

Peaking strategy of air-cooled coal-fired units in wind-solar complementary system

Qiang Liu

Shandong Energy Group Lingtai Thermal Power Generation Co., Ltd., Pingliang, Gansu, 744400, China

Abstract

This paper explores the peak-shaving strategies for air-cooled coal-fired power units in wind-solar complementary systems. The aim is to optimize the complementary use of renewable and traditional energy sources in power systems, thereby enhancing the flexibility and stability of the power system. By analyzing the technical characteristics of air-cooled coal-fired power units and their role in wind-solar complementary systems, this paper proposes a series of peak-shaving strategies, including flexible scheduling, deep peak-shaving operation, and integration of energy storage technology. These strategies aim to balance the instability of wind and solar photovoltaic power generation, ensure the supply-demand balance of the power system, while reducing dependence on traditional energy sources and promoting sustainable development.

Keywords

air-cooled coal-fired power units; wind-solar complementary system; flexible dispatch; deep peak regulation; energy storage technology

空冷煤电机组在风光互补系统中的调峰策略

刘强

山东能源集团灵台火力发电有限公司, 中国·甘肃 平凉 744400

摘要

本文探讨了空冷煤电机组在风光互补系统中的调峰策略,旨在优化电力系统中可再生能源与传统能源的互补利用,提高电力系统的灵活性和稳定性。通过分析空冷煤电机组的技术特点及其在风光互补系统中的作用,本文提出了一系列调峰策略,包括灵活调度、深度调峰运行和储能技术集成等。这些策略旨在平衡风能和光伏发电的不稳定性,确保电力系统的供需平衡,同时减少对传统能源的依赖,促进可持续发展。

关键词

空冷煤电机组; 风光互补系统; 灵活调度; 深度调峰; 储能技术

1 空冷煤电机组的技术特点

空冷煤电机组是我国发电设备中的重要类型,其技术特点表现出一系列特有的特征,常规水冷煤电机组最明显的不同是冷却方式不同。空冷系统以空气为冷却介质,利用空冷散热器带走汽轮机乏汽热量,使蒸汽冷凝循环使用。该冷却方式使空冷煤电机组应用于水资源匮乏地区优势明显,能有效降低对水资源的依赖性,减少由于大量取水、排水而带来的环境效应。(1)从设备结构上看,空冷煤电机组装备了空冷岛,空冷岛包括大量的空冷散热器、冷却风机以及相关的管道与支架。空冷散热器一般为翅片管,以增加换热面积提高冷却效率。冷却风机的主要职责是为空气流动提供所需的动力,它的工作模式和控制策略对整个空冷系统的表现起到了决定性的作用。如风机可以根据机组负荷、环境温度等情况变频调速,达到节能运行及温度控制准确。(2)空冷煤电机组在运行特点上亦不同于水冷机组。由于空气比热容及导热系数比较低,空冷系统散热能力比较弱,使得空冷

煤电机组在同等运行条件下背压比较大。高背压对机组热效率有影响,使得机组发电效率比水冷机组稍低^[1]。但随着科技的进步,空冷技术也得到了优化与完善,使这一效率差距正在逐步减小。如新型高效空冷散热器的开发,先进风机控制算法和空冷系统优化设计等,均有利于空冷煤电机组总体性能的提升。

2 空冷煤电机组在风光互补系统中的作用

空冷煤电机组是风光互补系统必不可少的稳定电力供应与调节设备。风光互补系统融合了风能和太阳能的发电方式,是一种创新的能源系统,发电特性表现为间歇性和不稳定性。风能取决于风力资源自然变化情况,风速的不稳定性造成风力发电输出功率的剧烈波动;太阳能的产量受到日照时长、气候波动以及日夜交替等多种因素的影响,因此光伏发电表现出明显的不连续性。空冷煤电机组是稳定、可靠的基荷供电设备,可在风光发电不充分的情况下提供连续电力

输出，以保证电网对电力的基本需求。比如，当太阳能发电有限、风力弱时，如夜晚或者阴天，空冷煤电机组能够保持稳定发电功率，以避免电网缺电^[2]。同时也能调节风光发电波动。风光发电功率骤增或骤减时，空冷煤电机组可通过调节其发电负荷来消纳或补充电力差额，以保持电网电力平衡。这一调节作用有利于提高电网运行的稳定性与可靠性，降低由于风光发电的波动而给电网带来的影响。

3 调峰策略的分析

3.1 灵活调度

在风光互补系统中空冷煤电机组的调峰过程中，灵活调度是最重要的一种策略，核心是根据风光发电实时功率的变化、电网负荷需求和机组本身的运行状态，对空冷煤电机组发电功率进行动态调节。(1)建立精确的监测与控制系统是实现灵活调度的基础。通过在风光发电场站安装多个高精度的功率监测设备，可以实现对发电功率的实时精确监测，监测精度可以达到±0.5%；在智能电网系统的辅助下，电网负荷数据的采集，数据更新的频率是每隔五分钟更新1次；为空冷煤电机组加装了多种先进的传感器，实现了温度、压力和转速等运行参数的综合监控，设定了20多个监测参数^[2]。在电网负荷相对较大的情况下，可以考虑适当降低空冷煤电机组的发电功率，或者甚至考虑暂停部分机组以备后用。例如，在白天阳光充足、风速稳定的情况下，光伏发电的功率可以达到300兆瓦，而风力发电的功率可以达到200兆瓦，这两者的总和足以满足大多数电网的负荷需求，空冷煤电机组则可逐步减少发电出力并将发电份额让位给风光发电从而实现可再生能源的最大化。(2)为了实现更高效的灵活调度，还可利用优化算法制定和评估调度方案。例如利用线性规划，动态规划等数学方法，以发电成本最低，能源利用效率最高，电网稳定性最好等为目标函数，同时计及机组启停成本，每次启停成本约为50万元、运行维护成本平均每兆瓦时30元、燃料消耗成本根据煤价波动在每兆瓦

时200-300元之间和风光发电预测误差约束下，对最优调度策略进行求解。同时与电网调度部门紧密合作，实现信息共享，确保空冷煤电机组的调度指令与电网的总体运行调度相匹配，从而实现整个电力系统的安全、稳定、经济和高效的运行。

3.2 深度调峰的运行方式

深度调峰运行为空冷煤电机组应对风光互补系统电力供需深度变化提供了一种关键性策略。随着电力系统风光发电比重越来越大，电网负荷峰谷差也进一步拉大，对空冷煤电机组提出了更高的深度调峰要求。深度调峰运行需要空冷煤电机组稳定运行于低负荷工况，且能在较宽负荷区间迅速灵活调节发电功率。(1)空冷煤电机组需优化升级燃烧系统、蒸汽系统及控制系统。对燃烧系统采用了低负荷稳燃先进技术，例如新型燃烧器设计、燃料分级燃烧和空气分级燃烧，以保证低负荷下煤能完全燃烧并保持稳定蒸汽产量。对于蒸汽系统，对汽轮机调节阀特性及旁路系统进行了优化设计，以提高低负荷时汽轮机运行效率及运行灵活性。为了在深度调峰过程中对机组进行精准控制，控制系统采纳了如模型预测控制和自适应控制等前沿的智能控制技术。比如说，模型预测控制可以根据机组的当前运行状况和未来负荷的变化趋势，提前制定控制策略，优化机组的运行参数，从而提高机组的响应速度和控制精度。(2)建立科学、合理的深度调峰操作规程及应急预案。明确不同深度调峰运行条件下机组运行参数范围、运行流程及安全注意事项。如规定机组低负荷下的最小允许负荷、蒸汽参数的范围、各种辅机设备工作模式。同时对可能发生的设备故障、负荷突变和其他异常情况制定了周密的应急预案，其中包括故障诊断和处理办法以及紧急停机程序、备用设备等启动流程，保证了机组深度调峰运行时安全可靠。另外，强化机组运行人员培训与技术考核力度，提升机组深度调峰运行操作与应急处理专业技能与综合素质，确保深度调峰各项任务顺利进行。

表1 调峰操作规程及应急预案

项目	内容	具体描述
操作规程	最小允许负荷	30% 额定负荷
	蒸汽参数范围	压力：12-15 MPa；温度：530-540° C
	辅机设备工作模式	高效节能模式 / 备用模式切换
应急预案	设备故障处理	故障诊断时间：<5 分钟；处理时间：<30 分钟
	负荷突变应对	自动调节响应时间：<10 秒；手动干预时间：<1 分钟
	紧急停机程序	停机时间：<2 分钟；安全隔离时间：<5 分钟
	备用设备启动	启动时间：<15 分钟；达到稳定运行：<30 分钟
人员培训	培训频次	每季度至少 1 次
	技术考核	合格率：≥95%
	专业技能提升	深度调峰操作熟练度：≥80 分（满分 100）
	综合素质评价	优秀率：≥70%

3.3 储能技术集成

储能技术集成对风光互补系统空冷煤电机组调峰策略具有重要意义,由于风光发电具有间歇性、波动性等特点,仅靠空冷煤电机组灵活调度、深度调峰等运行方式有时很难

充分满足电网稳定可靠运行的需求。储能技术的提出可以有效弥补这一缺陷,通过储存过剩的风光电能或者空冷煤电机组低负荷时段的电能,并在用电需求高峰期或者风光发电不充分时进行释放,从而达到削峰填谷、平滑输出的效果。

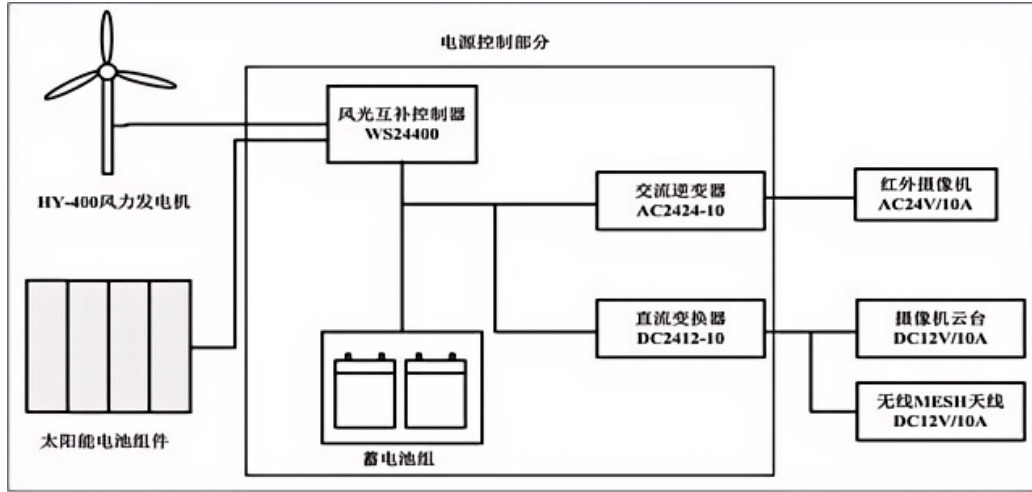


图1 储能技术集成体

目前,常见的储能技术包括电池储能(例如锂离子电池、铅酸电池)、抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能等。与空冷煤电机组集成应用时需结合不同储能技术的特点、成本效益及系统实际要求等因素进行选型和分配。比如锂离子电池储能由于其能量密度大、响应速度快、充放电效率高,适合应用在响应速度及能量密度都有很高要求的领域,如短时电力调频、分布式储能系统等领域。抽水蓄能技术以其高储能容量、成熟的技术和持久的使用寿命为特点,非常适用于大规模和长期的储能应用场景,并能在电网的日负荷峰谷差调整中起到关键作用。就系统集成而言,建设一套完整的储能控制系统至关重要。系统要求与空冷煤电机组、风光发电系统及电网调度系统无缝连接,协同运行。通过储能设备充放电控制、能量管理等系统信息交互,实现风光储煤电全系统优化运行。比如风光发电出现功率过剩后,储能系统就会根据储能控制系统命令启动充电并储存多余的电能;在电网负荷峰值或者风光发电不充分的情况下,储能系统进行放电并联合空冷煤电机组为电网提供电能。同时,储能控制系统也可以根据电网调频调压要求,迅速调节储能设备充放电功率,参与电网辅助服务,以改善电网电能质量及稳定性。另外,在储能技术日益发展、成本逐步下降的情况下,今后

可以进一步探讨新型储能技术在空冷煤电机组中的创新集成模式,例如各种储能技术混合应用、储能与分布式能源资源协同优化等,这些都为风光互补系统调峰及稳定运行提供了更有力的支撑。

4 结语

风光互补系统空冷煤电机组调峰策略,是电力系统供需平衡、增强灵活性与稳定性的重要手段。通过实施灵活调度、深度调峰运行以及储能技术集成策略,空冷煤电机组调峰效果会得到较好的发挥,有利于可再生能源消纳及电力系统可持续发展。今后,伴随着科技的进步与政策的扶持,风光互补系统空冷煤电机组调峰策略也会有更广泛的前景。

参考文献

- [1] 徐怀德.直接空冷火电机组乏汽余热利用技术[J].现代制造技术与装备,2024,60(01):104-106+122.
- [2] 李旭佳.全球首例自然通风直接空冷系统燃煤机组投入商业运行[N].陕西日报,2023-02-16(001).
- [3] 史鹏飞,康朝斌,张志强,张华锋,刘卓萃.某330MW亚临界直接空冷燃煤机组汽轮机综合节能改造效果分析[J].电力科技与环保,2023,39(01):8-15.