

# 储能技术在电力系统调频领域的应用

乔志勇

(国能生物发电集团有限公司 北京市 100052)

**摘要:** 电力系统的调频问题一直是电力运行过程中需要解决的难题。传统的调频方式已经不能满足电力系统日益增长的需求,因此储能技术在电力系统调频领域的应用备受关注。本文旨在系统地概述储能技术在电力系统调频中的应用现状,进一步探究储能技术在电力系统调频中存在的问题及解决方案,为电力系统调频提供参考。

**关键词:** 储能技术; 电力系统调频; 应用

Application of energy storage technology in the field of power system frequency regulation

Qiao Zhiyong

**Abstract:** Frequency regulation of power system has always been a difficult problem to be solved in the process of power operation. The traditional frequency regulation method has been unable to meet the growing demand of power system, so the application of energy storage technology in the field of power system frequency regulation has attracted much attention. The purpose of this paper is to systematically outline the current situation of energy storage technology in power system frequency regulation, further explore the problems and solutions of energy storage technology in power system frequency regulation, and provide reference for power system frequency regulation.

**Keywords:** energy storage technology; power system frequency regulation; application

## 1. 储能技术概述

### 1.1 储能技术分类

储能技术是指将电能或其他形式的能量储存起来,在需要时以电能的形式释放出来,以实现能量的平衡与调节。按照能量储存方式的不同,储能技术可以划分为电化学储能技术、机械储能技术、电动力学储能技术、热能储存技术等几大类。

#### (1) 电化学储能技术

电化学储能技术是指通过电化学反应,将电能转化为化学能储存起来,以实现能量的平衡与调节。电化学储能技术的常见形式包括蓄电池、超级电容器、金属氢化物等。蓄电池是一种常见的电化学储存设备,其储存能量的原理是利用化学反应过程中的电化学能量,将电能转化为化学能量,再通过化学反应的逆过程,在需要的时候释放出电能,实现能量的平衡与调节。

#### (2) 机械储能技术

机械储能技术是通过将动能、重物势能或者弹性势能转化为电能来进行储能的一种技术。机械储能技术的常见形式包括抽水储能、气体储能、飞轮储能等。其中,抽水储能是一种应用最为广泛的机械储能技术,其原理是将电能通过电动机驱动水泵将水抽至高处,储存起水的重力势能;在需要的时候,通过放水驱动水轮机发电,将重力势能转化为电能,实现能量的平衡与调节。

#### (3) 电动力学储能技术

电动力学储能技术是指通过电场、磁场等方式储存电能,以实现能量的平衡与调节的一种储能技术。电动力学储能技术的常见形式包括超导磁能储存、感应电容储存、电感储存等。其中,超导磁储存技术是一种应用最广泛、研究最深入的电动力学储能技术之一。其原理是将电能通过电流驱动超导体形成磁场,将磁场储存起来,再在需要的时候释放磁场能量,实现能量的平衡与调节。

#### (4) 热能储存技术

热能储存技术是指将热能储存在物体中的一种技术,以实现能量的平衡与调节。常见的热能储存技术包括低温储能技术、高温储能技术等。其中,低温储能技术是一种应用最为广泛的热能储存技术,其原理是将电能通过蒸气压缩制冷的方式,将空气中的水分凝结成雪或冰,储存其低温潜热;在需要时,通过释放冰的潜热来达到能量的平衡与调节。

### 1.2 储能技术优缺点分析

储能技术作为能源转换和利用中的重要环节,在现代电力系统中扮演着越来越重要的角色,但相应的,其自身的优缺点也日益凸显。在此,我们将对几种常用的储能技术进行优缺点分析和比较。

首先,压缩空气储能技术(CAES)的优点在于对环境的危害小、安全性高、容量大并且能量储存热效率较高。同时,其缺点是设备的制造和运维成本高、能效低

下、循环效率不高等问题。其次，电化学储能技术包括钠离子电池和锂离子电池，这两种类型各有利弊。钠离子电池的优点是材料资源相对丰富、成本低廉、电化学性能优良等，但是其比容量较低、环境适应性不好、特定能量较低。锂离子电池的优点是能量密度高、存储能量热效率高、循环使用寿命长等。其缺点则在于由于锂等稀有材料的使用，成本相对较高，同时在高温条件下使用寿命较短。

此外，超级电容器储能技术（PC）的优点在于快速充放电、使用寿命长、高效率 and 环保等方面。然而，它也有着能量密度低、电压稳定等问题。最后，表面电荷储能（SCE）技术的优点是单位质量储存容量高，使用寿命较长，可降低化学电池对环境的影响。缺点则在于工作原理复杂、实验条件苛刻等。

综合来看，不同的储能技术具有独特的优缺点，选择何种技术应根据具体需求而定。例如，对于要求储能系统长期使用和大容量储能的场合，CAES 可作为优先选择，而在应用于可穿戴设备等场景时，PC 可能是更佳的选择。

## 2. 储能技术在电力系统调频领域的应用

### 2.1 储能技术对电力系统调频的贡献

储能技术在电力系统调频领域的应用已经成为当前电力系统发展的热门话题。储能技术在电力系统调频中的作用是不可忽视的，尤其是在可再生能源逐渐替代传统能源的今天。储能技术最大的优点是可以将不稳定的电力储存并释放，以维持电力系统的稳定性。

首先，储能技术对电力系统稳定性的提升是显而易见的。在电力系统的供需失衡的情况下，储能技术可以放出储存的电能补充电力系统的电力需求。特别是在大型电力系统中，因为其复杂性，不同的变电站、传输系统之间可能会发生调度失误，而储能技术可以帮助调节电力系统的失衡，提高系统运行的稳定性。

其次，储能技术可以增强电力系统的调节能力。传统发电模式往往难以根据需求进行灵活地供电，而储能技术可以将电力储存并在必要时释放，从而满足电力系统应急调节的需求。例如，当电力系统的负载突然增加时，储能系统可以使得电力网络中的电流不会因电压的快速变化而变得稳定，并在电力系统恢复稳定后自动充电。

最后，储能技术的应用不仅可以提高电力系统供电的效率，还可以减少对化石燃料的消耗。和传统发电方式相比，储能技术可以大大提高电力的自给能力，同时

减少对化石燃料的消耗，降低对环境的影响。这也是为什么在电力系统可持续发展目标中，储能技术已经成为了非常重要的部分。

### 2.2 储能技术与调频技术的结合

储能技术在电力系统中的应用越发普及，而调频技术在电力系统中也扮演着重要的作用。储能技术与调频技术的结合是未来电力系统调频发展的趋势，也是实现电网智能化的必然选择。储能技术的用途广泛，它可以在能量储存和能量输出方面发挥重要的作用。调频技术在电力系统中用于使电力系统在外部干扰或变化的情况下，能够快速响应并稳定电网。因此，储能技术和调频技术的结合可以在电力系统调频中更好地实现平稳运行、更佳的供电质量和更高的系统效率。

在实际应用中，储能技术和调频技术之间的融合方式不止一种。一种常见的方式是在调频中通过储能技术提供能量，以维持系统的稳定性。同时，储能技术也可以通过调节电网间的电能传输，从而实现电网的平稳运行。这种方式被广泛应用于多种类型的电力系统中，包括风力发电系统、太阳能发电系统、水力发电系统和火力发电系统等。

除此之外，储能技术和调频技术地融合在不同的应用场景中也有着不同的应用模式。例如，当太阳能或风力发电系统的输出功率突然下降时，储能技术可以迅速响应并补充能量，以保证电力系统对外供电的稳定性。这种应用模式在实际应用中比较常见。

### 2.3 不同储能技术在电力系统调频中的应用案例

在电力系统中，调频是维持系统频率稳定的重要手段之一，而储能技术则可以为电力系统提供强有力的支持。不同类型的储能技术在电力系统调频中都有着不同的应用，下面将分别介绍几种具有代表性的储能技术在电力系统调频中的应用案例。

首先，电池储能技术在电力系统调频中得到了广泛应用。例如，在美国加州的电力系统中，利用锂离子电池建设了容量为 30 兆瓦的电池储能设施，可以为电力系统提供削峰填谷和频率调节等服务。此外，在中国广东省电力系统中，采用了川崎电力提供的锂离子电池储能系统，用于为电网调频。这些案例表明，电池储能技术在电力系统调频中发挥着重要的作用。

其次，抽水蓄能技术也是一种常见的储能技术。世界上最大的抽水蓄能电站——中国的三峡水电站，就运用了抽水蓄能技术来实现电力系统调频。具体来说，在电力系统负荷需求较低的时间段，电站将超额的电力用

来抽水, 储存起来; 而在负荷需求较高的时间段, 电站通过下泵发电, 将储存的水能转化为电能, 并注入电力系统, 从而调节系统频率。此外, 德国的在线蓄能电站也采用了抽水蓄能技术, 其最大功率达到了 110 兆瓦, 可以为电力系统提供备用容量和频率调节等服务。

再次, 超导储能技术在电力系统调频中也有着广泛的应用前景。超导储能技术的特点是储能密度高、响应速度快, 因此在电力系统的削峰填谷和频率调节等方面都有着巨大的优势。一些权威研究机构预测, 超导储能技术有望成为未来电力系统中的主流储能技术之一。

### 3. 储能技术在电力系统调频中存在的问题及解决方案

#### 3.1 储能技术成本高、效率低的问题

储能技术作为电力系统调频领域的重要技术, 已经得到了广泛的应用。储能技术与调频技术的结合, 可以提高电力系统的稳定性和可靠性, 降低系统运行成本, 并对电力系统的经济性和环保性起到了积极的影响。

但是, 当前储能技术在电力系统调频中还存在一些问题, 其中之一就是成本高、效率低的问题。这个问题主要体现在储能技术的建设与运营成本较高, 同时储能设备的能量损耗也比较大。

为解决这个问题, 需要针对不同类型的储能技术分析其成本结构, 找到降低成本的关键环节, 采取一系列措施加以优化。例如, 对电池储能技术来说, 可以从材料成本、生产工艺和运营管理等方入手, 推动材料研究和生产工艺的自动化, 并不断完善设备的运营管理体系, 减少能量损耗。

另外, 可以通过制定相应政策和措施, 降低储能技术的建设和运营成本。政府可以通过财政支持、税收优惠等方式, 鼓励企业增加研发投入、提高生产能力和技术水平, 推动储能技术降低成本。

#### 3.2 储能技术与电网安全的问题

储能技术是电力系统中重要的调频资源, 但其应用面临着许多挑战, 其中之一是储能技术与电网安全的问题。储能设备的安全问题主要包括两方面: 一是储能设备事件对电网安全的影响, 包括储能设备事故对电网稳定运行和设备损坏维护的影响; 二是由于储能技术成本高, 维修和运营过程对人员安全的要求很高。

前者需实现储能技术的快速响应和精准控制, 争取在储能设备故障出现之前发现问题, 可以通过系统安全

防护措施、应急响应与备份技术等单元应对安全风险; 后者则需要提升储能设备的安全防护性能和人员安全意识, 通过工艺流程管理、培训等途径改进储能设备运营和维护, 降低人为和设备损坏风险。

#### 3.3 储能技术与环境保护的问题

储能技术的应用可以在一定程度上减缓电力系统运行中的不平衡问题, 而且提高了电网的可靠性。然而, 储能技术的应用也存在着一些环境问题, 这些问题需要我们引起足够的重视。

首先, 储能技术的生产、运输、安装和维护过程中产生的二氧化碳和其他温室气体的排放会对环境造成污染和影响。针对这一问题, 相关部门可以通过制定严格的环保标准和控制排放的策略来减少温室气体的排放。

其次, 储能技术的应用需要占用更多的地盘和资源, 这可能导致一些原本具有生态意义和保护价值的地区被破坏, 这对生态系统和环境的保护造成了不小的影响。对此, 有必要进行科学的评估和规划, 采用可持续的储能技术以确保环保和可持续发展。

另外, 一些储能技术的应用可能产生一些噪音和辐射, 对居民生活和健康带来一定的影响。在储能技术的建设和运营过程中, 应当重视围绕相关区域居民的环境和健康问题, 采取有效的治理措施, 确保安全、健康和可持续地发展。

因此, 我们需要采用更多的技术手段, 确保储能技术的应用是完全安全的, 同时减少对环境造成的负面影响。这可以通过更好地技术创新、加强企业的环境保护和管理、完善环保政策以及公众和媒体对环境保护问题的关注和监督来实现。

#### 结语:

总之, 在未来电力系统调频中, 储能技术的应用将会随着科技的进步和电力需求的增加不断发展。通过持续的技术创新和不断地实践, 储能技术的应用将会更加广泛, 为电力系统调频领域的发展作出更大的贡献。

#### 参考文献:

- [1] 杨英勃. 储能技术在电力系统调频领域的应用[J]. 电子元器件与信息技术, 2019:117-118.
- [2] 王京, 马洪波, 郭太平. 储能技术在山西电力系统调频领域的应用[J]. 无线互联科技, 2017.
- [3] 王浩霖. 储能技术在电力系统调峰中的应用研究[J]. 科学技术创新, 2020:2.