

智能电网中自动需求响应系统的优化与实现

焦志红

国网河南省电力公司栾川县供电公司 河南洛阳

【摘要】随着智能电网发展，自动需求响应系统愈发关键。它能动态平衡供需、优化资源配置、提升能源利用效率、降低成本并增强电网可靠性。通过改进控制算法、完善通信架构、精准预测负荷等手段，实现系统高效运行，为智能电网可持续运营提供有力支撑。

【关键词】智能电网；自动需求响应；优化策略；负荷预测；通信架构

【收稿日期】2025 年 1 月 18 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250040

Optimization and implementation of automatic demand response system in smart grid

Zhihong Jiao

State Grid Henan Electric Power Company Luanchuan County Power Supply Company, Luoyang, Henan

【Abstract】 As smart grids develop, automatic demand response systems become increasingly critical. They can dynamically balance supply and demand, optimize resource allocation, enhance energy efficiency, reduce costs, and improve grid reliability. By improving control algorithms, refining communication architecture, and accurately predicting load, these systems achieve efficient operation, providing strong support for the sustainable operation of smart grids.

【 Keywords 】 Smart grid; Automatic demand response; Optimization strategy; Load forecasting; Communication architecture

引言

当今能源需求攀升，传统电网面临挑战。智能电网应运而生，自动需求响应系统作为核心部分，可引导用户灵活用电，削峰填谷。但现有系统存在不足，如响应延迟、预测不准，亟需优化，以保障电网稳定、经济运行。

1 剖析系统短板

在智能电网蓬勃发展的当下，自动需求响应系统作为关键支撑，其重要性不言而喻。深入探究后不难发现，该系统当前存在着诸多亟待解决的问题。从控制算法层面来看，灵活性欠佳成为制约其高效运行的一大瓶颈。智能电网所面临的用电场景复杂多变，涵盖了工业生产、商业运营、居民生活等不同领域，且各领域内用电特性差异显著。工业生产往往存在高能耗、连续性强的用电模式，商业运营则在营业时间呈现用电高峰，居民生活用电更是受昼夜作息、季节更替等因素影响^[1]。但现有的控制算法

难以对这些复杂场景做出精准适配，无法依据实时用电情况对负荷进行精细调控。在夏季高温时段，居民空调用电集中爆发，工业企业若同时加大生产负荷，系统却无法灵活地平衡两者需求，极易导致局部区域电力供应紧张，影响供电稳定性。

通信网络的不稳定同样给自动需求响应系统带来了严峻挑战。数据传输在系统运行中起着“神经传导”的作用，现实中的通信网络却时常出现中断与延迟现象。在偏远地区，通信基站覆盖不足，信号强度弱，导致数据在传输过程中频繁丢失或中断。而在城市中心区域，尽管通信基础设施相对完善，但由于数据流量过大，网络拥堵问题时有发生，使得数据传输延迟严重。这种不稳定直接影响了系统的实时性，使得系统无法及时获取准确的用电数据，进而影响对负荷的及时响应与调控，大大降低了系统的运行效率。

负荷预测精度低也是不容忽视的问题。负荷预

作者简介：焦志红（1979-）男，汉族，河南洛阳，本科，研究方向为电力工程。

测是系统做出科学决策的重要依据，但由于受到多种复杂因素的干扰，预测结果往往与实际情况存在较大偏差。气象条件的变化对负荷影响巨大，极端天气下，空调、供暖设备的使用频率大幅增加，而气象预测本身就存在一定误差，这无疑给负荷预测增添了难度。经济形势的波动、产业结构的调整以及用户用电习惯的改变等，都会对电力需求产生影响，且这些因素难以精确量化与预测^[2]。当负荷预测出现偏差时，系统基于此做出的决策必然偏离实际需求，无法实现高效的供需匹配，造成电力资源的浪费或供应不足。

2 精研优化路径

面对智能电网自动需求响应系统现存的诸多问题，项目团队经过深入探讨与分析，采取了一系列行之有效的优化手段。首当其冲的便是对控制算法的深度优化。传统控制算法在复杂多变的用电环境下，难以精准调控负荷。为改变这一现状，团队引入了智能学习模型，如当下广泛应用且成效显著神经网络模型。该模型具备强大的自我学习能力，能够实时采集电网中的各类数据，像各区域的实时用电功率、设备的运行状态等^[3]。通过对这些海量实时数据的深度挖掘与分析，智能学习模型可动态调整控制策略。举例来说，当某一区域的工厂因生产任务临时增加用电负荷时，模型能迅速捕捉到这一变化，并精准计算出需要从其他非关键用电领域转移的负荷量，以此提升负荷调控的精准度，保障电网稳定运行。

通信架构的升级同样至关重要。在信息飞速流转的智能电网时代，可靠的通信是系统高效运行的基石。团队摒弃了老旧的通信技术，采用了先进的高速可靠传输技术，例如 5G 通信技术在电网通信中的创新应用。5G 具备超高的传输速率与超低的延迟，能让各类用电信息在瞬间完成传输。考虑到电网数据的敏感性，团队对数据传输过程进行了严格加密。运用先进的加密算法，为每一条传输的数据披上“安全铠甲”，确保通信不仅稳定高效，更具备极高的安全性^[4]。如此一来，无论是电网调度指令的下达，还是用户用电数据的上传，都能在安全稳定的通信通道中顺畅进行，有效避免了数据泄露与通信中断等问题。

强化负荷预测是优化路径中的关键一环。准确

的负荷预测能够为电网的合理调度提供有力支撑。团队创新性地融合多元数据，将电力系统内部的历史用电数据、设备运行参数，与外部的天气数据、日期信息等进行有机整合。在此基础上，运用深度学习算法搭建负荷预测模型。天气因素对用电负荷影响显著，高温天气下空调用电大增，寒冷天气时供暖设备耗电上升；日期因素方面，工作日与周末、节假日的用电模式截然不同。模型通过对这些因素的综合考量与深度分析，不断优化预测结果。经实际验证，该负荷预测方法大幅提高了预测准确性，为电网提前做好电力调配、保障电力供需平衡奠定了坚实基础。

3 推进落地实践

将精心设计的优化方案切实应用于实际电网，是实现智能电网自动需求响应系统高效运行的关键一步。在整个落地实践过程中，需从多个维度进行细致布局与实施。在电网的关键节点——变电站以及数量众多的用户端，部署先进的智能终端设备。这些智能终端宛如敏锐的感知触角，具备强大的数据采集能力，能够实时且精准地收集各类关键数据，如电力负荷、电压电流参数等^[5]。与此同时还配备了高速稳定的数据传输模块，确保所采集到的数据能够以极快的速度，毫无延迟地传输至指定的数据汇聚中心，为后续的分析与决策提供坚实的数据基础。

搭建功能完备的控制中心同样至关重要。在这个控制中心内，集成了经过深度优化的算法体系。该算法体系犹如整个系统的智慧大脑，能够对源源不断传输而来的数据进行深度挖掘与分析。尤为关键的是，它能够依据复杂且精准的负荷预测模型，提前预判不同时段的电力需求变化趋势。基于这些预测结果，控制中心可通过远程通信技术，向各个智能终端设备精准下达调控指令。当预测到某区域在特定时段将出现电力负荷高峰时，控制中心能够迅速下达指令，调整该区域用户端部分可调节设备的用电策略，如适当降低空调温度设定值、延迟部分非关键设备的启动时间等，以此实现对电力负荷的有效调控，保障电网运行的稳定性。

为了确保整个系统能够持续稳定地运行，建立一套全面且实时的监测系统不可或缺。该监测系统犹如忠诚的卫士，时刻对系统的各项性能指标进行全方位的实时评估。从电力传输的稳定性、负荷调

控的准确性,到各个设备的运行状态,无一遗漏。一旦在监测过程中发现系统出现任何异常状况,如某区域电力负荷突然超出预期、设备出现故障报警等,监测系统能够在第一时间将相关问题反馈至控制中心^[6]。控制中心接收到反馈信息后,会迅速启动应急预案,对系统进行及时调整与优化。通过这样闭环的监测与反馈机制,能够有效保障系统在各种复杂环境下都能平稳运行,切实达成节能增效的最终目标,为智能电网的可持续发展提供有力支撑。

4 核验成效增益

在完成智能电网自动需求响应系统的优化后,我们对系统成效展开了全面且深入的核验工作。通过一系列科学严谨的方法与手段,详细对比优化前后的各项关键指标,成效十分显著。在电网负荷调节方面,峰谷差出现了大幅度的缩小。在优化前,用电高峰期与低谷期的负荷差距明显,高峰期电网需承受巨大压力,设备满负荷运转,而低谷期则存在资源闲置现象^[7]。优化后,自动需求响应系统能够依据实时用电情况,精准地对用户侧用电进行合理引导。在高峰时段,系统会自动向部分可调节负荷的用户发出信号,通过给予一定的经济激励,鼓励用户暂时降低用电功率,像大型商业用户的非关键照明系统、工业用户的部分可中断生产设备等。如此一来,高峰时段的用电负荷得到有效抑制,低谷时段则通过引导用户使用低谷电价电力,提升了整体用电均衡性,极大地提高了能源利用率,减少了能源浪费。

从用户端体验来看,优化后的系统也带来了质的改变。用户端用电稳定性得到显著增强,停电次数大幅减少。过去,由于电网负荷波动较大,在高峰时段容易出现电力供应不足的情况,导致停电事件时有发生,给用户的正常生活和生产带来诸多不便。优化后,自动需求响应系统通过智能调控,确保了电力供应的平稳性。即使在极端用电情况下,系统也能迅速做出反应,合理分配电力资源,保障关键用户和重要设备的持续供电。在夏季高温时段,居民空调用电需求剧增,以往常因负荷过大引发停电,但现在系统能够及时调节,优先保障居民基本生活用电,工业用户等也能根据系统指令有序调整用电安排,有效维持了电力供需平衡,提升了用户端的用电稳定性。

系统可靠性是衡量其性能的重要指标,为此我们进行了严格的压力测试。在模拟极端用电环境下,

如长时间高负荷运转、突发大规模用电需求等,系统展现出了强大的稳定性。经过多轮高强度测试,系统各项功能均能正常运行,未出现任何故障或异常。从硬件设备到软件算法,都经受住了考验,确保了系统能够长期稳定运行^[8]。这种可靠性为智能电网的持续发展筑牢了坚实根基,为未来智能电网进一步拓展功能、服务更多用户、适应更复杂的用电场景提供了有力保障,让智能电网在能源领域的变革中稳步前行,切实推动能源产业的高效、可持续发展。

5 结语

智能电网自动需求响应系统优化实现意义重大。当下改进措施已初显成效,有效提升电网运行质量。展望未来,随着技术革新,如量子通信助力数据传输、人工智能深度赋能决策,系统将更智能精准,持续推动能源高效利用,为全球可持续发展注入强劲动力,开启智能用电新篇章。

参考文献

- [1] 门亚萍.考虑用电安全性的智能电网负荷调峰方法研究[J].东北电力技术,2025,46(04):48-51.
- [2] 吕卫军.智能电网中电力系统故障的快速定位与恢复策略[J].家电维修,2025,(04):140-142.
- [3] 郁金宝,张浩锋,齐欢,等.数字孪生技术在电网智能化运检业务中的应用[J].地理空间信息,2025,23(03):109-113.
- [4] 杨喜喜.智能电网背景下的电保护技术及其综合自动化应用研究[J].电气技术与经济,2025,(03):106-108.
- [5] 史纪,张之涵,杨义,等.楼宇负荷需求响应系统方案设计与实证分析[J].电力需求侧管理,2022,24(03):60-65.
- [6] 胡桐月,奚培锋,张少迪,等.基于区块链的中小型电力用户自动需求响应系统设计[J].电力需求侧管理,2021,23(04):96-100.
- [7] 冷令,张震邦,唐婷,等.基于自动需求响应的远程温室监控数据融合方法[J].沈阳农业大学学报,2021,52(01):116-122.
- [8] 吴杭飞,杨晓东,张有兵,等.户用多微网系统的事件驱动型自动需求响应策略[J].电力系统自动化,2020,44(09):119-127.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS