优化内部用电设备运行、降低总体能耗。

小型居民用户数量多,用电行为存在显著差异。部分居民客户对价格敏感度较高,如低收入家庭或注重节能的家庭,会积极响应峰谷电价政策,主动调整家电使用时段;另有部分居民客户更关注用电便捷性与生活品质,对价格变动响应度较低。针对居民客户,可通过智能电表及其他设备采集用电数据,对住户用电习惯开展分析,如空调使用时长、热水器使用时段等,再依据用电模式差异划分用电习惯类型。针对价格敏感型住户,可加强峰谷电价政策宣传,大力推广可定时开关的智能插座、智能家电等设备,助力其更好参与需求响应;针对品质需求型住户,可推出涵盖电力质量监测、应急供电保障及其他增值服务的高端电力服务套餐,满足其用电稳定性与舒适性需求。

3.2 价格激励的设置

价格激励是从需求响应角度构建电力营销优化

模型的关键环节,制定价格激励机制时,需优先确定峰谷电价的合理差价。峰谷电价差价需结合电力系统发电成本、供需平衡状况、用户承受能力等多因素综合制定。通常,电力供应紧张、发电成本偏高的区域,可适当扩大峰谷电价差价,强化价格信号对用户用电行为的引导作用^[3]。以夏季用电高峰为例,随着空调及其他制冷设备大量投用,电力需求激增,发电企业为满足用电需求,需启用高成本发电设备,此时可适当扩大峰谷电价价差,引导用户在晚间低谷电价时段使用电热水器、洗衣机等可灵活调节使用时间的家电,将部分高峰用电需求转移至低谷时段。此外,阶梯电价可与需求响应协同实施,制定阶梯电价时,将用户基本用电需求纳入低阶梯范围,保障居民生活及企业生产用电稳定;对超出基本需求的用电量,实行随用电量增长电价逐步上调的机制。

4 需求响应视角下电力设备调度优化模型的应用方法

4.1 动态调度规划

动态调度规划是需求响应视角下电力设备调度优化模型应用的核心内容,开展动态调度规划需优先构建电力系统实时监控分析系统。通过部署在电力网络中的传感器与智能电表,采集电力系统各环节运行数据,涵盖发电设备功率、输电线路负荷及用户实时用电量;结合大数据分析技术与电力系统仿真模型,对数据进行实时处理与分析,预测电力系统未来供需变化趋势。

依据预测结果制定电力设备动态调度策略:在电力供应充足时,优先调度运行成本低的发电设备。以水电设备为例,其平均发电成本约0.2元/度~0.5元/度,风电设备成本约0.3元/度~0.6元/度,均显著低于传统火电设备。调度水电设备时,依据不同水电站装机容量(如三峡水电站装机容量达2250万kW)、当前水位落差(通常为数十米至数百米)等参数,合理设定发电功率;针对风电设备,结合风机单机容量(常见1.5MW~5MW)、风速(通常3m/s~25m/s为发电区间,8m/s~16m/s为最佳风速)等因素,在合理制定发电计划的基础上,可安排储能设备充电,储存多余电能以备后续使用。例如,夜晚风能资源充沛且电力需求较低时,若风速维持在10m/s~15m/s的优质区间,可提升风力发电设备出力,将多余电能储存于蓄电池(能量转换效率约80%~90%)

或抽水蓄能电站(综合效率70%~85%)。

当处于电力需求高峰时段,依据需求响应要求,合理调整发电设备的启停顺序与发电功率。首先保障基本负荷供电,启动运行平稳的基荷发电设备,如大型火电站(部分机组发电效率可达40%~50%)、核电站(如华龙一号机组单机容量超110万kW)的相关机组;再结合峰谷电价政策与用户需求响应情况,逐步调度燃气轮机(启动时间约5min~10min,爬坡速率可达额定功率的10%/min~20%/min)、抽水蓄能电站等调峰设备,应对高峰时段电力缺口。调度过程中充分考量发电设备的启动时间、爬坡速率等技术参数,保障电力供应平稳过渡。例如,燃气轮机启动速度快,可在短时间内提升发电功率,适用于应对电力需求突增;抽水蓄能电站可在较短时间(如1h~2h)内完成发电与抽水模式切换,通过在电力高峰发电、低谷抽水蓄能,有效平衡电力供需(见图1)。

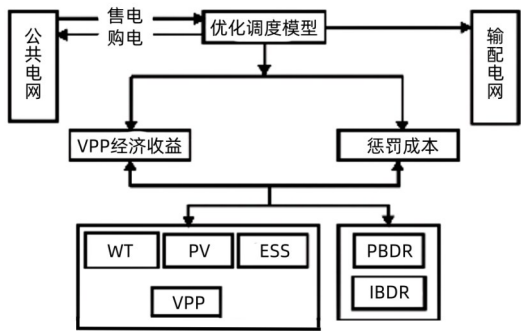


图1 电力设备调度动态模型

4.2 故障预警响应

故障预警响应对需求响应视角下电力设备调度优化模型的应用具有关键支撑作用。通过在电力设备上部署温度、振动、电流电压等各类监测传感器,可实时采集设备运行参数;采用先进故障诊断算法与人工智能技术,对采集的运行参数进行分析处理,构建电力设备故障预警模型。

当故障预警模型监测到电力设备运行参数出现异常变化,且变化幅度超过预设预警阈值时,将即时发送故障预警信号。例如,在变压器出现油温过高、绕组电流过大或绝缘材料局部放电电量增大等情况时,故障预警系统会对变压器潜在故障隐患进行判断并发出预警信息。电力调度中心接收到预警信息

后,将快速启动故障响应机制:一方面依据故障设备在电力系统中的定位与重要性,评估其对电力供应的影响范围与程度,若关键输电线路或重要发电设备触发故障预警,存在引发大范围停电的风险,需及时调整电力设备调度计划,通过将负荷转移至其他备用线路或发电设备,保障电力供应连续性;另一方面组织专业维修人员迅速赶赴故障现场,依托故障诊断设备进一步明确故障类型与具体部位,进而采取针对性维修措施。

5 结语

从需求响应视角探讨电力营销与设备调度优化模型及其实践应用。通过构建以用户满意度最大化、电力系统运营效率最大化为优化目标的模型,以实现电力供需动态平衡、电力系统高效运行的目标。实际应用表明,所建模型削峰填谷效果显著,能够有效降低电力设备运行成本、提升用户用电体验与满意度。未来随着智能电网的发展及需求响应策略的持续深化落实,预计该模式将在更多领域实现应用与普及,进而为电力市场健康发展及电力系统稳定运行提供强有力的支持。

参考文献

[1] 李晓飞. 电力营销稽查系统风险管控分析[J]. 通讯世界, 2024, 31 (10): 109-111.
[2] 龚娟. 基于供电企业的电力营销管理策略分析[J]. 通讯世界, 2024, 31 (10): 124-126.
[3] 余天一. 电力营销领域的风险管理与合规性研究[J]. 上海企业, 2024 (10): 89-91.