

Analytical Investigation of New Energy Power Generation in Yunnan Province*

Xuefeng Hu^{1,2#}, Jingwei Yu^{1,2}, Xiangyu Tan³, Yajing Gao², Shengping Zhao¹, Lei Tian⁴

¹Workstation of North China Electric Power University and Yunnan Power Grid Company, Kunming

²North China Electric Power University, Baoding

³YunNan Electric Power Test & Research Institute Group Co., Ltd. Electric Power Research Institute, Kunming

⁴Workstation of Kunming University of Science and Technology and Yunnan Power Grid Company, Kunming
Email: [#]tohuf.angle@163.com

Received: Jul. 3rd, 2013; revised: Jul. 22nd, 2013; accepted: Jul. 29th, 2013

Copyright © 2013 Xuefeng Hu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: Facing the increasingly serious problems of environmental pollution and resource depletion, new energy power generation which is economic and environmental attracts more and more attention of us. Yunnan Province has huge reserves of new energy, such as wind, solar, biomass, and shale gas, and its potential development is considerable. This paper analyzes the problems of new energy development in Yunnan Province from two aspects: advantages and challenges in the development of new energy, and introduces a kind of wind-light-storage complementary system which is suitable for the characteristics of Yunnan power grid.

Keywords: Yunnan Province; New Energy; Wind Power; Photovoltaic; Wind-Light-Storage Complementary Power Generation System

云南新能源发电分析研究*

胡雪峰^{1,2#}, 于靖微^{1,2}, 谭向宇³, 高亚静², 赵盛萍¹, 田雷⁴

¹华北电力大学云南电网公司研究生工作站, 昆明

²华北电力大学, 保定

³云南电力试验研究院(集团)有限公司电力研究院, 昆明

⁴昆明理工大学云南电网公司研究生工作站, 昆明

Email: [#]tohuf.angle@163.com

收稿日期: 2013年7月3日; 修回日期: 2013年7月22日; 录用日期: 2013年7月29日

摘要: 面对日趋严重的环境污染和资源枯竭问题, 经济环保的新能源发电越来越多地受到人们的重视。云南风能、太阳能、生物质能及页岩气等新能源储量巨大, 开发潜力可观。本文从云南开发新能源的优势和挑战两方面分析了云南新能源发展遇到的问题, 分析介绍了一种适合云南电网特点的风光储互补发电系统。

关键词: 云南; 新能源; 风电; 光伏; 风光储互补发电

1. 引言

随着云南经济社会的发展, 能源需求也在迅猛增长, 而日益突出的资源和环境问题使常规能源的发展

受到制约。相对于传统能源, 新能源普遍具有污染少、储量大的特点, 对于解决当今日趋严重的环境污染和资源枯竭问题具有重要意义。云南的风能、太阳能、生物质能等新能源储量丰富, 大力发展新能源发电对于推动技术进步, 改善能源结构, 实现低碳社会具有重要意义。然而, 新能源发电普遍具有波动性和随机

*云南电网公司科技项目: 云南智能电网建设战略规划研究(K-YN2 012-169)。

[#]通讯作者。

性，其在电网中渗透率较高时将对电力系统的安全稳定产生重大影响。

2. 云南开发新能源发电的优势

2.1. 新能源储量巨大，开发潜力可观

云南省风能资源总储量为 122,910 MW，其中可开发风能资源储量为 28,320 MW。“十二五”期间，云南省包括测风、设计、建设、运营的所有风电项目总容量达到 14,081 MW。太阳能资源总储量为 2.14 E+15 MJ/a，开发价值好且技术可获量为 4.64 E+11 MJ/a，相当于每年获得 1583 万吨标准煤。云南省规划光伏电站 702 MW，“十二五”期间，各类太阳能电站容量将达到 502 MW。云南全省可利用的主要农作物秸秆资源量为 756 万吨/年，林业生物质能源资源总量约 2000 万吨/年，相当于每年获得 1378 万吨标准煤。“十二五”期间，云南生物质能装机约为 279.1 MW^[1]。页岩气是一种清洁、高效的气体能源，据国土资源部的评估，我国页岩气储量为 25 万亿立方米，全球第一。中国西南地区页岩气储量丰富，占全国总量的 39.63%，云南省是页岩气资源大省，昭通已建成一个国家级页岩气开发示范区。云南新能源基本状况如表 1 所示。

2.2. 完善电源结构，提高电网的可靠性

由于云南气候和地理位置特殊，风力发电方面，6~10月丰水期期间风速较小，10月以后风速逐渐增大，冬春季达到最大；光伏发电方面，丰水期虽然日照强度大，但受天气原因制约日照时间短，光伏出力保持低水平，11月以后光伏出力逐渐上升，春季达到最大值。云南典型风电、光伏年出力曲线分别如图 1、图 2 所示。风能、太阳能资源总体呈现出冬春季大、夏秋小的特点，与水电的丰枯季出力特性正好相反^[1]，大力发展风电和光伏有利于改善云南电源的结构特性。

随着经济的快速发展，各行各业都进入了数字化时代，用电量猛增，只有为他们提供优质可靠的电力供应才能为经济的发展提供保障。大电网在用电高峰期的脆弱性降低了电网的可靠性，而新能源发电能够在一定程度上缓解这种状况，避免了系统因超负荷停电带来的经济损失。

2.3. 有利于扩大云南电网的覆盖面

云南地势复杂、山区众多，利用煤炭、石油及天

Table 1. Basic situation of new energy in Yunnan
表 1. 云南新能源基本状况

	储量	“十二五”开发量	开发技术成熟度
风能	28,320 MW	14,081 MW	较成熟
光伏	702 MW	502 MW	较成熟
生物质能	2756 万吨/年	279.1 MW	较成熟
页岩气	西南地区占全国总量 39.63%	示范阶段	研究阶段

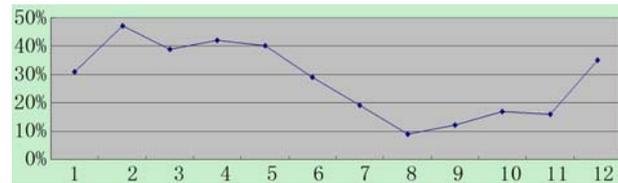


Figure 1. Annually output curve of wind power
图 1. 风电年出力曲线



Figure 2. Annually output curve of PV power
图 2. 光伏年出力曲线

然气等传统能源的发电方式形成的电网覆盖面受地理环境的制约，使得一部分偏远地区并未实现通电，用电的限制在一定程度上制约了这些地区的经济发展。新能源发电出现后，可以利用当地的风能、太阳能或生物质能等能源来设计合理的微电网系统，实现微电网供电。这样在充分发挥云南的资源优势的基础上实现了电力建设的快速发展，同时扩大了整个电网的覆盖面积，使电力系统朝着较好的方向发展。

2.4. 节约成本，提高安全性

传统必须的发电方式形成的输电系统一般是长距离高压输送，这样就要求必须配备相应配套的输变电设备，不仅占地面积大，而且成本较高。而新能源发电方式则可以把发电设备建在终端用户的附近，一些家用电源甚至可以直接安装在居民的家里，这样就大大降低了输电成本^[2]。在一些偏远的山区可以直接

在当地建设小型风电场、光伏电站或生物质能电厂，从而节约电网的建设费用，降低了供电成本。另外，传统电网存在一定的安全隐患，如果发生战争或者自然灾害，或者是技术故障等，这些因素都会导致电网系统的大范围的停电。而利用新能源发电形成的小网络就能避免这些现象的发生，从而提高电网的抗破坏能力，在一定程度上保障电网的运行安全，另外新能源机组在电网黑启动中也能发挥启动电源的作用。

3. 云南开发新能源发电的挑战

3.1. 技术和相关政策难题

新能源发电属于一项新兴的科学技术，面临的相关的技术难题还很多。风电和光伏的并网及功率预测技术欠缺，风力和太阳能的随机性和波动性对电网电压、频率产生扰动，功率的不可预测使得风电和太阳能的调度变得困难。生物质能原料大规模收集困难及直燃发电水平较低^[3]，高温污染性严重，一个装机 25 MW 的直燃电厂每天大约燃烧 500 t 燃料，由于秸秆密度小，采用 1~5 t 的农村小型运输车，每天需要运输几百次，燃料成本大大增加。云南省具有代表性的木屑和烟秆，变形温度分别为 1220℃ 和 1070℃，木屑灰具有中等结渣性，烟秆灰具有严重结渣性，由于污染性。页岩气开采技术落后亟需解决，我国页岩气开采还处在探索示范阶段，开采技术的落后是制约产业发展的关键。同时，由于新能源产业投资成本较高，很难在短时间内收回投资成本，如果没有国家对新能源产业的扶持政策，发电企业开发积极性不高，各项新能源发电产业都还需要国家的进一步的优惠政策出台。

3.2. 对电能质量的影响

新能源发电的大规模并网对电网电能质量将产生较大影响，主要表现在电压波动和闪变、谐波污染及频率质量等方面。新能源发电系统通常采用电力电子装置并网，电力电子装置产生电压电流谐波是不可避免的，电网不对称故障产生的负序电压以及电网自身的电压谐波，与新能源发电站变流器相互作用，也会导致变流器产生附加谐波电流^[4]。当大电网具有足够的备用容量和调节能力时，新能源发电功率波动引起的频率偏差不会对系统稳定造成太大影响，电压波

动和闪变是主要影响方面。如果新能源发电站所接入电网的有功调节能力不足，则新能源发电将会引起电网频率波动和稳定性问题^[5]。

3.3. 对电网安全防御方案的冲击

随着电网中新能源机组的比重不断提高，新能源波动性的影响也随之越来越大，电网既有的继电保护、低频减载、高周切机等安全措施动作的准确性都将受到影响，新能源出力波动引起的电压、频率变化容易引起保护设备在故障状态下不动作或在正常状态下误动作的现象。为确保电网的安全稳定，在风电、光伏等新能源比例较高的地区需要重新研究其各种保护设备动作的准确性，避免误动作或拒动造成事故损失。

3.4. 新能源出力受限制

“十二五”期间，云南即使无风电接入，云南电网水、火电规划规模已有富余，在此大背景下若还要接纳风电等新能源，就须相应调减火电或水电的出力，枯期通过减少火电出力来接纳新能源，丰期则通过增加弃水电量，直接导致了水、火电的发展环境及空间的进一步挤压和恶化。由于风电等新能源发展迅速，对电网具有不友好性，且风电等新能源收购成本较高，很多地区风电无法并网或被限制出力。建成一个 50 MW 风电场仅需要 3 个月，而相关的电网侧配套输电等设施建设周期则以年为单位，目前云南大理地区风电建设速度过快，很多风电场都无法并网发电。

4. 风光储互补发电系统

云南新能源开发可以同时采取集中式并网和分布式发电并网两种方式，在风况或日照较好的地区，可以建设经济效益明显的大型风电场或光伏电站，在缺电山区或一般社区，新能源可以以对电网影响较小的分布式发电技术组建微电网。风光储互补发电系统就是一种微电网，在云南广大山区会有广泛应用潜力。

风光储互补发电系统是一种将风能和太阳能转化为电能并具备一定储电能力的装置，是由风力发电机、太阳能电池和蓄电池组成的联合供电系统。风光互补供电系统主要由风力发电机组、太阳能光伏板、

控制器、蓄电池、逆变器、卸荷器、交流(直流)负载等部分组成,系统结构图如图3所示。该系统是集风能、太阳能及蓄电池等多种能源发电技术及系统智能控制技术为一体的复合可再生能源发电系统^[6]。

风光储互补发电系统和单纯的风电或光伏发电相比,电力输出更加平稳可靠,是一种比单一风力或光伏发电更经济可靠的选择^[7-9]。太阳能和风能在昼夜和季节上的天然互补性,即白天太阳光照好,风小;夜晚无光照但风较强;夏季日照强度大而风小,冬季日照强度弱而风大^[10,11],电能输出比较稳定,系统具有较高的可靠性。

风光储互补发电系统可以作为离网型中小型独立供电系统,该系统适用于风、光充足且远离电网的缺电或无电的农村、牧区、野外通信基站等。尤其在云南这样一个山区众多的省份,靠传统电网实现通电到每个山村需要付出巨大的代价,包括线路建设、维护及损耗等等。在农村推广应用风光储互补发电技术,充分利用风能和太阳能资源在时间和季节上的互补性,可以有效地给当地居民的生产、生活供电,同时还不会产生燃料消耗和环境污染,风光储互补发电系统在云南农村有广泛的应用前景。

5. 结论

云南各种新能源资源丰富,开发潜力巨大,开发新能源对于完善云南电源结构、扩大电网覆盖面、提高供电的可靠性和安全性都有重要意义,但是当电网中新能源渗透率太高时,受限于目前的技术条件,新能源会对电力系统的电能质量及安全保护设备造成比较明显的影响,在云南水电大发时期,部分新能源机组可能会被限制出力。考虑到云南山区众多,地势复杂的现状,建设输电线路到偏远山区需要付出较高

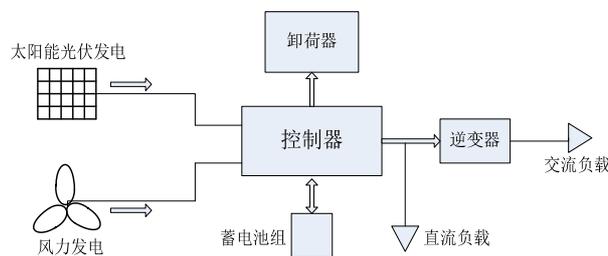


Figure 3. Wind-light-storage complementary power generation system

图3. 风光储互补发电系统

成本,以风光储互补发电系统为基础构建的微电网在云南具有良好发展前景。

参考文献 (References)

- [1] 王兴刚. 云南“十二五”新能源规划研究[C]. 云南: 2012年云南电力技术论坛论文集, 2012, 304-306.
- [2] 吕琨璐, 王宁, 吕剑坤等. 浅谈我国新能源发电技术及其意义[J]. 今日科苑, 2013(2): 122.
- [3] 甄恩明, 蔡正达, 王文红. 浅谈生物质气化发电技术及应用潜力[J]. 云南电力技术, 2012, 5: 16-21.
- [4] L. Yong, R. Li, G. A. Putrus, et al. Evaluation of the effects of rotor harmonics in a doubly-fed induction generator with harmonic induced speed ripple. IEEE Transaction on Energy Conversion, 2003, 18(4): 508-515.
- [5] C. Luo, B. T. Ooi. Frequency deviation of thermal power plants due to wind farms. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2006, 21(3): 708-716.
- [6] 扁旭涛. 风光互补供电系统的运行与应用分析[J]. 城市建设理论研究, 2012, 5: 32-34.
- [7] R. Chedid, H. Akiki and S. Rahman. A decision support technique for the design of hybrid solar-wind power systems. IEEE Trans on Energy Conversion, 1998, 13(1): 76-83.
- [8] M. A. Elhadidy, S. M. Shaahid. Parametric study of hybrid (wind + solar + diesel) power generating systems. Renewable Energy, 2000, 21(2): 129-139.
- [9] H. Yang, L. Lu and W. Zhou. A novel optimization sizing model for hybrid solar-wind power generation system. Solar Energy, 2007, 81(1): 76-84.
- [10] 沈从举, 贾首星, 汤智辉等. 风光互补发电系统在农村的推广应用[J]. 机械研究与应用, 2013, 2: 86-88.
- [11] 郭创新, 张理, 张金江等. 风光互补综合发电系统可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 1: 102-108.