

抽水蓄能电站生产运行管理策略的探索与分析

Exploration and Analysis of Production and Operation Management Strategies for Pumped Storage Power Stations

张洪杨

Hongyang Zhang

国网新源吉林敦化抽水蓄能有限公司 中国·吉林 敦化 133700

State Grid Xinyuan Jilin Dunhua Pumped Storage Co., Ltd., Dunhua, Jilin, 133700, China

摘要: 论文旨在探索和分析抽水蓄能电站生产运行管理策略。第一,介绍了抽水蓄能电站的基本原理和背景。第二,强调了生产运行管理策略对电网灵活性、可再生能源集成和电力市场运行效率的重要性。第三,探讨了抽水蓄能电站生产运行管理面临的挑战,包括复杂的水力学和机电耦合特性、不确定的电力市场和能源政策以及高投资和长期回报周期。第四,系统阐述了优化调度算法、灵活的运行模式、能源市场参与和环境友好型管理等生产运行管理策略。在案例研究部分,对国内外抽水蓄能电站的运营管理策略进行了分析。第五,展望了抽水蓄能电站未来发展趋势,包括新技术应用前景、政策和法规影响以及可持续发展和社会责任。

Abstract: This paper aims to explore and analyze the production and operation management strategy of pumped-storage hydroelectricity. Firstly, the basic principle and background of Pumped-storage hydroelectricity are introduced. Secondly, the importance of production operation management strategies for grid flexibility, renewable energy integration, and electricity market operational efficiency was emphasized. Third, the challenges faced by the production and operation management of Pumped-storage hydroelectricity are discussed, including complex hydraulics and electromechanical coupling characteristics, uncertain power market and energy policy, as well as high investment and long-term return cycle. Fourthly, the system elaborated on production operation management strategies such as optimized scheduling algorithms, flexible operating modes, energy market participation, and environmentally friendly management. In the Case study part, the operation and management strategies of Pumped-storage hydroelectricity at home and abroad are analyzed. Fifth, the future development trend of Pumped-storage hydroelectricity is prospected, including the application prospect of new technologies, the impact of policies and regulations, as well as sustainable development and social responsibility.

关键词: 抽水蓄能电站; 生产运行管理; 可再生能源

Keywords: pumped-storage hydroelectricity; production operation management; renewable energy

DOI: 10.12346/edwch.v1i3.8411

1 引言

本研究旨在探索和分析抽水蓄能电站的生产运行管理策略,着眼于优化其运行效率和经济性。随着可再生能源的快速发展和大规模集成,电力系统面临日益复杂的挑战,如可再生能源的间歇性和波动性。因此,抽水蓄能电站作为一种高效的储能技术,对于提高电力系统的可靠性、稳定性以及推动清洁能源的普及具有重要意义。通过深入研究抽水蓄能

电站的生产运行管理策略,可以为电力系统规划和运营决策提供科学依据,同时也为促进可持续能源发展贡献力量。

2 生产运行管理策略的重要性

2.1 提高电网灵活性和稳定性

抽水蓄能电站的运行管理策略对于提高电网的灵活性和稳定性至关重要。电力系统中面临着各种挑战,包括可再生

【作者简介】张洪杨(1994-),男,中国辽宁鞍山人,本科,助理工程师,从事抽水蓄能电站运维管理研究。

能源的波动性、负荷的不确定性以及突发事件的影响。抽水蓄能电站具备快速启动和停机的能力，能够迅速调整出力来应对电力需求的变化，为电网提供灵活的调节手段。在负载增加时，抽水蓄能电站能够迅速转换为发电模式，向电网注入电力；而在负载减少时，它又可以快速切换为抽水模式，将多余电力用于抽升水库。通过这种灵活的调度方式，抽水蓄能电站有效平衡了电力供需，稳定了电网运行。

2.2 促进可再生能源的大规模集成

可再生能源，如风能和太阳能，正在逐渐成为电力系统的主要组成部分。然而，可再生能源的波动性和间歇性给电力系统运行带来了挑战。抽水蓄能电站作为一种大规模储能技术，可以有效解决可再生能源的不稳定性问题，促进其大规模集成。当可再生能源供电过剩时，多余的电力可以用于抽水蓄能电站的水泵抽水，将能量储存起来；而在可再生能源供电不足时，抽水蓄能电站可以迅速将储存的水释放，转换为电能注入电网。通过与可再生能源相互协作，抽水蓄能电站实现了电力的高效利用，为清洁能源的普及和可持续发展贡献力量。

2.3 改善电力市场运行效率

电力市场的运行效率对于整个电力系统的发展至关重要。抽水蓄能电站的灵活运行管理策略可以使其在电力市场中发挥更大的作用。通过参与能源市场，抽水蓄能电站可以在电力需求高峰时段出售储存的电力，从而获得更高的收益；而在低谷时段，它可以以较低的价格购买电力并用于抽水。通过灵活的市场参与，抽水蓄能电站在电力市场中实现了高效能源调配，优化了电力资源的利用，同时也降低了电力市场的波动性。

3 抽水蓄能电站生产运行管理挑战

3.1 复杂的水力学和机电耦合特性

抽水蓄能电站涉及水力学和机电耦合特性的复杂问题。在水力学方面，需要准确预测和控制水库水位、流量等参数，以确保蓄能和释能过程的高效运行。同时，不同水库之间的水位变化和在水流调度也需要精确协调，以避免潜在的水力损失和能量浪费。在机电耦合方面，涉及水泵和涡轮发电机等多个设备之间的协调运行。这需要复杂的控制算法和系统集成，以保障整个抽水蓄能电站系统的稳定性和高效性。

3.2 不确定的电力市场和能源政策

电力市场和能源政策的不确定性对抽水蓄能电站的生产运行管理带来了挑战。市场需求和电价波动导致电站运营策略的动态调整，需要在不同时段做出灵活决策以实现经济效益的最大化。此外，能源政策的变化可能会影响电力市场结构和运营规则，直接影响到抽水蓄能电站的参与和收益。因此，抽水蓄能电站需要根据市场和政策的实时变化，快速做出相应应对，以保持其竞争力和盈利能力。

3.3 高投资和长期回报周期

抽水蓄能电站的建设和运营需要巨额的投资，其中包括水库建设、设备购置和运维成本等。由于其复杂性和规模，抽水蓄能电站通常需要较长的回报周期才能收回投资和获得利润。这对于投资者和运营商来说是一个重要的考虑因素，也增加了项目的融资难度。

4 抽水蓄能电站生产运行管理策略

4.1 优化调度算法

4.1.1 基于预测的优化调度

抽水蓄能电站面临电力市场和负荷波动等不确定性，因此基于预测的优化调度算法成为提高运行效率的重要手段。通过利用天气预报、负荷预测和可再生能源预测等数据，可以预测未来一段时间的电力需求和市场价格。基于这些预测结果，优化调度算法可以制定出最优的蓄能和释能计划，实现在电力需求高峰时段出售电力、在电力需求低谷时段购买电力的策略，以最大化抽水蓄能电站的收益。

4.1.2 实时模型预测控制

实时模型预测控制是另一种有效的优化调度方法。它通过在实时监测下，利用电力市场、水位、负荷等数据对电站运行进行动态调整。该方法结合数学模型和实时数据，可以快速响应电网需求和市场变化，实现更精准和高效的运行调度。实时模型预测控制还能够预防潜在的系统故障，并提供快速决策支持，确保抽水蓄能电站稳定运行并适应复杂多变的电力市场。

4.2 灵活的运行模式

4.2.1 调峰填谷

抽水蓄能电站具备灵活的调峰填谷能力，可以根据电力市场需求和负荷情况，在高峰期将储存的水释放，以满足电力需求；而在低谷期，利用低成本的电力进行抽水，储存能量以备后用。这种调峰填谷的运行模式可以平衡电力供需，有效调节电网负荷波动，提高电力系统的稳定性。

4.2.2 微调频调节

微调频调节是抽水蓄能电站的另一种重要运行模式。它通过频繁的小范围功率调整，实现对电力系统频率的微调。当电力系统频率偏离标准值时，抽水蓄能电站可以快速响应，通过微调频率，保持电力系统的稳定运行。微调频调节使得抽水蓄能电站能够在电力系统频率波动时，迅速提供支持，减少电网不稳定因素的影响^[1]。

4.3 能源市场参与

4.3.1 市场定价和收益最大化

抽水蓄能电站参与能源市场是实现经济效益的关键。优化的市场定价策略可以确保在高电价时出售储存的电力，获得最大收益；而在低电价时购买电力，以较低成本进行抽水储能。参与市场定价需要准确预测市场价格和电力供需情

况,以制定最佳的交易策略。通过合理的市场参与,抽水蓄能电站可以最大程度地发挥其储能特性,实现经济效益和市场竞争力的平衡。

4.3.2 跨区域能量交易:

跨区域能量交易是抽水蓄能电站的另一种策略。在电力系统多区域联网的情况下,不同区域之间可能存在电力供需差异。抽水蓄能电站可以利用跨区域能量交易的机会,将储存的电力从富余区域输送到紧缺区域,实现能源优化配置。这种能量交易方式对于电力系统整体的平衡和优化具有重要意义。

4.4 环境友好型管理

4.4.1 生态补偿和保护措施

抽水蓄能电站建设可能会涉及水库、水道和周边生态环境的影响。因此,进行生态补偿和保护措施是必要的。在电站建设前,需要进行充分的环境影响评估,找到最佳的建设方案,尽量减少对生态环境的影响。同时,对于受影响的生态环境进行补偿和保护,以确保生态平衡和生态系统的可持续发展。

4.4.2 碳排放管理和减少

抽水蓄能电站在运行过程中不会产生气体排放,属于清洁能源。但是,在电站的建设和设备制造阶段可能会产生一定的碳排放。因此,抽水蓄能电站需要进行碳排放的管理和减少。这可以通过采用更环保的建设材料和技术,优化电站运营模式以降低能耗等措施来实现。碳排放管理和减少对于推动低碳能源发展和应对气候变化具有重要意义。

5 抽水蓄能电站运营案例研究

①水能资源的综合利用:抽水蓄能电站通常依托丰富的水能资源,在建设和运营时充分考虑水资源的综合利用。除了满足发电需求外,一些抽水蓄能电站还兼顾灌溉、防洪和旅游等功能,实现多方面的效益^[2]。

②调峰填谷和备用调度:抽水蓄能电站注重调峰填谷能力,通过巧妙的调度安排,在电力需求高峰时段释放储存的水,满足用户需求;在电力需求低谷时段则通过抽水储能,充分利用低谷电价,实现电力的备用调度。

③多能源协调调度:随着清洁能源的发展,抽水蓄能电站与风电、光伏等可再生能源进行协调调度,实现多能源的平衡供应。这样的运营策略有助于减少可再生能源的波动性,提高电力系统的稳定性。

④智能化运维管理:抽水蓄能电站逐渐引入智能化技术,如远程监控、数据分析和预测模型等,实现对电站的实时监测和优化运维。这些智能化管理手段有助于提高电站的运行效率和故障预防能力。

6 抽水蓄能电站未来发展趋势

6.1 新技术应用前景

抽水蓄能电站作为一种重要的能源调峰技术,未来的发展趋势将倚重于新技术的应用。随着智能化、数字化和信息技术的不断进步,抽水蓄能电站将逐渐实现更加智能化的运营管理。先进的控制算法、实时数据分析和预测模型将使电站能够更准确地预测电力市场变化,优化运行调度,实现更高效的能量转换和储存。同时,新材料和新工艺的应用也将提升抽水蓄能电站的性能和可靠性,推动其更加广泛的应用。

6.2 政策和法规影响

政策和法规对于抽水蓄能电站的发展至关重要。随着全球对可持续发展和清洁能源的需求不断增加,政府将进一步出台鼓励可再生能源发展和能源储存的政策支持。鼓励性的补贴和激励措施将促进抽水蓄能电站的投资和建设。同时,政策也可能规定抽水蓄能电站的环保和社会责任要求,促使电站在建设和运营过程中更加注重生态保护和社区利益。政策和法规的积极引导将为抽水蓄能电站提供更加稳定和可持续的发展环境^[3]。

7 结论

抽水蓄能电站生产运行管理的重要性不容忽视。通过优化调度算法、灵活的运行模式、能源市场参与以及环境友好型管理等策略,抽水蓄能电站可以提高电网灵活性和稳定性,促进可再生能源大规模集成,改善电力市场运行效率,同时实现生态环境保护和碳排放减少。抽水蓄能电站作为一种高效、灵活且可持续的能源储备和调峰技术,将在未来能源转型中发挥越来越重要的作用。

未来,随着清洁能源的普及和电力系统的智能化发展,抽水蓄能电站将迎来更广阔的应用前景。其将与其他能源储存技术相结合,形成多元化的能源系统,提供更加稳定和可靠的能源供应。同时,电站的智能化管理将实现更高效的运行和优化调度,为电力系统的可持续发展和碳中和目标做出重要贡献。

参考文献

- [1] 陈明,陈启泰,刘聪,等.抽水蓄能电站运行管理策略及应用前景分析[J].新能源时代,2021,39(1):23-28.
- [2] 王宇鹏,李佳佳,王磊,等.抽水蓄能电站环境保护措施研究综述[J].环境保护科学,2022,48(2):161-167.
- [3] 朱玉英,李晓阳,徐永平,等.抽水蓄能电站可持续发展和社会责任探讨[J].能源与环境保护,2023,43(1):10-16.