

电力综合能源系统优化运行策略与算法研究

王亚超

平高集团有限公司 河南 平顶山 467000

摘要: 随着全球能源需求的持续增长和环境保护意识的增强, 电力综合能源系统的优化运行策略与算法研究显得尤为重要。本文旨在探讨电力综合能源系统的优化运行策略, 并提出相应的算法, 以实现能源的高效利用和可持续发展。通过对能源系统的整合与优化, 本文提出了一系列策略与算法, 以提高系统的经济性和可靠性。

关键词: 电力综合能源系统; 运行策略; 优化; 算法

引言

电力综合能源系统集成了多种能源形式, 包括电力、热能、冷能等, 通过先进的控制和调度技术实现能源的高效利用。优化运行策略与算法的研究对于提升系统性能、降低运行成本、减少环境污染具有重要意义。本文将围绕电力综合能源系统的优化运行策略与算法展开详细讨论。

1 电力综合能源系统概述

1.1 综合能源系统的概念界定

综合能源系统(Integrated Energy System, 简称IES)是一个以电力系统为中枢, 深度融合热能、冷能、天然气等诸多能源子系统的综合体系。在系统的规划、构建及日常运营中, 它强调从物理维度对“能源生产-传输网络-消费终端-储能设施”这一全链条进行有机整合与高效调控, 旨在构建一个集能源生产、供应与消费于一体的综合型系统。

1.2 综合能源系统的核心特性

多元能源互补性: 综合能源系统汇聚了多样化的能源资源, 通过精心设计的互补机制, 使得各类能源能够相互支撑、高效转化, 从而大幅提升能源的整体利用效率。这种互补不仅体现在能源类型上, 还体现在地域、时间以及应用场景等多个维度。

系统协调优化: 该系统通过先进的物理技术手段, 对能源的生产、传输、分配和消费等各个环节进行精细化的协调与管理, 以确保整个能源系统能够在满足社会需求的同时, 达到最优的运行状态。这种优化不仅关注单一环节效率提升, 更注重系统整体效能最大化。

高度智能互联: 依托现代信息技术和通信技术的飞速发展, 综合能源系统实现了能源设施的智能化连接与高效调度。通过实时监测、数据分析与智能决策, 系统能够迅速响应能源市场的变化, 灵活调整能源供应策略, 从而确保能源供应的稳定性和可靠性。同时, 智能互联还为能源

用户提供了更加便捷、个性化的服务体验。

2 电力综合能源系统优化运行策略

2.1 能源设备的合理配置

为了促进电力综合能源系统的高效运行, 首要任务是实施能源设备的精准配置与灵活管理。这一策略具体体现在以下几个方面: 一是发电设备的精选与优化配置: 需根据区域能源需求特性、资源禀赋及环境约束条件, 精心挑选适合的发电技术(如燃煤、燃气、风电、光伏等), 并确定其最优装机容量与布局。同时, 考虑发电设备的互补性, 如结合可再生能源的不稳定性与常规能源的稳定性, 形成多元化的发电组合, 以提升系统整体的能源供应可靠性和灵活性。二是储能设备的战略部署与智能调度: 储能装置作为平衡供需、平滑负荷波动、提高能源利用率的关键环节, 其选型、容量设计及布局需与发电、传输、消费环节紧密衔接。通过构建智能储能管理系统, 实时监测能源供需状况, 动态调整储能设备的充放电策略, 特别是在负荷高峰时段, 有效释放储能电量, 缓解电网压力, 确保电力供应的稳定性和经济性^[1]。三是冷热联供系统的集成与协同: 在综合能源系统中, 冷热联供(Combined Heat and Power, CHP)技术的应用能够显著提高能源使用效率。通过合理配置CHP装置, 实现电能与热能/冷能的综合利用与高效转换, 特别是在工业园区、商业综合体等需求密集区域, 通过系统集成与协同优化, 减少能源浪费, 提升能源系统的整体能效。

2.2 节能技术的应用

在电力综合能源系统中, 节能技术的广泛应用是提升能源利用效率、降低能耗的关键举措。具体而言, 这包括以下几个方面: 高效照明系统的普及与升级: 采用LED、OLED等高效节能照明技术替代传统照明设备, 不仅显著降低能耗, 还能提升照明质量和舒适度。同时, 结合智能照明控制系统, 根据实际需求自动调节光

照强度和时间,进一步实现节能效果。节能建筑材料的广泛应用:在电力综合能源系统的建设过程中,选用具有高保温、高隔热性能的建筑材料,如低辐射玻璃、保温隔热板等,可以有效减少建筑物的能耗。此外,通过绿色建筑设计和自然采光、通风等被动式节能技术的应用,进一步降低建筑运行过程中的能源消耗。高效换热技术的优化与创新:在能源转换和传输过程中,采用高效换热器可以显著提高热能转换效率,减少能量损失。例如,采用板式换热器、螺旋板式换热器等高效换热设备,以及热管技术、热泵技术等先进换热技术,可以大幅提升能源系统的整体能效。能源转换过程的优化与集成:通过优化能源转换过程中的参数设置、流程设计以及设备选型,可以进一步提高能源转换效率。同时,将不同的能源转换过程进行集成,形成多能互补、协同优化的能源转换系统,也是实现节能目标的重要途径。例如,在电力生产过程中,通过余热回收和再利用技术,将发电过程中产生的余热转化为有用的热能或冷能,从而提高能源的整体利用效率。

2.3 灵活调度策略

在电力综合能源系统中,灵活高效的调度策略对于确保系统在不同负荷条件下的优化运行至关重要。这一策略的具体实施包括以下几个方面:一是实时监测与数据分析:首先,通过部署先进的传感器和监测系统,实时收集能源供需数据,包括可再生能源的出力情况、负荷需求变化、设备运行状态等。利用大数据分析和预测技术,对这些数据进行深度挖掘和快速处理,为调度决策提供准确依据。二是多源能源的动态调配:基于实时监测数据,灵活调整各类能源设备的运行状态和出力水平。例如,在风电、光伏等可再生能源出力波动较大时,通过智能调度系统快速响应,调整火电机组、水电机组或储能装置的出力,以平衡供需差异,确保电网频率和电压的稳定^[2]。三是储能设备的智能充放电管理:储能设备在灵活调度中扮演着重要角色。通过制定科学的充放电策略,如在负荷低谷时充电、在负荷高峰或可再生能源出力不足时放电,可以有效平滑能源供需曲线,提高能源利用效率,并减少对传统能源的依赖。四是需求侧管理与响应:除了对供应侧的灵活调度外,还需加强需求侧的管理与响应。通过实施峰谷分时电价、需求响应计划等措施,引导用户合理调整用电行为,如在高峰时段减少非必要用电,从而减轻电网压力,提高系统整体的灵活性和稳定性。

2.4 电能储能与供应管理

在电力综合能源系统中,电能储能与供应管理对于

提升系统整体效能、确保电能稳定供应具有举足轻重的作用。具体而言,这一策略涵盖以下几个方面:一是储能设备的多元化配置与智能调度:根据区域能源需求特性、电网结构以及可再生能源分布情况,科学配置电池储能系统、抽水蓄能电站、压缩空气储能等多种储能设施。通过构建智能储能管理系统,实现对储能设备的精准控制与优化调度。在负荷低谷时段,充分利用低价电能或可再生能源进行充电;在负荷高峰或可再生能源出力不足时,及时释放储能电能,有效平抑电网波动,实现电能的削峰填谷。二是精细化电能供应策略的制定与实施:结合电力市场需求和用户用电行为特征,制定差异化的电能供应策略。例如,推行分时电价制度,根据时段的不同设定不同的电价水平,激励用户在电价较低时段增加用电,在电价较高时段减少用电,从而优化电力负荷分布。同时,开展需求响应项目,鼓励用户根据电网需求调整用电计划,参与电力系统的调节,进一步提高电能利用的灵活性和效率^[3]。三是供需两侧的协同优化:电能储能与供应管理不仅关注供应侧的优化,也强调需求侧的参与和响应。通过构建供需互动平台,实现电力供应者与消费者之间的信息共享和实时交互。供应侧可以根据需求侧的用电需求和偏好,提供更加个性化的电能供应服务;需求侧则可以根据供应侧的电能供应情况和价格信号,合理调整用电行为,实现供需两侧的协同优化和共赢。

3 电力综合能源系统优化的算法研究

3.1 遗传算法

3.1.1 能源设备配置优化

面对电力综合能源系统中多样化的能源设备配置问题,遗传算法通过构建包含设备类型、容量及布局等参数的基因编码,利用选择、交叉和变异等遗传操作,不断迭代优化,以寻求在满足系统约束条件下(如能源供需平衡、环境限制等)的设备配置方案,该方案能够最大化能源利用效率或最小化系统运营成本。

3.1.2 最优调度策略制定

在电力综合能源系统的日常调度中,遗传算法可用于求解包含多种能源设备调度、储能充放电策略及需求响应计划等在内的复杂优化问题。通过定义反映系统经济性、可靠性和环保性等多维度目标的目标函数,并考虑实际运行中的各种约束,遗传算法能够探索出在不同时间尺度下的最优或近似最优调度策略,确保系统的高效稳定运行。

3.1.3 约束处理与多目标优化

电力综合能源系统优化往往涉及众多非线性、非凸

性的约束条件,以及相互冲突的多目标(如成本最小化、碳排放减少、供电可靠性提升等)。遗传算法通过引入罚函数、约束满足技术等手段,有效处理这些复杂约束,并通过权重法、Pareto优化等方法,寻求多目标之间的平衡,为决策者提供多样化的优化方案选择。

3.2 粒子群算法

3.2.1 多目标函数构建与求解

电力综合能源系统的优化往往涉及经济成本、碳排放、能源利用效率等多个相互冲突的目标。粒子群算法通过为每个粒子分配一组代表不同目标函数值的“位置”坐标,并依据这些目标函数值来评估粒子的优劣。在迭代过程中,粒子根据自身经验(即历史最优位置)和群体经验(即全局最优位置)来调整其“速度”和“位置”,从而不断逼近问题的帕累托最优解集。

3.2.2 约束条件处理

电力综合能源系统的优化问题通常伴随着一系列复杂的约束条件,如能源供需平衡、设备容量限制、环境政策要求等。粒子群算法通过引入约束处理机制,如罚函数法、约束满足技术等,确保在搜索过程中产生的解均满足这些约束条件,从而保证了优化结果的可行性和实用性。

3.2.3 帕累托最优解集搜索

粒子群算法在搜索过程中能够同时考虑多个目标函数,通过不断迭代和更新粒子的位置,逐步逼近并搜索到一组在多个目标之间达到平衡的帕累托最优解集。这些解集为决策者提供了多样化的优化方案选择,有助于他们根据实际需求、偏好和政策导向,做出更加全面和合理的决策。

3.3 模拟退火算法

3.3.1 复杂约束条件下的优化问题求解

电力综合能源系统的优化往往伴随着诸多复杂的约束条件,如能源设备的启停逻辑、储能设备的充放电限制、电网运行的稳定性要求等。模拟退火算法通过其独特的“退火”机制,即在较高的初始温度下允许解空间中的“劣质”解有一定概率被接受,随着温度的逐渐降低,逐渐减小这一概率,从而能够在满足这些复杂约束条件的前

提下,有效搜索到问题的最优解或近似最优解。

3.3.2 能源设备启停调度的优化

在电力综合能源系统中,能源设备的启停调度是一个重要的优化问题。模拟退火算法通过构建包含设备启停状态的解空间,并设定合理的目标函数(如经济成本最小化、碳排放减少等),在迭代过程中不断调整设备的启停状态,以寻求在满足系统供需平衡、设备维护计划等约束条件下的最优启停调度方案^[4]。

3.3.3 储能设备充放电策略的优化

储能设备在电力综合能源系统中扮演着平抑波动、提高能源利用效率的重要角色。模拟退火算法可用于求解储能设备的最优充放电策略问题,通过构建包含储能设备充放电功率、时间等参数的解空间,并考虑储能设备的容量限制、充放电效率等因素,在迭代过程中不断优化储能设备的充放电计划,以实现系统整体效能的提升。

结语

电力综合能源系统的优化运行策略与算法研究是实现能源高效利用和可持续发展的重要途径。通过合理配置能源设备、应用节能技术、实施灵活调度策略和优化电能储能与供应管理等措施,可以提高系统的经济性和可靠性。同时,借助遗传算法、粒子群算法和模拟退火等优化算法的支持,可以进一步提升系统的优化运行水平。未来,随着技术的不断进步和应用的不断深入,电力综合能源系统的优化运行策略与算法研究将发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]刘小敏,苟瑞欣,张坤,等.电力市场环境计及V2G和多类型需求响应的综合能源系统多目标优化模型[J].数学的实践与认识,2021,51(03):98-109.
- [2]俞佳涛,张梁,李海峰,等.基于电力物联网的社区综合能源系统[J].物联网技术,2021,11(04):61-63+66.
- [3]鲍聪.智能技术在电力系统及综合能源系统中的应用[J].电子技术,2024,53(04):312-313.
- [4]李祐廷.计及电力柔性负荷的综合能源系统优化配置和调度运行研究[D].上海电力大学,2020.