建筑电气
2013 年第11 期 BUILDING ELECTRICITY

大规模电池储能对电网稳定性影响简析

梁小龙　曹　静（甘肃送变电工程公司，兰州市　730070）
张　健（中国能源建设集团甘肃省电力设计院，兰州市　730050）

Brief Analysis on Impact of Large-scale Battery-based Energy Storage on Stability of Power Grid

LIANG Xiaolong　CAO Jing（Gansu Transmission and Distribution Engineering CO., Ltd., Lanzhou　730070, China）
ZHANG Jian（Gansu Electric Power Design Institute of China Energy Engineering Group Co., Ltd., Lanzhou　730050, China）

Abstract　System modeling and simulation test are carried out by PSS / E simulation software to investigate the impact of a large-scale battery-based energy storage device on the stability of power grid; the simulation test indicates that the large-scale battery-based energy storage device can effectively improve the frequency modulation speed of the system during steady-state frequency modulation and can effectively improve the power-angle characteristic and voltage characteristic of the system in case of failure of the system.

Key words　Wind power generation　Large-scale battery-based energy storage device　Stability of power grid　Simulation test　System modeling　PSS / E simulation software　Power-angle characteristic　Voltage characteristic

摘　要　通过PSS / E仿真软件进行系统建模、仿真试验，探讨大规模电池储能装置对电网稳定性的影响，仿真试验结果显示：大规模电池储能装置在稳态调频过程中能够有效改善系统的调频速度，在系统出现故障时能够有效改善系统的功角特性和电压特性。

关键词　风力发电　大规模电池储能装置　电网稳定性　仿真试验　系统建模　PSS / E仿真软件　功角稳定特性　电压特性

中图分类号：TM743　　**文献标识码**：A

随着科学技术的不断发展，大规模电池储能装置逐渐出现在现代电力系统中。随着成本的下降及容量的大幅提升，储能装置也逐渐在一些国家和地区电网系统主设备上进行了试验与验证。

美国的PJM和CAISO电力公司分别在2008年和2009年先后建成了储能商业运行系统，储能装置安装容量从2 MW到20 MW。

甘肃西部风力资源非常丰富，作为一种清洁的可再生能源，经过十几年的建设，甘肃酒泉地区已经成为我国的风电基地，装机容量目前已经达到了数百万千瓦。但是由于风力资源的不可控性和间歇性，数百万千瓦容量的风电接入电网就成了一个难题。由于风电的不确定性，必须保证系统有足够的旋转备用来应对这种不确定性。另一方面，现有的网架结构也无力承担如此大规模的风电，这就出现了部分的弃风现象。

在很多文献中对储能系统的研究多集中于超导储能、电磁储能等，而与电池储能相关的文献研究大多在有风场接入的系统中，储能装置与风电收集母线直接相接的情况。本文将通过系统建模、仿真试验，探讨使用大规模电池储能装置来提高电网的电压稳定与功角（表示发电机的励磁电势和端电压之间相角差，是表征发电机运行状态和判别电力系统稳定性的重要参量）稳定特性，从而避免由于系统波动与故障对局部系统造成更大的危害。

作者信息

梁小龙，男，甘肃送变电工程公司，工程师。
曹　静，女，甘肃送变电工程公司，助理工程师。
张　健，男，中国能源建设集团甘肃省电力设计院，高级工程师。

更多更快更新请联系QQ：775300178 淘宝 网址： http://zitu-tushu.taobao.com/

1 系统建模

PSS / E 仿真软件中带有丰富标准模型，建模简单，能够非常方便地对储能装置建模并对系统进行动态仿真。本文将使用 PSS / E 仿真软件的双向储能模型 CBEST 对储能装置建模，同时对比系统有储能装置和无储能装置时的稳定性差别。

CBEST 装置是由美国电科院（EPRI）开发的用于对储能装置动态特性进行仿真的模型。在以往研究过程中，储能装置用来提高第一摆的暂态稳定性能，提供阻尼和限制频率变化。储能系统在建模时是作为一个电压源。功率在充电和放电过程中的控制通过调节储能装置的端电压实现。而在储能装置中的双向逆变器装置则在一定程度上独立于直流电压和合成电压，主要目的是为了独立控制储能装置的有功功率和无功功率。

在 CBEST 的模型中包含了 3 个环节：有功环节；无功环节；充电和放电环节。有功环节中 CBEST 模型模拟储能装置的输入、输出功率限制，同时在逆变器端考虑交流电流的限制。在计算过程中也分别考虑了充电和放电的效率。无功环节与美国电科院的 CSMEST 模型一致，由电压调节装置组成。无功电流取代了内部电压用来直接控制调节器。

本文算例中选用 20 MW 的储能装置来研究安装储能装置后对电网稳定性的改进。在母线 101 处增加一个储能装置，如图 1 中红色的发电机与母线所示。我们在仿真软件动态数据表中将储能装置的动态模型与增加的储能装置相连接。动态仿真过程中在线路 151 至 152 双回线中的一回设置故障（图 1 中蓝色的线路），一段时间后切除。随后将对比有储能装置和无储能装置的结果。

除了储能装置外，我们将系统中接在母线 3011 上的 MINE_G 机组改为接入一个由双馈风电机组组成的风场来替代原来在 3011 上接入的传统发电机。

在 PSS / E 仿真软件中提供了 4 种通用风机模型与多种厂商专有模型：

a. WT1 型 —— 采用传统的感应发电机与电网直接相连，在发电机机端安装补偿电容。

b. WT2 型 —— 模型与 WT1 型风机类似，但采用了绕线式发电机，增加了转子串电阻调速功能。

c. WT3 型 —— 采用了国内常用的双馈感应电机，主要有风力发电机、齿轮箱、双馈感应发电机、变流器等组成。

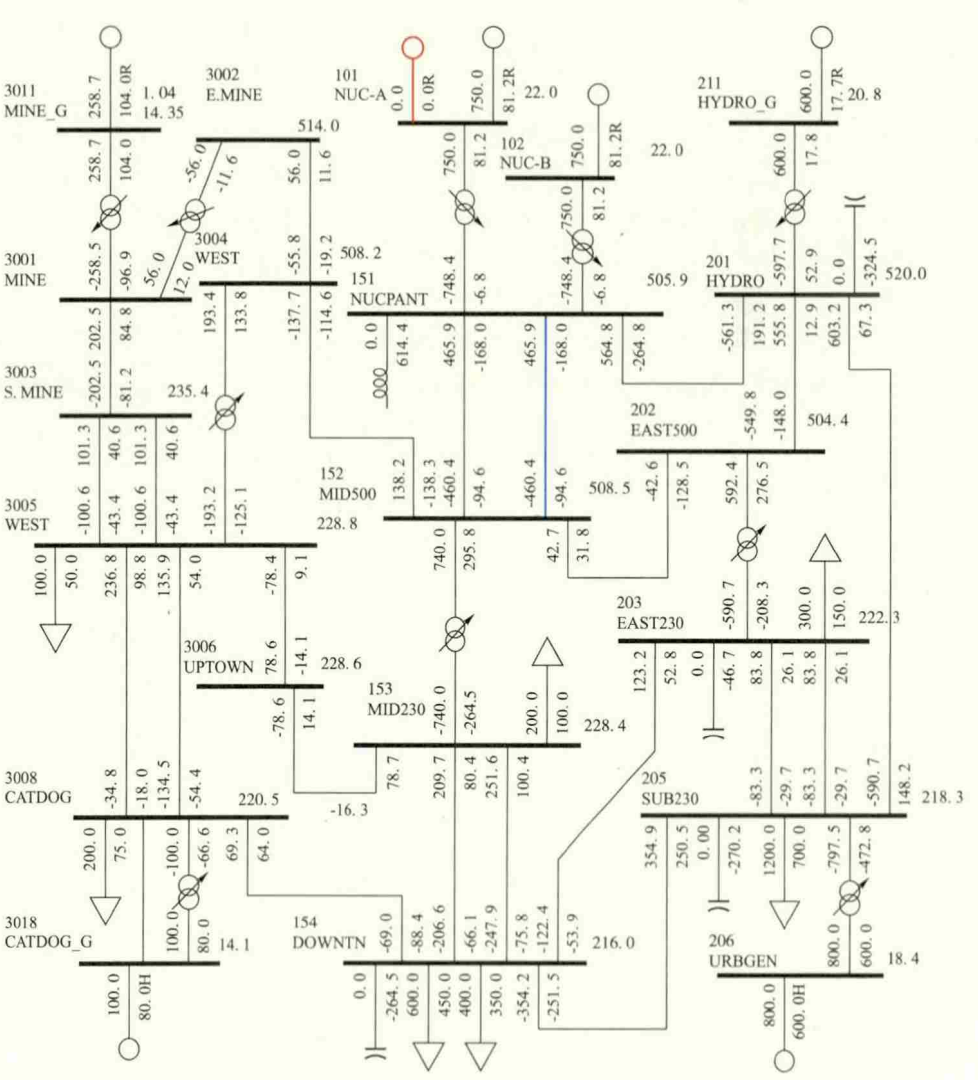

图 1 仿真试验系统

Fig. 1 Simulation test system

更多更快更新请联系QQ：775300178 淘宝 网址： http://zitu-tushu.taobao.com/

d. WT4 型 —— 发电机通过整流器和逆变器与电网相连接。在电气上风机与外部电网隔离。

在仿真过程中我们采用的风机参数以通用电气的100 台 1.5 MW 风机组成风力发电厂。其中 1.5 MW 机组的参数可参见相关参考文献。

在仿真过程中风场出力设为 100 MW。同时考虑输入的风速曲线如图 2 所示。

2 仿真过程

储能装置的控制策略是在系统发生振荡过程中起到阻尼作用，对系统的电压有很好的稳定效果。仿真过程中在 0.034 s 时刻线路 151 至 152 中的蓝色线路出现故障，在 0.083 s 时切除。整个仿真过程持续 5 s，我们将通过对比储能装置同母线的发电机 101 的功角特性，有功出力曲线以及所连接母线的电压曲线来观察储能装置对系统的影响。

通过对比发电机 101 的有功曲线（如图 3 所示），我们能够得出带有储能装置的系统能够有效改善系统的振荡幅度，对于系统的功角特性有明显的改善。

同时，我们对发电机 101 的出力曲线（如图 4 所示）也进行了对比，发现储能装置对于发电机出力的振荡也有很好的抑制作用。

在电压改善方面安装了储能装置的系统比没有安装储能装置的系统有明显的改善作用（如图 5 所示），以此也证明了储能装置能够有效地改善系统稳定性。

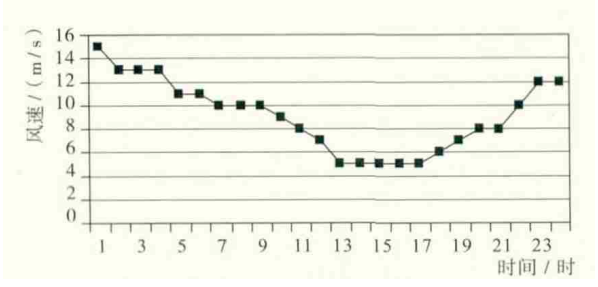

图 2 仿真试验风速曲线
Fig. 2 Wind speed curve of simulation test

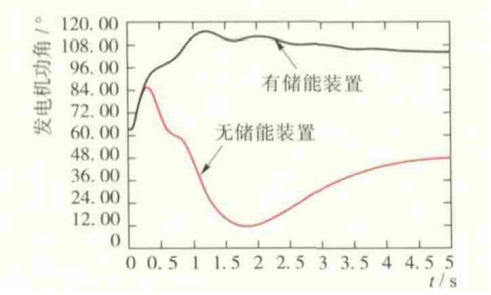

图 3 发电机 101 的有功曲线
Fig. 3 Active power curves of generator 101

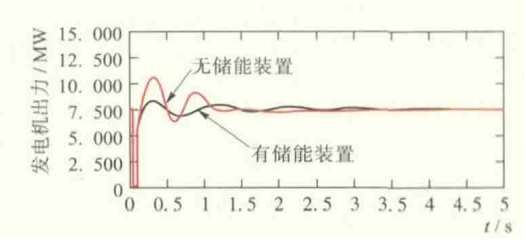

图 4 发电机 101 的出力曲线
Fig. 4 Output curves of generator 101

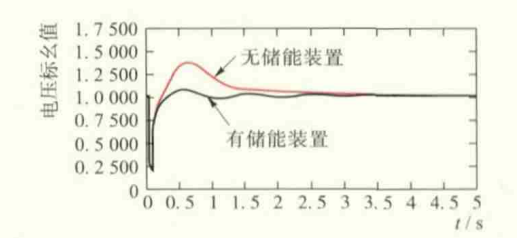

图 5 有无储能装置对系统电压的影响曲线
Fig. 5 Curves of impact on system voltage with / without energy storage device

3 结语

大规模储能装置随着价格的不断下降及可靠性的不断提高，其性能的优越性，尤其是对可再生能源占比较高的地区（如甘肃电网）有着重要的意义。在稳态调频过程中能够有效改善系统的调频速度，在系统出现故障时能够有效地改善系统的功角特性和电压特性。

[1] Charles Vartanian. Grid Stability Battery Systems for Renewable Energy Success [EB / OL]. http: // wenku. baidu. com / view / e0c63f7102768e9951e738c8. html.

[2] Lu Wang. Automatic Generation Control (AGC) Dynamic Simulation in PSS® / E [R].

[3] Siemens. Program Application Guide Volume 2 — Generic Wind Models [G], 2013.

[4] 徐琼璟，徐政. PSS / E 中的风电机组通用模型概述 [J]. 电网技术，2010 (8)：176 – 182.

[5] Kyung Soo KOOK, Yilu LIU, Stan ATCITTY. Mitigation of the Wind Generation Integration Related Power Quality Issues by Energy Storage [J]. Electrical Power Quality and Utilisation, 2006, XII (2)：77 – 81.

[6] Siemens PTI. PSS / E Wind Modeling User Guide [R], 2005.

[7] Chai. Chompoo-inwai, W. J. Lee, P. Fuangfoo, M. Williams, etc. System impact Study for the interconnection of Wind Generation and Utility System [J]. Industry Application, IEEE Transaction, 2005 (1)：163 – 168.

2013 – 04 – 22 来稿
2013 – 10 – 21 修回

更多更快更新请联系QQ：775300178 淘宝 网址： http://zitu-tushu.taobao.com/