

基于储能技术的电气工程电能质量改善策略研究

李 阳

内蒙古华电蒙东能源有限公司 内蒙古 通辽 028000

摘 要: 随着新能源发电的快速发展,风能、太阳能等可再生能源的间歇性和波动性给电网稳定与电能质量带来了巨大挑战。为了有效应对这些挑战,基于储能技术的电气工程电能质量改善策略应运而生。本研究深入探讨了储能技术的原理及其在电气工程中的应用,分析了新能源发电对电能质量的影响,并提出了通过优化配置储能系统、协同控制策略以及与其他电能质量改善措施的配合,来显著提升电网稳定性和电能质量的方法。研究结果为新能源电厂的建设和电网的优化提供了理论支持和实践指导。

关键词: 基于储能技术; 电气工程电能质量; 改善策略

引言: 随着全球能源结构的转型和可再生能源的大规模接入,电气工程领域面临着前所未有的挑战。新能源发电的间歇性和不稳定性导致了电能质量的严重下降,对电网的稳定运行和用户的正常用电构成了威胁。储能技术作为解决这一问题的关键技术,具有平滑功率输出、调节电网供需平衡的重要作用。本文旨在探讨基于储能技术的电气工程电能质量改善策略,通过深入分析储能技术的原理与应用,提出有效的改善措施,以期为实现新能源发电的高效利用和电网的稳定运行提供科学依据。

1 新能源电厂与电能质量概述

1.1 新能源电厂的特点

(1) 风力发电、太阳能发电等主流新能源类型。风力发电依托风电机组将风能转化为电能,在风能资源丰富的沿海、高原地区广泛应用。其机组容量不断提升,从早期的百千瓦级发展到如今的数兆瓦级,单机发电能力显著增强。太阳能发电主要包括光伏发电和光热发电,其中光伏发电凭借建设灵活、无污染的特点成为主流,从大型光伏电站到分布式屋顶光伏,应用场景日益多元;光热发电则通过聚光集热系统产生蒸汽推动发电,可实现连续稳定供电。(2) 新能源发电的间歇性与波动性。新能源发电依赖自然条件,风力大小、光照强度随时间、天气变化而波动,导致发电功率不稳定。例如,白天光照充足时,光伏发电功率较高,但傍晚日落则迅速下降;风力发电受季节、昼夜风速变化影响,可能出现短时间内功率骤增骤减的情况。这种特性给电力系统稳定运行带来挑战。

1.2 电能质量评估指标

(1) 电压偏差、频率波动、谐波污染等关键指标。电压偏差指实际电压与额定电压的差值,一般要求在 $\pm 5\%$

范围内;频率波动以我国为例,标准频率为50Hz,允许偏差范围通常在 $\pm 0.2\text{Hz} \sim \pm 0.5\text{Hz}$;谐波污染是电流或电压中存在的非基波频率成分,会影响电能质量。(2) 各指标对电网及用户的影响。电压偏差过大,会导致用电设备效率降低甚至损坏;频率波动超出范围,会影响发电机、电动机等设备正常运行,降低系统稳定性;谐波污染会增加电网损耗,干扰通信系统,缩短设备寿命,严重时还可能引发继电保护装置误动作^[1]。

1.3 新能源发电并网对电能质量的影响分析

(1) 对电网电压与频率的稳定性影响。新能源发电功率的间歇性与波动性,使电网电压和频率难以维持稳定。如大量风电集中并网时,风速突然下降,发电功率骤减,会导致电网电压降低、频率下降;反之,功率突增则可能引起电压和频率升高。(2) 谐波污染的产生与危害。新能源发电设备中的电力电子器件,如光伏逆变器、风电变流器等,在电能转换过程中会产生谐波。谐波注入电网后,会使电网电压和电流波形畸变,增加变压器、电缆等设备的发热和损耗,干扰附近通信线路,威胁电网安全稳定运行和用户设备正常使用。

2 储能技术原理及其在电气工程中的应用

2.1 储能技术概述

2.1.1 储能技术的定义与分类

储能技术是一种通过装置或物理介质将能量储存起来,以便在需要时利用的技术。根据储存介质的不同,储能技术可以分为机械储能、电磁储能、电化学储能等几大类。这些储能方式各具特色,适用于不同的应用场景。

2.1.2 主要储能方式及其特点

(1) 机械储能: 主要包括抽水蓄能、压缩空气储能和飞轮储能。抽水蓄能利用电网低谷时的电能将水抽到高处,存储为重力势能,待电网高峰时放水发电。压缩

空气储能则利用电力驱动压缩机将空气压缩储存,需要时释放空气推动涡轮发电。飞轮储能则通过电能驱动飞轮高速旋转,将电能转换为机械能存储。机械储能具有大规模、集中式能量储存的特点,技术相对成熟。(2) 电磁储能:主要包括超级电容器储能和超导储能。超级电容器利用电化学双电层理论存储电能,具有高功率密度、长寿命、快速充放电等特点。超导储能则利用超导材料在低温下电阻为零的特性存储电能,具有高效率、高能量密度等优势。(3) 电化学储能:主要包括锂离子电池、钠硫电池、液流电池等。电化学储能具有灵活配置、满足不同功率和能量需求的特点。锂离子电池因具有高能量密度、长循环寿命等优点,在储能市场中占据主导地位。

2.2 储能技术在电气工程中的应用现状

(1) 在新能源电厂中的配置与应用案例。新能源电厂由于风力和太阳能发电的间歇性和波动性,对电网稳定性构成挑战。储能技术的引入可以有效平滑新能源输出,提高电网稳定性。例如,在风电场和光伏电站配置锂离子电池储能系统,可以在新能源发电过剩时存储电能,在发电不足时释放电能,从而平衡电网供需。(2) 储能技术在电网调峰、调频、电能质量改善等方面的作用。储能技术在电网调峰方面可以发挥重要作用,通过存储低谷时段的电能,在高峰时段释放,减轻电网负担。在调频方面,储能系统可以快速响应电网频率变化,提供必要的调频服务。此外,储能技术还可以改善电能质量,减少电压偏差、频率波动和谐波污染等问题。

2.3 储能技术的优势与挑战

(1) 提升电网灵活性与稳定性的优势。储能技术通过存储和释放电能,可以实现对电网供需时间的平移,提供灵活性。在新能源渗透率不断提高的背景下,储能技术成为提升电网稳定性的关键手段。通过合理配置储能系统,可以有效平滑新能源输出,减少电网波动,提高系统稳定性。(2) 技术成熟度、成本、安全性等方面的挑战。尽管储能技术在电气工程中的应用前景广阔,但仍面临一些挑战。技术成熟度方面,虽然部分储能技术如锂离子电池已经相对成熟,但其他储能技术如固态电池、液流电池等仍处于研发阶段,技术成熟度有待提高。成本方面,储能系统的初始投资成本较高,且运维成本也不容忽视。安全性方面,部分储能技术如钠硫电池等存在安全隐患,需要加强安全防护措施。此外,储能系统的长寿命和高效运行也是当前面临的挑战之一。

3 基于储能技术的电能质量改善策略研究

3.1 储能技术在新能源电厂中的优化配置

3.1.1 根据新能源发电特性与电网需求确定储能容量与类型

新能源发电因能源形式不同呈现各异特性,风力发电依赖风速,功率波动大且随机;太阳能发电受光照强度与时间影响,昼夜、季节差异明显。锂电池储能响应速度快、能量密度高,适合应对风电的瞬时功率波动;液流电池循环寿命长、容量大,能满足光伏电站长时间稳定供电需求。在确定容量时,需结合新能源电厂历史发电数据与电网调峰、调频需求,通过数学模型计算。如某100MW光伏电站,经分析需配置20MW/40MWh储能系统,才能将弃光率控制在合理范围,保障电能稳定输出。

3.1.2 储能系统与新能源发电设备的协同控制策略

储能系统与新能源发电设备协同控制,关键在于构建智能能量管理系统(EMS)。EMS实时监测发电设备输出功率、储能系统荷电状态(SOC)和电网运行参数,利用预测算法,结合气象预报与历史数据,预判新能源发电功率变化趋势。当风电功率突增时,EMS控制储能系统快速充电;功率骤降时,储能系统迅速放电,维持输出稳定。同时,根据SOC动态调整充放电策略,避免过充过放,延长储能设备寿命^[2]。

3.2 储能技术在电能质量改善中的具体应用

3.2.1 利用储能系统稳定电网电压与频率

电网电压与频率稳定是电能质量的核心指标。储能系统可通过调节有功、无功功率,快速响应电网变化。当电网频率低于50Hz,储能系统释放有功功率,补充电能缺口;频率过高时,吸收多余电能。在电压调节上,当电网电压下降,储能系统输出无功功率提升电压;电压过高则吸收无功功率。某沿海风电场,因海风突变导致频率波动,配置储能系统后,频率波动范围从 $\pm 0.5\text{Hz}$ 缩至 $\pm 0.2\text{Hz}$,保障了电网稳定运行。

3.2.2 储能系统对谐波污染的抑制策略

新能源发电设备中的电力电子器件是谐波污染源。储能系统通过先进变流器技术,对输出电流实时监测与波形优化。利用电流闭环控制算法,生成与谐波电流幅值相等、相位相反的补偿电流,注入电网抵消谐波。还可结合谐波检测装置,动态调整补偿策略,确保谐波含量达标。某工业园区分布式光伏电站,配置储能系统后,谐波畸变率从12%降至5%,有效提升电能质量^[3]。

3.3 储能技术与其他电能质量改善措施的协同作用

3.3.1 与无功补偿装置、动态电压恢复器等设备的配合使用

无功补偿装置可快速调节无功功率,提升功率因数;动态电压恢复器能瞬间响应电压暂降、暂升问题。

储能系统与无功补偿装置配合,在电网轻载时,储能系统吸收多余有功,无功补偿装置调节无功,稳定电压;重载时,二者协同输出功率。与动态电压恢复器结合,在电压突变时,动态电压恢复器优先快速响应,储能系统随后持续补充能量,增强对电压暂态问题的治理能力。

3.3.2 综合控制策略的制定与实施

制定综合控制策略需搭建统一管理平台,对储能系统、无功补偿装置、动态电压恢复器进行协同控制。平台根据电网实时状态,通过多目标优化算法,分配各设备任务。如在电网负荷高峰,优先启动储能系统放电,配合无功补偿装置调节电压,动态电压恢复器待命;若出现电压骤降,立即触发其快速响应。通过动态协调,实现对电能质量问题的高效治理^[4]。

4 储能技术在新能源电厂中的经济性分析

4.1 储能系统的成本构成与投资回报分析

4.1.1 设备购置、安装、运行维护等成本

储能系统的成本构成中,设备购置占据核心地位。以锂电池储能系统为例,电池组成本约占总成本的60%-70%,其价格受原材料市场波动显著影响,如碳酸锂价格的剧烈震荡直接导致电池成本浮动。安装成本涵盖场地建设、电力连接等工程费用,需依据不同场地条件和技术要求确定。运行维护方面,除日常巡检外,电池的寿命衰减和更换是主要成本支出,循环充放电次数决定电池使用寿命,一般在数千次后需进行部分或整体更换。此外,储能系统还需配备专业的管理系统和技术人员,以保障系统安全稳定运行,这进一步增加了运营成本。

4.1.2 储能系统带来的电网稳定性提升与电能质量改善的经济价值

储能系统通过削峰填谷、平滑功率输出等功能,显著提升电网稳定性。在新能源发电波动时,储能系统可及时释放或存储电能,减少弃风弃光现象,直接提高新能源电厂的发电量利用率,从而增加售电收入。同时,稳定的电力输出降低了电网调峰压力,减少了传统调峰机组的启停次数,降低了发电成本。此外,改善的电能质量减少了电力损耗和设备故障率,延长了电网及用电设备的使用寿命,从全产业链角度带来可观的经济价值。

4.2 储能技术在新能源电厂中的市场前景与趋势

4.2.1 政策支持与市场需求分析

全球各国纷纷出台政策推动储能产业发展,我国“双碳”目标的提出,明确将储能技术作为构建新型电力系统的重要组成部分,配套补贴、税收优惠等政策不断落地。市场需求方面,随着新能源装机容量的快速增长,对储能的需求呈现爆发式增长。工商业用户为降低用电成本,对峰谷电价套利型储能需求旺盛;电网侧为保障供电可靠性,对大规模储能项目的建设需求持续攀升。

4.2.2 储能技术未来的发展方向与潜在应用领域

未来,储能技术将朝着高能量密度、长寿命、低成本方向发展。钠离子电池等新型电池技术有望突破成本瓶颈,实现大规模应用;液流电池在大容量、长时储能领域优势明显,将得到进一步发展。在潜在应用领域,除传统电力系统外,储能技术将与5G基站、数据中心等新兴产业深度融合,满足其对稳定电力的需求;同时,在分布式能源、微电网等场景中,储能技术将发挥更大作用,推动能源结构的深度变革。

结束语

综上所述,储能技术在电气工程电能质量改善中扮演着至关重要的角色。通过合理配置与应用储能系统,不仅能够有效应对新能源发电的间歇性与波动性,提升电网稳定性与灵活性,还能显著改善电能质量,减少电压偏差、频率波动及谐波污染等问题。未来,随着储能技术的持续进步与成本降低,其在新能源电厂及更广泛领域的应用前景将更加广阔。我们期待储能技术能不断推动电气工程领域的创新发展,为构建清洁、高效、稳定的电力系统贡献力量。

参考文献

- [1]徐涛.储能技术在电气工程领域中的应用与展望[J].建筑技术科学,2023,(03):26-27.
- [2]芦军.储能技术在电气工程领域中的应用与展望[J].建筑理论,2023,(11):104-105.
- [3]王鸿展.储能技术在电气工程领域中的应用与展望[J].产业经济,2022,(07):71-72.
- [4]马连鹏.储能技术在电气工程领域中的应用与展望[J].工程地质学,2021,(10):98-99.