

电池储能系统在电力系统中的应用

孔令怡¹，廖丽莹¹，张海武²，赵家万³

(1.广西大学电气工程学院，南宁530004；2.德清县供电局，德清313200；3.遵义供电局，遵义市563000)

摘要：电池储能系统(BESS)是一种新兴的FACTS器件。具有控制有功功率流的能力，能够同时对接入点的有功功率和无功功率进行调节，为高压输电系统提供快速的响应容量，有效提高了电力系统的稳定性、可靠性和电能质量。介绍了电池储能系统的基本原理、特点和国外的应用情况，并对它在电力系统中的不同应用进行了综述。

1引言

迄今为止，由于电力系统缺乏有效地大量储存电能的手段，发电、输电、配电与用电必须同时完成，这就要求系统始终处于动态的平衡状态中，瞬间的不平衡就可能产生安全稳定问题。大功率逆变器的出现为储能电源和各种可再生能源与交流电网之间提供了一个理想的接口。从长远的角度看，由各种类型的电源和逆变器组成的储能系统可以直接连接在配电网中用户负荷附近，构成分布式电力系统，通过其快速响应特性，迅速吸收用户负荷的变化，从根本上解决电力系统的控制问题。

可用在电力系统中的储能电源种类繁多，比较常见的有超导储能(SMES)、电池储能(BESS)、飞轮储能、超级电容器储能、抽水储能、压缩空气储能等。在各种类型的储能电源当中，电池储能系统是一种比较适合电力系统使用的储能电源，具有技术相对成熟、容量大、安全可靠、无污染、噪声低、环境适应性强、便于安装等优点。

2电池储能系统的基本原理

电池储能系统主要有电池组和变流器两部分组成，其变流器主要是基于电压源型变流器，其基本结构如图1所示。

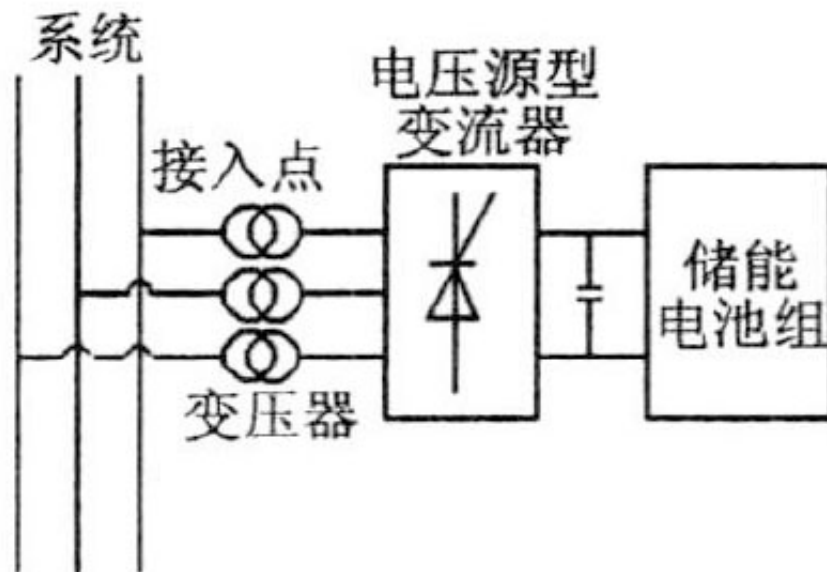


图 1 电池储能系统原理图

电池组部分一般采用技术比较成熟的钠硫电池或铅酸电池，其中钠硫电池在能量密度、使用寿命、运行效率上有较明显优势，所以钠硫电池的应用更广泛。钠硫电池与铅酸电池特性参数比较如表1所示。

表 1 钠硫电池与铅酸电池特性比较

	钠硫电池	铅酸电池
能量密度 (kW h/ ton)	117	40
充放电效率	> 90%	> 84%
维护性	免维护	定期维护
工作寿命(100% 充放电周期)	2500次	1200次

变流器的实质是大容量的电压逆变器，它是连接储能电池和接入电网之间的接口电路，实现了电池直流能量和交流电网之间的双向能量传递。电池储能系统的电路原理图如图2所示。

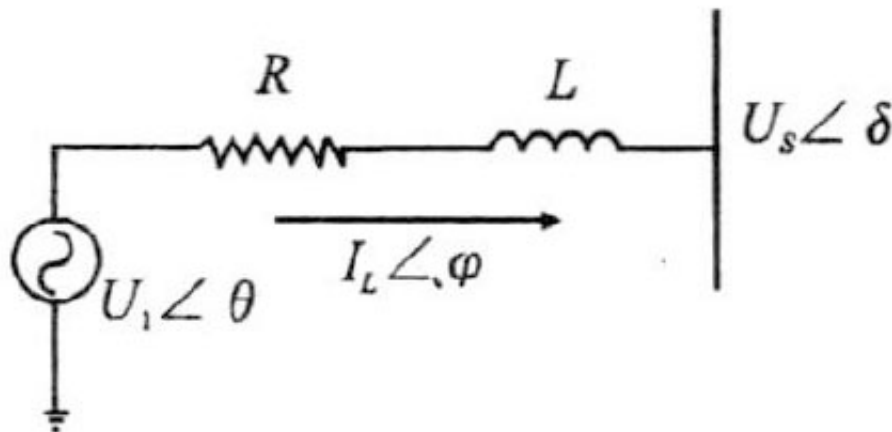


图 2 电池储能系统电路原理图

图2中电池储能系统等效为一个理想的电压源，其电压的幅值为 U_1 ，电压相角为 θ ；串联的 R 、 L 代表总的功率损耗、线路损耗等；电池储能系统注入电力系统的电流的幅值为 I_L ，电流相角为 φ ；电力系统的接入点的电压幅值为 U_s ，电压相角为 δ 。

在电池储能系统中，电压幅值 U_1 和电压相角 θ 都是可以控制的，当我们需要向系统注入有功功率时，便可以控制 $\theta > \delta$ ，这时电池储能系统的电压相角超前于系统接入点的电压相角，所以有功功率由电池储能系统流入系统；反之亦然。当我们需要向系统注入无功功率时，便可以控制 $U_1 > U_s$ ，这时电池储能系统的电压幅值高于系统接入点的电压幅值，所以无功功率由电池储能系统流入系统；反之亦然。可见，适当的调整换流器来控制电池储能系统的电压幅值 U_1 和相角 θ ，便可以实现电池储能系统与接入的电力系统之间的有功功率和无功功率的交换。

3 电池储能系统在电力系统中应用的目的

电池储能系统在电力系统有着极为广泛的应用，因为它本身可以快速的对接入点的有功功率和无功功率进行调节，所以可以用来提高系统的运行稳定性、提高供电的质量，当其容量足够大时，甚至可以发挥电力调峰的作用。

现阶段，我们对电池储能系统的应用，根据接入电力系统的位置的不同，主要有两种：

(1)把电池储能系统接在发电侧

我们一般是把电池储能系统接在发电机端，升压变电站的出口处。图3是单击无穷大系统在发电机升压变压器出口处接入电池储能系统的示意图。

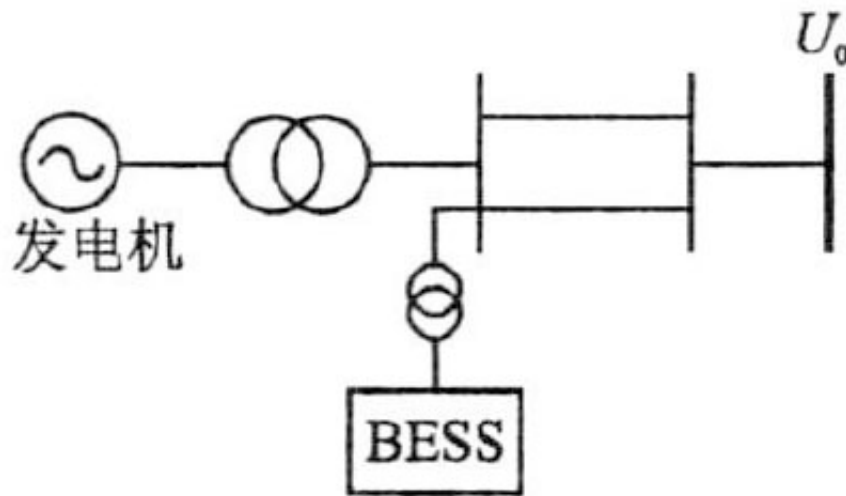


图 3 单击无穷大系统
接 BESS 示意图

图3中 U_s 为电池储能系统的接入点电压， U_0 为无穷大母线电压。

当电池储能系统接在这个位置时，它主要用来提高发电机的稳定运行能力。当发电机受到扰动时，它可以迅速的吸收不平横的功率流，缓解转子的振荡，使发电机在受到各种扰动时，输出的状态量更加的稳定。

(2)把电池储能系统接在负荷侧

当用户侧对电能质量和电压波形要求较高时，例如电子芯片制造业，这时就需要把电池储能系统接在负荷侧。图4是电池储能系统接在负荷侧的示意图。

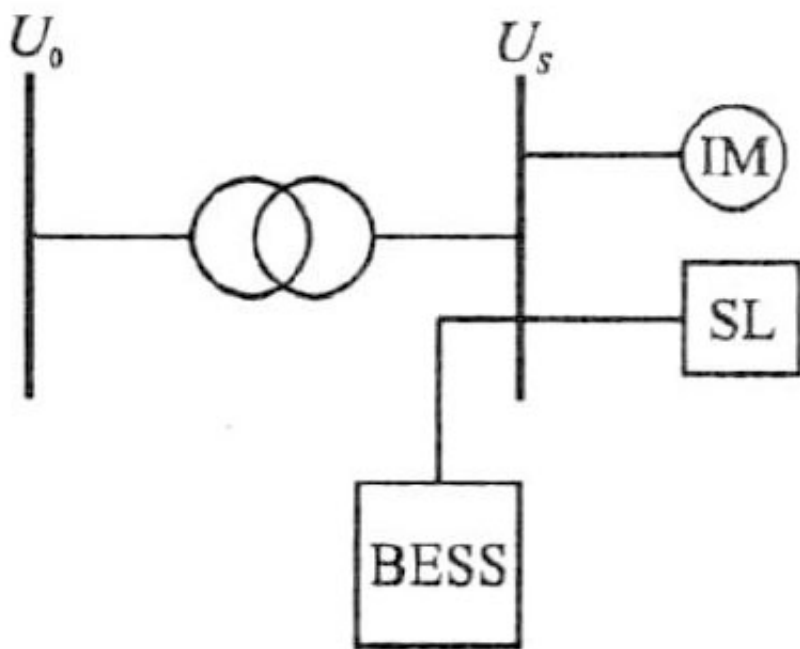


图 4 BESS接在负荷侧的示意图

图4中 U_s 为电池储能系统的接入点电压， U_0 为无穷大母线电压，M为等效的动态负荷，即感应电动机的等效模型， S_L 为等效的静态负荷。动态负荷与静态负荷的比例依照不同的负荷情况并不相同，在工业负荷中，一般动态负荷占比较大的比例。

当电池储能系统接在这个位置时，由于它可以迅速的调节接入点的有功功率和无功功率，当系统发生扰动时，它可以快速的稳定功率，平稳负荷的母线电压，能很好地稳定系统电压，保证用户电压波形的光滑性，从而能有效地提高供电的电能质量。

4 电池储能系统的发展现状

电池储能系统是近年来国外储能系统在电力系统中的应用和研究的热点之一。1983年起日本东京电气公司联合NGK公司展开了对硫化钠电池作为储能物质的研究。1992年12月在川崎建立了原理试验性质的50kW，400kWh的NAS电池储能系统；1997年和1999年先后建立了两座6000kW，48000kWh的电池储能系统。

美国对电池储能系统的研究起步较晚，但因为在美国的大城市新扩建输配电系统成本极高，以及具有高度自动化生产的工业区或信息技术中心都需要有高可靠性、高质量的电能供应，因此能运行在四个象限的BESS引起了市场的广泛兴趣，因此研究速度迅速。美国电力公司于2002年9月研制了北美第一台容量为500KW采用NAS电池的BESS。美国阿拉斯加电网于2004年安装了一台峰值可达2617mW的采用镍镉蓄电池的BESS，将来可继续对其进行扩充，容量最大可达到40mW。截止到2004年12月，全世界大约已建造超过500kW的采用NAS电池的BESS59个，总容量达88mW。

德国很早就对BESS在电力系统中的应用进行了研究，1979年研制生产了储能测试设备，1981年完成了大规模铅酸蓄电池储能电池组，电池电压24V，电流660A，功率1518kW，效率84%。电池组共有7080只电池组成，每路有590只电池串联、而后成12路并联。

由该电池组构成的电池储能系统，总容量为17mW，配备有两组815mW电力转换器。该系统已于1987年投入商业运行，用于电力系统尖峰负荷转移及频率控制。

5结论

近年来，我国的电力系统建设正处于高速发展的阶段，供电紧张、有、无功储备不足、输电效率低等问题开始出现。同时，随着高精度生产工业的崛起，奥运会的临近，对负荷侧的供电质量提出了更高的要求。这些都为电池储能系统的发展提供了更广阔的空间。

电池储能系统在电力系统中应用可以提高系统的运行稳定性、提高供电的质量，甚至可以达到调峰的目的。而随着大功率逆变器技术的不断成熟，电池技术的不断发展，电池储能系统在电力系统中的应用前景将越来越广泛。

参考文献

- [1]姜齐荣，谢小荣，陈建业.电力系统并联补偿-结构、原理、控制与应用[M].北京：机械工业出版社，2004.
- [2]罗承廉，纪勇，刘遵义.静止同步补偿器的原理与实现[J].北京：中国电力出版社，2005.
- [3]粟时平，刘桂英.静止无功功率补偿技术[J].北京：中国电力出版社，2006.
- [4]费万民，张艳莉，吕征宇.大容量静止无功发生器与电池储能的集成[J].电力系统自动化，2005，29(10)：41-44.
- [5]崔艳华，孟凡明.钒电池储能系统的发展现状及其应用前景[J].电源技术，2005，29(11)：776-780.
- [6]王振文，刘文华.钠硫电池储能系统在电力系统中的应用[J].中国科技信息，2006，13：41-46.
- [7]鞠萍，马大强.电力系统负荷建模[M].水利电力出版社，1995.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/89563.html>