

Capacity allocation and economic coordination optimization of the integrated micro-grid system

Xiuhong Liang

Beijing Shuangjie Electric Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

With the continuous deepening of the application of renewable energy, the new energy control mode of integrated hydrogen storage and microgrid system has gradually evolved into the focus of research and application. This paper focuses on exploring the system architecture, operation mechanism, capacity setting and economic characteristics of the integrated hydrogen storage and landscape microgrid. Through the collaborative improvement of wind power generation, photovoltaic power generation, energy storage and hydrogen energy system, the role of system capacity setting on energy utilization efficiency and economy is discussed. The combined mathematical model and optimization calculation method give the collaborative optimization measures of the landscape hydrogen storage system, and confirm the feasibility and application trend of this measure based on the actual case analysis. The conclusion shows that appropriate capacity setting and collaborative optimization can effectively reduce the system overhead and improve energy efficiency to provide theoretical support for the economic feasibility of microgrid projects.

Keywords

Wind solar hydrogen storage; Microgrid; Capacity configuration; Economic analysis; collaborative optimization

风光储氢一体化微电网系统的容量配置与经济性协同优化

梁秀红

北京双杰电气股份有限公司, 中国·北京 100000

摘要

伴随可再生能源运用的持续深入, 风光储氢一体化微电网体系这一全新的能源管控模式逐步演变为研究与应用的焦点。本文重点探究了风光储氢一体化微电网的系统架构、运作机制还有容量设定以及经济特性剖析。借由针对风力发电、光伏发电、储能以及氢能系统的协同改进, 研讨了系统的容量设定给能源利用效率与经济性带来的作用。联合数学模型和优化计算方法给出了风光储氢系统的协同优化措施, 并依靠实际案例剖析证实了该措施的可行性和应用趋向。研究结论显示恰当的容量设定与协同优化能够切实压低系统开销, 提高能源使用效率给微电网项目的经济可行性给予理论支撑。

关键词

风光储氢; 微电网; 容量配置; 经济性分析; 协同优化

1 引言

伴随全球能源结构转变的提速清洁能源的研发和运用变成了应对气候改变、达成碳中和目标的核心要素。风能与太阳能作为关键的可再生能源由于受限于它们的间歇性与波动性, 怎样高效地存储和调配这类能源变成了当下研究的重点。风光储氢一体化微电网系统依靠自身高效的能源转化及存储长处, 成为化解可再生能源波动性难题的重要技术渠道。本文意在探究风光储氢一体化微电网系统的容量配置与经济性协同优化的问题, 为其于实际运用中的推广给予理论支撑和优化办法。

2 风光储氢一体化微电网系统概述

2.1 微电网系统的基本概念与构成

微电网作为小型的发配电体系将分布式电源、储能设备、能量转换器件、配用电设施、负荷、监控与保护装置汇聚于一处。它的定义包含了能够灵活地和主电网进行能量的交互, 既能够并网运转又能够在特定状况下孤网独自运行, 属于具有自我运行掌控、保护以及管理能力的自治系统。从构成的部件来说分布式电源涵盖了太阳能、风能、小型水电、燃料电池、微型燃气轮机等等, 可以依照当地的资源和负荷需求进行合理的配备达成能源的多元供应; 储能设备例如蓄电池、超级电容器、飞轮储能等等, 在均衡电力供需、提高稳定性方面发挥着重要作用; 能量转换装置诸如逆变器、变流器达成能量形式的转换与电能质量的调节; 配用电设施由变压器、配电线路、开关设备等构成, 负责电能的分配以及

【作者简介】梁秀红(1978-), 女, 本科, 工程师, 从事能源发开与利用、电力研究。

用户的用电；负荷包含工业、商业、居民等不同的类别，其特性和需求对微电网的规划运行产生影响；监控和保护装置实时对运行状态进行监测，在出现故障时迅速做出反应确保系统的安全。

2.2 风光储氢系统的工作原理

风力发电依照电磁感应定律借助风轮捕获风能并转变为机械能，经过齿轮箱提速后传递给发电机从而转化为电能发电功率和风速紧密相连。光伏发电凭借半导体光电效应，光子的照射促使半导体产生电子-空穴对，在电场的作用下形成电流光照强度与温度对其发电效率有着显著的影响。储能系统以锂电池来讲基于锂离子在正负极之间的嵌入和脱出达成充放电，在微电网里用于存储过剩电能、平衡功率等等。制氢运用电解水技术例如 PEM 电解槽通过水的电解反应产出氢气，储氢则存在高压气态、低温液态、固态等形式。在系统协同运作机制方面能量管理系统依照不同的工作状况，诸如光照、风速、负荷等条件，协调把控各个部分，达成风能、太阳能、储能和氢能的优化运用保证系统稳定且高效地运行。

3 风光储氢一体化微电网的容量配置问题

3.1 容量配置的定义与优化目标

容量配置指的是在满足负荷需求以及系统性能要求的基础上，明确风光储氢一体化微电网里各个组件的装机容量。这一流程需要全面思考当地的能源资源、负荷特点、设备参数和成本等要素。配置不恰当容易造成电力匮乏或者资源的浪费。优化的目标呈现多元化在可靠性方面，合理地配置组件能够抚平风光发电的波动依靠储能进行调节，降低停电的时间和次数确保供电的平稳。在经济性方面包含设备的投资、运维、能源成本以及弃风弃光的惩罚成本，需要进行综合的权衡从而实现总成本的最小化。在环保性方面要求发挥出清洁的优势，提升可再生能源的占比降低对于化石能源的依赖减少碳的排放。

3.2 风光储氢系统的容量配置模型

风力发电容量模型是基于风速分布（通常用威布尔分布来描述）以及风机特性构建而成的，风机的输出功率随着风速呈分段式变化。光伏发电容量模型依照光照强度、光伏电池特性，其输出功率受到光照强度、温度的影响，能够通过公式进行修正也可以借助智能算法进行优化。储能容量模型方面电池储能和负荷需求、充放电效率存在关联，氢储能则与制氢、用氢过程密切相关。制氢与储氢容量模型结合电解水制氢效率、氢气存储需求，制氢量和设备功率、效率有关储氢容量由存储方式与需求决定。

3.3 容量配置优化的数学模型与方法

数学模型将系统总成本最小化设定为目标函数，涵盖了设备投资、运行维护、能源成本以及补贴。与此同时要考虑功率平衡、储能系统（容量与充放电功率）、各发电设备

功率以及系统可靠性等约束条件。在优化算法里粒子群算法源自对鸟群觅食的模拟，计算的速度较快但容易陷入局部最优的情况；遗传算法借鉴了生物遗传的机制，全局搜索的能力较强但计算量较大。在实际的应用中可以依照问题的特点进行选择，也能够进行改进和融合例如某海岛微电网项目，运用粒子群算法计算不同的方案，综合地分析各个方案的成本、可再生能源的利用率等以此来确定最优的容量配置策略。

4 风光储氢一体化微电网的经济性分析

4.1 经济性分析的目标与评价指标

在投资决策的阶段通过对不同方案的成本收益进行对比，投资者能够挑选出最优的策略，避免盲目投资保证资金得到合理的运用。在规划设计的时候对不同容量配置、技术选型以及运行模式下的成本收益展开分析，有益于平衡系统的经济性与可靠性。在运营管理当中凭借实时的数据分析，能够及时察觉高成本、低效率的环节优化能源的调度降低运营的成本。

常用的经济性评价指标涵盖了内部收益率（IRR）、净现值（NPV）以及投资回收期。IRR 指的是令项目净现值为零的折现率体现了实际的盈利能力，越高就表明项目的经济可行性和投资回报率越高然而其计算较为复杂，对于非常规现金流项目可能存在多解或者无解的情况。NPV 是把各年的净现金流量依照折现率折现到初始时刻的现值总和，大于零意味着项目可行，数值越大经济收益越好只是对折现率较为敏感。投资回收期分为静态和动态两种，静态不考虑资金的时间价值动态则予以考虑，该指标能够迅速评估投资的回收能力但是没有包含回收期之后的现金流量。

4.2 风光储氢一体化微电网的经济性模型

风光储氢一体化微电网的经济性模型涵盖了投资成本、运行维护成本以及收益模型。在投资成本这一方面风力发电成本包含设备购置、安装调试、土地租赁以及前期勘察的费用，单机容量越大单位千瓦的投资成本就越低。光伏发电成本主要在于光伏电池板、逆变器等设备的采购以及系统安装的费用，电池板成本所占比例较大其价格随着技术和市场的变化而下降。储能的成本取决于技术的类型、容量以及充放电功率，锂离子电池单位容量的成本近些年来有所下降还涵盖配套设备的费用。制氢与储氢的投资成本主要是电解槽等设备的购置安装费用，储氢成本因方式的不同而有所差异高压气态的较低，低温液态的较高固态的由于尚不成熟所以成本较高。

5 风光储氢一体化微电网的容量配置与经济性协同优化

5.1 协同优化模型的建立

在构建风光储氢一体化微电网的协同优化模型之际，精确的数据支撑与科学的分析手段极为关键。以某座海岛的

风光储氢微电网项目为例,这座海岛风力资源颇为丰厚年平均风速达 7m/s,且主导风向稳固给风力发电创造了优良条件;与此同时年日照小时数超 2000 小时光照资源亦相对充裕,不过该海岛与大陆相距甚远传统电网供电不但成本高昂,而且稳定性欠佳,所以构建风光储氢一体化微电网势在必行。在容量配置这一方面起初对风力发电与光伏发电的历史数据展开了深度剖析。凭借多年的风速监测数据运用威布尔分布函数为风速构建模型,预估不同功率层级风力发电机的出力状况。比如针对一台额定功率是 500kW 的风力发电机,在不同风速区间内的发电功率能够依据风机功率曲线精准算出。同时联系当地的光照强度、日照时长以及光伏组件的特性参数构建光伏发电模型。历经模拟解析明确了在满足海岛基础用电需求的前提下,配置 2MW 的风力发电装机容量与 1MW 的光伏发电装机容量较为适宜。

储能系统的容量配置需要全面考量风光发电的起伏变化以及负荷需求的变动情况,依据海岛的历史负荷数据,察觉夏季由于空调等用电设备的增多负荷峰值相较于冬季高出约 30%。通过对负荷曲线的解析结合风光发电的预测出力,运用优化算法明确储能电池的容量。假定储能电池的充放电效率为 90%,经计算配置了 1.5MWh 的锂电池储能系统,以保障在风光发电短缺时能够满足至少 3 小时的负荷需求。至于氢储能系统重点在于明确电解槽、燃料电池和储氢罐的容量。在该海岛项目中依照风光发电的过剩电量和负荷需求,算出电解槽的额定功率为 300kW,电氢转换比率为 5.5Nm³/kWh,即每小时能够生产氢气约 1650Nm³。储氢罐的容量则依照海岛的能源储备需求和安全标准,确定为 10000Nm³ 能够满足燃料电池在一定时段内的稳定运转。燃料电池的额定功率为 200kW 当风光发电和储能电池无法满足负荷需求时,燃料电池启动将储存的氢能转变为电能。

5.2 协同优化策略的实施与应用

某工业园区推行了风光储氢一体化微电网的协同优化举措,该园区内企业数量众多用电负荷较大并且波动显著,传统的供电模式成本偏高且存在供电不稳定的状况。在协同优化举措的施行进程中园区构建了先进的能源管理系统(EMS)。EMS 实时收集风光储氢设备的运行数据,像是风力发电机的风速、发电功率,光伏板的光照强度、发电功

率,储能电池的荷电状态、充放电功率,电解槽和燃料电池的运行情形等。借由对这些数据的实时解析,EMS 依照预先设定的优化策略对设备予以调控。

在白昼光照充裕且风力较强时优先凭借风光发电满足园区负荷需要,当发电功率超出负荷需求时多余的电能一部分用于为储能电池充电,另一部分则用于电解水制取氢气并将氢气存储起来。比方说在某个晴朗的工作日上午 10 点,风光发电功率抵达峰值,此时储能电池以 100kW 的功率进行充电电解槽以 200kW 的功率运转制氢。当步入夜间或者天气不佳致使风光发电匮乏时储能电池开始放电,倘若储能电池电量短缺就启动燃料电池将存储的氢气转化为电能。通过推行协同优化举措,该工业园区获取了显著的经济成效和社会收益。在经济层面和传统供电方式相较,每年节约电费开支约 200 万元同时降低了因停电导致的生产损失。在环保效益方面每年减少二氧化碳排放量约 5000 吨,有力助推了园区的绿色发展。另外该微电网的供电可靠性获得了极大程度的提高,停电次数和停电时长显著减少保障了园区内企业的平稳生产。这一实际事例充分证实了风光储氢一体化微电网容量配置与经济性协同优化举措的可行性和有效性,为其他相似项目给予了珍贵的经验参考。

6 结语

本文针对风光储氢一体化微电网系统展开研究,探究了其系统构成、工作原理以及容量配置的优化策略。研究显示风光储氢系统的协同优化不但能够提升能源利用效率,还能够切实降低系统运行成本给可再生能源的应用给予了重要的参考。凭借数学模型与优化算法的融合,本文给出的容量配置方案具备良好的经济性和可操作性。

参考文献

- [1] 石庆均.微网容量优化配置与能量优化管理研究[D].浙江大学,2012.
- [2] 李刚,韩滔,郝尚帅,等.基于半物理模型风光储氢微电网的优化调度方法及系统:202310208940[P][2025-02-18].
- [3] 石庆均.微网容量优化配置与能量优化管理研究[D].浙江大学[2025-02-18].
- [4] 谭玲玲,汤伟,楚冬青,等.考虑电-氢一体化的微电网低碳-经济协同优化调度[J].中国电力,2024,57(5):137-148.