

新能源接入电力工程的储能技术匹配策略与系统设计

程先其

芜湖华瑞送变电建设有限公司 芜湖 214000

DOI: 10.12238/ems.v7i8.14657

[摘要] 受“双碳”政策驱动, 新能源接入电网系统已经成为常态, 但是因为风电、光伏等新能源的不确定性, 导致了其稳定性难以保障电网系统的平稳运行, 并出现电力频率谐振和电力调频等诸多问题。而储能技术的应用为新能源与传统能源之间提供了一个电力缓冲转换的媒介, 实现相互之间的功率平衡, 提升新能源使用效率。为了协调解决这些电力供需之间的问题, 需要通过有效配比对新能源供需比例进行适应性的协调配置, 考虑容量配置、形式选择、类型匹配, 实现储能资源高效配置, 包含系统总体构架结构及设计、参数选择、并联结构连接、安全保障等。本文研究对提升新能源电力系统稳定性与经济性, 具有重要理论价值与工程指导意义。

[关键词] 新能源; 储能技术; 匹配策略; 系统设计; 电力工程

引言:

为应对“双碳”战略目标要求, 中国加速向清洁低碳能源结构转变, 大规模新能源项目并网已经是一种必然趋势。截止到2024年, 中国可再生能源装机占全国总装机的比重将达到35%, 其中风能和太阳能为主要新型能源, 而其装机规模正在快速扩大。但是由于风、太阳能发电主要特点就是随机性和波动性的, 在不同的时间段和地区, 受风速、光照强度、日夜、季节等变化, 将导致新能源产生的电力波动性增多且预测性弱, 给电力系统稳定运行带来了很大挑战, 如功率失衡所引发的频差、压差会破坏电力设施运行工况; 峰、谷差越来越大, 电网调节难度增大, 传统机组的利用率明显降低。同时大量的风、太阳能资源也被废弃, 如西北地区曾出现大面积的光伏弃置, 给能源的有效应用和经济效益带来了极大的破坏。

储能技术是应对上述问题的关键, 其可以在发电过剩时储存电能、发电量小的时候提供电能, 起到缓冲电源的输出、增加清洁能源的利用程度以及保证电网运行安全的作用。本文重点论述了新能源接入电力工程的储能技术匹配策略与系统设计展开研究。文章首先对新能源发电的特性及其对电力系统的影响进行了分析, 紧接着对储能技术做了类型、特性的讨论, 然后提出了针对性方案、系统的布置考虑因素, 以期能够为新能源电力系统安全、高效运行提供理论依据与参考。

1 新能源接入电力工程的特性与挑战

1.1 新能源发电特性分析

因为以风能和太阳能为主的新能源具有剧烈和非恒定的

波动性, 所以它的发电量会在短时间发生剧烈的波动。比如风速的突变会使风电机组的发电效率迅速的变化, 太阳的出射功率的变化也会影响到光伏电源的发电量; 白天与黑夜交替以及季节的转换也使得风能、光电的发电量具有明显的时态性, 即夜晚基本无光伏发电量, 冬天的风也会因风速变缓而发电量下降。这给新能源发电量的确定增加了极大的难度, 往往较难准确地统计出它所提供的能量。

除风能和太阳能外, 其他新能源, 如地热和生物质能都有相似特点, 即其能量密度相对于传统的能源来说小, 而且受地理条件和资源条件局限的方面相对要多。随着中国开发新能源的步伐加快, 新能源装机容量也在逐步增加, 截至2024年中国可再生能源发电量占全国总发电量的35%, 新能源已大批量利用于电网之中。

1.2 对电力系统的影响挑战

由于新能源发电本身的波动性及间隔时间长等特性会对电力网络产生一系列问题, 假如出现功率不平衡的现象, 将会导致电网频率、电压变化, 干扰电力设备, 产生生产事故。峰值谷值差距不断变大时, 电网调节负荷也相应增大, 传统发电设备不得不经常改变输出功率, 从而降低使用效率, 增加生产成本。

新能源并网电网的难题之一就是确保新能源并网避免出现新能源弃风和弃光的问题。例如, 早些时候的西北电网就曾经出现过严重的弃光现象, 有大量的太阳能未有效的利用, 白白浪费掉大量的能量以及造成的经济损失, 新能源的这种并网的运行方式对新能源发电企业的经济效益造成的不利影响, 也影响到了中国能源结构的优化和长远的发展。

2 储能技术分类与技术经济特性

2.1 储能技术类型划分

储能可分为三大类: 物理储能(如抽水蓄能, 借助水泵将水从低处抽至高处储存能量)、电化学储能(如锂离子电池, 在充放电时, 其工作原理为电子在充放电两侧发生插入和提取)及电磁储能(如利用超导线圈在超导状态下的零电阻来

储存磁力能), 电磁储能还包含一种新的储能技术, 如超电容器是通过正负两侧与电解质的氧化还原作用保存电能, 新出现的能源储能技术叫做“氢”, 可以将富余的电力用于分解水中的氢气, 在需要时再以燃料电池的形式转化为电力, 该技术处于快速推进发展阶段和大面积的推广应用阶段。

2.2 关键技术指标对比

表 2-1 关键技术指标对比数据表

储能技术类型	功率密度 (kW/kg)	能量密度 (Wh/kg)	响应时间	循环寿命	成本 (元/Wh)	应用场景
抽水蓄能	较低	较低	分钟级	15 年以上	约 0.2 - 0.3	长时储能、电网调峰
压缩空气储能	较低	较低	分钟级	10 - 15 年	约 0.3 - 0.4	长时储能、电网调峰
锂离子电池	较高	较高	毫秒级	4500 次左右	约 0.5 - 0.8	短时调频、分布式储能
液流电池	中等	中等	秒级	10000 次以上	约 0.4 - 0.6	长时储能、分布式储能
超导储能	高	低	微秒级	理论无限	较高	暂态支撑、快速调频
超级电容	高	低	毫秒级	100000 次以上	较高	暂态支撑、快速充放电

从上述数据可以看出, 不同储能技术在各项关键指标上存在显著差异。功率密度和能量密度较高的储能技术, 响应时间通常较短, 适用于对快速响应要求较高的场景; 而长时储能则更倾向于选择成本较低、循环寿命较长的技术。

2.3 经济性与规模化潜力

抽水蓄能虽然具有明显的经济效益, 但仍受较大地域限制, 投资成本约每瓦时 (Wh) 0.2~0.3 元, 并且技术已基本成熟, 是目前最主要的规模化储能手段。而电池储能成本稍高, 每瓦时 0.5~0.8 元, 但因其灵活性好、响应快速, 十分适合分散的储能应用和要求快速响应的场合。

科技进步使各种新的储能手段逐步趋向廉价, 例如钠离子电池是一种潜在的可替代手段, 因为其原材料丰富, 价格低廉, 将有望成为以后大面积使用的手段。2023 年全球储能设备安装量增加 10%, 显示出市场的巨大商业化潜能。随着技术不断改进以及成本下降, 大面积运用储存手段大有可为。

3 新能源与储能技术的匹配策略

3.1 容量匹配策略

决定储能规模的重要因素是新能源发电量的波动特征, 例如风电的变化周期多以小时为单位, 而太阳能的变化周期则主要以分钟为单位。对储能规模的精确评估可以通过以下 2 种方法: 以概率统计为基础的方法, 即对历史新能源发电量进行概率统计分析, 然后得到新能源功率波动的概率分布, 并根据此得出达到指定置信度所需的储能大小; 以情景分析法为基础的方法, 该方法针对风能发电场景开展了若干新型风能发电, 模拟不同场景下对电力的波动情况, 通过场景分

析结果以评估所具备的储能容量。

举例说明“储能容量=最大波动量×备用系数”公式。首先, 需要从新能源发电量数据中估算最大的波动值, 其次, 需要结合系统的稳定性状况, 充分考虑到不确定因素所产生的后果来对备用系数进行设定, 并结合电力需求和电网条件来评估储能容量状况, 例如电力需求较高时就必须扩大储能容量以满足供电要求, 电网输送能力和调度要求也制约储能容量的规模, 对储能容量进行计算需要结合情况进行相应调整。

3.2 类型匹配策略

“场景-技术”匹配原则是确定储存设备类型的第一准则, 出于规模大、廉价、长期的特性, 抽水蓄能技术是调节负荷过程中最合适的匹配技术。在低电力需求时可以储存大量的电力, 高电力需求时放电, 调节谷峰负荷。锂离子电池是快速反应并且高功率密度的, 可以快速调节出力维持电网频率的一致, 使电网频率变化保持在<0.2Hz 的范围内。而超级电容器的高响应度速率和精度, 在瞬态支撑中可在极短的时间内提供或消耗能量, 为保持电力系统瞬态的稳定性。

在技术组合方面, 采取“存储技术+”的方式, 综合各种存储技术的优点。如利用“电池+飞轮”的方式, 可以增加整个系统的响应速度, 电池负责缓慢的连续能量供给, 飞轮负责瞬时的超高功率补给, 两者结合, 以达到更好的满足电网的快速响应与高功耗输入输出要求。

3.3 多目标优化策略

要实现最优的新能源及储能配适情况, 需要制定一个成

本涉及建设费、运维费、维护费用等多因素组成的优化目标, 还需要储能系统对电网稳定发挥的保护作用, 例如短停时间减少概率和降故障率, 同时需要考虑新能源采收效率的目标, 以提高可再生资源使用效率, 不浪费风能和太阳能。

对于多目标优化问题求解, 智能算法具有独特优势。其中粒子群优化算法是对鸟类或鱼类群体智慧的模拟; 遗传算法对生物进化中生存法则的模拟, 通过不断选择、交配、变异的方式, 获取的解越来越优秀。如针对某一风电场的光伏储能系统, 利用多目标优化算法和人工智能方法对其储能系统布局进行规划设计, 获得可提高新能源消纳比 15%、减少总投资成本、提升电网安全性能的规划布局结果。

4 储能系统设计关键要素

4.1 系统架构设计

存储设备的基本构造形态包含集中和分散。其中, 集中式的多使用在大型电厂中, 这主要是为了让电力网得到更好的调节, 多用于能源的收集和放出。该形态是可以让众多能量进行吸收和释放, 这是对于电网功率平衡效果有着决定性作用的。例如, 特斯拉的 Megapack 集中式储能项目, 就是基于其大容量的原因, 这种集中式储存可以让其在电网电量压力较大的时候提供大量的电能, 让其电力得到缓解。而分散式主要用于微网供电中, 它更加容易接近于个人, 这种模式就是使用储存设备置于用户就近的位置, 让其为用户供电, 这就增加了对能量的利用效率。除此之外, 模块化模式也是促进存储设备规模扩增的工具。将储存设备进行模块化组合, 也就是将其化整为零, 就可以根据情况添减各模块的数量, 这可以使规模的扩展更加方便快捷。

4.2 关键参数设计

储能系统性能核心参数, 包括充放电效率, 电池循环寿命和能量转换效率的配置直接影响到储能系统的寿命和效率问题。上述的参数要设定在 85% 以上, 才能有效地减少系统储存和输出的过程中的能量损耗, 从而提升能源利用率。根据《电力储能系统电网接入规范》对这种标准要求的执行, 是为系统的经济合理化考虑, 避免了系统的适用性问题。此外, 电池的循环寿命也是一项衡量其使用的限度, 在实验过程中最低也至少需要 4000 次。因为电池的充电/放电过程尽量避免电池的更换过程, 而且电池本身的费用要比发电装置的费用高昂得多, 如果无法增加它的循环次数, 就会增加设备的费用; 此外, 能量转换效率的范围值以抽水蓄能为例大

概在 75% 左右, 而且环境因素会导致储能系统出现不必要的影 响, 例如温度影响电池功能会产生很大的损耗, 无论是温度过高, 过冷都会使电池充电/放电效率和寿命会降低, 所以在设计中要考虑对电池进行降温。

4.3 并网与安全设计

并网与安全设计是储能系统接入电网的重要环节。能源的质量保证, 谐波畸变率要小于 5%, 保证流入电网中的能量的纯净度, 不对电力设备造成危害。要通过适当的继电保护装置快速切除故障, 以确保电网与储能装置的安全运行。建立相应通讯接口以进行信息交互, 以便调度人员可以了解到储能装置的实时情况, 进行有效的调度与管理。某研究院的储能接入标准对这些方面都有详细规定。此外, 接地与安全标识也有严格规范。合理的接地设计可以防止电气设备漏电, 保障人员和设备安全; 清晰的安全标识能够提醒操作人员注意安全事项, 减少事故发生的可能性。

结束语:

综上所述, 储能技术是新能源接入电力工程的重要手段, 它可以起到平抑新能源波动, 提升新能源利用率, 保证电网安全运行的作用。储适性配置根据容量匹配和类型匹配并采用多目标最优化方法来达到最优的储能装置配置; 储能系统设计为储能的结构设计、储能的参数设计、储能的并联设计及储能安全设计, 保证储能系统的可靠稳定运行。这两项工作可以有效提高新能源利用率, 保证电力系统的稳定运行。

[参考文献]

- [1] 王晓明, 张健, 左一成, 等. 高比例新能源接入下配电网源荷自动跟踪研究[J]. 电子设计工程, 2025, 33 (03): 140-143+150.
- [2] 王炯, 郑旭, 陈秋寒, 等. 高比例新能源接入下电力系统负荷调峰分配方法[J]. 中国能源, 2024, 46 (12): 68-77.
- [3] 万智赞. 新能源接入下配电网消纳能力评估方法研究[J]. 电气技术与经济, 2024, (12): 34-35+49.
- [4] 方晖. 网络分析模式下低温锂电池储能系统功能安全保障策略[J]. 储能科学与技术, 2024, 13 (07): 2447-2449.
- [5] 滕伟, 许庆祥, 王亚军, 等. 平滑风电波动的飞轮协同电池混合储能系统经济性配置[J]. 动力工程学报, 2024, 44 (07): 1101-1108.

作者简介: 程先其 (1993.6-), 男, 汉族, 安徽, 本科, 助理工程师, 研究方向: 电力工程技术。