

储能电站安稳装置控制策略研究

梁华祥 何勇军 郑林 王力平

国家电投集团重庆合川发电有限公司 重庆 400000

摘要: 随着能源转型的推进, 储能电站在电网中扮演着越来越重要的角色。本研究围绕储能电站安稳装置的控制策略展开, 旨在提高电站的运行效率和安全性能。本文首先分析了影响储能电站稳定性的关键因素, 并对储能电站安稳装置控制策略的未来研究方向进行了展望。

关键词: 储能电站; 安稳装置; 控制策略

一、储能电站安稳装置的功能

1. 峰谷平衡

储能电站在电力系统中扮演着重要的角色, 尤其是在实现峰谷平衡方面。由于电力消费在不同时间段存在显著差异, 电网日常运行中经常面临着负荷波动的挑战。储能电站通过夜间低谷时段存储能量, 以及在日间高峰时段释放能量, 有效调节了电网的供需关系。这种峰谷平衡功能不仅优化了电力资源的配置, 降低了发电企业的运行成本, 还减少了因频繁调整发电设备输出而造成的磨损和维护成本。此外, 通过减轻高峰时段的电网负担, 也提高了电网的稳定性和可靠性, 减少了大规模停电的风险。对于可再生能源的融入, 如风能和太阳能等间歇性能源, 储能电站可以吸收过剩能源进行储存, 从而减少可再生能源的浪费, 提高其利用率。

2. 应急备用

储能电站作为电网的应急备用电源, 其重要性不言而喻。当电网出现意外故障或维修时, 储能电站能够快速提供电力支持, 确保关键设施和服务不受影响。特别是在自然灾害如地震、飓风或极端天气条件下, 传统的电力供应可能会中断, 此时储能电站能够成为孤岛运行模式下的电源, 为救援和重建工作提供宝贵的电力支持。此外, 对于一些重要场合或关键基础设施, 如医院、数据中心等, 储能电站还可以提供不间断电源 (UPS) 服务, 保障电力供应的连续性和安全性。

3. 电网调节服务

储能电站提供的电网调节服务是维护电网稳定性的关键。这包括频率调节、电压控制和相位调节等多方面。储能系统通过快速响应充放电操作, 可以有效地稳定电网频率, 避免因负荷变化引起的频率波动。同时, 它还可以通过吸收或释放无功功率来调节电网的电压水平,

从而改善电能质量。此外, 储能系统还能提供必要的辅助服务, 如旋转备用和冷备用, 增强电网对突发事件的响应能力。这些服务不仅有助于提升电网运营效率, 也为电网的长期发展提供了支持。

二、影响储能电站安稳控制的关键因素分析

1. 新能源发电的波动性与间歇性

新能源如太阳能和风能受天气和环境的影响较大, 其发电量的不确定性和变化性对储能电站的安稳控制构成了挑战。例如, 太阳辐照度的日内变化和云层遮挡会导致光伏输出在短时间内波动较大; 同样, 风速的变化也会造成风力发电输出不稳定。这种波动性和间歇性要求储能电站必须具有快速响应的能力, 以及足够的储能容量来吸收或补充能量, 以平衡供需矛盾, 确保电网稳定^[1]。

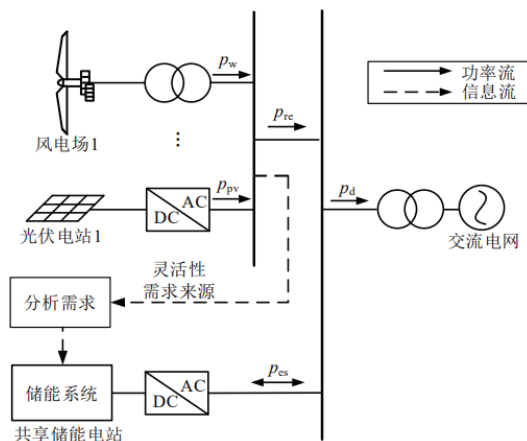


图1 新能源场站共享储能电站的发电结构

2. 储能系统集成与应用的技术成熟度

储能系统的集成技术包括电池管理系统 (BMS)、能量管理系统 (EMS) 等, 其成熟度直接影响到储能电站的稳定性和安全性。不成熟的技术可能会导致错误的充放电决策, 甚至发生安全事故。例如, 如果BMS不能准

确监测到电池单元的实际状态，可能会在电池已经充满电的情况下继续充电，导致过充和电池性能下降。技术的不成熟还可能导致无法充分利用储能系统的潜在能力，造成资源的浪费。

3. 电网频率调整与网络潮流优化

储能电站在电网中扮演着重要角色，尤其是在频率调整和网络潮流优化方面。由于电网负荷的不断变化，需要储能电站能够实时调节充放电功率以维持电网频率的稳定。例如，当电网负荷突然增加时，储能电站需要迅速释放能量以补偿瞬时的功率不平衡，防止频率下降。此外，通过潮流优化，储能电站可以帮助降低线路损耗，提高能源传输的效率。

4. 外部环境因素

外部环境因素如温度、湿度和气候条件对储能系统的性能和寿命有着显著影响。极端的温度条件会加速电池老化，降低其效率和可靠性。例如，高温环境可能会导致电池材料的热失控，进而引起安全隐患。湿度的变化也可能影响电池单元及系统的绝缘性能，增加故障的风险。此外，气候变化带来的极端天气，如风暴和冰雹，可能会对储能站的物理设施造成损害，影响其正常运行^[2]。

三、储能电站安稳装置控制策略的构建

1. 系统状态监测与风险评估

储能电站的安稳装置控制策略首先依赖于系统状态的实时监测与风险评估。这一过程涉及到对电池单元、能量管理系统（EMS）、环境条件等多个关键参数的持续跟踪，确保在任何时刻都能准确掌握储能系统的健康状况和潜在风险。例如，在锂离子电池储能系统中，监测项目可能包括电池单元的电压、温度、电流以及电解液的状态等。通过对比这些参数的实时数据与历史数据或预设的安全范围，可以及时发现电池单元的异常行为，如过热或过充电，从而启动相应的安全预警。此外，基于历史运行数据，可以应用机器学习算法对电池的健康状态进行预测，识别出可能导致性能衰减或故障的趋势，从而实现预防性维护。风险评估则是一个复杂的决策过程，它需要考虑各种内外部因素对系统安全性的影响。内部因素可能包括电池老化、设备磨损等，而外部因素则可能涉及气候变化、电网故障等。通过建立一个综合的风险评估模型，结合实时监测数据和先进的数据分析技术，储能电站能够实现对潜在危险因素的快速识别和分类，从而制定出相应的应对措施，以降低或避免事故的发生^[3]。

2. 控制策略的多级响应机制设计

储能电站的控制策略需要具备多级响应机制，以便在不同紧急程度下采取相应的行动。这种机制一般分为预防控制、紧急控制和恢复控制三个层次，以确保储能电站在不同情况下均能保持安全稳定的运行。预防控制作为第一级响应，主要负责日常的监控和预警。这一级别的控制策略通过分析系统状态和环境数据，可以提前识别并阻止可能导致安全事件的趋势。例如，当检测到电池温度逐渐升高时，预防控制策略会触发散热系统增强冷却，或者减少电池的充放电速率来防止热失控的发生。紧急控制作为第二级响应，当系统监测到高风险事件时立即启动。例如，在检测到火灾烟雾或极端温度变化时，紧急控制系统会自动切断电源，启动灭火系统，隔离受影响区域，以防止事态进一步恶化。恢复控制作为第三级响应，它在紧急情况得到控制后启动，目的是将系统恢复到正常运行状态，并对事件原因进行分析。例如，事故发生后，恢复控制系统会指导操作人员对受损设备进行检查和维修，并根据事故调查结果优化预防和紧急控制策略，以提高未来的安全水平。

3. 实时数据处理与决策支持系统

在储能电站中，实时数据处理与决策支持系统发挥着核心作用。这个系统负责收集和处理来自监测设备的大量数据，执行风险评估，并提供操作建议或自动控制命令。一个高效且可靠的决策支持系统能够对来自传感器的流数据进行快速处理，并在检测到异常行为时及时通知操作员或触发自动控制序列。举例来说，当电池管理系统（BMS）监测到某一串电池组的总电压偏离了正常运行范围，决策支持系统会立即分析相关数据，如单个电池单元的电压、温度变化趋势等。如果系统判断出存在潜在的均衡问题，它可能会自动调整电池组内的电荷分布，或者提示维护人员进行检查。在更复杂的情况下，如当系统预测到电网需求将发生大幅波动时，决策支持系统可以提前制定出相应的能量调配策略，确保储能电站能够平稳响应电网需求，同时保障设备的稳定运行。此外，决策支持系统还具备学习和自适应的能力。通过历史数据分析和模式识别，系统可以不断优化其预测模型和控制策略。例如，通过对比历史充电效率数据与实际表现，系统可以辨识出影响充电效率的关键因素，并在后续操作中针对性地调整充电策略，以提升整体效能^[4]。

4. 控制策略的优化算法研究

为了进一步提高储能电站的安全性和经济效益，控

制策略的优化算法研究至关重要。这些优化算法旨在寻找最优的运行参数和控制逻辑,使得储能系统能够在满足安全约束的同时,达到最长的运行寿命和最低的运维成本。优化算法的研究包括多个方面,如电池单元的充放电策略优化、能量管理中的负载平衡、以及与可再生能源发电设施协同工作的能量调度等。例如,采用遗传算法(Genetic Algorithm, GA)或粒子群优化(Particle Swarm Optimization, PSO)这类启发式方法,可以在复杂的解决方案空间中找到近似最佳的电池充放电模式,延长电池的使用寿命并减少维护成本。再比如,在多能源系统中,储能电站需要与风力、太阳能等可再生能源发电设施协同工作。此时,可以利用混合整数线性规划(Mixed Integer Linear Programming, MILP)来优化能量的流向和存储计划,确保在不同天气条件和电网需求下都能实现高效稳定的能源输出。通过这样的优化,储能电站不仅能够提高自身的运营效率,还能为整个电力系统的可靠性和环境可持续性做出贡献。

四、储能电站安稳装置控制发展趋势预测

1. 数字化与智能化

随着信息技术的快速发展,数字化和智能化成为储能电站安稳装置控制的发展趋势。这一趋势主要表现在对储能系统的实时监控、预测维护、故障诊断和优化控制等方面。通过部署更多的传感器和采用高速数据处理技术,可以实现对电池状态的高精度监测和分析。例如,通过分析电池的充放电曲线、温度变化等数据,可以精确预测电池的健康状态和剩余寿命。此外,人工智能和机器学习技术的融入使得储能系统能够自我学习和适应不同的工作条件,提高系统的智能化水平。例如,在电池管理系统中应用机器学习算法,可以根据历史数据和当前状态智能调整充放电策略,以提高电池的使用寿命和整体能效^[5]。

2. 能源互联网与智能电网

能源互联网和智能电网的发展为储能电站的安稳控制带来了新的机遇。在智能电网框架下,储能系统不仅是电力供应的参与者,也是电网运行的调节者。通过与电网通信网络的深度融合,储能系统能够快速响应电网调度指令,实现更加精细化的能量管理。例如,当电网出现瞬时功率不足时,储能系统可以迅速提供支撑,维持电网稳定;而在电力过剩时,则可以存储能量以备不时之需。此外,能源互联网构建了一个多能源互补、高

效利用的平台,使得储能系统能够与可再生能源发电设施如风电、太阳能等协同工作,优化能源流的配置,提高整个系统的经济性和可靠性。

3. 共享服务模式

共享经济的理念正在逐步渗透到能源行业,储能电站的共享服务模式将成为未来的一大趋势。在这种模式下,储能资产不再仅仅由单一主体拥有和运营,而是可以由多个用户共享使用权,按需调配。这种模式可以提高储能资产的利用率,降低单个用户的使用成本。例如,某个区域内的多个用户或微网可以通过共享一个大型的储能系统,来实现峰谷电价差异的经济效益,同时提高整个区域的电能质量。此外,共享模式还有助于平衡不同用户之间的能量需求差异,优化整个电网的运行效率。随着分布式发电和微网技术的发展,共享储能服务模式有望在未来得到更广泛的应用。

结语

本文通过对储能电站安稳装置控制策略的深入研究,提出了一系列切实可行的控制措施和方法,随着数字化与智能化技术的发展,储能电站的控制策略将趋向更加自动化和智能化。能源互联网和共享服务模式的发展也为储能电站的运营和管理带来了新的机遇。未来的研究应继续关注储能技术的创新发展,探索更为高效、灵活的控制策略,以适应不断变化的电网需求和市场环境,为构建清洁、高效、稳定的能源系统做出贡献。

参考文献

- [1]胡世宇,石发太.西电东送大型水电站安稳装置策略改进及优化[J].水电与新能源,2017,(05):51-53+57.
- [2]曹晓梅,陈熙.分布式安全稳定控制装置的应用[J].电力安全技术,2016,18(11):15-18.
- [3]张冬生,李金明,尹永利,等.锦屏二级水电站安稳装置动作切机分析与处理[J].水电与新能源,2014,(09):43-45.
- [4]谢亚军.浅谈安全稳控装置在龙滩水电站的应用[J].通讯世界,2014,(09):101-103.
- [5]张冬生,付晓宇,窦学刚,等.大型水电站安稳装置动作切机分析与处理[J].云南水力发电,2013,29(05):98-100.