

# 微电网系统源网荷储协同控制技术及产业化应用

辛浩远

中节能绿建环保科技有限公司 浙江 杭州 310012

**摘要：**微电网系统作为分布式能源利用的关键形式，其稳定运行与高效能源利用对能源转型至关重要。源网荷储协同控制技术，作为其核心，通过实时监测与智能调度源、网、荷、储各环节，实现能源的高效利用与电力系统的稳定。本文深入探讨该技术在微电网中的应用案例，并评估其在产业化项目中的成效。不同场景下的成功应用展现其巨大潜力与广阔前景。该技术将持续推动微电网发展，助力能源转型。

**关键词：**微电网；源网荷储；协同控制；产业化应用

## 1 微电网系统的概念

微电网系统是一种先进的小型电力系统，它由分布式电源、负荷、储能系统、变配电设施以及智能控制系统等多个组成部分集成而成。微电网系统的核心在于其分布式电源的应用，这些电源可以是可再生能源发电设备，如太阳能光伏板、风力发电机等，也可以是传统的柴油发电机或燃气轮机。这些分布式电源的存在，使得微电网能够在主电网出现故障或需要维护时，依然能够保障供电的连续性，从而提高供电可靠性。微电网系统通过储能系统的应用，实现对电能的存储和调节，在电能需求低峰时，储能系统可以储存多余的电能；在电能需求高峰时，储能系统则可以释放储存的电能，以满足负荷需求。这种储能调节机制，有助于平衡电能的供需关系，提高电能利用效率。微电网系统还配备了智能控制系统，这个系统能够实时监测微电网内部的运行状态，根据电能需求和分布式电源的发电情况，自动调整各个组成部分的运行状态，确保微电网的稳定运行。智能控制系统还能够与外部电网进行信息交互，实现微电网与外部电网的协同运行。微电网系统具有高度的自治性，它既可以与外部电网并网运行，也可以在必要时脱离外部电网独立运行。这种自治性使得微电网能够在各种复杂环境下稳定运行，为用户提供可靠的电力供应。

## 2 微电网系统中源、网、荷、储的作用

微电网系统是一个高度集成化的电力网络，其中源、网、荷、储各自扮演着不可或缺的角色，共同维持着系统的稳定运行和高效能源利用。源，即分布式电源，是微电网系统的能量源泉，这些电源可以是太阳能光伏板、风力发电机等可再生能源发电设备，也可以是传统的燃油发电机或燃气轮机。它们将自然界中的光能、风能或化石能源转化为电能，为微电网系统提供源源不断的动力。分布式电源的多样性和互补性，使得微

电网系统能够减少对单一能源的依赖，提高能源供应的可靠性和可持续性<sup>[1]</sup>。网，即微电网的电力传输网络，负责将分布式电源产生的电能传输到各个负荷点，这个网络通过智能控制和优化算法，实现电能的合理分配和高效利用。它还能够与外部电网进行互联互通，实现电能的双向流动和互补。这种灵活的电力传输网络，使得微电网系统能够在不同场景下实现最优的能源利用和电力供应。荷，即微电网系统的负荷，包括各种用电设备和用户，这些负荷的需求是微电网系统运行的重要驱动力。通过智能控制系统对负荷的实时监测和预测，微电网系统能够精确地调整分布式电源和储能系统的运行状态，以满足负荷的需求。这种需求响应机制使得微电网系统能够更好地适应各种负荷变化，提高电能的利用效率和供电质量。储，即储能系统，是微电网系统中的重要组成部分，它能够在电能需求低峰时储存多余的电能，在电能需求高峰时释放储存的电能，以平衡电能的供需关系。储能系统的应用使得微电网系统能够实现电能的灵活调度和优化配置，提高电能的利用效率和供电可靠性。储能系统还能够作为应急备用电源，在突发情况下保障微电网系统的电力供应。源、网、荷、储在微电网系统中各自发挥着重要的作用，它们共同构成了一个高效、可靠、可持续的电力供应体系。

## 3 源网荷储协同控制技术的基本原理

源网荷储协同控制技术的基本原理在于实现能源源头、电网、用电负荷以及储能系统之间的紧密配合与高效协同，从而确保微电网系统的稳定运行和能源的最优利用。能源源头作为微电网系统的核心驱动力，通过光伏、风电等可再生能源发电设备将自然界的能量转化为电能，在这一过程中，协同控制技术能够实时监测各能源源头的发电状态与输出能力，并根据系统需求进行智能调度，确保能源的高效利用。电网作为电能传输和

分配的基础设施,在协同控制技术的支持下,能够实现与能源源头、用电负荷和储能系统之间的无缝对接,通过优化电力传输网络的结构和运行策略,协同控制技术可以降低电能损耗,提高电力传输效率,并保障电能质量。用电负荷作为电能的实际消费者,其需求变化对微电网系统的稳定运行具有重要影响,协同控制技术能够实时监测负荷需求,并根据需求变化调整能源源头的发电策略以及储能系统的充放电状态,确保电能的供需平衡。储能系统在协同控制技术中扮演着关键角色,它不仅能够平衡电能的供需差异,还能够作为应急备用电源,在突发情况下保障微电网系统的稳定运行。协同控制技术能够精确控制储能系统的充放电过程,实现电能的优化存储和释放,进一步提高微电网系统的可靠性和经济性。

#### 4 源网荷储协同控制在微电网系统中的应用

##### 4.1 源网荷储协同控制在源端的应用

源端作为微电网系统的能量起点,其运行状态的稳定性和发电效率直接影响到整个系统的性能。协同控制技术能够实时监测各分布式电源的运行状态,包括发电量、发电效率以及故障情况等,通过收集和分析这些数据,控制系统能够准确评估各电源的发电能力,并根据系统需求进行智能调度。例如,在光照充足的情况下,光伏电源的发电量可能会大幅增加,此时协同控制技术可以调整光伏电源的出力,以充分利用这一可再生能源。协同控制技术还能够实现对分布式电源的协同优化,由于不同电源的发电特性和成本存在差异,通过协同控制,可以实现多种电源之间的互补和协同,从而提高整个系统的能源利用效率。协同控制技术还能够帮助源端实现与网端、荷端和储端的协同配合,通过与网端的信息交互,协同控制技术可以优化电力传输策略,降低传输损耗;通过与荷端的协同调度,可以实现对负荷需求的精准响应;通过与储端的配合,可以实现电能的优化存储和释放<sup>[2]</sup>。

##### 4.2 源网荷储协同控制在网端的应用

微电网的电力传输网络是连接源端、荷端和储端的关键纽带,其运行状态和传输效率直接影响到电能的分配和利用。源网荷储协同控制在网端的应用,旨在优化电力传输网络的结构和运行策略,以实现电能的高效传输和分配。协同控制技术能够实时监测电力传输网络的运行状态,包括电压、电流、功率等参数,通过收集和分析这些数据,控制系统能够准确评估网络的传输能力,并根据系统需求进行智能调整。协同控制技术能够实现电力传输网络的智能化管理,通过与其他组成部

分的信息交互和协同配合,控制系统可以实现对网络运行状态的实时调整和优化。例如,当检测到某个区域的负荷需求增加时,协同控制技术可以调整电力传输网络的拓扑结构,增加该区域的供电能力;当检测到网络故障时,则可以迅速启动备用线路或设备进行故障隔离和恢复。协同控制技术还能够实现与可再生能源发电设备的协同配合,通过优化电力传输网络的接入点和传输容量,可以实现对可再生能源发电设备的最大化利用,降低对传统能源的依赖。

##### 4.3 源网荷储协同控制在荷端的应用

用电负荷作为微电网系统的重要组成部分,其需求变化和特性对系统的运行和调度具有重要影响。源网荷储协同控制在荷端的应用,主要是通过实时监测和预测负荷需求,调整源端和储端的运行状态,以实现供需平衡和能源的高效利用。协同控制技术能够实时监测用电负荷的需求变化,通过收集和分析负荷数据,控制系统能够准确评估负荷的需求特性,包括峰值、谷值以及变化趋势等。这有助于系统提前做出调度决策,以满足负荷需求。协同控制技术能够实现与源端和储端的协同配合,根据负荷需求的变化,控制系统可以调整分布式电源的出力,以及储能系统的充放电状态。例如,在负荷高峰时段,控制系统可以启动备用电源或增加储能系统的放电功率,以满足负荷需求;在负荷低谷时段,则可以降低分布式电源的出力,同时利用多余的电能对储能系统进行充电。协同控制技术还能够实现对负荷需求的精准响应,通过对负荷数据的深入分析,控制系统能够识别出不同负荷类型的特性,并制定相应的调度策略。

##### 4.4 源网荷储协同控制在储端的应用

源网荷储协同控制在微电网系统储端的应用,是实现能源优化利用和系统稳定运行的关键环节。储能系统作为微电网中的“能量缓冲器”,不仅能够平衡电能的供需差异,还可以在突发情况下提供应急电源。协同控制技术通过实时监测储能设备的状态,精准控制其充放电过程,确保储能系统的高效利用。在微电网系统中,负荷需求时常波动,而可再生能源发电设备如光伏、风电等的出力也受自然条件影响,存在间歇性和不确定性。储能系统便成为调节电能供需平衡的重要工具。协同控制技术根据源端发电情况和荷端负荷需求,智能调度储能系统的充放电策略。当源端发电量大于负荷需求时,协同控制技术会启动储能设备的充电过程,将多余的电能储存起来;当源端发电量不足以满足负荷需求时,则释放储能设备中储存的电能,补充供电缺口<sup>[3]</sup>。协同控制技术还能够实现储能系统的优化配置和寿命管理,通过

对储能设备的充放电次数、深度以及速率等进行精准控制，可以延长其使用寿命，降低维护成本。协同控制技术还可以根据储能设备的性能差异和成本考虑，实现多种储能技术之间的协同利用，提高整个系统的经济性。

## 5 源网荷储协同控制技术产业化应用案例分析

### 5.1 典型微电网系统中源网荷储协同控制技术的应用案例

在典型的微电网系统中，源网荷储协同控制技术得到了广泛应用。以某工业园区微电网为例，该系统集成太阳能光伏、风力发电以及储能系统等多元化能源。通过协同控制技术，实现对分布式电源的智能化调度和电力网络的优化传输。在能源供应方面，协同控制技术根据天气条件和负荷需求，自动调节光伏和风电设备的出力，确保电能稳定供应。在电力传输方面，该技术通过优化网络结构，降低传输损耗，提高了电能利用率。储能系统在协同控制技术的调度下，实现电能的平衡存储和释放，有效应对负荷波动和可再生能源发电的不确定性。

### 5.2 源网荷储协同控制技术在产业化项目中的效果评估

在实际产业化项目中，源网荷储协同控制技术的应用效果显著。以某工业园微电网项目为例，该项目采用协同控制技术，实现对岛上分布式能源和负荷的精准管理和优化调度。通过实时监测和预测负荷需求，协同控制技术能够智能调整能源供应策略，确保电能的供需平衡。该技术还提高可再生能源的利用率，降低对传统能源的依赖，实现整个园区电力的绿色可持续发展<sup>[4]</sup>。在经济效益方面，协同控制技术的应用降低电力传输损耗和运营成本，提高整个微电网系统的经济性。

### 5.3 不同场景下源网荷储协同控制技术的成功应用案例

源网荷储协同控制技术在不同场景下均展现出其强大的应用潜力。在偏远山区，该技术可以实现对分散式

能源和负荷的有效整合，提高供电可靠性和能源利用率。在城市综合体中，协同控制技术可以实现对多种能源和负荷的协同管理，优化电力供应和分配，提高电能质量和经济性。在工业园区，该技术可以实现对可再生能源和储能系统的充分利用，降低碳排放，促进绿色生产。以某城市商业综合体微电网为例，该项目集成多种分布式能源和负荷，包括光伏、储能、电动汽车充电设施等。通过源网荷储协同控制技术，该系统实现对能源和负荷的智能化管理，提高了电能供应的可靠性和经济性。在高峰时段，协同控制技术可以优先利用可再生能源和储能系统供电，降低对传统电网的依赖；在低谷时段，则可以通过优化调度，降低运行成本，该技术还实现对电动汽车充电设施的智能化管理，提高充电效率和用户体验。

## 结束语

随着能源转型和智能电网建设的深入推进，微电网系统及其源网荷储协同控制技术将发挥越来越重要的作用。未来，期待源网荷储协同控制技术能够持续创新和完善，为微电网系统的稳定运行和能源的高效利用提供更加坚实的技术支撑。同时也期待更多的产业化项目能够采用源网荷储协同控制技术，推动微电网系统的广泛应用和可持续发展，为构建清洁、低碳、高效的能源体系贡献智慧和力量。

## 参考文献

- [1] 刘晓艳.风光储微网系统多时间尺度模型预测调度策略[J].电子器件,2020,43(06):1294-1298.
- [2] 张雪猛.风光一体化交直流混合微网控制策略设计与实现[D].东北大学,2019.  
DOI:10.27007/d.cnki.gdbeu.2019.000844.
- [3] 贺莉.宗海焕.李翔.等.储能技术在微电网中的应用研究[J].中国新通信.2021.23(9):2.
- [4] 张思远.钟浩.聚合用户储能的云储能容量配置与定价[J].南方电网技术.2022.16(11):11.