

分布式风电光伏的储能容量优化配置方法的研究

曹敏 杨峰 方琦斌 刘子靖 方海波

华能新能源股份有限公司云南分公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i11.7400

[摘要] 一般情况下，非参数估计与曲线拟合储能容量配置方案被应用于传统的蓄电池储能系统配置中，但这种方案具有局限性，只能对一种情景进行分析，导致整体容量配置结果不理想。从实际情况来看，传统方法在分布式风电光伏的储能容量优化配置中的使用效果不理想，运行经济效益不高，很难达到预期的储能容量优化配置效果。基于此，本文对分布式风电光伏的储能容量优化配置方法进行研究，通过建立模型，设定约束条件，设计储能容量配置流程，通过实验得出最优分布式风电光伏储能容量优化配置方法。

[关键词] 分布式；风电光伏；储能容量；优化配置；负荷峰谷差；方法

Research on the optimal configuration method of energy storage capacity of distributed wind power and photovoltaic power

Cao Min Yang Feng Fang Qibin Liu Zijing Fang Haibo

Huaneng New Energy Co., LTD. Yunnan Branch

[Abstract] In general, the non-parametric estimation and curve fitting energy storage capacity configuration scheme is applied to the traditional battery energy storage system configuration, but this scheme has limitations, can only be analyzed in one scenario, resulting in the overall capacity configuration result is not ideal. From the actual situation, the use effect of the traditional method in the optimal configuration of energy storage capacity of distributed wind power and photovoltaic is not ideal, and the operation economic benefit is not high, so it is difficult to achieve the expected optimal configuration effect of energy storage capacity. Based on this, this paper studies the optimal allocation method of energy storage capacity of distributed wind power photovoltaic. By establishing the model, setting the constraints, designing the energy storage capacity allocation process, and obtaining the optimal optimal allocation method of distributed wind power photovoltaic energy storage capacity through experiments.

[Key words] distributed; wind power and photovoltaic; energy storage capacity; optimal configuration; load peak and valley difference; method

从实际情况来看，风电系统具有间歇性与波动性，在运行过程中会影响电力系统安全稳定运行，从而阻碍了我国电力行业发展。近年来，风电光伏的储能容量优化配置方法是储能工程建设中重难点研究内容。我国截至2022年5月，国内风电光伏装机容量达到4.05亿千瓦，位居世界第一位，但随着分布式风电光伏装机规模的不断扩大，出现了一系列问题，比如

能源消纳问题，我国能源利用情况与其他发达国家相比仍然处于较低水平^[1]。因此，分布式风电光伏的储能容量优化配置方法的研究变得至关重要，研究目的是有效提升电网经济性与稳定习惯，有效解决能源消纳问题，提高能源利用效率。但由于我国在分布式风电光伏的储能容量优化配置方法方面的研究起步较晚，因此相关技术水平较低，理论不成熟，大多数分布

式风电光伏的储能容量配置采用传统优化配置方法，电站负荷峰谷差较大，经济收益低。

1 分布式储能系统的应用模式

随着我国分时电价的不断完善，峰谷电价差不断拉大，目前分布式储能系统的应用模式有峰谷套利、新能源消纳、动态增容以及备用电源。其中峰谷套利是用户在符合负荷低谷通过便宜谷电价让储能电池进行充电，在负荷高峰让储能电池放电，不仅节约用电成本，还降低了拉闸限电风险的影响，目前大多数省份工商业储能在峰谷价差增大的背景下具备良好经济性^[2-3]。新能源消纳则是在光伏+储能应用比例不断提升的过程中，出现了关于光伏+储能的补贴鼓励政策，通过配置储能系统，让光伏电量优先供应负荷，剩下的电量仍然在储能系统中，当电量不足时储能系统可以向负荷供电，有效提高光伏发电消纳率，使得用电利益达到最大化。动态增容是出现配电容量不足时增加储能系统，当变压器超负荷运行室储能系统放电，有效降低变压器改造费用与需量电费，确保变压器容量满足实际生产需求。备用电源则是在电力供应中断或者是出现紧急情况时让储能系统转换为备用电源，实现电力供应，确保生产工作顺利开展，保障生产安全性，就像 ESS10 系列分布式储能系统，具有高安全、高智能化等优点，能够满足用户不同需求。

2 分布式风电光伏的储能容量优化配置方法

2.1 储能装置能量状态调整

在分布式风电光伏领域中，光伏设备的稳定性较高，能够适应不同环境条件，想要提高风电并网的经济性与可靠性，需要在实际调度运行过程中保证风电机组与储能系统混合系统功率的数值在目标数值范围内波动。如果风电光伏机组输出功率大于给定目标数值时，储能系统释放的能量将会满足不了补偿所需的能量。分布式风电光伏储能系统的充放电功率等于分布式风电光伏充放电损耗功率与分布式风电光伏出力功率的差值，会受到额定功率与充电状态的限制。因此，需要加强储能设备管理，确保设备在安全范围内运行，延长设备使用寿命^[4]。

2.2 建立多目标函数

本文对分布式风电光伏的储能容量优化配置方法进行的研究，从有效性与经济性出发，将储能系统负荷峰谷差最小、成本最小最为本文研究目标，并建立多目标函数^[5]。储能系统负荷峰谷差计算公式如下：

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_e}{\varepsilon_{rt}}; \quad \varepsilon_e = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P_e - P_v)^2; \quad \varepsilon_{rt} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P_e^y - P_v^y)$$

其中 ε 基准值、 ε_e 标么值、 ε_{rt} 平均功率值，T 运行时段， P_e 净负荷值、 P_v 弃能率、 P_e^y 净负荷，得出负荷峰谷差最小目标函数：

$$\min F_1 = \varepsilon$$

在分布式风电光伏的储能容量优化配置中，主要费用成本

包括设备采购 Y_1 、设备维护 Y_2 、废气蓄电池处理 Y_3 、系统运行 Y_4 等，得出储能容量配置费用成本最小目标函数：

$$\min F_2 = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4$$

因此，分布式风电光伏储能容量优化配置多目标函数如下：

$$X = A \min F_1 + B \min F_2$$

A 与 B 为负荷峰谷差最小目标函数与储能容量配置费用成本最小目标函数的权重系数。

2.3 约束条件

分布式风电光伏储能系统配置优化后的峰谷差率 $a = (\delta_1 - \delta_2) / \delta_1 \leq K$ ，是储能系统配置优化后的最大负荷与最小符合之差与最大负荷之比，K 是最大允许限值。

3 储能容量优化配置方法实验论证

通过对比实验方法检验设计方法的正确性、有效性以及可行性，设定分布式风电光伏的储能系统中不同内容的数值，再使用本次实验设计的方法优化配置分布式风电光伏储能容量。在此过程中选择基于改进麻雀搜寻算法以及基于 CEEMDAN-HT 的配置方法，分别用方法 1 与方法 2 表示，详细记录实验数据。具体设定数值见表 1。

表 1 分布式风电光伏的储能系统中不同内容的数值

	数值	单位
额定电压	3.24	V
电容	3500	V
最小工作电压	0.67	V
最小工作电流	2000	A
循环寿命	6000	次
运行系数	0.01	
维护系数	0.01	
处置系数	0.04	

4 实验结果与讨论

4.1 实验结果

使用方法 1、方法 2 以及设计方法对分布式风电光伏的储能容量进行优化配置，得出不同的负荷风电谷差，以此作为优化配置效果评价指标，数值越低，优化配置效果越好。本次实验组数为 5，实验时间为 24h，详细记录实验数据，通过实验结果可知，使用方法 1 的分布式风电光伏的储能系统负荷峰谷差最大数值为 2041.76，最低为 1826.45，平均数为 1971.23；使用方法 2 的分布式风电光伏的储能系统负荷峰谷差最大数值为 2692.13，最低数值为 2430.44，平均数为 2532.102；使用设计方法的分布式风电光伏的储能系统负荷峰谷差最大数值为 1123.45，最低数值为 1073.38，平均数为 1097.014。表明设计方法的分布式风电光伏的储能系统负荷峰谷差远远低于方法 1 与方法 2，设计方法的消峰填谷效果以及优化配置效果更加理想。具体数据见表 2。

表2 使用不同方法的分布式风电光伏的储能系统负荷峰谷差

实验组数	方法 1/MW	方法 2/MW	设计方法/MW
1	1826.45	2546.78	1123.45
2	1934.47	2692.13	1107.19
3	2016.53	2430.44	1084.51
4	2041.76	2450.12	1073.38
5	2036.94	2541.04	1096.54
平均数	1971.23	2532.102	1097.014

为了提高实验结果的准确性,验证设计方法的经济性效果,详细记录使用不同方法后分布式风电光伏的储能系统运行收益,收益越高,优化配置效果越好。运行收益时间为10个月,两个月记录一次,通过实验可知,使用方法1的分布式风电光伏的储能系统运行收益最大数值为182.76,最低为35.48,平均数为103.098;使用方法2的分布式风电光伏的储能系统运行收益最大数值为180.61,最低数值为32.15,平均数为100.086;使用设计方法的分布式风电光伏的储能系统运行收益最大数值为323.41,最低数值为61.24,平均数为195.522。表明使用设计方法后储能系统优化配置运行效益高于方法1与方法2,使用设计方法后,分布式风电光伏储能系统的稳定性与经济性更高。具体数值见表3。

表3 使用不同方法的分布式风电光伏的储能系统运行收益

时间	方法 1/万元	方法 2/万元	设计方法/万元
2	35.48	32.15	61.24
4	63.47	59.46	134.78
6	93.62	90.63	193.45
8	140.16	137.58	264.73
10	182.76	180.61	323.41
平均数	103.098	100.086	195.522

4.2 讨论

目前,有不少学者在先关领域做出了研究,全面分析分布式风电光伏储能系统,针对风电光伏储能系统存在的问题进行深入研究,并提出有效的储能容量优化配置方法。学者贾雨龙、米增强等人通过对分布式储能系统接入配电网的容量配置和有序布点综合优化方法进行研究,针对DESS有序接入中面临的规划与运行问题提出综合优化方法,上层是容量配置模型,下层是布点优化模型^[6]。学者吴峰、黄绮彦、史林军等人通过对考虑优化充放电策略的分布式储能容量配置方法进行研究,发现目前光伏发电发展迅速,分布式光伏在配电网中渗透率不断提高,通过考虑不同类型的负荷特性,对储能系统容量进行最优配置,考虑优化充放电策略能够降低配电网网损^[7]。学者唐夏菲、吴献祥等人通过对利用云储能租赁服务的风电场储能容量优化配置进行研究,发现以储能成本最小为目标函数,建立相关储能容量最优配置模型,可以实现预期目标^[8]。

储能不仅可以充电放电,还能为新能源发电系统出力,通过削峰填谷降低用户的电费支出,目前,储能的地位已经从边

缘型能源逐渐上升与光伏并列的市场增量主体,不断优化完善新型基础设施用能结果,采取有效储能系统优化配置方法,有效提高非化石能源消费比重,能够促进我国电力行业高质量可持续发展。

本文通过设计方法、基于改进麻雀搜寻算法的配置方法以及基于CEEMDAN-HT的配置方法对分布式风电光伏储能容量进行优化配置,发现设计方法效果更好,能够有效提高储能系统运行稳定与经济性,满足储能容量优化配置的需求。而且在设计方法的过程中充分考虑分布式风电光伏储能系统负荷峰谷差,使其降到最低,有效提高分布式风电光伏的储能系统的运行收益,弥补了传统方法的不足。而且通过对分布式风电光伏的储能容量优化配置方法进行研究,对我国我国现有理论进行了补充,丰富了相关理论文献资料,为后续研究这一领域的学者提供并了一定的借鉴依据。总而言之,分布式风电光伏的储能容量优化配置方法是目前研究工作的重点,优化配置方法在今后的研究中还需进一步优化。

[参考文献]

- [1]赵瑞锋,郑文杰,余志文,李世明,曾梦迪,杨挺.基于合作博弈的光伏产销者分布式储能容量优化配置[J].可再生能源,2023,41(10):1391-1400.
 - [2]杜鹏,米增强,贾雨龙,林立乾.基于网损灵敏度方差的配电网分布式储能位置与容量优化配置方法[J].电力系统保护与控制,2019,47(06):103-109.
 - [3]郭雨涵,郁丹,杨鹏,王子绩,王金涛.基于贪婪算法的分布式储能系统容量优化配置方法[J].储能科学与技术,2022,11(07):2295-2304.
 - [4]朱子琪,张维涛,韩明亮,张文松.考虑容量分布的电热器和蓄热器分布式优化配置方法[J].中国电力,2020,53(11):69-77.
 - [5]段树勋.面向分布式风电光伏的储能容量优化配置方法研究[J].自动化应用,2023,64(19):68-70.
 - [6]贾雨龙,米增强,刘力卿,尹渠凯.分布式储能系统接入配电网的容量配置和有序布点综合优化方法[J].电力自动化设备,2019,39(04):1-7+16.
 - [7]吴峰,黄绮彦,史林军,许庆强,袁晓冬,费骏韬.考虑优化充放电策略的分布式储能容量配置方法[J].供用电,2019,36(05):85-92.
 - [8]饶成成.大数据下分布式风电光伏储能容量配置方法[J].电子设计工程,2022,30(05):118-121+126.
- 作者简介:曹敏,1998年6月16日,男,江西九江,汉族,专科,检修员,华能新能源股份有限公司云南分公司,研究方向:电力。