

# Operation Management and Economic Analysis of Wind Solar Energy Storage Collaborative Power Generation System

Shuanglong Ma<sup>1</sup> Zhichao Pei<sup>2</sup>

1. Longyuan (Beijing) New Energy Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100036, China

2. China Longyuan Power Group Corporation Limited, Beijing, 100036, China

## Abstract

This paper mainly focuses on the research of wind power-energy storage combined power generation technology, discusses the composition and working mechanism of the technology system in detail, and expounds the application of the technology in practice. On this basis, the paper analyzes the cost-effectiveness, investment return rate and other aspects, and conducts a comprehensive evaluation of them. At the same time, it deeply studies the composition and coordinated operation mechanism of various links such as wind power, photovoltaic, energy storage, etc., points out their operation mode, monitoring and scheduling, and maintenance strategies, comprehensively evaluates their investment cost, operating cost and economic benefits, and provides theoretical support and practical guidance for their widespread application in China.

## Keywords

collaborative power generation; operation management; economic analysis; renewable energy

## 风光储协同发电系统中的运行管理与经济性分析

马双龙<sup>1</sup> 裴志超<sup>2</sup>

1. 龙源（北京）新能源工程技术有限公司，中国·北京 100036

2. 龙源电力集团股份有限公司，中国·北京 100036

## 摘要

论文主要针对风电-储能联合发电技术展开研究，在对该技术体系的构成、工作机理等方面进行详细的论述，并对该技术在实践中的应用进行阐述。在此基础上，论文从成本效益、投资回报率等方面进行分析，并对其进行综合评价，同时对风电、光伏、储能等各环节的构成及协调运行机理进行深入研究，指出其运行方式、监测调度和维护策略，综合评价其投资成本、运行成本和经济效益，为其在我国的广泛应用提供理论支撑和实践指导。

## 关键词

风光储协同发电；运行管理；经济性分析；可再生能源

## 1 引言

在世界能源格局不断变化的背景下，具有高效节能、绿色环保等特点的风电储能协同发电技术正逐步成为新一代能源发展的重要方向。在当前世界范围内，太阳能光伏发电技术具有重要的应用价值，该系统将风力发电、光伏发电板和先进储能装置有机结合，既可以实现多种新能源的高效利用，又可以保证供电的稳定可靠，从而为用户提供更为稳定可靠、经济高效的能源解决方案。由此，论文旨在深入研究风光储协同发电系统的运行管理与经济性，为其进一步发展和应用提供参考。

## 2 风光储协同发电系统概述

### 2.1 系统组成与工作原理

#### 2.1.1 风力发电、光伏发电和储能系统的组成部分

风力发电是一种由多个关键部件组成的复合装置，其主要由风电机组、高耸的塔架、特殊的控制、逆变等组成。机组利用自然风能驱动转动机械能，通过控制器将其转换成可控制的直流电，将这些直流电通过变换器转化为交流电，最后接入电网或储存为后备电源，以备不时之需。这一过程既可以实现风力发电的高效利用，又可以保证电网的平稳运行。

光伏发电系统的建设是一项精细、高效率、多环节的系统工程。太阳能电池板在太阳能光电转换中扮演着关键的作用，这种高性能的半导体材料可以将太阳光中的电能转化为直流电能，为整个系统提供电能。逆变器在其中扮演着关键的角色，既要把直流电转换成交流电，保证电力安全可靠地输送到电网，又要通过控制器储存在储能系统中。光伏发

【作者简介】马双龙（1989-），男，中国河北邢台人，硕士，工程师，从事新能源发电技术研究。

电通过各部件间的紧密配合,使其能够有效地完成从能量获取、储存和供电等环节,将新能源与电子技术相结合,实现绿色、低成本的可再生能源<sup>[1]</sup>。

储能系统是一种综合电池、能量转换器以及控制系统的综合装置。这些部件一起工作为能量储存提供了一个稳定、可靠的解决方案。电池组是整个系统的核心部件,其主要功能是对电能进行长时间存储,以满足不同场合的电力需求。其中储能逆变器起到了至关重要的作用,它可以把直流电转化为交流电,并通过电网输送给用户,该控制系统除了对系统的工作状况进行监控外,对储能装置的充电和放电也进行了监控,从而确保能源供应的安全、高效和可预测性。储能系统通过这种综合的设计,能够有效地平衡现代能源系统中的供需关系,为可再生能源的广泛接入和智能电网的发展做出重要贡献。

### 2.1.2 系统的工作原理和协同运行机制

风光储协同发电系统是以风能、太阳能为主要能源,在风、光资源丰富情况下,将其优先接入电网;在电网负荷不足或者风力发电富余的情况下,将剩余的电量存入蓄电系统;在风力和风能资源短缺的情况下,通过蓄能装置来实现对电网的供电。

协同运作的核心是建立一系列关键技术与战略的高效智能体系架构,在此基础上,通过对风电、光伏等发电装置进行实时监测实现对其电量变化的实时监测,以及对分布式电源的动态调节,保证储能系统的电能供给与电网用电负荷的匹配,同时实现对系统整体能效的最优化,进而保证系统的安全、可靠运行。

## 2.2 技术特点与优势

### 2.2.1 可再生能源的互补性和稳定性

风力发电和太阳能发电相结合可以显示出二者在资源利用方面的互补性。在多变的天气以及不同时段内,风光互补可以提高电网的稳定与可靠度,这样一种互补的发电模式,可以保证电网在任何情况下都能保持稳定的电力供应。如在日间太阳光照充足的情况下,光电转化为主要电能;在晚上或者有风的时候,风能转化为主要电能。

### 2.2.2 储能系统的作用和优势

储能系统是一种新型的能量管理方法,它可以将多余的电力存储起来以应对突发事件。当新能源(如风、光等)出现波动或不能充分利用时,通过蓄能装置将其快速释放,提高电网的稳定可靠度。另外当电网需要进行负载调节或调频时,储能系统也起着重要的作用,通过对电力系统运行状况的实时监控,实现对电力系统的智能化反应,为保障电网正常运转提供必需的能源支撑,并提高用电品质,保证每1千瓦时都能有效、稳定地向终端用户供电。该技术的广泛应用使其在现代电网中可以发挥重要作用,对实现“绿色低碳、智能交互”的能源转型具有重要意义。

### 2.2.3 与传统发电方式相比的技术特点和优势

风光储协同发电系统作为一种集风光、太阳能与储能于

一体的新型能源,因自身环境友好、可再生以及无公害等特点而被广泛应用于可持续发展中。与常规化石能源相比,该系统可大幅减少温室气体排放,可有效缓解大气压力,同时也可大幅降低发电过程中产生的环境污染。另外,风光储协同发电系统具有高度的模块化设计,使其安装与扩充极为方便,既能增加工程的经济效益,又能使使用者有更强的适应性与方便性,可以很容易地整合到小的家庭或大的公司,以实现能源的自给自足或作为辅助能源,满足各种电力需求<sup>[2]</sup>。

综上所述,风光储协同发电系统代表着未来能源发展趋势的重要方向,它不仅能够有效应对当前全球能源转型中的挑战,同时也可以为人们走向一个更加绿色、低碳的生活环境奠定坚实的基础。

## 3 风光储协同发电系统的运行管理

### 3.1 运行模式与策略

#### 3.1.1 不同运行模式的特点和适用场景

独立工作方式:风光储协同发电系统独立的工作方式适合在边远或没有电力网覆盖的地方,对本地负荷进行独立供电。

并网方式:风光储协同发电系统的并网运行方式通过接入电网,向电网输送过剩的电量,当风力和风能资源短缺时,则从电网中回收,适合在有电网接入的地方使用。

混合式运行方式:风光储协同发电系统通过混合的方式将独立、并联两种运行方式相结合,使其不仅能够满足本地负荷的需求,而且还能够满足电网的需求,在某些特定的情况下,如海岛,山区发挥重要的作用。

#### 3.1.2 运行策略的制定和优化

在电力系统的设计与实现中,运行策略需要对不同的运营方式以及它们的适用场合进行认真的思考。例如,在电网接入的情况下,可以采用最大功率追踪策略,通过对机组出力进行精细调节,使风光互补的光伏发电系统达到最优效率,既能最大限度地利用新能源,又能保证电网的稳定可靠运行<sup>[3]</sup>。

独立运行方式是指电力系统可以独立运行,不需要任何外部电网,在独立工作的情况下,运行策略要更加注重负荷的变化,同时还要考虑储能系统的容量分配问题。另外,由于独立运行方式涉及发电和用电的平衡问题,以及如何最优配置储能设备来应对可能出现的电力波动,因此在电网运行过程中,需要建立一套有效的电网调度机制,使电网在电网运行过程中能够根据电网负荷的变化,对电网进行有效的调度。

### 3.2 监控与调度管理

为保证风光储协同发电的安全稳定运行,系统需要对其进行综合监控,具备实时监测电力系统各主要部件的能力,如发电量的实时变化、储能容量的动态变化、电网接入状况等。工作人员可以采用先进的远程监测技术,结合大数据分析等手段,对电力系统中可能出现的电力波动、电压异常、供电中断等异常现象进行及时诊断。在此基础上,增加储能装置的充放电次数以及连接故障的修复方案,不仅能提升系统的稳定性和可靠性,还能提高整个发电系统的经济效益,为可再生能源的广泛应用提供坚实的基础。

### 3.3 维护与保养

开发一套有效的风电机组故障诊断方法是解决风光储协同发电系统问题的关键,该系统将对系统中出现的不正常现象进行快速鉴别和诊断,并精确查找出问题的根本原因。装置的工作状态可以由安装在重要零件上的传感器进行实时监测,这些传感器可以采集重要的参数,如功率输出、电压、电流,通过对采集到的数据进行深度的分析,能够判定某一装置是不是发生了故障或偏差。

在检测到隐患之后,系统可以进行一系列的失效处理,这些措施可以包括重新启动设备、替换损坏的零件或者调整操作方式,以防止更多的损坏。这种方法不但可以在短时间内消除系统中的障碍,而且可以将失效带来的损失降到最低,保证整个系统的安全稳定。在此基础上,形成一套完整的失效管理机制,有效提高风光储协同发电系统应对多种挑战的能力,确保风光储协同发电系统的长周期稳定、高效运行。

## 4 风光储协同发电系统的经济性分析

### 4.1 投资成本分析

#### 4.1.1 系统建设的投资成本构成

风电装备的造价由风电机组的研制、开发和生产等环节构成,是风电机组最重要的一环,另外风机塔筒的施工也是风机运行过程中必不可少的一环。逆变器是一种将风力发电转化为电能的装置,同时由于工艺的改进以及材料的改进,逆变器的造价也受到了很大的影响,这些设备的购置和安装,都会产生一定的费用。

光伏设备费用包含太阳能电池板,逆变器,控制器等设备购置及安装费用。

能量存储系统费用包含电池、储能逆变器、控制系统等的购置及安装费用。

其他费用包括土地租金,建筑工程,设计等。

#### 4.1.2 影响投资成本的因素分析

设备售价:不同牌子、型号的设备其价格相差很大,工作人员选用性能价格比高的设备,可减少资金投入<sup>[4]</sup>。

规模效应:随着系统规模的增大,单位投入的费用也随之降低。因此,在风力发电与储能联合发电系统的规划与建设中,可考虑适当增大系统的规模。

政策扶持:风光储协同发电通过政府的补助、扶持等方式,可以有效地降低企业的投资成本,如在新能源发电和储能系统建设中,政府都会对其进行补贴。

### 4.2 运行成本分析

#### 4.2.1 系统运行过程中的成本构成

在研究可再生能源工程的经济性时,设备维修费用是一个不容忽视的因素,这些费用主要是为了对设备进行常规操作所需要的保养,按规定的常规检测与修理,以及必要时替换老化或受损的零件而发生的有关费用。这部分成本是对电力系统稳定可靠运行的一种投入,可以保证电力系统的长周期、高效率运行。

此外,运行成本还包括风电、光伏发电等发电设备在空载时的自身用电损耗,也包括储能系统充放电时的能耗损失。由于这些能量消耗的大小不同,所以会直接影响到整个能源系统的经济性。

总之,在可再生能源工程的设计与运行过程中,必须对各种费用要素进行全面的考量,才能保证工程的经济可行性与环保可持续发展<sup>[5]</sup>。通过对成本进行精细化管理,实现资源的最优分配,可有效降低风险,提升项目的整体价值。

#### 4.2.2 降低运行成本的措施和方法

工作人员利用预防维修与状态监控等方法,可以对设备进行故障诊断,减少维修费用,同时要对设备进行检修,尽量避开用电高峰期,降低检修对系统的影响。

运用先进的控制方法及优化算法,提升风电、光伏发电的效能,减少能耗费用,如利用最大功率追踪技术,以改善太阳能电池板的发电效率,在此基础上,利用智能控制算法对储能系统进行优化,减少充电和放电损失。另外也需要运用全自动化、智能化运营管理体系,以最大限度地减少人力投入。

### 4.3 经济效益评估指标体系的建立

投资回报:在一个工程中,总的投资额等于该工程的年度净利润所需的时间,若能缩短投资回收期,则表明该工程具有较高的经济效益。

内在报酬率:在工程生命周期中净现值为零时,其折现率为零,较高的内部回报率表明该工程具有较好的经济效益。

净现值:在一个工程的生命周期中各个年度的现金流按照一个特定的折扣比率对其进行贴现后的当前价值的总和,如果该项目的净现值大于0,则表明该项目是有经济价值的。

## 5 结语

风光储协同发电系统是一种新兴的可再生能源利用方式,在中国能源结构转型过程中发挥着至关重要的作用,同时也是弥补传统能源体系不足的重要手段。论文通过对其运营管理与经济评估方法的深入研究与探索,可以提高能源利用效率、减少环境污染、促进可持续发展。在今后的发展过程中,风光储协同发电系统应加大技术创新力度,加大政策扶持力度,以提升系统的运行效率与经济水平,促进中国能源结构的转变与可持续发展。

### 参考文献

- [1] 祝荣,陈俊清,宋伟,等.风光储一体化综合能源系统柔性调度策略[J].太阳能,2022(5):67-76.
- [2] 左芸裴.基于逆变器虚拟同步机技术的风光储交/直流电网频率及电压控制研究[D].成都:西南交通大学,2023.
- [3] 赵小磊,姚良忠,刘鑫,等.面向储能多应用价值协同的风光储系统日前优化调度方法[J].高压技术,2024,50(6):2511-2522.
- [4] 朱文广,王伟,欧阳斌,等.面向节能降碳的冶炼企业风光储多目标协同定容方法[J].中国电力,2023,56(11):86-94.
- [5] 姚金楠.风光水储协同发展的“大理答案”[N].中国能源报,2023-10-23(016).