

基于合作博弈的微网储能容量优化配置

叶 飞, 顾 晨

(国网扬州供电分公司, 江苏 扬州 225009)

Optimal allocation of microgrid energy storage capacity based on cooperative game

YE Fei, GU Chen

(State Grid Yangzhou Power Supply Company, Yangzhou 225009, China)

摘要:合理配置储能容量在平抑清洁能源功率波动、辅助稳定电网频率等方面具有重要意义。针对含有风电、光伏发电的微网,兼顾储能设备参与电网一二次应急调频,利用储能空闲资源参与电网调频,同时考虑了微网的电量成本、投资维护成本等因素,以微网每天综合费用最低为优化目标,基于合作博弈建立微网均衡模型,利用粒子群和内点算法求解各微网最优容量配置。算例结果验证了模型与方法的合理性。

关键词:微网;储能;容量配置;合作博弈

Abstract: Rational allocation of energy storage capacity is of great significance in suppressing the fluctuation of clean energy power and assisting frequency stability control of power grid. Aiming at the microgrid with wind and photovoltaic power generation, a primary and secondary frequency modulation model of energy storage system is established to take advantage of idle energy storage resources to participate in grid frequency modulation. Meanwhile, considering the power cost, investment and maintenance cost and other factors of the microgrid, the minimum daily comprehensive cost of the microgrid is the optimization goal. The equilibrium model among the microgrids is established based on cooperative game, and particle swarm optimization and interior point algorithm are used to solve the optimal capacity allocation of microgrids. The results of the example verify the rationality of the model and method.

Key words: microgrid; energy storage; capacity configuration; cooperative game

中图分类号:TM45;TK018 文献标志码:A

0 引言

微网是解决分布式电源并网和消纳问题的重要手段,是智能电网的重点发展方向。可再生能源出力的随机性以及负荷的波动对功率平衡、频率稳定造成影响。储能设备在微网中占据重要地位,储能设备可以快速抑制功率不平衡引起的振荡,参与微网电压和频率调节^[1-2]。但是电池储能系统价格昂贵,容量越大成本越高,因此合理配置储能容量是提高微网经济性和可靠性的重要研究方向。

目前常见的微网储能容量优化配置方案主要针对出力、负荷波动与经济调度。文献[3]利用离散傅里叶变换对可再生能源输出功率进行频谱分析,求解在储能充放电效率等约束下储能电池的最小容量。文献[4]基于经济调度在并网和孤网运行方式下确定最小储能容量。文献[5]在分析平抑风电波动的过程中,利用模型预测控制算法求解不同幅频特性风电下储能的容量优化配置。文献[6]在

考虑风电功率不确定性的基础上,提出一种基于频谱分析的混合储能系统容量求解方法。此外,还有文献利用神经网络模型^[7]、改进小波算法^[8]、以及博弈论^[9]等方法对储能容量配置进行了研究。例如,文献[10]建立了风、光、储混合电力系统博弈规划模型,讨论风、光、储的容量优化配置。文献[11]基于合作博弈建立微电网功率交换模型,以减少储能使用,提高能源效率。另一方面,考虑到储能的快速响应特性,在电网频率突变情况下,储能可用来参与调节电网频率变化,稳定电网频率^[12]。

然而现阶段,还未有文献同时考虑储能参与经济性调度与电网辅助应急调频。事实上,电池在参与经济性调度的大部分时间内,电池荷电状态(state of charge, SOC)和功率均未达到额定容量和功率,从而造成了储能资源的浪费,因此可以将该部分功率和容量用来参与电网应急调频,以实现储能资源的最大化利用。鉴于此,本文以与电网相连的多个微网系统为研究对象,考虑微网的电量成本、装置投资维护成本、用户售电收益,同时在优化过程中引入交互功率波动惩罚成本,以一天综合费用最低为优化目标,对储能系统容量配置以及经济性调度展开分析。同时,建立了储能系统辅助参与电网一次、二次调频模型,利用储能空闲资源参与电网应急调频。

收稿日期:2019-01-05;修回日期:2019-04-04

基金项目:扬州供电公司科技项目“基于变电站的分布式充电能源服务方案”

This work is supported by Science and Technology Project of Yangzhou Power Supply Company “Distributed charging energy service scheme based on substation”

1 微网储能设备工作模式

当分布式发电量大于用户负荷时,电量存到储能设备中;当发电量小于用户负荷时,储能设备为用户提供电能,从而减少交换功率波动。这种差额补偿式工作模式是储能系统在微网应用中的最基本模式。用户负荷可分为可转移负荷(电动汽车、洗碗机等)和不可转移负荷(电视、灯、冰箱等)。以电动汽车为代表的可转移负荷借助电池管理系统(battery energy storage system, BESS)有序充放电参与需求响应^[13]。此外,电动汽车等电池储能设备在电网频率调节中具有响应迅速、能量转换效率高、调用资源丰富等优势^[14-15]。深度挖掘用户数据,建立智能用电系统是未来综合能源服务的发展方向^[16]。因此,本文提出一种储能设备综合工作模式,如图1所示。设想每个微网配备智能负荷管理系统,可以安排微网内可转移负荷的用电计划,给BESS下达充放电指令。

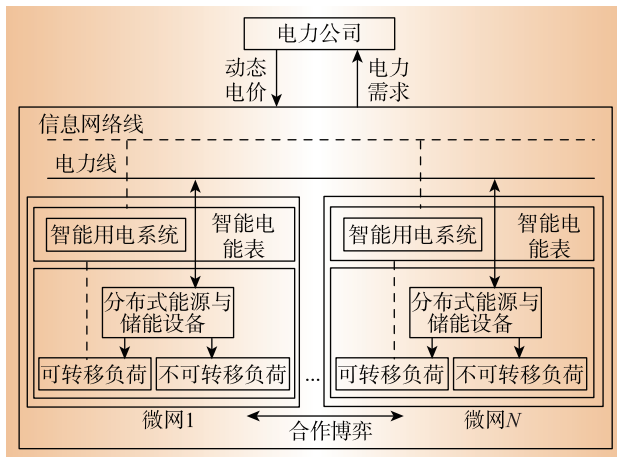


图1 储能设备综合工作模式

Fig. 1 Comprehensive working mode of energy storage equipment

1.1 储能设备有序充放电

储能设备在参与需求响应过程中,当用户处于用电低谷时段或者分布式电源发电过剩时,可将该部分能量存进储能系统;而当用户处于用电高峰时段或者出现需求缺额时,可通过储能释放电能供用户使用,从而降低用户购能费用。储能系统在进行有序充放电过程中,其储能状态可用下式表示

$$SOC_n^{h+1} = SOC_n^h + \eta_{ch} e_{B,n}^{h,c} - 1/\eta_{dis} e_{B,n}^{h,d} \quad (1)$$

式中: SOC_n^h 为用户 n 的储能系统在时段 h 的储能状态; $e_{B,n}^{h,c}$ 和 $e_{B,n}^{h,d}$ 分别为 h 时段储能充、放电能量; η_{ch} 和 η_{dis} 分别为储能系统的充、放电效率。

此外,储能充放电过程中,储能状态 SOC_n^h 在任意时刻不能高于储能最大存储容量,充放电功率不能大于储能最大充放电功率,即

$$\begin{cases} SOC_n^h \leq C_{B,n} \\ e_{B,n}^{h,c} \leq P_{B,n} \\ e_{B,n}^{h,d} \leq P_{B,n} \end{cases} \quad (2)$$

式中: $C_{B,n}$ 为用户 n 的储能容量; $P_{B,n}$ 为储能系统最大充放电功率。

1.2 储能设备对电网频率的控制

由于电网会存在各种突发状况导致频率不稳定,当电网频率出现非稳定情况,此时储能设备可以作为备用容量对频率进行调节,尽快稳定频率。

1.2.1 参与电网一次频率控制的模型

储能装置能够模拟发电机组的功频静特性。储能电池参与电网一次调频时其充放电功率为

$$\Delta e_{B,n1} = \begin{cases} e_{B,n}^{\max} & K_{B,n} \Delta f > e_{B,n}^{\max} \\ K_{B,n1} \Delta f & |K_{B,n} \Delta f| \leq e_{B,n}^{\max} \\ -e_{B,n}^{\max} & K_{B,n} \Delta f < -e_{B,n}^{\max} \end{cases} \quad (3)$$

式中: $\Delta e_{B,n1}$ 为储能电池充放电功率标么值; $e_{B,n}^{\max}$ 为储能电池最大充放电功率标么值; $K_{B,n1}$ 为储能电池的相应系数标么值。

1.2.2 参与电网二次频率控制的模型

储能电池参与电网二次调频可以消除稳态误差,辅助电网快速恢复。储能设备参与二次调频充放电功率为

$$\Delta e_{B,n2} = -K_{BA,n} B \int \Delta f dt = -K_{B,n2} \int \Delta f dt \quad (4)$$

式中: $K_{BA,n}$ 为储能 AGC 控制增益; B 为储能 AGC 增益系数; $K_{B,n2}$ 为二次调频等效增益。经拉普拉斯变换可得储能设备参与一二次调频功率

$$\Delta e_{B,n} = \Delta f \left(K_{B,n1} + \frac{-K_{B,n2}}{s} \right) \quad (5)$$

2 微网储能容量优化配置模型

2.1 微网电量成本

微网的电量成本主要包含购电支出和卖电收益。假设微网 n 在 h 时段从电网购电量为 $x_{p,n}^h$, 向电网卖电量为 $x_{s,n}^h$, 则 N 个微网在 h 时段从电网总购电量和卖电量为

$$X_{p,h} = \sum_{n=1}^N x_{p,n}^h \quad (6)$$

$$X_{s,h} = \sum_{n=1}^N x_{s,n}^h \quad (7)$$

卖电单价为上网补贴电价 P_s , 微网 n 一天内向电网卖电收益为

$$R_s = \sum_{h=1}^H P_s X_{s,h} \quad (8)$$

购电单价与微网总购电量有关,采用如下模型

$$p_{p,h}(X_{p,h}) = a_h X_{p,h} + b_h \quad (9)$$

因此,一天内从电网购电所需费用为

$$C_p = \sum_{h=1}^H P_{p,h}(X_{p,h})X_{p,h} \quad (10)$$

2.2 微网投资维护成本

微网投资维护成本主要包括储能设备一次性的投资成本、分布式发电装置以及储能的维护费用。

储能设备投资成本为

$$C_b = \sum_{n=1}^N (\lambda_B^{inv1} C_{B,n} + \lambda_B^{inv2} P_{B,n}) \quad (11)$$

式中: λ_B^{inv1} 为单位容量储能投资成本; λ_B^{inv2} 为单位功率储能投资成本。

一天内分布式发电装置(光伏和风电)以及储能设备的维护成本可以表示为

$$C_{gb} = \sum_{n=1}^N \left(\lambda_{PV} \sum_{h=1}^H e_{PV,n}^h + \lambda_{WT} \sum_{h=1}^H e_{WT,n}^h + \lambda_B \sum_{h=1}^H (e_{B,n}^{h,c} + e_{B,n}^{h,d}) \right) \quad (12)$$

式中: λ_{PV} 和 λ_{WT} 分别为光伏(photovoltaic, PV)和风机(wind turbine, WT)单位电量运行成本; $e_{PV,n}^h$ 和 $e_{WT,n}^h$ 分别为 h 时段 PV 和 WT 的发电功率; λ_B 为储能单位电量运行成本; $e_{B,n}^{h,c}$ 和 $e_{B,n}^{h,d}$ 分别为 h 时段储能充电和放电功率。

负荷的转移会导致功率波动,交互功率波动惩罚成本为

$$X_h = X_s^h - X_p^h \quad (13)$$

$$C_e = \lambda_e \sum_{h=1}^H \left(X_h - \frac{1}{H} \sum_{h=1}^H X_h \right)^2 \quad (14)$$

式中: X_h 为 h 时段的交互功率; λ_e 为对交互功率波动方差的惩罚系数。

基于以上分析可知,微网一天的综合费用为

$$C = C_p - R_s + C_{gb} + C_b + C_e \quad (15)$$

通过求解式(13)的最小化问题,即可获得对应的储能最优容量、各时段负荷安排以及从电网购电的最优安排。

3 合作博弈模型

3.1 合作博弈思想

合作博弈指全体参与者集体理性,相互协调确定自身策略的博弈行为。合作博弈选择的结果对各博弈方有利,即参与合作的博弈方必须能够在合作博弈中获得好处才会参与博弈^[17]。

设 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 为 n 个参与者构成的集合,对于任意一个子集 $S \subseteq N$, 如果存在实函数 $V(S)$ 满足下列条件:(1) $V(\phi) = 0$, ϕ 表示空集;(2) 对于 N 中的任意两个子集 S_1, S_2 , 满足 $V(S_1 \cup S_2) \geq V(S_1) + V(S_2)$, 则把 $[N, V]$ 称为 m 个参与者的合作博弈,其中 $V(S)$ 为 m 个参与者对策的特征函数。如果将 N 中任意一个子集 S 作为一个联盟, $V(S)$ 则描述整个联盟的收益。就本文而言,配网中 m 个微网形成一个合作联盟,合作博弈的解集是 m 个微网在收益

函数 $V(m)$ 下的一个分配方案。

3.2 合作博弈模型

合作博弈下微网储能容量优化配置目标函数如式(16)所示

$$C_m = \sum_{h=1}^H C_{m,h}(X_m^h, X_{-m}^h) \quad (16)$$

式中: X_m^h 为第 m 个微网在 h 时段的供用电计划,而 $X_{-m}^h = (X_1^h, X_2^h, \dots, X_{m-1}^h, X_{m+1}^h, \dots, X_M^h)$, 即除了第 m 个微网以外所有微网在 h 时段的供用电计划; C_m 为第 m 个微网一天的综合费用。

基于上述分析,微网储能容量优化配置合作博弈模型为:

- (1) 参与者:配网中参与博弈的 m 个微网;
- (2) 策略集:每个微网在每个时段选择的供用电计划 X_m^h ;
- (3) 收益函数:每个微网一天综合费用 $C_m(X_m, X_{-m})$

$$C_m(X_m, X_{-m}) = \sum_{h=1}^H \sum_{m=1}^M C_{m,h}(X_m^h, X_{-m}^h) \quad (17)$$

微网根据收益函数持续调整其策略,即每个时段的供用电计划,直到整个系统一天的综合费用达到最小。一旦微网整体一天费用达到最小,任意一个微网的供用电计划的改变都会打破平衡导致整体费用增大,这一平衡下配网中所有微网的供用电计划即为合作博弈下的纳什均衡解。纳什均衡解 (X_m^*, X_{-m}^*) 满足如下条件

$$C_m(X_m^*, X_{-m}^*) \geq C_m(X_m, X_{-m}^*) \quad (18)$$

当博弈满足以下条件时,存在唯一纳什均衡解^[18]:①有限个参与者;②策略空间封闭有界;③收益函数在策略空间连续且为凸函数。本文合作博弈模型满足以上条件,所以纳什均衡解唯一存在。

3.3 均衡模型求解

为了解决优化问题,本文采用了粒子群和内点法相结合的算法。其中,粒子群算法用来优化储能容量,内点法用来优化用户用能安排,具体流程如图2所示。粒子群优化算法的参数为:迭代次数 $t = 100$, 粒子数 $m = 20$, 惯性权重 $\omega = 0.792$, 学习因子 $\rho_1 = \rho_2 = 1.494$ 。

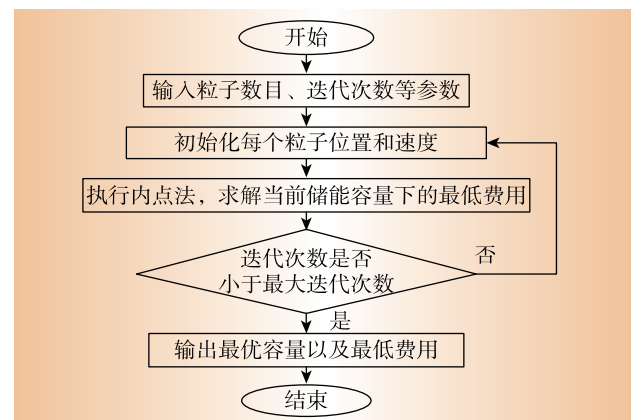


图2 算法流程图

Fig. 2 Algorithm flow chart

4 算例结果与分析

4.1 算例介绍

假设共有3个微网与电网相连。一天为 $H=24\text{ h}$,每个时段为1 h。一天内微网的能耗分为三个时段:谷时段(0:00~6:00和22:00~24:00)、平时段(6:00~17:00)和峰时段(17:00~22:00)。假设 a_h 在谷时段为0.2,平时段为0.3,峰时段为0.4。 b_h 在谷时段为53,平时段为111,峰时段为179。 c_h 为0。在双向能量交易中,销售价格为 $k_s=37$ 美元。PV与WT的单位生产成本分别为26美元和21美元。对于BESS,寿命为20年,折现率 R 为8%,单位运行维护成本为1.35美元,投资成本为49.7美元,充电效率和放电效率为92%,最大充电/放电功率为0.7/0.9 MW。系统的负荷预测曲线以及可再生能源发电功率如图3所示。

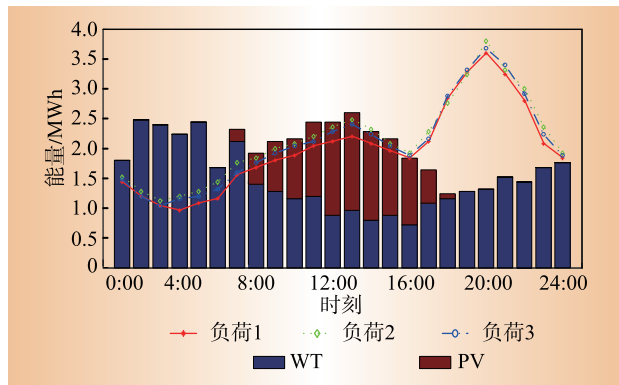


图3 典型日功率曲线

Fig. 3 Typical daily power curve

4.2 优化结果与分析

图4所示为参与合作的微网费用随着算法迭代次数增加时的变化情况。从图4中可以看出在前10次迭代过程中,微网费用急剧减少,迭代到15次后费用达到最小值。这表明本文所提算法具有较好的收敛性。图5所示为微网用户用能安排,从中可以看出微网大部分负荷由分布式电源提供,只有在用电高峰时段才会向电网购入少部分电能,而其他部分电能均由分布式电源和储能系统提供,从而可以有效降低微网购能费用。图6所示为经过优化后得到的最优储能容量和最低费用。从图6中可以看出,为了降低用能费用,微网会配置较大容量的储能系统;微网在有博弈优化后,费用会明显降低。此外,和未参与博弈优化的微网相比,参与博弈优化后微网配置了较大的储能容量,因此微网可以消纳更多分布式电源发电量,还可进一步将剩余储能空间用于微网辅助调频,从而有利于微网系统的安全稳定运行。

本文所提场景下,微网储能系统在参与需求响应后有剩余功率情况下,可为电网提供调频辅助服务。图7所示为储能系统在参与需求响应后的储能

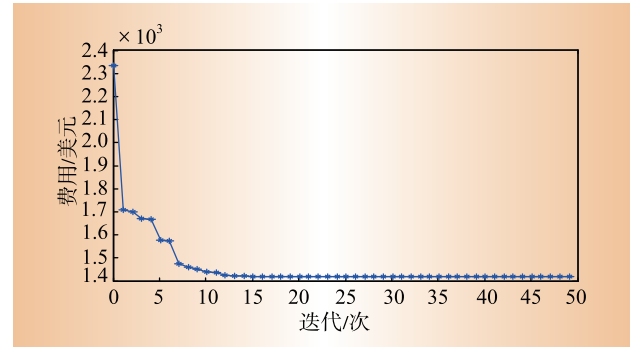


图4 微网费用

Fig. 4 Cost of microgrid

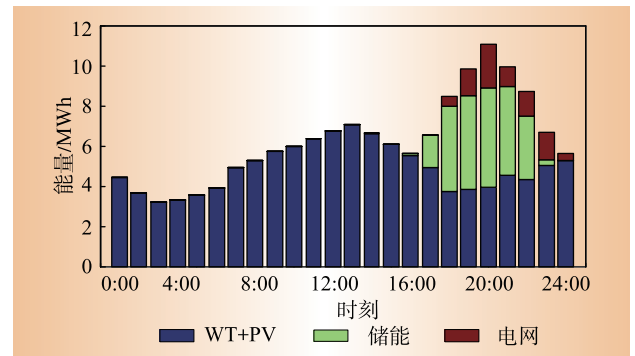


图5 微网用能安排

Fig. 5 Energy arrangement for microgrid

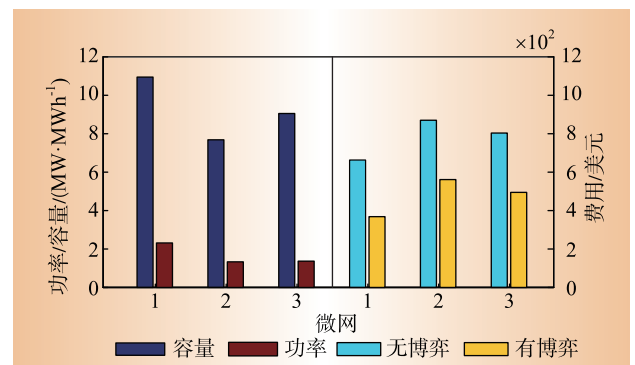


图6 最优储能容量和费用

Fig. 6 Optimal energy storage capacity and cost

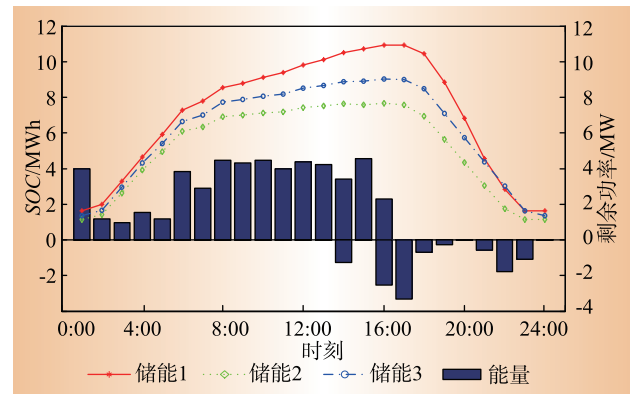


图7 储能系统SOC和剩余功率

状态和剩余功率,从图7中可以看出在大部分时间里,3个微网储能系统有较多的剩余功率未使用,因此可将该部分功率用来参与电网调频。图8所示为

微网储能系统参与调频对电网频率的影响。从图8中可以看出,当微网负荷出现波动导致频率波动时,如果储能系统不参与调频,频率最大上浮0.16;而当储能系统参与调频时,频率最大上浮0.12。由此可见,储能系统参与调频后有助于降低频率波动幅度,从而有利于维护电网稳定。

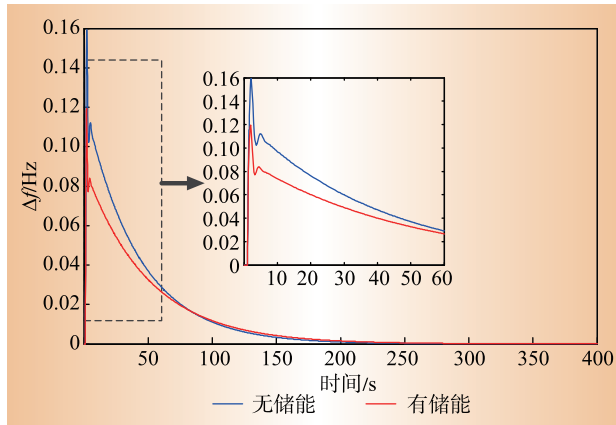


图8 储能系统参与调频效果

Fig. 8 Effect of energy storage system participating in frequency control

5 结束语

本文基于合作博弈提出多个微网储能容量优化方法,并提出利用储能系统中未利用的功率为电网提供调频服务。进一步,通过粒子群算法和内点法混合算法求解出储能最优容量以及微网最优用能安排。仿真分析表明,所提方法可以有效降低微网用能费用,且储能提供调频服务时,可以有效降低频率波动幅度,从而有利于电网安全稳定运行。此外,本文在考虑应急调频时暂未考虑储能应急调频收益以及成本模型,后续将会对该方向做进一步研究。D

参考文献:

[1] 丁明,陈忠,苏建徽,等. 可再生能源发电中的电池储能系统综述[J]. 电力系统自动化,2013,37(1):19-25,102.
DING Ming, CHEN Zhong, SU Jianhui, et al. An overview of battery energy storage system for renewable energy generation [J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(1):19-25,102.

[2] 蒋凯. 电力储能技术进展与挑战[J]. 电力需求侧管理, 2017,19(4):1-5.
JIANG Kai. The development and challenges of electric energy storage technologies [J]. Power Demand Side Management, 2017, 19(4):1-5.

[3] 王成山,于波,肖峻,等. 平滑可再生能源发电系统输

出波动的储能系统容量优化方法[J]. 中国电机工程学报,2012,32(16):1-8.

WANG Chengshan, YU Bo, XIAO Jun, et al. Sizing of energy storage systems for output smoothing of renewable energy systems [J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(16): 1-8.

[4] CHEN S X, GOOI H B, WANG M Q. Sizing of energy storage for microgrids [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2012, 3(1): 142-151.

[5] 孙玉树,张国伟,唐西胜,等. 基于风电波动平抑的储能配置影响因素[J]. 高电压技术,2018,44(10): 3 407-3 416.

SUN Yushu, ZHANG Guowei, TANG Xisheng, et al. Influencing factors of energy storage allocation based on wind power fluctuation stabilization [J]. High Voltage Technology, 2018, 44(10): 3 407-3 416.

[6] 陈厚合,杜欢欢,张儒峰,等. 考虑风电不确定性的混合储能容量优化配置及运行策略研究[J]. 电力自动化设备,2018,38(8):174-182,188.

CHEN Houhe, DU Huanhuan, ZHANG Rufeng, et al. Optimal capacity configuration and operation strategy of hybrid energy storage considering uncertainty of wind power [J]. Electric Power Automation Equipment, 2018, 38(8): 174-182, 188.

[7] YUAN Y, SUN C C, LI M T, et al. Determination of optimal super capacitor-lead-acid battery energy storage capacity for smoothing wind power using empirical mode decomposition and neural network [J]. Electric Power Systems Research, 2015(127): 323-331.

[8] JIANG Q Y, HONG H S. Wavelet-based capacity size and coordinated control of hybrid energy storage system for smoothing out wind power fluctuations [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2013, 28(2): 1 363-1 372.

[9] 卢强,陈来军,梅生伟. 博弈论在电力系统中典型应用及若干展望[J]. 中国电机工程学报,2014,34(29):5 009-5 017.

LU Qiang, CHEN Laijun, MEI Shengwei. Typical applications and prospects of game theory in power system [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(29):5 009-5 017.

[10] MEI S, WANG Y, LIU F, et al. Game approaches for hybrid power system planning [J]. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2012, 3(3):506-517.

[11] ALAM M, RAMCHURN S D, ROGERS A. Cooperative energy exchange for the efficient use of energy and resources in remote communities [C]//Proceedings of the 2013 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems, Saint Paul, Minnesota, USA:IF-AAMAS, 2013:731-738.

[12] 鲍彦,贾利民,姜久春,等. 电动汽车移动储能辅助频率控制策略的研究[J]. 电工技术学报,2015,30(11): 115-126.

BAO Yan, JIA Limin, JIANG Jiuchun, et al. Research on

- the control strategy of electric vehicle mobile energy storage in ancillary frequency regulation [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(11):115-126.
- [13] 李笑蓉,陶冀,丁健民,等. 计及电动公交车-电池联合调度的公交换电站有序充电策略[J]. 电力需求侧管理, 2018, 20(2):5-10.
- LI Xiaorong, TAO Ji, DING Jianming, et al. Charging schedule optimization of electric bus swapping station considering bus-battery coordinative dispatch [J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(2):5-10.
- [14] GAO B, LIU X, ZHANG W, et al. Autonomous household energy management based on a double cooperative game approach in the smart grid [J]. Energies, 2015(8): 7 326-7 343.
- [15] 周强. 电动汽车充电服务互联互通问题的探讨[J]. 供用电, 2017, 34(1):19-23.
- ZHOU Qiang. Discussion on the interconnection of electric vehicle charging service [J]. Distribution & Utilization, 2017, 34(1):19-23.
- [16] 李扬,宋天立,王子健. 基于用户数据深度挖掘的综合能源服务关键问题探析[J]. 电力需求侧管理, 2018, 20(3):1-5.
- LI Yang, SONG Tianli, WANG Zijian. Research on key issues of integrated energy services based on user data deep mining [J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(3):1-5.
- [17] 张建华,马丽,刘念. 博弈论在微电网中的应用及展望[J]. 电力建设, 2016, 37(6):55-61.
- ZHANG Jianhua, MA Li, LIU Nian. Application and prospect of game theory in microgrid [J]. Electric Power Construction, 2016, 37(6):55-61.
- [18] 叶飞. 考虑空气动力学影响的风电场最大出力控制技术[D]. 南京:东南大学, 2016.
- YE Fei. Research on maximum power output control of wind farm consideration aerodynamics influence [D]. Nanjing:Southeast University, 2016.

作者简介:

叶飞(1990),男,江苏宝应人,工程师,研究方向为电网稳定运行、智能电网与新能源并网控制;

顾晨(1987),女,江苏姜堰人,工程师,研究方向为电网稳定运行、变电运维管理。

(责任编辑 李雅超)

(上接第10页)

- [7] 占恺娇,宋永华,胡泽春,等. 以降损为目标的电动汽车有序充电优化[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(31):11-18,213.
- ZHAN Kaiqiao, SONG Yonghua, HU Zechun, et al. Coordination of electric vehicle charging to minimize active power losses [J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(31):11-18, 213.
- [8] BEAUDE O, HE Y, HENNEBEL M. Introducing decentralized EV charging coordination for the voltage regulation [C]//Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT EUROPE), Lyngby, Denmark, 2013:343-347.
- [9] 杨冰,王丽芳,廖承林,等. 含有耦合特性的电动汽车充电负荷计算方法[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(22):76-82.
- YANG Bing, WANG Lifang, LIAO Chenglin, et al. Charging load calculation method of large-scale electric vehicles with coupling characteristics [J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(22):76-82.

作者简介:

刘其辉(1974),男,北京人,博士,副教授,主要研究方向为新能源发电与并网技术与电力系统柔性交直流输电;

余培(1993),女,北京人,研究生,主要研究方向为电动汽车能量管理与电力市场用户风险评估。

广告索引

- 国网江苏省电力有限公司 (封面)
- 国网山东综合能源服务有限公司 (封二)
- 江苏安方电力科技有限公司 (封三)
- 南京国云电力有限公司 (封底)
- 国网(江苏)电力需求侧管理指导中心有限公司 ... (广01)

“电力橙”品牌释义

江苏“电力橙”品牌标识,外部是一片绿叶,寓意江苏电力积极推进能源变革,促进清洁低碳发展,为展现江苏“最靓颜值”作贡献。标识的主体是一枚开关,是用户与电的日常接触点,寓意电网与社会的友好互动、共享共赢。开关连接绿叶,寓意电网是各种清洁能源开发利用、互联互通的枢纽。标识的基本色橙色与供电服务车的涂装色和一线抢修员工的工装色接近,表达公用事业单位的服务属性。标识圆形外观与国家电网球形标识保持一致,并采用“国网绿”色彩元素和“JSEPC”字标,体现其归属“国家电网”品牌。“橙”与“诚信”的“诚”同音,契合江苏电网人内敛务实、诚信担当的气质特征,表达了“你用电、我用心”,与社会真诚沟通、为用户竭诚服务的一贯承诺与不懈追求。

“电力橙”品牌活动主要包括责任沟通、业务展示、服务推广和公益行动等。江苏电力将以更为亲切友好的方式,引导社会公众感受清洁能源和“三型两网”创造的美好未来。