

储能对于青海大规模光伏电站接入的影响研究

通过详细介绍青海光伏发展现状，总结出了大规模光伏并网后对电力系统安全、稳定运行带来的一系列影响，并通过分析储能系统应用于电网的优势及其大规模推广的主要问题。

李春来 张海宁 杨立滨 杨军 李正曦/国网青海省电力公司电力科学研究院



李春来/高级工程师

关键词/Keywords

空气压缩储能·
光伏接入·
削峰填谷·

0 引言

受发电设备固有惯性和运行经济性限制，传统电力供应（水电、火电和核电）自身具有大规模、连续性特点；而用电负荷固有的随机性和间断性造成了二者之间存在必然的矛盾。虽然可以通过加强电源和电网建设、投资进行解决，但这将导致发电、输电和变电设备的利用效率大大降低并严重影响一次能源的利用效率和电厂的运行经济性。光伏发电的大规模开发和利用，将使这一矛盾进一步加剧和恶化。因此，亟需通过开展储能对于青海大规模光伏电站接入影响的研究，为各种储能电池和并网装置在电力储能系统中推广应用提供技术支持和决策支持，并促进储能电池和并网装置产品的性能改进和升级换代，最终，促进国内储能技术发展，以提高一次能源和输变电设备的利用效率，减少温室气体排放量。

国家科技支撑项目《含大型光伏电站的多种能源发电联合运行控制关键技术研究及示范》（编号：2013BAA02B01）

1 光伏发展现状

青海是全国太阳能资源最丰富的地区之一，日照时间长，年辐射总量达580~740万J/m²，直接辐射量占总辐射量的60%以上。特别是柴达木盆地，年均日照超过3 100 h，年辐射总量大于680万J/m²，有可用于光伏发电建设的荒漠化土地10万km²，理论装机容量可达30亿kW。近年来，青海省委、省政府把光伏产业作为战略型新兴产业全力予以推进，产业发展取得了显著成效。截至2013年年底，青海省已建成集中并网的光伏电站装机容量310万kW，占全省发电装机总量的18.29%。预计“十二五”末并网容量将超过500万kW，规划“十三五”达到1 000万kW，青海电网已成为全国光伏集中并网发电增长最快的省级电网之一。

2 光伏电站接入对电网的影响

电力系统的调峰能力有限是制约青海省规模化光伏接入的最主要因素，这是由两个关键因素共同决定的。

1) 负荷的峰谷特性。电力系统的负荷是随机波动的，但对于一个大的电力系统，负荷的变化又有一定的规律可循，每天都有一个负荷最大值和最小值，即峰荷和谷荷，负荷的峰谷差越大，对电力系统的影响越大。目前电力系统的负荷预测技术经过多年的发展，已经比较成熟，预测精度也比较高，误差一般在5%以内，从而使得电力系统可以提前安排运行方式，保障电网的运行

安全。也就是说,目前负荷是一个可预测但不可控的变量。

2) 发电厂的调节能力。电力系统的发电和用电必须同步完成才能保证电力系统的稳定,但目前对负荷的变化还不能进行控制,只能通过随时调整发电厂的出力来适应负荷的变化。负荷增加时,必须同时增加发电厂的出力满足负荷的需求;负荷降低时,必须同时降低发电厂的出力保持发供电的平衡,负荷的波动越大,就需要电力系统发电厂的调节幅度越大。但发电厂也有一个允许的出力调节范围,上限不能超过额定出力,下限不能低于发电厂的安全运行限值。火电厂的安全下限,一般在60%~70%,出力再下降,就会导致火电厂被迫停机,而火电厂的启停至少需要一天的时间,启停一次的代价动辄需要数十万元,所以一般尽量需要避免火电厂进行启停调节;水电厂的调节能力较强,安全下限很低,而且启停调节的速度很快,也不需要额外的费用,但必须保证下游的水量,青海很多水电厂都是采用以水定电的方式进行发电,调节的能力也受到一定的限制。

目前的电力系统,是由可调但调节能力有限的发电厂来满足可预测但不可控的负荷的,只要负荷的变化在发电厂的可调范围之内,电力系统都能维持安全稳定运行。

光伏发电是一个波动性的、间歇性的能源。光伏电站的发电出力完全取决于太阳的辐照强度:中午阳光最强时出力最大,早晨和傍晚很小,晚上出力降到0,但这只是一个大致的规律;白天云彩的遮挡就会导致光伏电站出力的急剧降低,云一旦移走光伏电站的出力又迅速恢复。目前国内还没有光伏发电功率预测系统,光伏电站的出力成为一个不可预测也不可控制的变量(负荷是一个可预测不可控的变量)。如果未来几年内开发出光伏功率预测系统,较为准确地预测出光伏电站的出力,电力系统就可以像对待负荷一样,提前准备、提前安排常规发电厂,以应对光伏电站出力的波动性。因此,光伏发电的功率预测系统,有利于电力系统的调度运行和安全稳定。

除了调峰问题以外,无功电压、电能质量和

暂态稳定等也是限制光伏接纳能力的重要因素。为增加青海电网规模化光伏的接入,需要考虑采用以下几个方面的措施。

1) 光伏发电功率预测。只有实现光伏电站出力预测,才能提前合理安排常规电厂的开机方式和运行曲线,保障电网以最佳状态接纳波动性的光伏发电。

2) 增加调峰电源。考虑通过增加大规模储能,例如空气压缩储能、抽水蓄能等方式,进一步增加电网的调峰电源,缓解因调峰容量不足带来的限制光伏电站接入的影响。

3) 光伏发电与风电、常规电源的协调发展。在风电与常规电源的规划与布局上充分考虑光伏发展规划,相互协调发展。

4) 远期更大规模光伏发展的输送方式、消纳市场、调峰问题的研究。

5) 光伏发电的就地消纳。探讨在光伏发电基地建设高附加值的高耗能企业,就地消纳光伏发电量。

6) 深入和细化研究规划光伏电站对电网的影响,提出对光伏电站的并网要求,包括无功电压调节能力、有功功率控制能力及低电压穿越等等。

另外,目前光伏发电技术发展较快,光伏的转化效率、组件的价格和太阳能利用方式等都有很大的提升空间,需要考虑是否先稳步发展,待技术完全成熟以后,再更大规模发展。

3 储能的作用

目前,储能系统在电力系统中应用的目的主要为削峰填谷、新能源接入、电能质量改善和应急电源。具体体现在以下几个方面。

(1) 削峰填谷

储能系统削峰填谷作用示意图如下图所示。

由于电力生产过程的连续性,要求发、输、变、配电和用电在同一瞬间完成,因此发电、供电、用电之间必须随时保持平衡,电力系统内的发电端必须有一定的备用容量。电力的需求在白天和黑夜、不同季节间存在巨大的峰谷差,从建设成本和资源保护的角度出发,通过新增发输配电设备来满足高峰负荷的需求变得越来越困难。

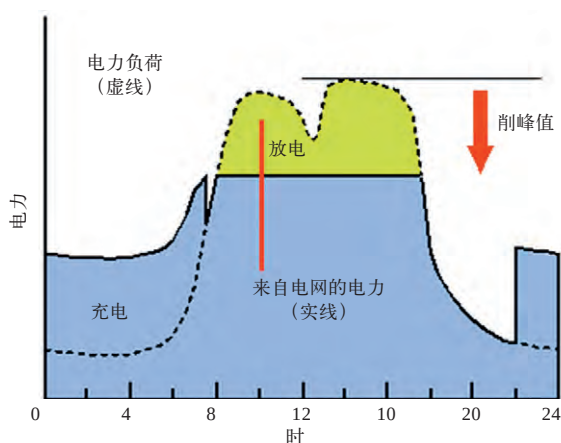


图 储能系统削峰填谷作用示意图

同时，分布式电源得到越来越多的应用，电网可靠性和调峰的要求也越来越高。这些特点使得分散的储能系统的重要性日益增加。如果能将夜间多余的电能储存起来，在白天用电高峰时再释放出来，则可以减少发电设备的投资，提高电力设备的使用率，减小线路损耗，提高供电可靠性，并获得可观的经济效益。抽水蓄能电站、电池储能系统就是能起到削峰填谷作用的电能储存系统。

(2) 储能系统用于可再生能源功率稳定，提高电网安全性和经济性

根据国家的能源战略，在十一五、十二五期间，可再生能源将得到大发展，以逐渐改变不合理的能源结构。然而，诸如风电、太阳能发电都有功率变动大、发电与用电需求不同步的缺点（如风大时通常用电不紧张，连续阴天时太阳能无电可供）。因此，在风力发电、太阳能光伏发电或地热发电等可再生能源发电设备中储能系统成为必不可少的辅助装备。有了储能装置的配合，这些不稳定、与用电需求不同步的分散发电设备才有可能向电网、用户稳定地供电。

(3) 电能质量改善

储能装置用于电力系统稳定控制时，可以通过快速的电能存取来响应负荷的波动，吸收多余的能量或补充缺额的能量，实现大功率的动态调节，很好地适应频率调节和电压与功率因数的校正，从而提高系统运行的稳定性。

(4) 应急电源

对于供电紧张的电力系统来说，规模化电

池储能技术可望提供最佳的解决方案。规模化电池储能系统可以有3种方式帮助实现对用户可靠供电：①在关键时刻辅助供电或者传输电能；②将对供电负荷需求从峰值时刻转移到负荷低谷时刻；③在强制停电或者供电中断的情况下向用户提供电能。另外，储能系统还可以通过快速的无功调节来稳定供电端的电压质量。

4 技术推广面临的问题

储能系统的推广应用方面存在一定的不足，主要表现为以下几个方面。

(1) 储能系统投资回收期较长

储能系统由于造价较高，经两次转换后，转换损耗至少为15%，如不考虑光伏电站弃光等因素，光伏电站投资储能将造成成本的大量浪费。

(2) 各类大容量储能系统推广示范应用不足

目前国内大规模储能方式物理储能类型的抽水蓄能、空气压缩储能方式和化学储能类型的液流电池储能、新型铅酸电池储能及锂离子电池储能方式，国内尚未有统一的示范平台对上述储能方式的优缺点进行综合比较，因此造成储能项目的推广应用方面没有标杆的支持。

(3) 缺少政府对光伏发电企业投资建设储能系统的配套政策

大规模储能的应用推广，现阶段必须由相关政府部门提出投资建设储能系统的产业政策和电价政策的支持，待储能产业技术进步，成本进步一步降低后，再考虑逐步取消相关的补贴政策。

(收稿日期：2015-03-30) EA

作者简介

李春来（1980-），男，高级工程师，从事风电、太阳能等新能源发电及并网技术领域的工作。