

基于能源区块链网络的微电网共享储能调度模型

刘文君 顾玉娟 牟旭东

国网天水供电公司

摘要: 随着双碳目标在电力系统中的不断落实与应用, 储能和分布式电源得到了广泛应用, 传统受电端正由被动供电向主动需求响应的趋势进行转变。基于区块链的底层构建技术, 提出建立一种依托混合储能装置的微电网社区点对点的自主电力交易模型, 采用订单匹配优化算法将产消节点双方匹配, 搭建节点用户间的公开透明、安全可靠的去中心化交易平台, 再利用智能合约自动完成交易。为解决微电网储能调度中消耗功率高的问题, 设计了基于能源区块链网络的微电网共享储能调度模型。

关键词: 能源区块链网络; 微电网; 储能调度

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.05.074

引言

微电网混合储能控制技术是将多种能量储存技术(如电池、超级电容和压缩空气储能等)结合起来, 以提高系统的能源利用率和可靠性。目前, 随着新能源发展的不断推进和能源环境的日益严峻, 微电网混合储能控制技术得到了广泛地应用和研究。在技术方面, 现有的微电网混合储能控制技术已经相对成熟, 但进一步优化控制算法和提高混合储能系统的整体性能, 以满足更为复杂和多样化的应用场景仍然是需要解决的问题。

一、微电网系统构成和需求

微电网系统是由分布式电源、储能装置、用电负荷以及附加监测模块等组成的微电网供电系统。微电网DG的多样性也为用户供电提供了多种选择, 特别是在用电高峰时段, 微电网在大电网参与的电力调峰、改善微电网中的电能质量、提高系统的可靠性、灵活性和电能路径优化等方面具有极大优势。由于微电网中的分布式电源容量小, 家庭储能装置的容量也有限, 加上可再生能源固有的间歇性和波动性, 诸多因素的相互作用将大大影响微电网的稳定运行。按照微电网社区的需求搭建了如图1的微电网运行框架。电网运行分为离网和并网运行两种情况: 离网情况下微电网可以以孤岛形式独立运行, 由内部新能源发电装置供应微电网社区的用电, 由预测单元进行电力消纳预测, 能源供需动态监测模块进行调配, 通过自主交易消纳产消者过剩的清洁能源, 环保又节能。并网型微电网通常与外部大电网联网运行, 在社区用户的新能源装置所产电能过剩无法消纳时, 可以向大电网售电, 也可以在自身电能不足以支撑社区用电时连接使用大电网的电力。储能电站采用大容量蓄电池为主、超级电容器为辅的混合储能系统, 占用空间小, 能快速平抑波动, 提供稳定电能, 适用于微电网社区环境使用^[12]。同时作为节点, 和用户节点、售电节

点的小型储能装置共同参与交易池的电力交易; 采用智能算法进行电能和信息的分配并自主执行交易。在智能微电网基础上加入预测模块和能源供需状态动态监测模块, 并结合区块链技术, 引入电力自主交易模型, 实现社区用户自主电力交易, 削峰填谷, 实时维护微电网社区电力供需平衡。

二、储能技术要点

(一) 物理储能技术

物理储能技术因发展时间较长, 得到了广泛应用。其中包括压缩空气储能技术、飞轮储能技术和抽水储能技术等。抽水储能技术主要用于电力系统的调频和填谷, 其优点在于能量转换率高, 但受限于高昂的建设成本和复杂的施工条件, 难以全面推广。同样, 压缩空气储能技术也受到地质条件和地形等因素影响, 难以广泛使用。飞轮储能技术利用高速旋转的飞轮储存电能, 适用于电池系统的补充, 具有寿命长和污染小的优点。

(二) 化学储能技术

化学储能技术的种类繁多, 包括液流储能、蓄电池储能和超级电容器等。其中, 蓄电池储能技术的可靠性和安全性较高。蓄电池涉及多种化学物质, 常见的有镍氢类、铅酸类和锂离子电池。铅酸电池在大容量储存单元中得到广泛应用, 再利用性和安全性较好。然而, 镍氢电池和锂电池的成本较高, 且稳定性不足, 高成本限制了它们的商业化运营。在液流储能技术中, 钒电池是一种具有高转换效率、低后续运维成本的储能技术, 适用于大规模电网系统的储能需求。

(三) 电磁储能技术

超导电磁储能技术是电磁储能技术的一种主要类型, 利用超导体制作的线圈储存能量。该技术在输送功率时无须转换能源, 具有快速响应和转换速度的优点。它能够有效地满足智能微电网系统的建设需求, 保障电

压输送的稳定性。然而,该技术的建造成本较高,并且在运行过程中可能因系统低温等因素需要较高的维修费用。目前,许多技术人员正在努力改进这项技术,使其更具经济性和实用性。

三、微电网共享储能调度模型

(一) 能源区块链网络结构

能源区块链包括多个小区块,这些区块包括多个区块头,这些区块头可以实时记录微电网共享储能调度模型的执行命令信息、电能源的输送记录与电能源输送时的密钥。输入信息将经过智能加密以March形式存储在微电网共享储能调度模型中,微电网以put密钥形式输出调度指令,从而增加能源区块链的指令校验和执行次数,防止出现指令传递错误的情况。能源区块链中的时间戳记录微电网共享储能调度电能源的时间点,每次电能源的调度都必须记录完整、准确的时间,能源区块链网络会根据调度时间和调度方式进行排序,连接成一个完整能源区块链。相关人员每隔一段时间需要检查能源区块链,从而预防微电网共享储能调度模型发生故障。因为电能源储存调度信息量巨大且在电源流通过程中分布式电源本身存在辐射,电能源长时间在一个能源区块链中工作时,将增加能源区块链的能源渗透率,所以经过一段时间就要归纳微电网共享储能规划模型中的能源区块链网络信息,将最新能源储存调度信息存储到新的能源区块链网络中,提高微电网共享储能调度的高效性,能源区块链具体网络结构如图2所示。能源区块链网络由能源区块链组成,能源区块链网络中的各个能源区块链是按照能源储存调度的时间顺序排列并通过节点连接而成,即能源区块链网络是能源区块链的一个收纳柜。能源区块链网络包括电能源的储存状态信息和调度信息。能源储存状态信息包括发电单位、发电额度、能源类型、天气情况等。电能源调度信息包括电能源的输送额度、输送方向、发电单元、调度密钥等。

(二) 变电流充电控制

蓄电池应及时存储“不用即失”的风能和太阳能资源,使可再生能源利用率最大化。从保护蓄电池和快速储能两方面考虑,本文采用变电流快速充电法对蓄电池进行充电控制。为了减少蓄电池的欠充时间,同时防止过充反应对蓄电池造成损坏,在蓄电池充电过程中选择合适的充电电流进行电能存储,并实时监测其端电压变化。根据蓄电池充电特性,针对不同容量 C ,设置不同充电速率,其变化的最大充电电流为 $1I$ 、 $2I$ 、 $3I$ 、 $4I$ 。蓄电池的实际充电电流不允许超过设置的最大充电

电流。当其端电压达到设定值时,蓄电池的充电电流过大将发生过充反应。此时,减小充电电流避免产生过充现象。在蓄电池的充电电流减小瞬间其端电压也会随之降低,则以较小的电流继续充电。重复上述过程直到蓄电池充电电流极低且其端电压再次达到设定值时,表明蓄电池已经被充满。在常规恒电流充电时最大充电电流恒定,若端电压达到设定值则充电过程结束,但此时蓄电池并未处于满充状态。因此,相较于常规恒电流充电而言,变电流充电方法可以改变最大充电电流,避免蓄电池因充电电流过大加剧其极化与失水而提前损坏的现象。另外,变电流充电方法还能够避免蓄电池因充电电流过小导致充电速度过慢的现象,可以快速存储更多随机波动的可再生能源。

(三) 网络调度模型

能源区块链网络可将独立的能源区块链网络和微电网共享储能调度模型整合为一个功能全面的能源储存调度模型。因此,基于能源区块链网络的微电网共享储能调度模型以能源区块链网络结构为基础,提高了能源区块链网络兼容性,使得电能源微电网储存和调度工作能够有序进行。以能源区块链网络为基础的微电网共享储能调度模型工作原理为:外界向微电网提供电能源的存储调度申请,微电网将接收到的申请进行简化并传递到微电网的信息交互中心,信息交互中心确定申请的有效性,继而将电能源储存调度的数据输送到能源区块链网络中心并执行能源合理储存调度指令。微电网共享储能调度模型的智能约束从日前能源储存调度合约和日内能源储存调度合约两个方面进行调度方案约束。日前能源储存调度合约约束分为预测能源流通量、发布可调度能源地址信息和下发能源储存调度指令三个阶段。日前能源储存调度合约的一般约束条件在每天凌晨公布,微电网共享储能调度模型将在日前能源储存调度合约生效前1h关闭能源储存调度信号源,即不接收信息,能源区块链网络将此阶段的申请储存调度指令保存至后台,当微电网共享储能调度模型接收信号后再传送到微电网的信息控制中心。能源区块链网络整合24h内的微电网共享储能调度指令,能源区块链网络控制中心快速整理出前24h内的能源流通情况,计算出微电网系统中可储存调度的能源总量,整合完毕后打开能源储存调度信号源。

(四) 最大功率跟踪控制

光伏阵列是将多个光伏电池串并联安装在基座上形成的光伏电池群,以实现额定电压和电流,提高系统的输出功率。由于光伏电池的特性,其输出参数会随着光

照强度和温度的变化而发生变化,在实际应用中,光伏系统的输出功率是不断变化的,并存在一个最大功率点。为了获得最大功率输出,光伏系统应尽可能工作在最大功率点上。最大功率跟踪是一种用于光伏系统的直流/直流转换器,安装在光伏电池与负载之间,旨在确保光伏阵列始终工作在最大功率模式下。MPPT的控制方法有很多种,其中常见的方法包括扰动观察法和电导增量法。相较于扰动观察法,电导增量法能够减少在最大功率点上的电压振荡,并且在快速变化的环境中更好地控制精度,但计算时间相对较长。本文采用电导增量法来控制光伏系统。电导增量法通过比较光伏电池的增量电导和瞬时电导来实现最大功率跟踪控制。该控制算法通过比较工作电压与最大功率点之间的电压关系来确定调整变量的方向,从而调节光伏系统的工作电压以获得最大输出功率。

(五) 混合储能系统

蓄电池由于高能量密度在微电网中主要用于长期储存释放电能,它可以在低负载条件下储存电能,以满足高负载条件下的需求。此外,蓄电池还能提高微电网的可靠性,尤其在暂时供电中断的情况下,能够作为备用电源来提供能量。超级电容器在微电网中主要用于瞬间储存释放电能,以满足电能瞬间需求;由于超级电容器具有高功率密度和大电流响应能力,它们能够快速放电和充电,这使得它们可以在短时间内提供高功率电能,以满足微电网中的瞬时需求。在实际的微电网应用中,蓄电池和超级电容器经常被结合使用。这种混合储能系统能够同时提供长期和短期的电能储存功能,并能通过智能控制系统自动优化储能的使用。这使得微电网能够更加灵活和可靠地满足电能需求。而对于储能装置的功率分配需要合理设计,以保证直流微电网的安全运行和高效能利用。在功率分配过程中,本设计采用了一阶低通滤波器来实现功率的合理分配,低通滤波器能够滤除高频信号,只保留低频信号。在直流微电网内混合储能系统中,功率分配涉及多个储能装置的输出功率信号,这些信号中包含了高频成分和低频成分。为了保证储能系统的稳定性和效率,需要将高频成分与低频成分分配给超级电容和蓄电池,从而实现平抑波动功率的平稳和可靠。

四、储能技术面临的挑战及解决方案

在实际应用中,储能技术具有多重挑战。这些挑战主要包括技术成熟度、经济性、能效、维护管理以及标准化和监管政策等方面。为应对这些挑战,可以采取以

下解决方案:首先,提高技术的成熟度对于解决实际问题中的问题至关重要。因此,需要不断推进新型储能技术的研究和开发,例如超级电容器和液流储能等,以增强其稳定性和可靠性。其次,降低储能技术的成本是推动其广泛应用的关键。这可以通过大规模生产、优化设计等方式来实现,同时积极探索环保、高效、可持续的储能技术也是必要的。另外,优化储能系统的设计和管理方式能够降低能耗。这包括采用先进的能源管理系统,实现储能系统的智能化管理,从而提高能量利用率。为确保储能设备的稳定性和安全性,建立健全的维护管理体系也是必不可少的。这可以通过建立完善的设备档案、制定规范的维护流程等措施来实现,确保储能设备的长期稳定运行。最后,完善标准化和监管政策是推动储能技术发展的必要条件。应积极推动储能技术的标准化工作,制定相应的性能评估标准、安全检测标准等规范,以进一步推动其在智能微电网等领域的应用和发展。通过实施上述一系列解决方案,可以有效地应对和解决实际问题中储能技术所面临的挑战,推动其在智能微电网等领域的应用和发展。

五、结束语

通过对能源区块链网络和微电网共享储能规划模型进行研究,设计了基于能源区块链网络的微电网共享储能调度模型。微电网共享储能调度模型首先对能源调度申请进行核实,利用能源区块链网络对微电网储存的能源进行预测并提出能源调度方案,之后由微电网控制系统计算出最优方案。利用能源区块链对最优方案进行安全校验,如果校验成功,则执行能源调度方案。实验结果表明,基于能源区块链网络的微电网共享储能调度模型对能源的调度具有高效性和节能性。

参考文献

- [1] 张玉. 含高渗透率不可控分布式电源微电网频率控制策略[J]. 计算机应用, 2020, 40(S2): 90-94.
- [2] 贾伟青, 陈俊清, 赵耀等. 储能电池实现风光储微电网灵活安全运行的仿真研究[J]. 太阳能, 2020, (12): 33-38.
- [3] 潘凯宁. 基于分布式控制的水储微电网出力控制策略[J]. 制造业自动化, 2020, 42(12): 121-124.
- [4] 胡博, 赵兴勇. 基于混合储能的微电网动态电压恢复器研究[J]. 电气工程学报, 2020, 15(04): 99-105.
- [5] 汤雯博. 面向配电网的多微电网协同优化调度研究[D]. 南京邮电大学, 2020.