

化学电池在储能系统中应用的研究

田巍 叶扬

北京电力工程有限公司, 北京 100071

[摘要]全球能源结构正加速向低碳化转型,风能、太阳能等可再生能源的大规模并网成为趋势。然而,这类能源固有的间歇性、波动性特点,与电网对供电稳定性、持续性的要求之间存在突出矛盾,储能系统作为解决这一矛盾的核心技术,其重要性日益凸显。然而,储能电池的选择争议较大,本论文通过对比了各类电池的优缺点,进一步分析化学电池在储能系统中的应用,提出了锂离子电池的适用性,为储能系统大规模开发与电池的选择提供方向。

[关键词]化学电池;储能系统;研究

DOI: 10.33142/hst.v8i9.17686

中图分类号: TM743

文献标识码: A

Research on the Application of Chemical Batteries in Energy Storage Systems

TIAN Wei, YE Yang

Beijing Electric Power Engineering Co., Ltd., Beijing, 100071, China

Abstract: The global energy structure is accelerating its transition towards low-carbon, and the large-scale integration of renewable energy sources such as wind and solar power into the grid has become a trend. However, there is a prominent contradiction between the inherent intermittency and volatility characteristics of such energy sources and the requirements of the power grid for power supply stability and continuity. As the core technology to solve this contradiction, the importance of energy storage systems is becoming increasingly prominent. However, the selection of energy storage batteries is highly controversial. This paper compares the advantages and disadvantages of various types of batteries, further analyzes the application of chemical batteries in energy storage systems, and proposes the applicability of lithium-ion batteries, providing direction for the large-scale development of energy storage systems and battery selection.

Keywords: chemical battery; energy storage system; research

引言

在新能源大规模开发利用过程中,储能系统是解决其并网不稳定问题的方式之一。尽管化学电池在储能领域的应用已取得显著进展,但在实际应用中仍面临诸多挑战。本文将围绕化学电池在储能系统中的应用展开研究,首先概述了储能技术应用的基本原理,随后介绍了电池在储能系统中的应用,重点分析各类电池在储能系统应用中的优缺点,最后提出未来的研究重点与发展趋势,以期对相关领域的研究与工程实践提供参考。

1 储能技术应用的基本原理

储能系统主要由三部分组成:由储能元件构成的储能装置、利用电力电子器件组成功率变换系统、对储能系统的控制部分。储能装置用于电能的储存与释放,功率变换器是电能与其他形式能转化的重要元件,是储能系统并网的必需,储能系统的控制部分用来调节储能装置的充放电、平衡电网需求等。接下来将磷酸铁锂电池作为储能系统直流侧储能装置,来分析储能技术在电力系统中应用的基本原理。

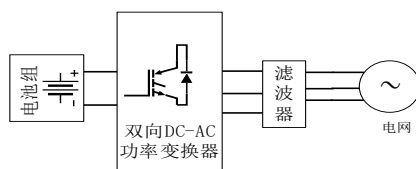


图1 储能系统结构图

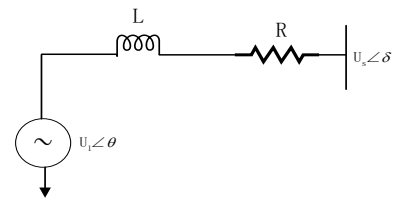


图2 储能系统工作原理图

如图1~2 储能系统工作原理图所示,假设储能装置为理想电源。电源电压为 U_1 , 相角为 θ , 注入电网电压为 U_s , 相角为 δ 。因为有功功率由高相位流向低相位,当需要储能系统向电网补充有功功率时, $\theta > \delta$, 当储能系统充电时, $\theta < \delta$ 。又因为无功功率从高电压点流向低电压点,当控制环节给储能系统发出向电网注入无功功率的命令时,图中 $U_1 > U_s$, 反之亦是如此。这一过程均可以通过储能功率变换器 PCS 来控制,且对于电压与相角的控制彼此独立,不受各自影响。由此可见,通过控制储能功率变换器 PCS 就可以实现储能系统的并网。

2 电池储能系统在电力系统中的应用

随着工业发展和时代进步的需要,电能的负荷迅猛增长,结构也越来越复杂,同样,电力系统也在适应着时代进步的需要。目前,我国在电力行业的投资与建设迅猛发

展,但同时电力系统也暴露出了发电侧与负荷不平衡、有功、无功储备不足等问题。再加上高精度生产制造业和以通信为代表的新兴产业的发展需要,电力系统中的负荷要求更高的供电质量。这些现状为电池储能系统的发展带来了新的活力和生命力。将电池储能系统应用于电力系统中不但可以使系统的运行更加稳定、电能质量更高,还可以达到削峰填谷的目的。而随着电池技术的不断成熟,大功率储能变流器的应用不断发展,电池储能技术的应用领域会进一步扩大,前景十分可观。

除此之外,储能技术还应用于支持电压或频率的稳定、跟踪负荷、帮助电动汽车并网等领域,对于电力系统以及新兴产业的发展是至关重要的。虽然在研发和使用初期的成本比较高,但是一旦有了技术的突破,形成规范化和模式化的规定,再加上政策的支持,电池储能技术在电力系统中的大规模使用一定会大大降低成本,推动更多行业的发展,也会获得更高的收益!

3 电化学电池储能技术的应用模式

储能技术应用在电力系统中有多种多样的形式,例如电化学储能、机械储能、热力储能和电磁储能。就目前来看,我国发展比较成熟的是利用抽水蓄能方式的机械储能。其中,电化学储能主要包括锂离子电池、钠硫电池、镍氢电池等,不同的电池工作性能不同,使用方法与适用领域也不同。本小节主要分析电化学电池储能技术在电力系统中的应用模式。

电化学电池储能技术是通过化学中的氧化与还原反应实现充放电,是电能与化学能的一种能量转换,从而实现能量的释放与存储。相对而言,电化学电池储能技术可控性强、模块集成度高,整体上容量大、比能量高、电能存储和释放快、环境适应性强、建设成本低、组装便捷,对于提高电能质量作用明显,可提高电力系统运行的稳定性、保证良好的电能质量、调节电网与负荷的平衡、支撑电网电压和频率、保证分布式发电的稳定并网和灵活接入

等。常见电化学储能电池工作情况及基本性能如表 1.1 所示。其中因铅酸电池成本低、技术难度较低,曾长时间应用于电气工程领域,也是最早开发使用的电池。但铅酸电池比能量低、使用周期短、循环次数少、不利于环境保护,正逐渐失去了它的主导地位。相比较铅酸电池,钠硫电池的性能指标更好,市场竞争力更强,是一种较新的大容量高效蓄電池。液流电池因化学电极极化小、循环使用周期长、容量大、使用灵活便捷等优势,也发展到了一定的程度,但钠硫电池又有着能量密度低、造价成本高等劣势,使其不适用于大规模储能系统。锂离子电池具有体积小、重量轻、能量密度大、效率高,循环寿命长、绿色环保等优点,是目前看来最具有发展前景、最适合应用于大规模储能系统的电池。

因为电化学电池种类不同,反应过程以及性能指标也不同,所以电化学电池在储能技术中应用的领域也不同。当我们需要电化学电池调节电网频率、亦或是需要其进行削峰填谷时,这就需要电化学电池具有足够大的容量;当我们需要电化学电池支撑电网电压/频率,维持电网稳定时,这就要电化学电池的反应足够快。经过这样大致的分类,我们可以将电化学电池适用情况进行总结。其中铅酸电池适合调节电网频率、保证电能质量;液流电池适合用于新能源发电并网、维持电网稳定;而锂离子电池适用于调节电网频率、削峰填谷、维持电网稳定等各种情况,因为其容量足够大、响应足够快。

4 锂离子电池的应用现状

在锂离子电池研发使用的漫长历史中,大致可以分为三个阶段。最开始发明的锂离子电池由于负电极的金属锂在充放电的化学反应过程中,电池正负极之间容易发生短路限制了锂电池的发展。直到 1980 年,有科学家提出将锂嵌入材料中作为负电极从而避免发生短路,也就是至今仍在使用的锂离子电池的负电极形式,这一发明将锂离子电池推向了新的发展阶段。至今,锂电池已应用于便携式电子产品、电动汽车等与人们生产生活息息相关的领域。

表 1 各种电化学电池数据指标

电池类型	化学反应过程	比容量 (Wh/kg)	比功率 (W/kg)	效率 (%)	充放电次数 (次)
铅酸电池	$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \xrightleftharpoons[\text{放电}]{\text{充电}} 2PbSO_4 + 2H_2O$	35~50	150~350	0~80	500~1500
钠硫电池	$2Na + xS \xrightleftharpoons[\text{放电}]{\text{充电}} 2Na^+ + xS^{2-}$	150~240	90~230	0~90	2500
镍氢电池	$2Ni(OH)_2 + M \xrightleftharpoons[\text{放电}]{\text{充电}} 2NiOOH + MH$	80~90	500~1000	0~70	400~500
镍镉电池	$2Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2 \xrightleftharpoons[\text{放电}]{\text{充电}} 2NiOOH + Cd + 2H_2O$	45~80	150~500	0~70	500~1000
液流电池	$VO^{2+} + H_2O + V^{3+} \xrightleftharpoons[\text{放电}]{\text{充电}} VO_2^+ + V^{2+} + 2H^+$	80~130	50~140	0~80	13000
锂离子电池	$LiFePO_4 + 6xC \xrightleftharpoons[\text{放电}]{\text{充电}} Li_{(1-x)}FePO_4 + xLiC_6$	110~160	1000~1200	0~95	1000~10000

当然,锂离子电池也不是毫无缺点,现在磷酸铁锂电池在大规模储能系统建设中所面临的问题主要有:电池能量密度低、充放电倍率和电池生产过程中统一性的问题。就电池能量密度问题而言,我们国家已经制订了相应的发展目标,到2020年达到30Wh/kg,这一目标已经达到,要相信随着政策的支持和科技的发展,磷酸铁锂电池的能量密度会进一步提高。当提高磷酸铁锂电池的充放电倍率时,会影响电池容量和安全状况,所以有关锂离子电池充放电倍率的技术突破也是推动锂电池发展的一大原因。还有就是电池在生产过程中型号性能等统一的问题,这需要国家进一步发挥在电池市场的引导作用,制定相关规定与政策,加快锂电池的发展。

储能技术的发展与需要为锂电池应用提供了更加广阔的舞台,同时也带来了新的挑战。磷酸铁锂电池是目前锂离子电池中最适用于大规模储能、微电网建设应用的电池。从全球近几年储能建设来看,锂电池应用得最多。目前我国正大力发展风能、太阳能等清洁能源发电,但由于这些一次能源不稳定,对于发电并网造成了实质上的困难。储能技术的提升与发展对于分布式发电并网是至关重要的。从政策上讲,储能技术的投资与建设是“十三五”规划的百大项目工程之一,国家在张北建设的63MW磷酸铁锂电池储能系统项目是我国的风光储示范项目,是我国大规模储能系统投资建设的一个开始。2020年3月,中国移动5G基站建设对于磷酸铁锂电池的需求为锂离子电池的发展带来了新的契机,

再一次扩大了磷酸铁锂电池的市场占有。

5 结束语

由上述内容可知,锂离子电池是目前最具发展前景、最适合大规模应用于储能系统的电池,储能系统也是国民生产生活的需要,是电力系统进步发展的大势所趋,然而目前而言国内外虽都有所发展,但还没有大规模开发储能系统,对于储能系统的开发建设没有规范统一的标准,也没有普遍适用的电池模型。而锂离子电池具有诸多优点,是目前看来最具有发展前景、最适合应用于大规模储能系统的电池,基于锂离子电池进一步开发储能系统,一定能取得良好的效果。

【参考文献】

- [1]程世杰,文劲宇,孙海顺.储能技术及其在电力系统中的应用[J].电气应用,2005,24(4):18-19.
 - [2]赵健,杨维芝,赵佳明.锂离子电池的应用开发[J].电池工业,2000,005(1):31-36.
 - [3]唐偲,鲁丽娟.磷酸铁锂电池在电力系统中的应用研究[J].南方能源建设,2016,3(1):39-42.
 - [4]电池储能电站发展扶持政策研究课题组.电池储能——城市电力储能的最佳选择[J].上海节能,2013(5):21-24.
- 作者简介:田巍(1998.1—),男,毕业院校:北京信息科技大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:北京电力工程有限公司,职务:项目总工,职称级别:助理工程师。