

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.02.015

分布式储能设备在广东省的应用分析

史正军¹, 刘苏², 朱浩骏¹, 邓婧², 李俊杰²

(1. 广东电网公司电网规划研究中心, 广州 510080; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 随着电网新技术的发展, 分布式储能成为推进智能电网建设, 增强电网优化配置的重要依托技术。针对广东电网目前对新能源接入、提高电能质量、供电可靠性等方面的需求, 提出分布式储能是满足上述需求的重要技术手段, 介绍了储能设备的主要分类、特点及功能, 并结合实例, 对分布式储能设备在各领域的具体应用进行了研究, 最后对分布式储能设备在广东省的发展提出了指导性意见。

关键词: 分布式储能; 广东电网; 新能源

中图分类号: TK01

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)02-0080-06

Application Analysis of Distributed Energy Storage Device in Guangdong Province

SHI Zhengjun¹, LIU Su², ZHU Haojun¹, DENG Jing², LI Junjie²

(1. Grid Planning & Research Center, Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510080, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: With the development of power grid technology, distributed energy storage becomes an important technical support which promotes smart grid construction and enhances the optimal allocation of grid. In this paper, based on the requirements of new energy access, improving power quality, improving the reliability of supplying electric and power distribution station in Guangdong power grid, presents that distributed energy storage is an important technical means to meet the above requirements, introduces the categories, features and functions of the energy storage device, combined with examples, the specific applications of distributed energy storage device in various fields has been studied, finally presents the guided suggestions to the development of distributed energy storage device in Guangdong Province.

Key words: distributed energy storage; Guangdong power grid; new energy; power distribution station

分布式储能技术能使电网运行的安全性、灵活性大幅提高, 能吸纳可再生能源电量, 有效缓解电能供需不平衡问题并增强系统的稳定性。该技术在电力系统中的应用主要包括削峰填谷, 提高系统运行稳定性和供电质量, 并减少系统的备用需求。

近年来, 由于全球化石能源日益紧张, 新能源得到了广泛的重视, 但风电、太阳能等新能源发电具有出力不稳定和间歇性的特点, 研发高效的储能装置及其配套设备, 与风电/光伏发电机组容量相匹配, 支持快速充放电, 平抑输出功率的波动已成

为新能源充分利用的关键^[1]。另一方面, 目前广东电网的负荷波动较大, 造成输变电设备实际利用率偏低, 也给系统调峰带来困难。充分利用分布式储能系统, 最大限度地提高现有输变电设备利用率。未来分布式储能大规模应用时, 还可以发挥一定的调峰和系统备用作用。另外, 分布式储能还可以与电力电子技术相结合, 实现高效的有功功率调节和无功控制, 减少扰动对电网带来的冲击, 改善电能质量^[2-3]。

1 储能设备的主要分类和功能分析

电能可以转换为势能、动能、电磁能、化学能等形态存储, 按照存储具体方式可分为机械、电磁、电化学和热力储能四大类型。其中机械储能包括抽水蓄能、压缩空气储能和飞轮储能; 电磁储能

收稿日期: 2014-12-01

作者简介: 史正军(1983), 男, 湖南沅江人, 高级工程师, 硕士, 主要从事新能源、电网新技术应用研究工作(e-mail) shizhengjun@gd.csg.cn。

包括超导、超级电容和高能密度电容储能;化学储能包括铅酸、镍氢、镍镉、锂离子、钠硫、液流等电池储能。根据各种应用场合对储能功率和储能容量的不同要求,各种储能技术都有其适宜的应用领域^[4-7]。

目前应用较广泛的分布式储能电池的性能特征参数如表1所示。

从各项指标来看,电化学储能从现在到未来较长的一段时间内是分布式储能发展的主要方向。在电化学储能中,钠硫电池、铁锂电池和液流电池都具有发展的潜力,但从寿命、安全性和可借鉴的工程经验来看,铁锂电池略占优势,建议作为广东电网分布式储能装置的首选。除此之外,在大规模风电送出方向也可对液流电池使用的可行性进行论证,同时关注国内外钠硫电池的技术发展、成本变化等情况,为城市中心地区使用高能量密度电池创造条件。在部分经济条件受限、对环境技术要求不高的地区,也可考虑成本较低的铅酸电池。

分布式储能设备在电网中的主要作用有:

1)为新能源接入电网改善条件。分布式储能设备具有平滑风电、光伏出力,起到抑制负荷波动的作用;还可以对诸如风电场的“逆调峰”特性和光伏并网点来的电压越限等问题起到改善的效果^[8-9]。

2)通过在城市中心地区安装分布式储能设备起到改善电能质量、提高供电可靠性的作用。

3)利用峰谷差电价,通过配电站中的储能设备将低谷电能转化为高峰电能,获得较好的经济效益。

2 广东省分布式储能需求分析

广东省不同地区负荷水平、负荷特性、电源装机和电源比例差异较大,运行中存在的问题也各不相同。因此广东省不同用电特性对储能装置有不同

的需求,从广东电力系统的特性来看,主要体现在以下几个方面表现出的特性为储能应用创造出较好的条件:

1)虽然当前广东新能源规模较小,对电网带来的影响并不严重,但广东沿海地区海上风电发展潜力巨大,分布式光伏也有着较大的发展空间。随着新能源装机比例的不断增大,其对电力系统运行带来的不良影响将日益明显,而储能则可以为新能源接入电网提供良好的条件。

2)广东省经济发达,且负荷密度高,用户经济条件好,对供电可靠性以及电能质量的要求相对较高,为储能设备提供了充分发挥的空间。

3)近年来深圳、广州等中心城市陆续实施峰谷电价,为储能站创造相应的经济效益打下了良好的基础。

3 分布式储能的应用分析

在规划设计阶段,应根据储能装置的不同应用场合,如风力发电、光伏发电和配电站等,建立不同的优化目标函数,比如供电可靠性最优、综合经济效益最优等,并结合电池参数、机组出力、负荷曲线等约束条件,求解目标函数,确定储能装置的最优配置。

4 分布式储能的应用分析

在规划设计阶段,应根据储能装置的不同应用场合,如风力发电、光伏发电和配电站等,建立不同的优化目标函数,比如供电可靠性最优、综合经济效益最优等,并结合电池参数、机组出力、负荷曲线等约束条件,求解目标函数,确定储能装置的最优配置。

4.1 储能在风力发电中的应用

风电发电通常具有“逆调峰”特性,在夜间负荷

表1 典型分布式储能系统的性能特征参数

Table 1 Performance parameters of typical distributed energy storage system

储能方式	典型功率/MW	能量密度/(W·h·kg ⁻¹)	使用寿命/次	效率/%	安全性	维护量	对环境有无污染
飞轮储能	0.005~1.5	5~50	10 000	90	一般	较大	无
超级电容器	0.01~1	2~5	10 000	95	高	小	无
铅酸蓄电池	0.1~1	100	1 000	70	高	较小	有
钠硫电池	0.1~10	760	5 000	90	一般	大	无
铁锂电池	0.1~10	500	4 000	85	较高	较大	无
液流电池	0.1~100	100	13 000	80	高	较大	无

较低时风速较高，机组出力大；在白天负荷较高时风速较低，机组出力较小。“逆调峰”将造成系统调峰困难，且可能造成风电“弃风”的损失，不利于电网和风电场的安全经济运行。

以某风电场址为例，该风电场不同测风层风速日变化示意图和风机出力特性曲线如图1和图2所示。

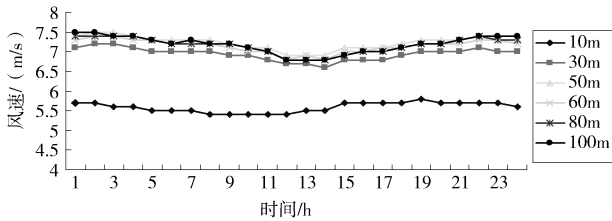


图1 不同测风层风速日变化示意图

Fig. 1 Diagram of Wind-speed Variaty

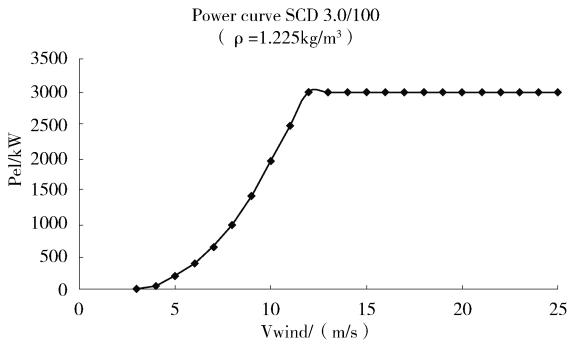


图2 风机出力特性曲线

Fig. 2 Diagram of Wind-generator Curve

该风电场全年平均出力 991.6 kW，日均发电量 23800 kW·h。在风电场母线上装设储能电池，容量分别为风机日发电量 5%、10%、20%，按一定策略充放电后，风电场功率输出如图3所示。

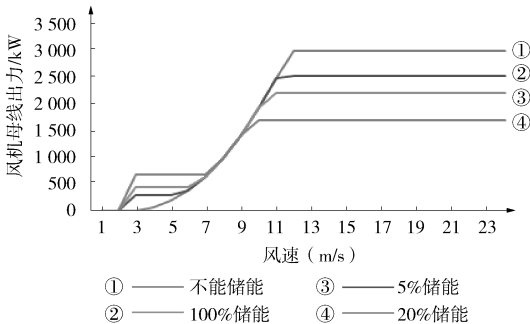


图3 储能装置对风电场输出功率的影响

Fig. 3 Influence of Storage Device to Wind Generator

由图3可知，装设 1 190 kW·h(日发电量的 5%) 电池后，风电场总出力区间为 299~2 545 kW；装设 2 380 kW·h(日发电量的 10%) 电池后，风电

场总出力区间为 451~2 222 kW；装设 4 760 kW·h(日发电量的 20%) 电池后，风电场总出力区间为 686~1 721 kW。

结果表明，电池容量越大，对风电场最低输出功率提升越多，对最高输出功率也削减越多，即对风电场“逆调峰”的改善作用越明显，而且风电场输出功率波动越小，风电场出力越平滑。

4.2 储能在光伏发电中的应用

光伏电站接入配网馈线中间或末端时，由于存在反向的潮流，光伏电站电流通过馈线阻抗产生的压降将使负荷侧电压比变电站侧高，可能使得负荷侧电压越限。因此可通过在光伏接入点加装储能装置，通过储能装置吸收光伏发电多余电能，并在夜晚或阴雨天气发出电能，解决光伏发电引起的电压越限问题。

可通过仿真计算来验证储能设备在光伏接入中的电压调节作用。以某光伏电站为例，接线示意图如图4所示，其中 10 kV 采用电缆，长度按 5 km 计算。

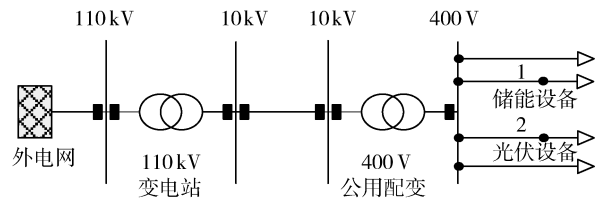


图4 光伏及储能设备配合接入配网侧示意图

Fig. 4 Interconnection Diagram of Storage Device and PV to Grid

首先在节点2处接入光伏设备，逐渐增加光伏设备的出力，观察 400 V 母线的电压值，验证光伏设备对接入点电压抬升的影响。

然后在节点1出加装储能设备，验证储能设备是否能起到抑制接入点的电压越限的作用。系统仿真模型如图5所示，其中光伏通过 400 V 母线并入电网，近区负荷规模为 600 kW。

仿真过程中，光伏系统在 5 s 时刻并入电网，储能装置在 27 s 后投入使用，并且处于充电状态，吸收光伏多发的出力，储能充电功率安排如下：27 s 充电功率为 30 kW，32 s 充电功率为 60 kW，37 s 充电功率为 90 kW，其 400 V 母线电压的变化曲线如图6所示。

由仿真得到的电压曲线可以看出，光伏并网前，电压为 399 V。光伏(出力 140 kW)并入电网

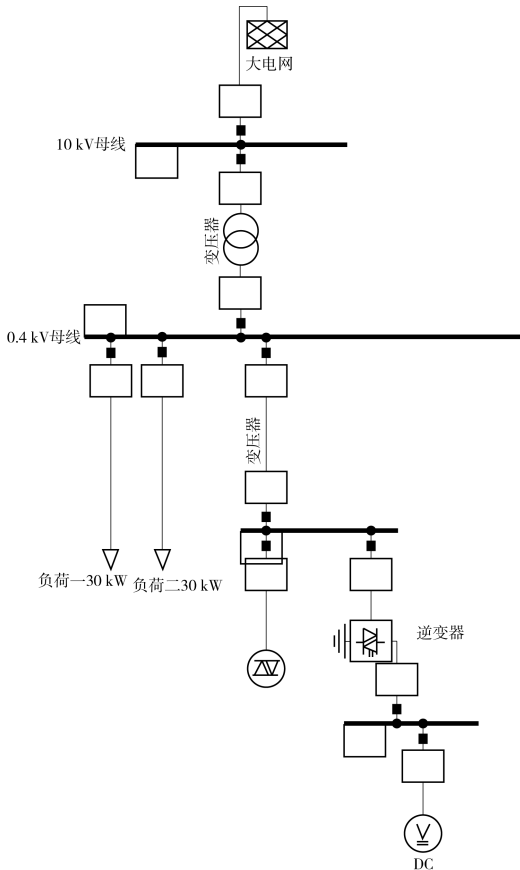


图 5 光伏设备及储能设备配合接线示意图
Fig. 5 Bus Diagram of Storage Device and PV

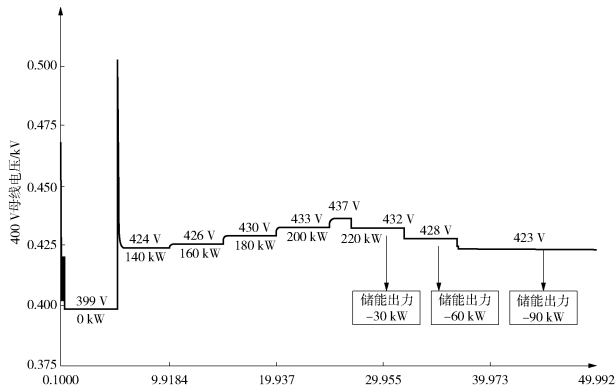


图 6 400 V 母线电压曲线
Fig. 6 Voltage Curve of 400V Bus

后, 母线电压抬升至 424 V。逐渐增大光伏出力, 母线电压逐渐增大, 当光伏出力增至 180 kW, 母线电压越限, 电压偏差达到 7.5% (根据 GB/T 1999—2005 的规定, 三相电压的允许偏差为额定电压的 7%)。25 s 后, 当光伏出力为 220 kW 时, 400 V 母线电压达到 437 V。

而当储能装置投入使用后, 随着储能充电功率

的增大, 并网点母线电压逐渐下降, 具体仿真结果如表 2 所示:

根据仿真结果, 当光伏规模为 220 kW 时, 选择储能规模为 60 kW (占光伏规模的 27.3%), 该配比情况下, 即使光伏满出力, 也不会造成并网点母线电压越限问题。通过仿真可知, 储能配合光伏送出, 可有效解决光伏并网带来配网电压越限的问题, 提高配网系统的电能质量。

表 2 仿真结果
Table 2 Simulation Results

时间 /s	光伏出力	储能充电功率	储能功率占比/%	母线电压/额定电压/%	电压是否越限
0	0	0	0	99.75%	否
5	140	0	0	106%	否
10	160	0	0	106.5%	否
15	180	0	0	107.5%	是
20	200	0	0	108.25%	是
25	220	0	0	109.25%	是
27	220	30	13.6%	108%	是
32	220	60	27.3%	107%	否
37	220	90	40.9%	105.75%	否

4.3 储能在配电站中的应用

从城市部分区域的削峰填谷、改善电能质量和实现经济效益等需求来看, 储能能够充分发挥其相关作用。下面以负荷特性这一角度来分析配电站层面的负荷, 主要考虑商业办公和商务居住这两类负荷建设分布式能源站的情况, 其负荷曲线如图 7 和图 8 所示。

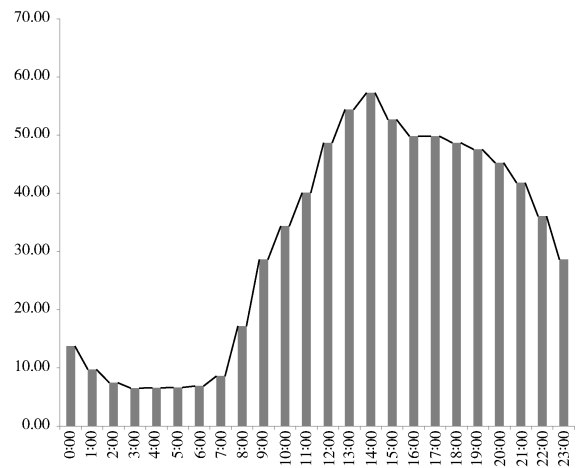


图 7 商业办公典型曲线

Fig. 7 Typical Load Curve of Commercial User

从曲线特征来看, 商业办公相对适宜于采用储

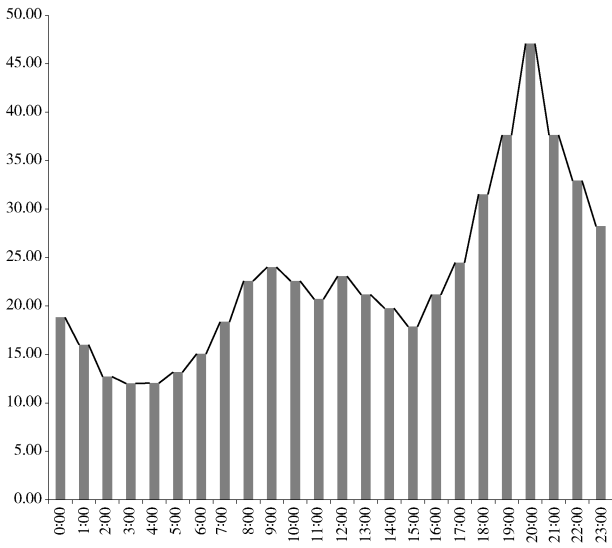


图8 商务居住典型负荷曲线

Fig. 8 Typical Load Curve of Commercial User

能装置，其峰谷差较大，峰值持续时间较短，可以为多次充放电创造条件。

从储能装置容量的推算来看，若仅考虑用电曲线的平抑，充分考虑其充放电特性和功能需要，建议某区域最大的储能规模为：

$$W_{\max} = \max(W_{\text{bak}}, W_{\text{sys}}) \quad (1)$$

式中： W_{\max} 为最大储能容量， W_{bak} 为系统紧急电源支持容量， W_{sys} 为最大系统需要容量。

若按效益最大化保证原则，则 W_{sys} 如下式所示：

$$W_{\text{sys}} = \min\left(\int W_{\text{放电}} dt, \int W_{\text{充电}} dt\right) \quad (2)$$

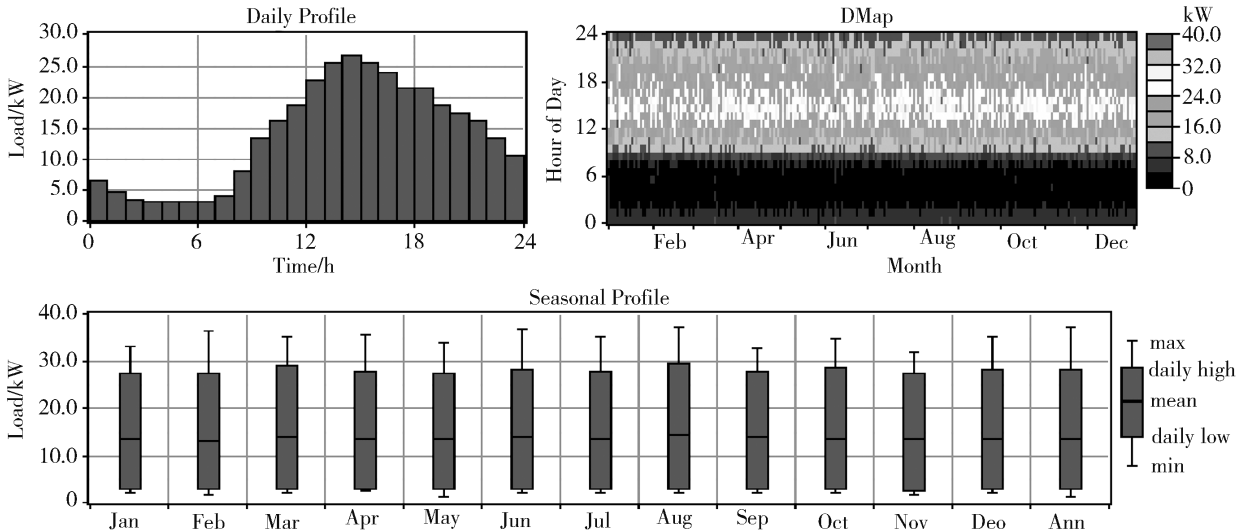


图10 负荷分析结果

Fig. 10 Diagram of Load Analysis

式中： $\int W_{\text{充电}} dt$ 即每一个波谷，波平可供充电的功率和容量，最大可充电的容量为 $W_{\max} - W_t$ ，即加上充电功率后，不得超过尖峰负荷值(否则违背储能应用削减尖峰负荷的原则)； $\int W_{\text{放电}} dt$ 为一个波峰可供放电的功率和容量。

以深圳地区的峰谷电价为例，其示意图如图9所示。

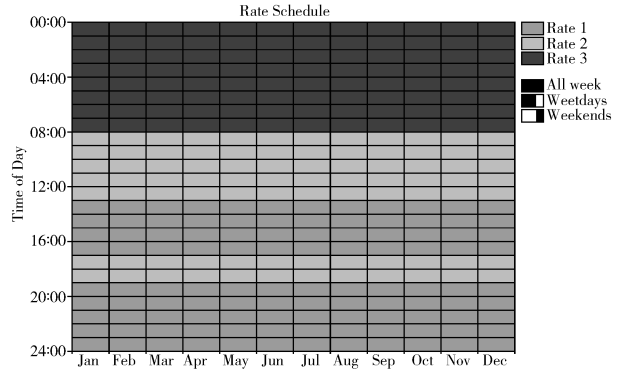


图9 系统峰谷电价示意图

Fig. 9 Retail Price at Peak and Valley

Rate1、Rate2 和 Rate3 三个时段的电价分别为 1.092 元/(kW·h)，0.740 元/(kW·h) 和 0.294 元/(kW·h)。

Rate1 时段为 13:00 ~ 17:00 (I 段)；19:00 ~ 24:00 (II 段)。

Rate2 时段为 8:00 ~ 12:00 (I 段)；17:00 ~ 19:00 (II 段)。

Rate3 时段为 0:00 ~ 8:00。

因此最佳经济利用时序为 Rate3 时段充电(充满), Rate2 时段 I 根据需要放电并充电, Rate1 时段 I 放电至零, Rate2 时段 II 充电, Rate1 时段 II 放电。

对深圳某区域的多功能大厦的负荷特性进行分析,该大厦典型日负荷为 27 MW,其中负荷分析结果如图 10 所示:

综合分析最佳经济利用时序和该大厦负荷分析结果,若考虑在现行峰谷电价时段上使得利润最大化,储能装置应在 17:00 ~ 19:00 (Rate2 时段 II) 充满,因此在特定的应用条件下能够充分发挥储能装置的经济效益。

5 结语

本文介绍了储能设备的主要分类、特点和功能,并针对广东电网的现状需求,通过对分布式储能在风电、光电和配网中的应用进行分析,得出以下结论:

1) 分布式储能可以明显改善风电场的“逆调峰”特性,使风电场出力更加平滑。

2) 在光伏系统接入点加装储能装置,可有效解决光伏发电引起的电压越限问题,提高电能质量。

3) 将分布式储能设备应用于配网可以满足一部分削峰填谷和提高电能质量的需求,并创造一定的经济效益。

建议广东电网应结合自身特点和需求,深入开展分布式储能应用规划,进一步明确分布式储能设备建设的相关技术原则,研究储能站的运营模式,对分布式储能的经济效益进行评估,提出试点应用方案。

参考文献:

- [1] 梁有伟,胡志坚,陈允平. 分布式发电及其在电力系统中的应用研究综述[J]. 电网技术, 2003, 27(12): 71-75, 88.
LIANG YouWei, HU zhijian, CHEN Yunping. A Survey of Distributed Generation and Its Application in Power System [J]. Power System Technology, 2003, 27(12): 71-75, 88.
- [2] 刘林玉,刘建戈. 基于 DSP 和 IPM 的分布式储能装置[J].

电力电子技术, 2009, 43(4): 55-57.

LIU Linyu, LIU Jiange. Distributed Energy Storage Based on DSP and IPM [J]. Power Electronic Technology, 2009, 43(4): 55-57.

- [3] 陆晓楠,孙凯,黄立培,等. 孤岛运行交流微电网中分布式储能系统改进下垂控制方法[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(1): 180-185.
LU XiaoNan, SUN Kai, HUANG Lipai, et al. Improved Droop Control Method in Distributed Energy storage Systems for Autonomous Operation of AC Microgrid [J]. Automation of electric power, 2013, 37(1): 180-185.
- [4] 蒋凯,李浩秒,李威,等. 几类面向电网的储能电池介绍[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(1): 47-53.
JIANG Kai, LI Haomiao, LI Wei, et al. On Several Battery Technologies for Power Grids [J]. Automation of Electric Power, 2013, 37(1): 47-53.
- [5] 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 Jianwei, et al. Optimal Control of Battery Energy Storage System Based on Variable Smoothing Time Constant [J]. Automation of electric power, 2013, 37(1): 19-25, 102.
- [6] 刘胜永,张兴. 新能源发布式发电系统储能电池综述[J]. 电源技术, 2014, 36(4): 601-605.
LIU Shengyong, ZHANG Xing. Survey on Energy Storage Battery in Renewable Energy Distributed Generation System [J]. Power Supply Technology, 2014, 36(4): 601-605.
- [7] Dunn B, Kamath H, Tarascon J. Electrical Energy Storage for the Grid: a Battery of Choices [J]. Science, 2011, 334(6058): 928-935.
- [8] 梁亮,李建林,惠东. 大型风电场用储能装置容量的优化配置[J]. 高电压技术, 2011, 37(4): 930-936.
LIANG liang, LI Jianlin, HUI Dong. Optimization Configuration for Capacity of Energy Storage System in Large-scale Wind Farm [J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(4): 930-936.
- [9] 邱培春,葛宝明,毕大强. 基于蓄电池储能的光伏并网发电功率平抑控制研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(3): 29-33.
QIU Peichun, GE Baoming, BI Daqiang. Battery Energy Storage Based Power Stabilizing Control for Grid-Connected Photovoltaic Power Generation [J]. System Power system Protection and Control, 2011, 39(3): 29-33.

(责任编辑 张春文)