

# 风机发电机侧的储能技术分析

丁 鹏 光 超 魏良如

三峡新能源淮南光伏发电有限公司 安徽 淮南 232091

**摘 要：**风机发电机侧储能技术在风力发电系统中发挥着重要作用。通过飞轮、超级电容、电池等储能技术的应用，可以缓解风速波动引起的功率波动，提高系统的功率平滑性与稳定性。储能技术在电能的储存与释放过程中，能够迅速响应电网调度需求，平衡供需关系。储能技术还能提高系统的调节能力，应对电网频率变化及突发负荷波动，提升电网的可靠性和稳定性。

**关键词：**风机发电；储能技术；应用分析

## 1 风力发电系统简介

风力发电系统是一种利用风能转化为电能的清洁能源发电系统。它利用风机叶片吸收风能，通过风力发电机转换为机械能，再由电气发电机将机械能转换为电能。风力发电系统主要由风机、转子、发电机、变频器、输电线路等组成。风力发电系统具有许多优势，如无污染、可再生、低成本、不受燃料限制等。随着技术的进步，风力发电系统不断提高效率和可靠性，在世界各地广泛应用于电力生产。大型风电场已成为清洁能源发电的主要方式之一，对减少温室气体排放、实现能源转型具有重要意义。风力发电系统也面临一些挑战，如对风速和风向要求高、场地选择受限、噪音污染等问题。风力发电系统在建设规划和实施过程中需要综合考虑资源条件、环境影响等因素，合理规划和建设风力发电项目。未来，随着技术的不断革新和推动，风力发电系统将继续发展壮大，成为清洁能源领域的主要支柱之一，为可持续发展和环境保护作出更大的贡献。

## 2 储能技术在风力发电中的作用

风力发电是一种取之不尽、用之不竭的清洁能源，然而由于风力的不稳定性，其发电效率和可靠性会受到影响。储能技术可以帮助平衡风力发电系统的供需差异，当风速不稳定或突然停止时，储能系统能够存储多余的电能，以备不时之需，避免电网压力不稳导致的问题<sup>[1]</sup>。储能技术能够提高风力发电利用率，通过在低负载时段积累电能，在高负载时释放电能，实现电能在不同时间段的平衡利用，使风力发电系统的总发电量得到最大化。储能技术还可以提高风电场的可靠性，当受灾害、故障或维护等情况影响风力发电系统的运行时，储能系统可以作为备用电源，保证风电场的持续供电。储能技术在提高风力发电系统灵活性和响应速度方面也发挥着重要作用，通过储能系统的快速响应和调节能力，

可以更好地应对电网的频率变化和负荷调节，增强风力发电系统与电网之间的互动性和可调度性。

## 3 风机发电机侧常见储能技术分析

### 3.1 超级电容储能系统

风机发电机侧常见储能技术中，超级电容储能系统作为一种高效、快速响应且寿命长的储能设备，在风力发电系统中具有重要应用价值。超级电容储能系统能够通过将电能以电场能量的形式存储，具有高的充放电效率、快速响应特性和长寿命等优点。在风机发电机侧应用超级电容储能系统，一方面可以实现对发电机输出功率的平滑控制，缓解因风速波动引起的功率波动问题，提高发电系统的稳定性。另一方面，超级电容储能系统具有高效率的充放电过程，可以快速响应电网调峰需求，降低对传统火力发电的依赖，提升风力发电系统的可调度和经济性。超级电容储能系统具有高安全性和环保性，其工作过程中不会产生有毒废气和废水，对环境影响较小。相比于传统电池储能系统，超级电容的充放电速度更快，循环寿命更长，不受温度影响。

### 3.2 锂离子电池储能系统

风机发电机侧常见的储能技术之一是锂离子电池储能系统。锂离子电池因其高能量密度、长循环寿命和较低自放电率等优点而被广泛应用于风力发电系统中。通过将风力发电机侧的电能转换为电化学能储存在锂离子电池中，可以提高系统的可靠性、调度性以及整体性能。锂离子电池储能系统在风力发电中的应用能够实现多方面的优势。它可以平滑风速变化对发电机输出的影响，有效缓解风电系统功率波动带来的不稳定性，提高系统的功率输出稳定性。锂离子电池具有高效率的能量转换和储存特性，可以快速响应电网调度需求，提高系统的可调度性和灵活性。锂离子电池储能系统还能够提高电能利用率，实现对峰谷电价的灵活利用，降低电网运行

成本。锂离子电池储能系统具有较高的循环寿命、安全性和环保性，对环境影响较小，有利于可持续发展。与其他储能技术相比，锂离子电池在成本和性能上的平衡较为突出，使其在风力发电系统中具有广泛应用前景<sup>[2]</sup>。

### 3.3 钠硫电池储能系统

风机发电机侧常见的储能技术之一是钠硫电池储能系统。钠硫电池是一种高温高效率的储能技术，通过将钠和硫化物在高温条件下进行反应，将电能转化为化学能存储，并在需要时释放电能。在风力发电系统中应用钠硫电池储能系统，可以有效弥补风速波动导致的功率波动问题，提高系统的功率输出品质和稳定性。钠硫电池储能系统在风力发电中具有多重优势，钠硫电池系统具有较高的能量密度和循环寿命，能够为风力发电系统提供长时间的持续功率输出，增加系统的可靠度。由于钠硫电池的高效率充放电过程和快速响应特性，可以灵活调节电网需求，提高系统的可调度性和经济性。钠硫电池储能系统具有环保性和循环利用性。钠硫电池中所采用的材料大多可回收利用，且钠硫电池系统的长寿命和高能量密度使其在整个生命周期内的环境影响相对较小。同时，钠硫电池系统在高温条件下运行，有助于提高系统的能量转换效率。

### 3.4 压缩空气储能系统

风机发电机侧常见的储能技术之一是压缩空气储能系统。压缩空气储能系统通过利用风机产生的电能，将空气压缩并存储在储气罐内，待需要时释放压缩空气以产生电能。这种储能技术被广泛应用于风力发电系统，可以有效弥补风速变化造成的功率波动，提高系统的功率平稳性。压缩空气储能系统在风机发电机侧的应用有多方面的优势，这种技术可以帮助平衡风力发电系统的供需差异，利用风能储能，在电网需要时释放电能，提高电网调度的可靠性<sup>[3]</sup>。压缩空气储能系统具有较高的充放电效率，能够快速响应电网需求，提高系统的运行灵活性。储气罐可以灵活配置，便于规模化应用，适用于不同规模的风力发电场。相比于传统电池储能技术，压缩空气储能系统的运行成本较低，且储气罐等设备可实现长期使用，有助于提高系统的经济性。压缩空气储能系统在可持续方面也表现出色，因其不涉及化学反应，不存在污染物排放问题，对环境友好。

### 3.5 飞轮储能系统

风机发电机侧常见的储能技术之一是飞轮储能系统。飞轮储能系统利用快速旋转的飞轮来存储和释放电能，通过动能的转化实现能量储存和回收。在风力发电系统中，飞轮储能系统能够快速响应风速的波动，平滑

系统功率输出，提高系统运行的稳定性和可靠性。飞轮储能系统在风机发电机侧的应用具有多重优势。首先，飞轮具有高能量密度和快速响应能力，能够迅速转换为电能进行输出，应对电网调节需求。其次，飞轮的高转速运转有助于提高能量存储效率，使系统充放电效率更高。飞轮储能系统具有较长的寿命和循环寿命，在频繁充放电过程中仍能保持稳定性能。飞轮储能系统具有环保、噪音低、维护成本低等优势，对环境友好，并能提高发电系统的运行效率。相较于传统电池储能技术，飞轮储能系统的循环寿命更长，不受充电次数限制，更适用于频繁充放电场景下的应用。

## 4 风机发电机侧储能技术的应用分析

### 4.1 储能系统在风机发电机侧的配置与优化

风机发电机侧储能技术在风力发电系统中具有重要应用意义，可以缓解风速波动带来的功率不稳定性，并提高电力系统的运行稳定性和经济性。储能系统在风机发电机侧的配置与优化是一个关键的问题，影响着系统的性能与效率。对于储能系统的配置，需考虑储能容量、输出功率、响应速度等因素。根据风速波动特性和电网需求，可以合理确定储能系统的容量大小，以确保系统在短期内能够迅速响应，平滑输出功率<sup>[4]</sup>。根据风机的特性和储能装置的技术特点，选择合适的储能技术进行配置，如超级电容、锂离子电池、压缩空气储能等，以满足系统运行需求。在储能系统的优化方面，需考虑充放电效率、系统稳定性、使用寿命等因素，通过优化系统的能量管理策略，合理控制储能系统的充放电过程，提高系统能量转换效率和循环寿命。结合智能控制算法和预测模型，实现对风速波动的准确预测与响应，进一步优化系统性能，提高储能系统的运行效率和经济性。在储能系统的配置与优化过程中，还应考虑系统的安全性、环保性和成本效益，确保储能系统的稳定性和可靠性，并兼顾系统的环境友好性和经济性。通过工程实践与技术创新，不断完善风机发电机侧储能技术的配置与优化，将为风力发电系统的可靠运行和高效发电注入新的活力，推动清洁能源的发展与利用。

### 4.2 储能技术在风机功率平滑与调节中的应用

风机发电机侧储能技术在风力发电系统中扮演着关键的角色，尤其在功率平滑与调节方面具有重要应用。风力发电系统的输出功率受风速波动等因素影响，带来了功率的波动性和不稳定性，影响了电网运行的安全与稳定。储能技术可用于平滑风机发电功率的波动，当风速波动导致风机输出功率剧烈波动或突变时，储能系统能够快速储存或释放电能，保持系统功率输出的稳定

性。通过储能系统的介入,可以平滑功率输出曲线,减少电网调度中的功率峰谷差异,提高系统的供电质量。储能技术也有助于提高风机功率的调节能力,当电网需要额外电能时,储能系统可以迅速释放储存的电能,弥补电网的需求缺口;反之,当电网需求减少时,储能系统可以对电能进行储存,以便在需求增加时释放。这种灵活的储能调节机制可以提高风力发电系统的可调度性,有利于实现电网平衡优化运行。

#### 4.3 储能系统对电网稳定性与可靠性的提升

风机发电机侧储能技术的应用对提高电网稳定性与可靠性具有重要作用。在风能发电系统中,由于风速的不确定性和波动性,风机输出的电力存在不稳定性,容易导致电网频率波动和供电质量下降。储能系统能够有效缓解这种不稳定性,并在多方面提升电网的稳定性与可靠性。储能系统能够提供快速的备用功率,即时响应电网需求变化。当电网负荷突然增加或风力波动导致风机功率波动时,储能系统可以迅速释放存储的电能,维持电网稳定性,防止频率波动,确保供电质量<sup>[5]</sup>。储能系统具有调频和调相的能力,可以平衡电网负荷和供求之间的瞬时差异。在电网频率偏离正常范围时,储能系统可以提供额外的功率或吸收多余的电能,帮助调整电网频率,保持电网稳定运行。储能系统还可以提供黑启动能力,即在电网发生短时停电后,储能系统可以快速启动并提供电力支持,协助恢复电网运行,减少停电时间,提高电网可靠性。风机发电机侧储能技术的应用能够显著提升电网的稳定性与可靠性,帮助解决风能发电系统的功率波动、频率调节、黑启动等问题,提高电网的供电质量和可持续性。

#### 4.4 储能系统在应对风力资源波动中的作用

风机发电机侧储能技术在应对风力资源波动中发挥着关键作用。风力资源的波动性是风力发电系统面临的重要挑战之一,会导致风机输出功率的快速变化和不可稳定性,对电网安全运行构成威胁。通过储能技术的应

用,可以有效平滑风力资源波动,提高系统的功率平稳性和可靠性。储能系统能够在风力资源丰富时对多余的电能进行储存,而在风力资源不足时释放储存的电能,以平衡风能发电系统的供需之间的波动,减少风机输出功率的剧烈波动,提高系统的输出稳定性。储能技术具有快速响应的特点,能够迅速调整电能的储存和释放,适应风速的瞬时变化。当风速突然增大或减小时,储能系统可以快速进行电能的调节,平滑功率输出,确保电网不受风力资源波动的影响,提高电网的稳定性。储能系统还可以与智能控制系统结合,根据风力资源的预测信息和电网需求进行精准调度,实现对风机输出功率的精确控制。

#### 结束语

风机发电机侧的储能技术为解决风力发电系统面临的功率波动和电网调度挑战提供了有效的解决方案。通过储能技术的应用,可以提高系统的稳定性、可靠性和灵活性,优化电力系统运行。随着清洁能源的普及和电力需求的增加,风机发电机侧储能技术将在未来发挥更加重要的作用。持续的技术创新和应用实践将进一步推动储能技术在风力发电领域的发展,促进清洁能源的可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 应益强,王正风,吴旭,等.计及新能源随机特性的电网深度调峰多目标策略[J].电力系统保护与控制,2020,48(6):34-42.
- [2] 李兴,李鑫,李洛.储能在新能源发电系统发电侧的应用[J].农村电气化,2019,No.391(12):57-58.
- [3] 郭子兴.储能技术在光伏发电系统中的应用[J].电子产品世界,2021,28(11):83-85.
- [4] 李学军.接入氢储能的低压直流系统及其商业模式构建[J].电器与能效管理技术,2021(7):29-33,39.
- [5] 魏书洲.压缩空气储能技术及其耦合发电机组研究进展[J].华电技术,2021,43(7):9-16.