

## 面向新型电力系统的源网荷储一体化电力平衡方法研究

王 妍

国网黑龙江省电力有限公司经济技术研究院, 黑龙江 哈尔滨 150000

**[摘要]**源网荷储一体化电力平衡是实现可持续能源发展的关键,通过智能化数据采集与分析、跨领域协同优化调度、高效能源存储技术和分布式能源管理系统的实施,实现了能源供需的平衡和调节。这些技术措施提高了电力系统的效率和可靠性,促进了可再生能源的大规模应用,减少了对传统能源的依赖。源网荷储一体化电力平衡技术为电力系统的可持续发展提供了坚实基础,推动了能源转型和构建智能、灵活的电力系统的进程。

**[关键词]**电力系统;源网荷储一体化;电力平衡

DOI: 10.33142/hst.v6i5.9513

中图分类号: TM732

文献标识码: A

### Research on the Integrated Power Balance Method of Source Network Load Storage for New Power Systems

WANG Yan

Economic and Technological Research Institute of State Grid Heilongjiang Electric Power Co., Ltd., Harbin, Heilongjiang, 150000, China

**Abstract:** The integrated power balance between source, network, load, and storage is the key to achieving sustainable energy development. Through intelligent data collection and analysis, cross domain collaborative optimization scheduling, efficient energy storage technology, and the implementation of distributed energy management systems, the balance and regulation of energy supply and demand have been achieved. These technological measures have improved the efficiency and reliability of the power system, promoted the large-scale application of renewable energy, and reduced dependence on traditional energy. The integrated power balance technology of source network, load and storage provides a solid foundation for the sustainable development of the power system, promoting the process of energy transformation and building intelligent and flexible power systems.

**Keywords:** power system; integration of source, network, load, and storage; power balance

随着能源需求的增长和环境保护的呼声,源网荷储一体化电力平衡成为推动能源转型和构建可持续电力系统的关键。该技术旨在实现能源的高效利用和供需的平衡,通过智能化数据分析、协同优化调度、高效能源储备和分布式能源管理系统的应用,优化能源生产、输电配电和储能调节的过程。源网荷储一体化电力平衡技术将引领电力系统向智能、灵活、可持续发展的方向发展,提高能源利用效率,减少对传统能源的依赖,为实现清洁、可持续的能源未来铺平道路。

#### 1 源网荷储一体化电力平衡的实施原则

##### 1.1 高效协同调度

在新型电力系统中,源(包括传统和可再生能源)、网(电网输电与配电系统)、荷(电力用户)和储(能量储存设备)之间的协同调度是必不可少的。该原则旨在通过建立智能调度系统,实现各个组成部分之间的实时交互和协调,以优化能源供应和需求的平衡,提高电力系统的效率和可靠性。

高效协同调度要求建立智能调度系统。该系统应利用先进的信息技术和通信技术,实现源网和存储之间的实时数据共享和交流。通过集成各种传感器、智能计量设备和

通信设备,可以实时监测和收集电力系统的运行状态、负荷需求、可再生能源产生量和储能设备的状态等关键信息。同时,利用先进的数据分析和人工智能算法,能够对这些数据进行实时分析和预测,从而为决策提供准确、可靠的基础。其次,高效协同调度要注重源网荷储之间的协调与优化。基于实时数据和预测结果,智能调度系统可以进行灵活而精确的电力调度决策。例如,在面对可再生能源的波动性时,系统可以根据预测结果合理分配发电资源,确保稳定地供电。同时,系统还能通过灵活调整电网输电和配电系统的运行模式,使电力从源头到用户的传输更加高效。此外,储能设备也可发挥重要作用,通过储存多余的能量或释放储能来平衡供需差异,提高电力系统的响应速度和稳定性<sup>[1]</sup>。

##### 1.2 多元化能源组合

传统的电力系统主要依赖于化石燃料发电,但随着可再生能源的发展和应用,多元化的能源组合变得至关重要。该原则旨在利用各种能源资源,包括传统和可再生能源,以及储能技术,实现电力供应的灵活性、可靠性和可持续性。

多元化能源组合能够提供灵活的电力供应。可再生能源具有波动性,如风能和太阳能的产生受天气条件限制。

通过多元化的能源组合,可以结合不同能源的优势,平衡供需差异,确保稳定的电力供应(表1)。例如,当可再生能源供应充足时,可以将多余的能源存储到储能设备中,以备不时之需。而在可再生能源供应不足时,可以通过传统能源发电以满足用户需求。储能技术的运用也能够提供快速响应和调节能力,平衡电力系统的波动性,提高供电可靠性。同时,多元化能源组合能够促进能源的地方化和分布式发电。传统电力系统通常是中央集中式的,依赖远距离输电,存在能源损耗和传输风险。而多元化能源组合鼓励本地能源开发和分布式发电,使能源生产更加接近用户,减少输电损耗和系统脆弱性。分布式能源的应用还可以提高电力系统的灵活性和抗干扰能力,减少系统故障和停电的风险<sup>[2]</sup>。

表1 不同能源特点示例

能源类型	特点	应用场景	发电比例
太阳能光伏	利用太阳辐射转化为电能,无污染且可再生	太阳辐射充足的地区,适用于分布式发电和大型太阳能电站	25%
风力发电	利用风能驱动涡轮机发电,无排放且可再生	风速较高的地区,适用于分布式发电和风电场	15%
水力发电	利用水流或水头转化为电能,可再生	拥有丰富水资源的地区,适用于水电站和潮汐发电	25%
核能	利用核裂变或核聚变产生能源,高能量密度	具备核电站条件,适用于大型核电站	20%
天然气	燃烧天然气产生热能或驱动燃气轮机发电,较低排放	适用于燃气发电站和供热系统	15%

## 2 源网荷储一体化电力平衡流程

### 2.1 能源生产与调度

能源生产与调度该流程旨在根据能源需求和可再生能源供应情况,通过智能调度系统的实时数据分析,确定适当的能源生产方式和产量,包括传统发电和可再生能源发电,并实现能源的合理调度,以确保源网荷储之间的平衡。其详情如下:一是智能调度系统根据能源需求的动态变化和用户负荷的预测,确定能源生产的规模和类型。通过分析历史数据、用户行为和趋势等信息,系统能够准确预测未来的负荷需求。基于这些预测结果,系统能够调整传统发电和可再生能源发电的比例,以满足电力需求,并在可行的情况下尽量增加可再生能源的利用。二是智能调度系统还考虑可再生能源的波动性和可预测性。由于可再生能源如风能和太阳能受天气条件的影响,其产能会出现波动。系统通过实时监测和预测可再生能源的产量,并结合能源存储设备的状态,进行能源生产的调度决策。例如,在可再生能源供应充足时,系统可以增加可再生能源发电

的比例,并将多余的能源储存到储能设备中;而在可再生能源供应不足时,系统可以增加传统发电的比例,以满足电力需求。这种动态的调度策略可以平衡供需差异,确保能源的供应。

### 2.2 输电与配电优化

输电与配电优化该流程旨在通过智能调度系统的优化决策,实现电力的高效传输和分配,以满足不同用户的电力需求,并降低电网的负荷压力。其详情如下:一是智能调度系统基于实时数据和预测结果,进行输电与配电方案的优化。系统通过监测电力系统的运行状态、负荷需求和可再生能源产量等关键信息,实时分析和评估输电与配电网络的负荷情况。根据电力系统的实际情况,系统能够智能调整输电线路、变电站和配电设备的运行模式,以最大限度地降低输电损耗,并提高能源传输的效率。二是智能调度系统考虑用户负荷的优化分配。根据用户的电力需求和优先级,系统能够合理分配电力资源,确保各用户获得稳定可靠的供电。通过实时监测用户负荷情况和预测用户需求,系统可以动态调整配电设备的运行状态,使电力供应能够满足用户的需求,并尽量避免供电不足或过剩的情况发生。这种智能的负荷分配策略能够提高电力系统的灵活性和可靠性,同时减少能源浪费和供电压力。

### 2.3 能源储备与调节

能源储备与调节该流程旨在利用储能设备,对能源供应进行储备和调节,以满足电力系统的需求,平衡能源的供需差异,提高电力系统的灵活性和稳定性。其详情如下:一是能源储备是该流程的重要环节。通过智能调度系统的实时数据分析,识别能源供应超出电力系统需求的时段,系统将多余的能源储存在储能设备中,以备不时之需。这种能源储备的方式可以避免能源的浪费,提高能源的利用效率,并减少对传统能源的依赖。同时储能设备的容量和能量密度不断提高,使能源储备变得更加可行和经济。二是能源调节是能源储备与调节流程的核心。由于可再生能源如风能和太阳能的波动性,能源供应会出现间歇性和不稳定性。在这种情况下,储能设备发挥关键作用,通过释放储能来调节能源供应。智能调度系统根据可再生能源产量和负荷需求的变化,调整储能设备的运行模式,确保能源的平衡。当可再生能源供应不足时,储能设备可以释放储存的能量,弥补供需缺口;而当可再生能源供应过剩时,多余的能量可以储存到储能设备中,以备后续使用。这种能源调节的方式使电力系统能够更好地适应可再生能源的波动性,并实现能源的高效利用。

## 3 面向新型电力系统的源网荷储一体化电力平衡的技术措施

### 3.1 智能化数据采集与分析

利用先进的传感器技术和智能计量设备,实时监测和采集电力系统的运行数据,并通过大数据分析和人工智能

算法对这些数据进行实时分析,可以实现能源供需的准确预测和优化调度。以下为该措施的实施方式:

①智能化数据采集通过采用先进的传感器技术,实时监测电力系统的运行状态和各个环节的数据(表2)。例如,通过智能电表、智能传感器和智能电网设备,可以实时获取用户负荷需求、电网电压、电流和频率等关键数据。同时,还可以监测可再生能源发电量、传输损耗和储能设备的状态等信息。这些实时数据的采集为后续的分析 and 决策提供了准确的基础。

②智能化数据分析借助大数据技术和人工智能算法,对采集到的数据进行实时分析和预测。通过对历史数据的分析和模式识别,系统可以预测电力系统的负荷需求和可再生能源产量的波动性。这样,系统可以在提前的情况下作出相应的调度决策,确保能源的供需平衡。同时通过实时数据的监测和分析,还可以及时发现系统异常、故障和潜在风险,并采取相应的措施进行处

表2 电力系统数据监测

技术	特点	应用场景	监测运行要求
实时监测传感器	可以实时采集电力系统的各项数据,如负荷、电流、电压等	用于实时监测电力系统运行状态,提供实时数据支持	每秒采集100个数据点
智能电表	具备通信和远程抄表功能,能够精确测量用户负荷需求	用于精确测量用户负荷需求,支持智能化负荷管理	精度达到 $\pm 0.2\%$
SCADA系统	实时监控和控制电力系统的运行,集成各种传感器和设备	用于监控电力系统的运行状态,实现智能化运行和优化调度	实时更新频率达到10秒
大数据分析	利用大规模数据和机器学习算法,挖掘数据中的潜在信息和规律	用于数据预测、负荷预测和能源需求分析等,支持决策制定	数据集包含100万个数据点
人工智能算法	基于机器学习和深度学习技术,能够自动学习和优化调度策略	用于智能化能源管理和优化调度决策,提高系统效率	学习准确率达到90%
数据可视化工具	将数据以图表、曲线等形式展示,便于人员理解和决策	用于展示实时数据、历史趋势和系统状态,支持可视化分析	提供实时监控仪表盘

### 3.2 跨领域协同优化调度

融合电力、信息和通信技术,建立协同优化调度系统,实现源、网、荷和储之间的高效协同调度,可以实现能源供应和需求的实时平衡。以下为该措施的实施方式:

①跨领域协同优化调度要求建立统一的数据交互平台。该平台通过集成电力系统的实时数据和信息,包括源、网、荷和储的状态、运行参数和负荷需求等,实现数据的共享和交互。这种跨领域的数据交互平台可以通过现代通信技术和互联网连接不同组成部分,实现实时数据传输和信息交流,为协同调度提供可靠的数据基础。

②跨领域协同优化调度依靠智能化决策算法和优化

模型,实现源网荷储之间的高效协同调度。通过综合考虑电力系统的供需平衡、能源质量和经济性等因素,系统能够智能化地制定优化调度策略。例如,基于大数据分析和人工智能算法,系统可以预测未来负荷需求和可再生能源产量的波动性,根据这些预测结果合理分配发电资源。同时,系统还可以优化输电和配电方案,减少能源损耗,提高电力传输效率。这种协同优化调度策略可以实现源网荷储之间的高效能源交互和调节,提高电力系统的稳定性和可靠性<sup>[3]</sup>。

### 3.3 高效能源存储技术

利用先进的能源存储技术,如电池储能、超级电容储能和储热技术等,实现对能源的高效存储和调节,以满足电力系统的需求,平衡能源的供需差异,提高电力系统的灵活性和稳定性。以下为该措施的实施方式:

①高效能源存储技术具有高能量密度和高效率的特点,能够实现大规模能源的高效储存。例如,电池储能技术通过将电能转化为化学能,实现对电能的长期储存,并在需要时进行释放。超级电容储能技术则具有快速充放电和长寿命的特点,能够满足短时高功率需求。储热技术通过将电能转化为热能,储存在热媒介或热储罐中,用于供热或发电。这些高效能源存储技术可以灵活调节能源供应,平衡电力系统的负荷和供应差异。

②高效能源存储技术能够提供快速响应和调节能力,以应对电力系统中的瞬态变化和不确定性。通过储能设备的快速充放电特性,能够在短时间内向电力系统注入或释放大量能量。当可再生能源产量波动或负荷需求突变时,储能技术能够迅速响应,调节能源的供需平衡。这种快速调节能力可以提高电力系统的稳定性和可靠性,减少能源浪费和供电压力。

③高效能源存储技术还具有灵活性和可扩展性。通过增加储能设备的数量和容量,可以根据电力系统的需求进行灵活调节。同时,储能技术与可再生能源发电设备的结合,可以实现能源的时间位移,将多余的可再生能源存储起来,供应不足时再释放。这种时间位移的能源管理方式有助于解决可再生能源波动性的问题,提高能源的利用效率。

### 3.4 分布式能源管理系统

通过分布式能源管理系统,实现对分布式能源资源的有效整合和管理,以提高电力系统的运行效率和可靠性。以下为该措施的实施方式:

①分布式能源管理系统利用先进的信息和通信技术,实现对分布式能源资源的监测、控制和优化。该系统通过连接分布式能源发电设备、储能设备和智能电力设备,建立数据通信网络。通过实时监测和分析分布式能源的产量、状态和需求等关键信息,系统可以准确预测和评估分布式能源资源的供应能力和可靠性。这为后续的能源管理和调度提供了可靠的数据支持。



②分布式能源管理系统支持微网的建立和运行。微网是由多种能源资源、储能设备和负荷组成的小型电力系统。分布式能源管理系统通过对微网的智能调度和协同优化,实现微网内部的自主运行和与主网的互联互通。例如,在微网内部,系统可以根据负荷需求和可再生能源产量,实现能源的优化分配和储备。同时,微网还可以与主网进行互联,实现能源的双向流动和电力系统的互操作性。这种微网的建立和运行有助于提高电力系统的可靠性和韧性,减少对传统电力网的依赖。

③分布式能源管理系统还支持电力系统的分布式能源交易和能源市场的发展。通过建立分布式能源交易平台和能源市场机制,可以实现分布式能源资源的灵活交易和市场化运营。系统可以提供即时的能源价格和市场信息,促进分布式能源资源的合理配置和价值最大化。这种分布式能源交易和市场化运营的方式可以激发能源市场的竞争,推动可再生能源产业的发展,促进能源转型和可持续发展<sup>[4]</sup>。

## 5 结语

源网荷储一体化电力平衡技术的实施将推动电力系

统的可持续发展,提高能源利用效率,确保电力供应的稳定性。通过智能化数据采集与分析、跨领域协同优化调度、高效能源存储技术和分布式能源管理系统的应用,我们可以建立一个灵活、高效且可持续的电力系统,为未来能源转型奠定坚实基础。

## 【参考文献】

- [1]魏国民,何俊,熊凤龙.面向新型电力系统的源网荷储一体化电力平衡方法研究[J].电工技术,2022(18):34-38.
- [2]彭恒,张林.“双碳”背景下电力源网荷储一体化和多能互补项目开发模式分析[J].中国工程咨询,2022(12):98-101.
- [3]廖剑波,吴恺琳,刘鹏.面向新型电力系统源网荷储协同的电力平衡方法[J].电工技术,2022(10):132-138.
- [4]周习祥.面向微网的“源网荷储一体化”优化控制策略研究[J].广西电力,2022(10):15-18.

作者简介:王妍(1991.6—),毕业院校:华北电力大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:国网黑龙江省电力有限公司经济技术研究院。