

储能技术在坚强智能电网建设中的作用

华光辉, 赫卫国, 赵大伟

(国网电力科学研究院, 南京 210003)

摘要: 储能技术是智能电网技术的重要组成部分。结合我国实际情况, 阐述了储能技术在坚强智能电网中的作用、储能技术原理、常用的储能技术及发展状况, 指出了我国储能产业的发展前景, 提出了促进大容量储能产业发展的政策建议。

关键词: 储能技术; 智能电网; 新能源; 分布式发电

中图分类号: TM 619 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6357(2010)04-5

Role of Energy Storage Technologies in the Construction of Strong Smart Grid

HUA Guanghui, HE Weiguo, ZHAO Dawei

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, Jiangsu China)

Abstract: The energy storage technology is an important part of smart grid technologies. Based on the actual situation of China, the role and the working principle of energy storage technology in strong smart grid are presented, together with the ordinary energy storage technologies and their development. The prospect of energy storage in China is pointed, and policy suggestions promoting the large capacity energy storage industry are submitted.

Key words: energy storage technology; smart grid; new energy; distributed generation

电力生产过程是连续进行的, 发电、输电、变电、配电、用电必须时刻保持平衡; 电力系统的负荷存在峰谷差, 必须留有很大的备用容量, 造成系统设备运行效率低。应用储能技术可以对负荷削峰填谷, 提高系统可靠性和稳定性, 减少系统备用需求及停电损失。另外, 随着新能源发电规模的日益扩大和分布式发电技术的不断发展, 电力储能系统的重要性也日益凸显^[1]。

储能技术的应用是在传统电力系统生产模式基础上增加一个存储电能的环节, 使原来几乎完全“刚性”的系统变得“柔性”起来, 电网运行的安全性、可靠性、经济性、灵活性也会因此得到大幅度的提高。因此有人将储能技术誉为电力生产过程中的“第六环节”, 电力储能技术的应用前景非常广阔。

1 储能技术在坚强智能电网中的作用

优质、自愈、安全、清洁、经济、互动是我国智能电网的设定目标, 储能技术尤其大规模储能技术具备的诸多特性得以在发电、输电、配电、用电 4 大环节得到广泛应用, 储能技术是构建智能电

网及实现目标不可或缺的关键技术之一。

1.1 储能技术在电力系统稳定中的作用

储能技术的应用可以改变传统电力系统稳定控制的思维方式, 从一个新的角度认识电力系统的稳定性问题, 并寻求一种可能会彻底解决电力系统稳定性的方法。

在传统的电力系统中, 任何微小扰动引起的动态不平衡功率都会导致机组间的振荡, 而只要储能装置容量足够大而且响应速度足够快, 就可以实现任何情况下系统功率的完全平衡, 这是一种主动致稳电力系统的思想。由于这种与储能技术相关的稳定控制装置不必和发电机的励磁系统共同作用, 因此, 可以方便地使用在系统中对于抑制振荡来说最有效的部位。同时, 由于这种稳定控制装置所产生的控制量可直接作用于导致系统振荡的源头, 对不平衡功率进行精确的补偿, 可以较少甚至不考虑系统运行状态变化对控制装置控制效果的影响, 因此装置的参数整定非常容易, 对于系统运行状态变化的鲁棒性也非常好^[2-3]。

1.2 储能技术在新能源发电中的作用

化石能源供应不足已成为全球经济发展的瓶

颈。同时,使用化石能源造成的环境污染问题已受到全球的高度重视,积极开发新能源和储能技术,减少人类对化石能源的依赖,已成为业界和科技界研究的热门课题。

在可再生能源中,风能和太阳能因来源丰富、取之不尽、用之不竭,并在利用过程中无环境污染或污染很小而特别引起关注,但风能和太阳能存在间歇性、不稳定性和不可控性等缺陷,为保证其供电的均衡性和连续性,储能装置成为风力发电、光伏发电系统的关键配套部件^[4]。因此,在利用太阳能和风能的同时,必须重视储能技术的开发。

近年来,特别是在《中华人民共和国可再生能源法》出台之后,我国风力发电和光伏发电产业发展迅速,但大规模发展新能源仍存在技术瓶颈,主要是风力发电、光伏发电的并网技术、发电的间歇性问题需要成熟的储能技术加以解决。因此,在新能源装机容量提升的同时,必须同步提升储能容量,有效地改善其电能输出质量。

1.3 储能技术在分布式发电中的作用

当今社会对电力供应的质量与安全可靠性要求越来越高,传统的大电网供电方式由于自身的缺陷已经不能满足这种要求。目前,大电网与分布式发电相结合被世界上很多能源电力专家公认为是能够节省投资、降低能耗、提高电网安全性和灵活性的主要方法,是21世纪电力工业的发展方向^[5]。

分布式发电是指直接布置在配电网或分布在负荷附近的配置较小的发电机组,以满足特定用户的需要或支持现存配电网的经济运行。分布式发电包括微型燃气轮机发电、燃料电池储能、可再生能源如太阳能和风力发电等。

基于电网稳定性和经济性考虑,分布式发电系统要存储一定数量的电能,用以应付突发事件。现代储能技术已得到了一定程度的发展,在分布式发电中已经起到了重要作用,可以改善电能质量、维持电网稳定;在分布式电源不能发电期间向用户提供电能。

1.4 储能技术在电动汽车中的作用

电动汽车以电能为动力,能够实现运行时零排放、低噪音,是解决能源和环境问题的重要手段。坚强智能电网的建设将大大促进电动汽车的发展,包括建成完善的电动汽车配套充放电基础

设施网络,形成科学合理的电动汽车充电站布局,充电站基础设施满足电动汽车行业发展和消费者的需要,电动汽车与电网的高效互动得到全面应用。

与传统燃油汽车相比,电动汽车还存在充电时间长、续驶里程短、使用成本高等一系列问题。其中储能技术是阻碍电动汽车产业发展的主要瓶颈,储能技术的发展必将带动电动汽车产业的更大发展。

2 储能技术原理与常用的储能方式

2.1 储能技术的原理与特点

由储能元件组成的储能装置和由电力电子器件组成的电网接入装置成为储能系统的两大部分。储能装置主要实现能量的储存、释放或快速功率交换。电网接入装置实现储能装置与电网之间的能量双向传递与转换,实现电力调峰、能源优化、提高供电可靠性和电力系统稳定性等功能^[67]。

储能系统的容量范围比较宽,从几十千瓦到几百兆瓦;放电时间跨度大,从毫秒级到小时级;应用范围广,贯穿整个发电、输电、配电、用电系统;大规模电力储能技术的研究和应用才刚起步,是一个全新的课题,也是国内外研究的一个热点领域。

2.2 常用的储能方式

目前,储能技术主要有物理储能(如抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能等)、化学储能(如各类蓄电池、可再生燃料电池、液流电池、超级电容器等)和电磁储能(如超导电磁储能等)等^[6]。

1) 物理储能中最成熟、应用最普遍的是抽水蓄能,主要用于电力系统的调峰、填谷、调频、调相、紧急事故备用等。抽水蓄能的释放时间可以从几个小时到几天,其能量转换效率在70%~85%。抽水蓄能电站的建设周期长且受地形限制,当电站距离用电区域较远时输电损耗较大。压缩空气储能早在1978年就实现了应用,但由于受地形、地质条件制约,没有大规模推广。飞轮储能利用电动机带动飞轮高速旋转,将电能转化为机械能存储起来,在需要时飞轮带动发电机发电。飞轮储能的特点是寿命长、无污染、维护量小,但能量密度较低,可作为

蓄电池系统的补充^[8]。

2) 化学储能种类比较多,技术发展水平和应用前景也各不相同:

(1) 蓄电池储能是目前最成熟、最可靠的储能技术,根据所使用化学物质的不同,可以分为铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池、锂离子电池、钠硫电池等。铅酸电池具有技术成熟,可制成大容量存储系统,单位能量成本和系统成本低,安全可靠和再利用性好等特点,也是目前最实用的储能系统,已在小型风力发电、光伏发电系统以及中小型分布式发电系统中获得广泛应用,但因铅是重金属污染源,铅酸电池不是未来的发展趋势。锂离子、钠硫、镍氢电池等先进蓄电池成本较高,大容量储能技术还不成熟,产品的性能目前尚无法满足储能的要求,其经济性也无法实现商业化运营。

(2) 大规模可再生燃料电池投资大、价格高,循环转换效率较低,目前尚不宜作为商业化的储能系统。

(3) 液流储能电池具有能量转换效率较高,运行、维护费用低等优点,是高效、大规模并网发电储能、调节的首选技术之一。液流储能技术在美国、德国、日本和英国等发达国家已有示范性应用,我国目前尚处于研究开发阶段。

(4) 超级电容器是20世纪80年代兴起的一种新型储能器件,由于使用特殊材料制作电极和电解质,这种电容器的存储容量是普通电容器的20~1000倍,同时又保持了传统电容器释放能量速度快的优点,目前已经不断应用于高山气象站、边防哨所等电源供应场合^[9-11]。

3) 超导电磁储能利用超导体制成线圈储存磁场能量,功率输送时无需能源形式的转换,具有响应速度快、转换效率高、比容量/比功率大等优点,可以满足输电网电压支撑、功率补偿、频率调节,提高电网稳定性和功率输送能力的要求。和其他储能技术相比,超导电磁储能仍很昂贵,除了超导体本身的费用外,维持系统低温导致维修频率提高以及产生的费用也相当可观。目前,在世界范围内有许多超导电磁储能工程正在运行或者处于研制阶段。

各种储能技术的发展程度、系统规模及应用环节比较如图1所示。各种储能技术综合比较如表1所示^[6]。表1中UPS为不间断电源。

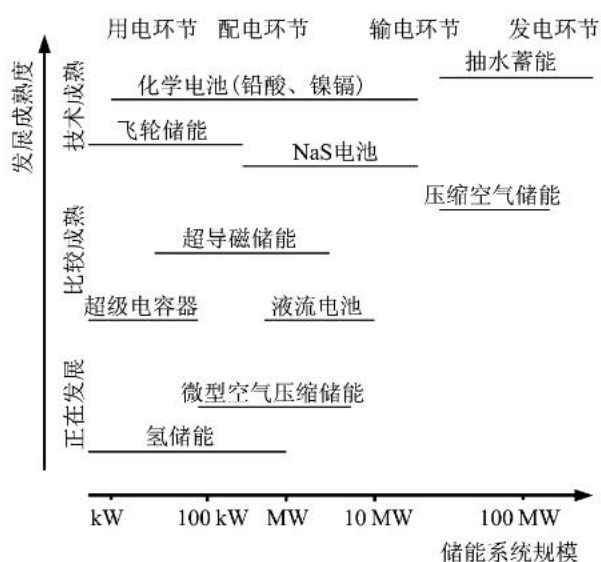


图1 储能技术的发展程度、系统规模及应用环节比较

表1 储能技术综合比较

| 储能技术 | 优点 | 缺点 | 应用方向 |
|--------|-------------|--------------|-------------------------|
| 抽水蓄能 | 大容量、低成本 | 场地要求特殊、建设周期长 | 削峰填谷、调频调相、系统备用、黑启动 |
| 压缩空气储能 | 大容量、低成本 | 场地要求特殊 | 削峰填谷、调频调相、系统备用、黑启动 |
| 飞轮蓄能 | 技术成熟 | 能量密度较低 | 调峰、频率控制、UPS、电能质量调节等 |
| 铅酸电池 | 投资低、建设快 | 寿命低、有污染 | 电能质量、可靠性、频率控制、黑启动、UPS |
| 锂电池 | 大容量、高密度、高效率 | 成本高 | 各种应用 |
| 钠硫电池 | 大容量、高密度、高效率 | 成本高、安全隐患 | 各种应用 |
| 液流电池 | 大容量、长寿命 | 能量密度较低 | 电能质量、可靠性、频率控制、削峰填谷、能量管理 |
| 超级电容器 | 长寿命、高效率 | 能量密度较低 | 电能质量、输配电系统稳定性、脉冲功率 |
| 超导电磁储能 | 大容量 | 成本高 | UPS、电能质量、输配电系统稳定性 |

3 储能产业的发展前景

由于我国的能源中心和电力负荷中心距离跨度大,电力系统一直遵循着大电网、大电机的发展方向,按照集中输配电模式运行,随着可再生能源发电的飞速发展和社会对电能质量要求的不断提高,储能技术应用前景广阔。国家电网公司近期确定的智能电网重点投资领域中包括了大量储能应用领域,如发电领域的风力发电和光伏发电中应用储能技术项目,配电领域储能技术,电动汽车充放电技术等。

储能技术主要的应用方向有:①风力发电与

光伏发电互补系统组成的局域网,用于偏远地区供电、工厂及办公楼供电;②通信系统中作为不间断电源和应急电能系统;③风力发电和光伏发电系统的并网电能质量调整;④作为大规模电力存储和负荷调峰手段;⑤电动汽车储能装置;⑥作为国家重要部门的大型后备电源等。

随着储能技术的不断进步,安全性好、效率高、清洁环保、寿命长、成本低、能量密度大的储能技术将不断涌现,必将带动整个电力行业产业链的快速发展,创造巨大的经济效益和社会效益。

4 促进大容量储能产业发展的政策建议

1) 将储能与新能源发展同步规划。按照实现整个电力系统安全运行和效率最优的原则,在规划新能源发电和电网输送线路的同时,应提出相应的储能解决方案,明确储能发展的规模和建设区域等。

2) 实施峰谷电价和储能电价政策。峰谷电价在不同地区可有所差别,但应尽量为电网削峰填谷和吸引储能投资创造更大空间。

3) 规范新能源发电技术要求与并网管理。国家应出台有关新能源并网的强制性技术标准,建立强制并网认证和检测制度。实施新能源发电出力短期预测报告制度,提高短期预测能力和水平。电网公司对符合入网要求的电能应及时全额接收,对电能质量差、发电预测误差大的新能源发电可选择性接收,并建立相应的惩罚机制。

4) 鼓励投资主体多元化。在理顺投资回报机制、规范入网技术要求的前提下,应鼓励发电商、电网公司、用户端、第三方独立储能企业等任何有条件的投资方投资建设储能装置。

5) 加紧安排多个储能示范项目。通过实施若干个储能示范项目为储能企业提供重要的工程实践机会,为未来大规模应用储能技术积累技术数据和运行经验。在示范项目中,要结合考虑各类储能技术的性能,在全面评价基础上,根据具体用途选用合适的储能技术。早期的示范项目可先与风力发电、光伏发电相结合,探索应用于风力发电和光伏发电的储能技术。

6) 加大对大容量储能技术的研发投入,鼓励储能技术多元化发展。储能技术的研究应超前于需求发展,不能等到出现瓶颈的时候再考虑加大

投入,另外需进一步加大对储能技术基础研究的投入,鼓励原始创新,掌握自主知识产权。应将大规模储能技术研究及其产业化应用列入国家科技重大专项。由于目前还没有任何一项储能技术完全胜任各种应用领域的要求,因此在重点扶持液流电池、锂离子电池等关键技术的同时,也应鼓励和支持其他储能技术发展。

5 结语

储能技术的应用是坚强智能电网建设的重要组成部分,可以有效地实现需求侧管理、消除昼夜峰谷差、平滑负荷,可以提高电力设备运行效率、降低供电成本,还可以作为促进可再生能源应用,提高电网运行稳定性、调整频率、补偿负荷波动的一种手段。智能电网的构建将促进储能技术升级、推动储能需求尤其是大规模储能需求的快速增长,从而带来相应的投资机会。随着储能技术的大量应用必将在传统的电力系统设计、规划、调度、控制方面带来变革。

储能技术关系到国计民生,具有越来越重要的经济价值和社会价值,国家应该尽快研究储能技术的相关产业标准,加强储能技术基础研究的投入,切实鼓励技术创新,掌握自主知识产权;从规模储能技术发展起始阶段就重视环境因素,防治环境污染;充分发挥储能在节能减排方面的作用,把对新能源的鼓励政策延伸到储能环节。

参考文献

- [1] 孔令怡,廖丽莹. 电池储能系统在电力系统中的应用[J]. 电气开关, 2008(5): 61-64.
- [2] CHENG Shi jie, YU Wei hui. Energy Storage and its Application in Power System Stability Enhancement [J]. Power System Technology, 2007, 31(20): 97-108.
- [3] DU Wenjuan, GAO Shan. Power System Oscillations and Energy Storage Systems [J]. Power System Technology, 2007, 31(20): 109-120.
- [4] 王金良. 风能、光伏发电与储能[J]. 电源技术, 2009, 33(7): 628-632.
- [5] 严俊,赵立飞. 储能技术在分布式发电中的应用[J]. 华北电力技术, 2006, 10: 16-19.

(下转第29页)

3.2 光学原理电子式互感器在 GIS 中的应用

光学原理电子式互感器原理先进,但制造工艺复杂、产品实现难度大,在国内真正投运的工程很少,在 GIS 中使用更是国内首次^[5]。蒙自站采用外置式的安装方法,来解决光学传感部分如何安装于 GIS 上这一技术难题。

3.3 过程层功能下放到就地设备

目前,在国内数字化变电站工程中, MU 一般安装在室内,智能操作箱则具有室内和室外两种安装方式^[3]。实际上合并单元是电子式互感器智能化部分,智能操作箱是断路器的智能化部分。在本站中,将 MU 和智能操作箱就地下放到 GIS 汇控柜或开关柜中,最大程度简化了二次回路设计。这样 GIS 汇控柜或开关柜可通过光纤与二次系统之间连接,智能化电气设备已具雏形。

综上所述,蒙自站具备了全数字化继电保护的基本特征,其技术水平和实现难度也代表了国内智能化变电站的建设水平。

4 全数字化继电保护的整定值设定方法

常规微机保护的整定值通常采用二次值,即折算到互感器二次侧的动作值;而全数字化继电保护系统因采用电子式互感器,保护的整定值不可能再按互感器变比进行折算。蒙自站采用的数字化继电保护装置,可以采用一次值进行整定,也可采用虚拟变比按常规继电保护的整定方法整定。

5 结语

1) 作为智能电网示范工程,110 kV 蒙自站内采用可靠、低碳、环保的国产化智能设备,并以其独特的信息数字化、网络化、标准化、互动性区

别于目前国内传统变电站。

2) 在 110 kV 蒙自站中,电子式互感器、开关智能操作箱等设备的使用、用光纤代替电缆作为测量、控制、保护等数字信号的传输介质、IEC 61850 标准的实现,使得蒙自站具备了全数字化继电保护的基本特征,其技术水平和难度也代表了国内智能变电站的建设水平。

3) 智能电网的建设中,智能变电站是变电站发展的方向和必然趋势。通过对蒙自站全数字化继电保护的介绍,可对其他变电站继电保护的数字化建设提供有益借鉴。

参考文献

- [1] 王 璐,王步华,宋丽君,等.基于 IEC 61850 的数字化变电站的研究与应用[J].电力系统保护与控制,2008,36(24).
- [2] 张沛超,高 翔,顾黄晶,等.全数字化保护系统的主要问题及解决方案[J].电力系统自动化设备,2007,27(6).
- [3] 林金洪.110 kV 数字化变电站继电保护配置方案[J].南方电网技术,2009,3(2).
- [4] 钱玉春,袁敬中,赵 琳,等.唐山郭家屯 220kV 数字化变电站建设及应用[J].电力系统自动化,2009,33(24).
- [5] 陈文升,唐宏德.数字化变电站关键技术研究与应用[J].华东电力,2009,37(1).

收稿日期:2010年6月

胡春琴 (1966-),工程师,从事继电保护整定工作

徐良骏 (1978-),工程师,技师,从事继电保护整定工作

周 鑫 (1977-),硕士,从事继电保护整定工作

石英超 (1984-),硕士,从事电网调度工作

(上接第 25 页)

- [6] 张 宇,俞国勤,施明融,等.电力储能技术应用前景分析[J].华东电力,2008,36(4):91-93.
- [7] 闫 涛,惠 东.基于电力电子模块技术的电力储能接入系统研究[J].河北电力技术,2009,28(3):17-20.
- [8] 俞振华.大容量储能技术的现状与发展[J].中国电力企业管理,2009,7:26-28.
- [9] 张华民.高效大规模化学储能技术研究开发现状及展望[J].电源技术,2007,31(8):587-591.
- [10] 杨裕生,张 立.液流电池蓄电技术的进展与前景

[J].电源技术,2007,31(3):175-178.

- [11] 袁 琦.可再生能源发电中的储能技术[J].电力电容器与无功补偿,2009,30(5):30-42.

收稿日期:2010年6月

华光辉 (1983-),硕士,工程师,从事发电机励磁、电力系统稳定控制、机网协调控制研究工作

赫卫国 (1978-),硕士,工程师,从事发电机励磁、新能源发电、机网协调控制研究工作

赵大伟 (1981-),硕士,工程师,从事发电机励磁、次同步振荡控制、新能源发电研究工作