

四川省光伏发电开发利用现状分析及发展

吴晓刚, 黄睿

(国网四川省电力公司电源技术中心, 四川成都 610072)

摘要: 对四川电网中的光伏电站的发展现状进行了分析,总结了其对电网安全稳定运行的影响,并提出了发展光伏发电的一些建议和措施。

关键词: 光伏发电; 四川电网; 安全运行

Abstract: The development status of photovoltaic power stations in Sichuan power grid is analyzed, its impact on the safe and stable operation of power grid is summarized, and some suggestions and measures for the development of photovoltaic power generation are proposed.

Key words: photovoltaic power generation; Sichuan power grid; safe operation

中图分类号: TK51 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)03-0085-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.03.020

1 四川省发展光伏发电的必要性

1.1 环境容量有限

四川省作为长江上游的生态屏障,肩负着维护长江上游生态的重任。固有的地形地貌,又使四川省主要人口和主要产业都聚集在盆地腹心地区。特殊的地理位置和和几千年形成的经济布局,使四川的环境容量相对有限,因此,必须满足低能耗、低污染的要求。

1.2 盆地地形需要

四川盆地是全国酸雨污染最严重的地区之一。固有的盆地地形,使大气污染难以扩散。一方面,盆地地形加剧了本地的大气污染,另一方面四川的废气排放量又明显偏高。大力开发使用无污染的光伏发电,对减少以二氧化碳为代表的废气排放具有重要作用。

1.3 降低生产成本

随着资源日趋枯竭,同时对环保的要求越来越高,化石能源开采成本必然大幅上升。随着移民安置和生态保护标准提高,水电的发电成本也将明显

上升。与此同时,光伏发电的开发成本由于技术的快速发展而不断降低。大力发展光伏发电,有利于降低四川企业的生产成本和竞争能力。

1.4 供求需要平衡

四川已在整体上进入工业化中期,高能耗工业发展迅速。目前,六大高耗能工业占四川省工业增加值的比重已超过全国的平均水平。面对中国的化石能源现状,大力增加光伏发电的产能,可以有效弥补能源供求缺口。

预计2015年四川电网需电量和最高负荷分别约225 000 GWh和4 250 MW/h,“十二五”期需电量和最高负荷年均增长率分别约7.8%和9.5%;2017年四川电网需电量和最高负荷分别约258 000 GWh和4 950 MW/h;2020年四川电网需电量和最高负荷分别约302 000 GWh和60 200 MW/h,“十三五”期需电量和最高负荷年均增长分别约6.1%和7.2%。

2 四川省光伏发电面临的主要问题

2.1 日照时间相对不足

表1 四川电网2006—2013年电力供需增长情况表

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
全社会用电量/GWh	105 940	117 750	121 340	132 460	154 900	174 800	183 070	194 900
全网最大负荷/MW	17 870	20 300	20 900	22 920	27 000	31 000	32 800	35 500
利用小时数/h	5 928	5 800	5 806	5 779	5 737	5 639	5 581	5 490

表2 四川电网电力需求预测

年份	2013年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
需电量/GWh	194 900	225 000	238 700	258 000	268 700	285 100	302 000
最高负荷/MWh	35 500	42 500	45 560	49 500	52 360	56 130	60 200
利用小时数/h	5 490	5 294	5 240	5 212	5 133	5 080	5 017

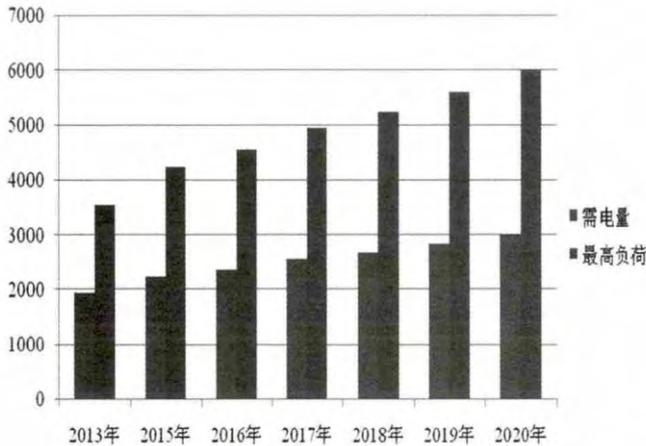


图1 四川电网电力需求预测

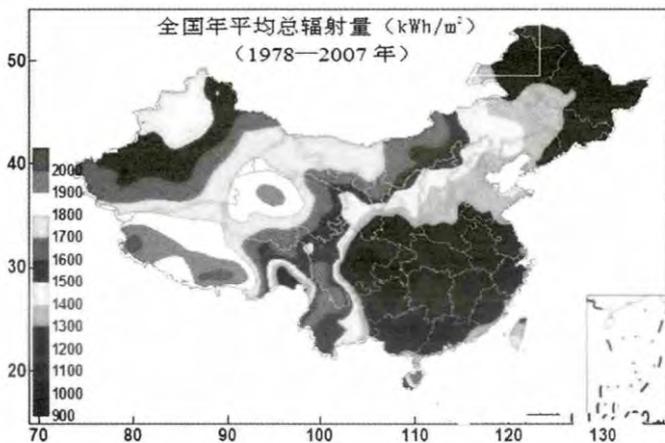


图2 国家气象局风能太阳能资源评估中心提供的中国1978—2007年平均的总辐射年总量空间分布(kWh/m²)

尽管太阳能是取之不竭的新能源,但不同地区的太阳能资源却存在明显差异。中国太阳能资源分布的特点是,青藏高原为高值中心,四川盆地为低值中心。四川的气候复杂多变,西部是川西高原,东部是川东盆地,全年云雾多、日照少,有云雾的阴天每年平均占200天以上,冬雾尤甚。由于盆地雨多、雾多、晴天较少,四川是太阳年辐射总量最小的省份之一。全省21个市州,除攀枝花、阿坝州的年平均日照时数高于2000h,凉山州、甘孜州的年平均日照时数接近2000h外,其余17个市州的年平均日照时数,均低于1400h。西部高原全年日照约2000

~2500h,太阳总辐射量多为5000~6800MJ/m²;东部盆地全年日照范围900~1600h,盆西900~1200h,盆中1200~1400h,盆东1400~1600h。从整体来看,四川省太阳能资源不具备开发优势,也不能成为未来能源供应主力;但可以根据区域特征,集中力量进行区域局部重点开发。

2.2 土地资源明显不足

四川的人均土地面积只相当于全国平均水平的四分之三,人均耕地面积不到全国的一半。大量占用土地用于光伏电站建设,受到较大限制。

2.3 新能源人才严重匮乏

在新能源产业发展中对各类人才的需求是很大的,四川省没有形成新能源产业人才培养体系,专门人才严重匮乏是制约新能源产业发展的关键因素之一。

3 四川省光伏发电项目开发情况

截止2014年9月,四川省已经建成的唯一一个光伏电站是树堡乡光伏电站,装机容量为30MWh。目前,省内所有太阳能发电项目已核准(备案)的有8个,装机容量为190MWh。获得路条的项目有4个,装机容量为155MWh。处于前期调查阶段的项目有5个,装机容量为110MWh。属于十三五规划的项目一共有6个。整个已有的光伏项目总装机容量为455MWh。

目前甘孜州拥有6个光伏项目,累计装机容量为195MWh,占四川省总装机容量的42.9%。其中获得路条的有2个,累计容量为75MWh;备案的有2个,累计容量为60MWh,属于十三五规划的有2个,累计容量为60MWh。凉山州拥有7个光伏项目,累计装机容量为180MWh,占四川省总装机容量的39.6%。其中已经建成的有1个,容量为30MWh;已经核准的有3个,累计容量为50MWh;获得路条的有2个,累计容量为80MWh;备案的有1个,容量为20MWh。阿坝州拥有3个光伏项目,累计装机容量为50MWh,占四川省总装机容量的

11%。这3个光伏项目均属于十三五规划。攀枝花拥有1个光伏项目,容量为30 MWh,目前属于备案状态。

表3 四川省各市州光伏发电项目情况

地市州	电站名称	容量 /MW	预计年发电量 /MWh
甘孜	洛若乡光伏电站	50	71 840
	火古龙村光伏电站	50	77 050
	傍河乡光伏电站	35	十三五规划
	共塘岗光伏电站	50	十三五规划
	竹桑乡光伏电站	50	十三五规划
	树堡乡光伏电站	30	40 000
凉山州	会理光伏电站	50	40 433
	阿月光伏电站	10	14 221
	下大沟光伏电站	30	核准
	小龙潭光伏电站	30	41 586
	三棵树光伏电站	50	核准
	红原光伏电站	20	十三五规划
阿坝州	若尔盖光伏电站	20	十三五规划
	壤塘光伏电站	50	59 990
攀枝花市	万家山光伏电站	30	39 915

4 光伏发电对电网的影响

4.1 对系统有功/无功特性的影响

光伏发电具有以下特性: 1) 随机波动性; 2) 无转动惯量; 3) 低电压穿越的问题; 4) 易发生脱网; 5) 通过逆变器并网, 具备四象限控制及有功/无功解耦控制的能力。

光伏系统的这些特性, 使得大规模光伏接入后系统的稳态特性和暂态特性均发生变化, 这将影响到系统的规划和运行。光伏出力大幅、频繁的随机波动性对系统有功平衡造成了冲击, 进而影响到系统的一次、二次调频等运行特性, 对经济调度产生很大的影响, 频率质量越限等风险加大; 系统备用优化策略等将因光伏接入而发生变化, 对与常规能源的网源协调控制以及调频参数的整定等也提出了更多的适应性需求; 同时, 由于光伏电源是非旋转的静止元件, 随着接入规模的增大, 系统等效转动惯量降低, 对系统应对功率缺额和功率波动的能力形成威胁, 极端工况甚至会发生频率急剧变化, 触发低频减

载、高频切机等运行问题。

同时, 大规模光伏集中接入点更多是在远离负荷中心的地区, 当地负荷水平较低, 需要通过高压输电送出。由于接入地区的电网短路容量相对较小, 输电通道距离相对较长, 有功功率的随机波动将会对电网无功平衡特性产生影响, 进而造成沿途的母线电压大幅波动。同时, 由于光伏电源无功电压支撑能力较弱, 使得发生电压质量越限甚至电压失稳的风险加大; 另外, 分布式的光伏接入使得电网的结构发生变化, 单电源结构变成了双电源或多电源结构, 电网的潮流分布也相应的会发生很大变化, 进而对电网的电压质量、继电保护等问题都会产生很大影响。

4.2 对功角稳定性的影响

光伏电源本身不存在功角稳定问题, 但由于其随机波动性且无转动惯量, 同时, 大规模的光伏电源接入后改变了电网原有的潮流分布、通道传输功率, 减小了系统的等效转动惯量; 同时, 考虑故障时光伏具有与常规机组不同的动态支撑性能, 因此光伏电源接入后电网功角稳定性会发生变化, 变化情况取决于电网拓扑结构、电网运行方式及所采用的光伏电源控制技术、光伏并网位置及规模。光伏并网还可能因低电压穿越能力不足造成大面积脱网, 这将对系统稳定性带来的巨大的冲击。

光伏发电的随机波动性改变了系统运行特点, 与常规机组相比, 光伏发电由于采用逆变器并网, 具有不同的控制策略, 这些都会改变系统的阻尼, 不但对系统原有的机电振荡模式产生影响, 也会带来新频段范围的振荡。

4.3 对小扰动稳定性的影响

光伏电源虽不存在机械与电磁量不平衡的动力学稳定问题, 但也存在电气运行不稳定问题, 进而当大规模光伏并网后也会影响到电网的稳定性。

4.4 对电能质量的影响

由于光伏电源含有大量的电力电子器件, 当大规模的光伏电源接入系统后, 将会使得大量非线性负载也加入到系统中, 对电力系统的电能质量造成污染, 最突出的就是逆变器导致的谐波问题; 当太阳变化剧烈, 引起输出功率变化过于剧烈的情况下, 将会产生较大的谐波, 也会出现大规模光伏集中并网时电流谐波叠加的问题等。现有的国内外光伏电站的运行经验表明: 即使单台并网逆变器的输出电

流谐波较小,多台并网逆变器并联后输出电流的谐波也有可能超标。针对光伏接入后的电能质量问题,已经提出抑制谐波的有效方法:包括增加谐波补偿器、无源固定频次滤波器、有源滤波器、混合滤波器等;同时,直流注入,电压波动、闪变以及电压偏差、频率波动等也是光伏并网需要解决的关键问题之一,产生原因是多方面的。目前,提出治理直流注入的有效解决方法包括:1) 安装隔离变压器;2) 设计合理的逆变器拓扑结构;3) 电容隔直;4) 检测补偿;5) 虚拟电容法等。

4.5 对配电系统保护的影响

光伏电源接入电网后使电网的故障特征发生了变化,将会对继电保护和自动装置产生如下影响:

1) 电网结构由单电源辐射状网络变为双电源、多电源的复杂拓扑结构,从而故障电流大小、方向及持续时间均发生变化,原有馈线保护都将受到影响,保护装置会发生误动或拒动;

2) 与变压器相连的逆变器会额外形成接地回路,影响零序电流或在单相接地故障时的对地电压,改变继电保护的動作特性;

3) 新增加的保护内容,如低电压穿越、输出谐波超标、输出直流分量超标和三相不平衡保护等;

4) 对配电系统中的线路三相1次重合闸以及变电站(开闭所)的备用电源自投装置应用产生一定的影响。

5 光伏发电发展的策略

5.1 提升光伏能源的地位

针对四川省的地理特点,提升光伏发电在四川省经济发展中的战略地位。通过对光伏发电的相关规划,统筹制订扶持政策,积极促进四川省光伏发电的健康发展。

5.2 加强光伏产业管理

四川省的光伏发电产业刚刚起步,尚未建立专职部门,因此容易出现效率低下、重复建设等问题,不利于光伏产业的健康发展。必须根据国家政策的要求和行业发展的实际需要,切实加强光伏发电的管理,引导地方政府遏制低水平重复建设,避免一哄而上式的发展和市场的恶性竞争。

5.3 推进光伏产业的合理规划和布局

加强光伏产业的统筹规划,坚持政府引导,顺应

市场需要,扶持光伏发电企业的同时也帮助光伏设备的相关生产企业,使之扩大发展规模,积极参与国际竞争,推动资源整合。

5.4 积极开拓多样化市场

目前四川光伏电源具有开发价值的地方多在远离负荷中心的偏远地区,针对目前四川的地理环境特点,应坚持并网发电与离网应用相结合,支持小型光伏系统、分布式光伏系统、风光储联动应用系统、屋顶光伏发电系统等应用,开发多样化的光伏产品。通过制定合理的上网电价标准,并提供适度的财政补贴,同时推进金融扶持,积极扩大四川省的光伏市场。

参考文献

- [1] 赵争鸣,雷一,贺凡波,等. 大容量并网光伏电站技术综述[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(12): 101-107.
- [2] 刘东冉,陈树勇,马敏,等. 光伏发电系统模型综述[J]. 电网技术, 2011, 35(8): 47-52.
- [3] 苏建徽,余世杰,赵为,等. 硅太阳能电池工程用数学模型[J]. 太阳能学报, 2001, 22(4): 409-412.
- [4] 李晶,许洪华,赵海翔,等. 并网光伏电站动态建模及仿真分析[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(24): 83-87.
- [5] 王皓怀,汤涌,侯俊贤,等. 风光储联合发电系统的组合建模与等值[J]. 中国电机工程学报, 2011, 31(34): 1-9.
- [6] 郑颖楠,王俊平,张霞. 基于动态等效阻抗匹配的光伏发电最大功率点跟踪控制[J]. 中国电机工程学报, 2011, 31(2): 111-118.
- [7] 郑飞,张军军,丁明昌. 基于RTDS的光伏发电系统低电压穿越建模与控制策略[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(22): 19-24.
- [8] 张国荣,张铁良,丁明,等. 具有光伏并网发电功能的统一电能质量调节器仿真[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(14): 82-86.
- [9] Tan Y T, Kirschen D S, Jenkins N. A Model of PV Generation Suitable for Stability Analysis[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2004, 19(4): 748-755.
- [10] Villalva M G, Gazoli J R, Filho E R. Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2009, 24(5): 1198-1208.
- [11] Li F, Li W, Xue F, et al. Modeling and Simulation of Large-scale Gridconnected Photovoltaic System[C]//

Proceedings of the Power System Technology of IEEE , Aviva 2010.

[12] 王守相, 黄丽娟, 王成山, 等. 分布式发电系统的不平衡三相潮流计算[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(8): 11-15.

[13] 梁双, 胡学浩, 张东霞, 等. 光伏发电置信容量的研究现状与发展趋势[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(19): 101-107.

[14] 汪海瑛, 白晓民. 并网光伏的短期运行备用评估[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(5): 55-60.

[15] 李峰, 李威, 薛峰, 等. 规模化光伏电站与电网暂态交互影响定量分析[J]. 电网与清洁能源, 2011, 27(11): 50-56.

[16] 龙源, 李国杰, 程林, 等. 利用光伏发电系统抑制电网功率振荡的研究[J]. 电网技术, 2006, 30(24): 44-49.

[17] 刘莉敏, 曹志峰, 许洪华. 50 kWp 并网光伏示范电站系统设计及运行数据分析[J]. 太阳能学报, 2006, 27(2): 146-151.

[18] 李斌, 袁越. 光伏并网发电对保护及重合闸的影响与对策[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(4): 12-17.

[19] 杨国华, 姚琪. 光伏电源影响配电网线路保护的仿真研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(15): 75-79.

[20] 黄伟, 雷金勇, 夏翔, 等. 分布式电源对配电网相间短路保护的影响[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(1): 93-97.

[21] 丁明, 王伟胜, 王秀丽, 等. 大规模光伏发电对电力系统影响综述[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(1): 1-14.

[22] 孟祥林. 四川能源现状及其能源结构发展选择——从中国太阳能第一楼谈起[J]. 西华大学学报: 社会科学版, 2006(5): 46-49.

[23] 杜心远, 何荣华. 四川省新能源发展战略构想[J]. 商场现代化, 2007(35): 216.

[24] 四川省“十二五”能源发展规划[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/9bfd69ec856a561252d36fe5.html>.

[25] 陈国阶. 对四川发展若干战略问题的思考[J]. 决策咨询通讯, 2010(1): 8-9, 72.

(收稿日期: 2015-02-28)

(上接第32页)

做较为准确的计算,但对于山区架空输电线路的设计风速计算需考虑地形、下垫面等自然因素的复杂影响。在无建站条件和无资料地区,目前只有采用调整系数法进行估算;资料条件充足时可建立数值模型进行推算。当前国内外也开发了一些风能资源评估系统软件,可为计算山区架空输电线路设计风速提供一定的参考依据,由于目前的风能资源评估系统软件是平均风速的概念,尚缺乏一定的适用性,

推求山区架空输电线路设计风速还有待进行更进一步研究。

参考文献

[1] GB 50009-2012, 建筑结构荷载规范[S].

[2] DL/T 5158-2012, 电力工程气象勘测技术规程[S].

作者简介:
谢直卉(1982), 硕士, 工程师, 主要从事电力工程水文气象勘测工作。
(收稿日期: 2014-12-29)

(上接第45页)

次接线布置与继电保护配置都较为简单,然而与常规接线的厂站相比,其特殊性也是显而易见的。在保护设计、调试、整定等工作中应对以上列举的关键问题引起重视,根据需求和现场实际情况进行相应的取舍,力争实现方案的最优化。

参考文献

[1] 刘文. 浅析发电机-变压器-线路组保护配置特点[J]. 继电器, 2005, 33(15): 18-20.

[2] 王晶晶. 发电机-变压器-线路组保护的配置特点及实例分析[J]. 华北电力技术, 2007, 8: 37-52.

[3] 郑太一, 马丽红, 王建勋, 等. 终端线路变压器组继电

保护配置及变压器中性点接地方式研究[J]. 吉林电力, 2009, 37(5): 5-7.

[4] Q/CSG110039-2012, 南方电网继电保护配置技术规范[S].

[5] 国家电力调度通信中心. 国家电网公司继电保护培训教材[Z]. 2009.

[6] 张鹏. 浅谈电流互感器二次绕组极性[J]. 云南电力技术, 2013, 41(3): 61-63.

[7] 王媛婷, 郭志彬. 变电站调度事故总信号改进方案[J]. 电力与电工, 2012, 32(4): 86-88.

作者简介:
李津津(1988), 主要从事电网继电保护整定计算及运行管理工作。
(收稿日期: 2015-01-14)