

光伏发电影响因素分析和短期光伏出力预测研究

邵鹏飞,沈志宏,俞思怡,袁栩颖,相哲行,张继佳

(国网绍兴供电公司,浙江 绍兴 312000)

Analysis of influencing factors of photovoltaic power generation and study on short-term photovoltaic output prediction

SHAO Pengfei, SHEN Zhihong, YU Siyi, YUAN Xuying, XIANG Zhexing, ZHANG Jijia

(State Grid Shaoxing Power Supply Company, Shaoxing 312000, China)

摘要:近几年,在国家政策大力扶持下,光伏产业作为战略性新兴产业,得到了井喷式的发展。光伏发电现状和发电预测日益成为大家关注的焦点。根据浙江省绍兴地区2017年以来光伏用户的发电量数据,从季节、天气、温度、光照等不同因素对光伏发电效率影响进行了分析,并提出了一种短期光伏发电出力和发电量测算的方法,从而为本地区分布式光伏发电量预测、光伏工程选址、光伏运维管理提供依据。

关键词:光伏发电;发电效率;影响因素;出力特性;光伏预测

Abstract: In recent years, with the vigorous support of national policies, photovoltaic industry as a strategic emerging industry has been greatly developed. The current situation of photovoltaic power generation and power generation forecasting have increasingly become the focus of research. Based on the photovoltaic power generation data of Shaoxing area in Zhejiang Province since 2017, the influence of different factors such as season, weather, temperature and light on photovoltaic power generation efficiency is analyzed. A method of short-term photovoltaic power generation and power generation measurement is proposed, which provides a basis for local distributed photovoltaic power generation forecasting, photovoltaic project location, photovoltaic operation and maintenance management.

Key words: photovoltaic power generation; power generation efficiency; environmental factors; output characteristics; power forecasting

0 引言

近年来,新能源发展迅速,特别是2013年光伏发电政策补贴的加大,光伏产业链经济逐渐显现,各地政府也出台相继光伏产业扶持政策,大规模光伏发电逐渐并网,分布式光伏用户急剧增多,光伏装机容量已跃居全球首位。2018年上半年,全国分布式光伏装机容量达到12 GW,同比增长近70%^[1]。

光伏发电系统出力由于受温度、天气、季节和时间等一些客观因素制约,其发电量和输出功率具有随机性和间歇性,这给光伏发电、消纳、并网、运维管理带来了极大挑战。因此从不同环境因素展开对光伏系统影响因素和出力特性的分析具有重要意义。本文通过绍兴地区光伏发电项目发电量历史数据,从季节、天气、区域、装机容量等维度进行光伏发电效率分析,以及根据多元线性回归分析模型和遮挡因子进行光伏发电出力分析,为光伏系统设计、光伏发电量预测、运行维护以及功率预测精确模型的确定等方面提供分析方法和依据。

1 全市光伏发电总体情况

2018年绍兴市年发电量在2亿kWh左右,全年光伏平均发电利用小时数为1 058 h(剔除部分偏离数据),不同月份光伏发电利用小时相差较大(如图1所示),最高的月份为8月份,光伏发电利用小时数为125.55 h,是最低月份(2月)的2.69倍。同一个月份不同年份,发电利用小时数也存在差异,如2018年7月发电利用小时数较2017年7月增长47%,而2019年一季度受阴雨天气较往年偏多影响,光伏发电利用小时只有108.27 h,同比下降44.77%。

2 影响光伏发电效率因素分析

光伏发电具有不稳定性和不可控性,其发电效率受很多因素影响,如现场条件,日类型(天气)、太阳辐照强度(光照强度)、温度、光伏发电系统转换效率、季节性因素等。其中由于光伏发电设备的特性,日类型对于光伏系统发电量的影响相当显著。

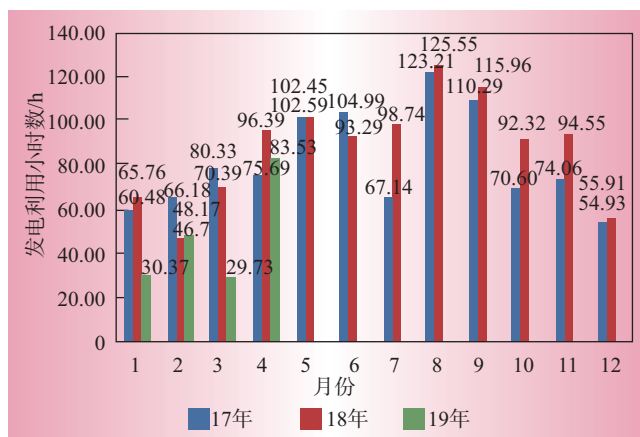


图1 2017年—2019年各月份光伏发电利用小时
Fig. 1 Monthly photovoltaic power utilization hours
from 2017 to 2019

2.1 天气与季节因素影响

光伏组件出力会随着太阳辐照度(光照强度)的变化而变化,是影响光伏发电出力的主要影响因素^[2],同时光伏发电受光照时长限制,包括季节引起的辐射角度,其对发电效率影响也较明显^[3]。如图2所示,2019年1月,雨天发电利用小时只有晴天的11.8%。8月,因气温较高,辐射角度好,光照时间长,雨天仍有较好的发电量,为晴天的62%,是2月雨天的2.63倍。而光伏发电设备在光照强度、大气温度等达到一定程度后,其发电效应不再大幅增加,如8月晴天发电效率较2月只增强1倍,低于阴、雨天气的增幅(约7.3倍)。

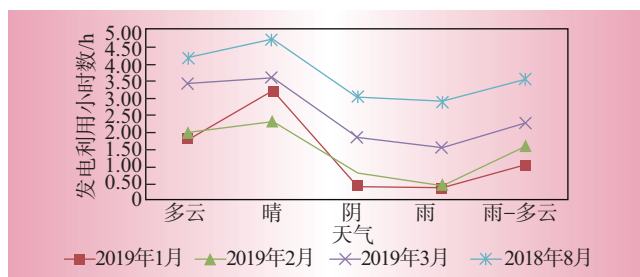


图2 典型用户在不同天气下日均光伏发电利用小时数
Fig. 2 Average daily photovoltaic power utilization hours
for typical users in different weather

2.2 光照强度影响和温度

根据光伏电池发电原理,光伏发电组件随着光伏电池板温度升高,其组件开路电压减小,导致发电功率下降,典型温度系数为 $-0.35\%/^{\circ}\text{C}$ ^[4]。而光伏组件发电功率则随光照强度的增加而增大,显正关联关系。如图3所示,在不同气温相同天气条件下,同一批光伏用户日均发电利用效率温度折减约在5%~20%左右,阴天温度效率波动最大。而实际光伏发电环境中,光伏的实际输出功率是由这两种差异趋势共同作用的结果,并且光照强度对光伏组件

发电效率影响要大于温度的影响。

基于天气影响分析依赖于天气预报,而这些天气参数都是一些比较模糊的数字范围,一般以天为单位,如何将模糊、不确定的天气描述转换为可被用于数据模型分析,需要大量历史发电统计分析。

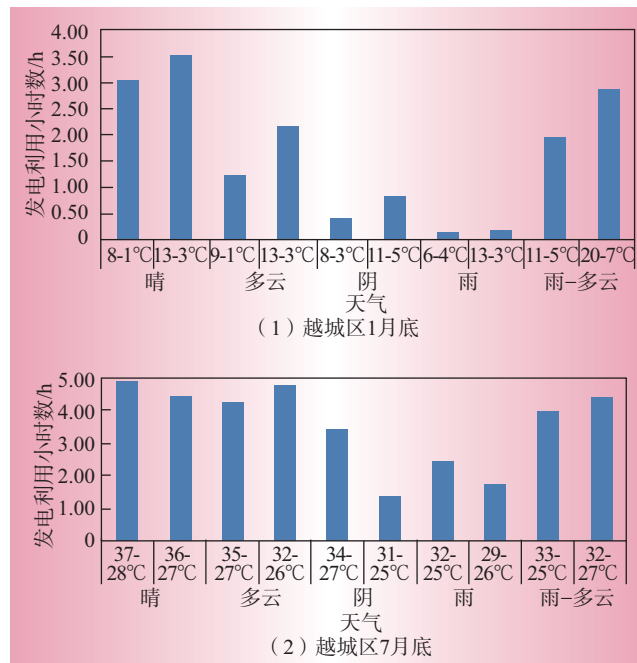


图3 同一天气不同温度的发电利用小时数对比
Fig. 3 Hours of power utilization at different temperatures
in the same weather

2.3 区域影响

通过不同区域、不同天气下发电利用小时数(发电效率)分析,新昌要高于其他地区,高出全市平均发电小时15%~35%,如图4所示。新昌用户发电利用更加均衡,个体差异较小,大部分用户集中在全市发电利用小时平均值的120%~150%的区间上,但全年发电利用小时数低于全市水平。

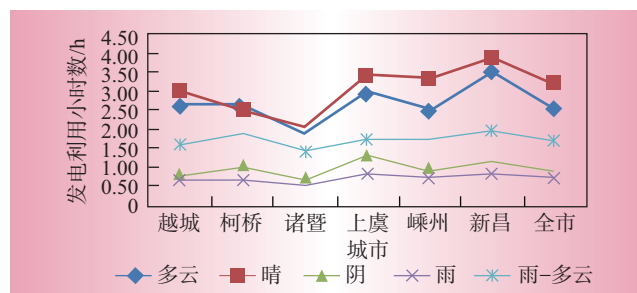


图4 各单位一季度不同天气下日均光伏发电利用小时数
Fig. 4 Average hours of photovoltaic power utilization
in different units in the first quarter
under different weather conditions

2.4 装机容量影响

光伏居民用户一般安装在房屋屋顶上。光伏非居用户大都安装在大型建筑物露面、山坡、坪地、

水面上。光伏非居用户单位容量发电量无论是单月还是全年都较光伏居民用户要低,如图5所示。主要其原因为大装机容量用户更容易受外部遮挡、设备故障、光伏转换效率影响,自身损耗占比更大,设备运维专业要求更高。但在温度高和光照时间条件好的情况,其发电效率较好。

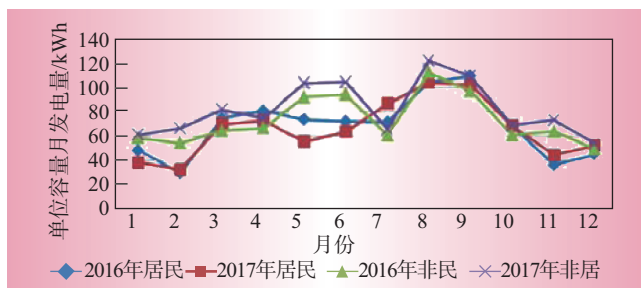


图5 单位容量月发电量

Fig. 5 Monthly power generation under unit capacity

3 短时光伏发电出力分析和短期日电量预测

多元线性回归分析是一种经典的多元统计分析方法,通过一组预测变量来预测一个或多个响应变量的多元统计分析方法。由于,光伏发电量影响最大的因素是太阳辐射强度和组件温度。因此,光伏组件输出功率多元线性回归模型可以表示为关于光照强度(G)与组件温度(T)的函数,即 $P_m = (G, T)^{[5]}$ 。通过获取大量组件温度及太阳辐照强度数据加以统计,即能得到回归模型。考虑绝大多数光伏发电用户无法获取准确的短时太阳辐射强度和组件温度数据,只能借用天气预报数据。为提高预测准确性,可增加光伏发电出力遮挡因子^[6]。遮挡因子主要有外部遮挡因子(区域范围天气),设备遮挡因子(装机容量、装机年限、安装位置、发电组件等)。遮挡因子具有明显的时间和空间相关性,即间隔时间在24 h内,或观测点之间距离在80 km以内的,自相关性较好。

因此,通过对不同类型、不同天气的典型用户光伏发电出力 and 日发电量统计分析,可以进行同一用户下个时间周期的发电量预测和一定区域内光伏出力 and 日发电量测算。结合2018年6—8月天气数据,发现7月10日、6月14日日光伏发电量较大。现选取部分典型用户光伏发电负荷数据进行光伏发电出力分析,如图6所示。6月14日最大负荷在11点15分,单位容量最大出力负荷0.721 kW,全市最大出力负荷约58.87万kW,日发电量445万kWh。7月10日最大负荷在12:45,单位容量最大出力负荷0.746 kW,全市最大出力负荷约49.86万kW,当日发电量457万kWh。

不同天气类型时光伏短时输出功率相差很大,晴天输出功率最大、出力波动曲线比较平滑,多云天气波动剧烈,如图7所示。因此,不同天气条件下,多元线性回归模型和天气遮挡因子需单独分析。

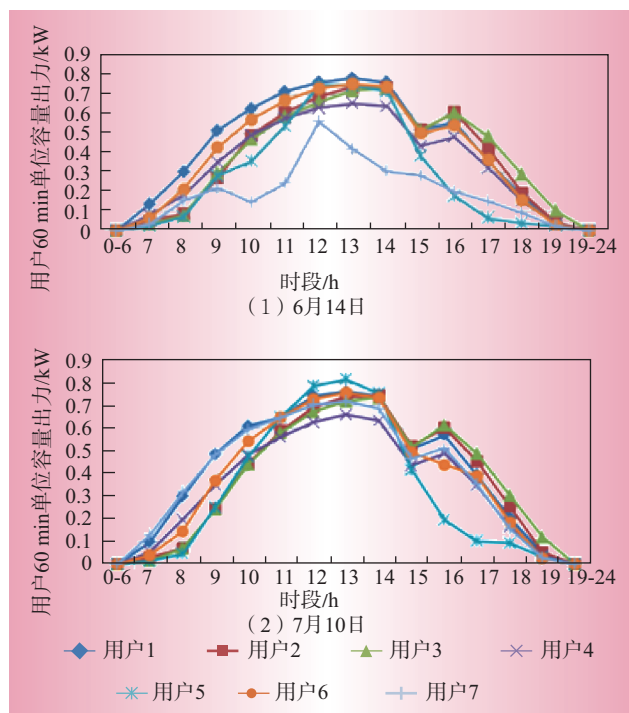


图6 分布式光伏用户60 min出力曲线

Fig. 6 The 60-minute output curve of distributed photovoltaic users

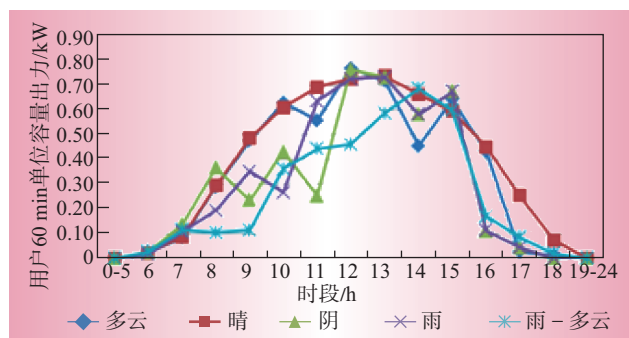


图7 7月份不同天气下用户60 min出力曲线

Fig. 7 The 60-minute output curve of users in different weather conditions in July

4 结束语

综上所述,本文通过对本地区光伏发电用户历史发电量数据分析发现,不同季节、不同天气情况下,光伏发电效率存在较大差别,短时发电出力波动剧烈明显。此外,根据光伏发电影响因素特性,提出了利用多元线性回归分析和增加光伏遮挡因子来开展短时光伏发电出力分析和短期日电量预算,为供电企业售电量增速分析提供依据,也为光

光伏发电中长期出力模拟研究提供新的思路。D

参考文献:

[1] 王勃华. 光伏行业上半年回顾与下半年展望[J]. 太阳能, 2018(8):9-16.
WANG Bohua. Review of photovoltaic industry in the first half year and prospect for the second half year[J]. Solar Energy, 2018(8):9-16.

[2] 高阳, 钟宏宇, 许傲然, 等. 功率预测技术在光伏发电中的应用研究[J]. 电器与能效管理技术, 2015(17): 38-43, 58.
GAO Yang, ZHONG Hongyu, XU Aoran, et al. Application Research Review of Power Prediction Technology in Photovoltaic Power Generation [J]. Electrical & Energy Management Technology, 2015(17):38-43, 58.

[3] 王建学, 张耀, 万筱钟. 光伏出力特性指标体系和分类典型曲线研究[J]. 电力需求侧管理, 2017, 19(5):8-12.
WANG Jianxue, ZHANG Yao, WAN Xiaozhong. Research of index system and typical curves on photovoltaic power output characteristics [J]. Power Demand Side Manage-

ment, 2017, 19(5):8-12.

[4] 朱红路, 刘珠慧. 环境因素影响下的光伏系统出力特性分析[J]. 华北电力技术, 2014(8):50-55.
ZHU Honglu, LIU Zhuhui. PV system output analysis of environmental factors affect[J]. North China Electric Power, 2014(8):50-55.

[5] 东海光. 光伏并网发电系统的发电预测研究[D]. 天津:天津大学, 2011.
DONG Haiguang. Study on power generation forecast of photovoltaic grid-connected generation system [D]. Tianjin:Tianjin University, 2017.

[6] 张曦, 康重庆, 张宁, 等. 太阳能光伏发电的中长期随机特性分析[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(6):6-13.
ZHANG Xi, KANG Chongqing, ZHANG Ning, et al. Analysis of mid/long term random characteristics of photovoltaic power generation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(6):6-13.

作者简介:

邵鹏飞(1982),男,浙江上虞人,硕士,工程师,主要研究方向为电力营销。

(责任编辑 邵海雯)

(上接第92页)

工程标准,增供扩销,提升用户满意度,最终达到为供电企业和用户创造价值的目的。

5 结束语

通过应用空间计算技术在业扩工作中,可以解决业扩设计现场勘察、测绘工作、设计等问题;还能解决业扩工程中纸质化方案存在沟通困难、客户对最终效果满意度不高等问题。设计的结果与现场是同时可视化显示,如果有不合理的地方,如配电房高度不够等问题,可以实时反馈、现场修改,同时典型设计的采用也有利于减少设计错误。以可视化设计为支撑,供电企业能够提供面向用户的“柔性”业扩服务,用户的参与程度和满意度也会跟着逐步提升,从而积累本身的品牌价值。D

参考文献:

[1] 王琴明. 工业园区智慧能源管理系统的探索与应用[J]. 电力需求侧管理, 2019, 21(1):68-70, 75.
WANG Qinming. Exploration and application of industrial park smart energy management system [J]. Power Demand Side Management, 2019, 21(1):68-70, 75.

[2] 牛刚, 刘会. 业扩报装服务工作存在问题及相关措施建议[J]. 电力需求侧管理, 2017, 19(3):56-58.
NIU Gang, LIU Hui. Problems and related measures existed in business expansion service work [J]. Power Demand Side Management, 2017, 19(3):56-58.

(责任编辑 邵海雯)