

# 郴州地区山地型风电场出力特征研究

何缘圆

(国网湖南省电力公司郴州供电公司经济技术研究所, 湖南 郴州 423000)

**摘要:** 山地风电不同于西北大规模开发的集中式风电, 具有其独特的运行特性。根据保障出力率、最大同时率、高出力持续时间等指标分析结果, 提炼了山地风电时间、空间的分布特性, 并探讨了山地风电与负荷的适应性, 对源网协调有序发展提出了建议。

**关键词:** 山地风电; 出力特性; 适应性

**中图分类号:** TM614      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1671-0711 (2017) 08 (下) -0171-02

风力发电技术是目前最具开发条件和前景的新能源之一。内陆地区风电场多以山地型风电场为主。其随机性、波动性等不理想特性对传统电网调度运行和规划带来不确定因素。当前特性研究集中在西北大规模风电和海上风电, 而山地型风电由于其独特的海拔和分布位置有独特的运行特性, 亟需研究, 探寻风电场随机特性后隐藏的确定性规律。本文基于湖南省山地风电发展最迅速、规模最大的郴州地区多年风电实际出力情况, 研究其出力特征, 为电网规划和运行决策提供依据。

## 1 风能储量以及开发利用情况

郴州市位于湖南省东南部, 地处南岭山脉与罗霄山脉交错、长江水系与珠江水系分流的地带, 地形为南高北低, 三面环山, 北部开口, 形成 U 字状地形。东部年平均风速均在 6m/s 以上, 70m 高度年平均风能密度在 160 ~ 350W/m<sup>2</sup>。市范围内共规划风电场有效山脊长度为 997km, 总装机 472.9 万千瓦, 各风电场 T<sub>max</sub> 在 1700 ~ 2270h 之间。截至 2016 年 6 月, 已建成风电场 16 座通过 12 个 110 千伏升压站并入郴州电网, 总容量 676.8MW, 占可开发风能资源的 15.05%。

## 2 电源现状

山地风电场多以中、高海拔为主, 低海拔风电场相对较少。郴州并网风电中近 1 座低海拔风电场。高海拔山区往往负荷水平低, 水电资源丰富, 郴州就属于典型的水电、风电富集区。截至 2016 年 6 月, 郴州电网内水电装机 128.3 万千瓦, 风电 67.68 万千瓦, 电力盈余见表 1。在当前的负荷水平下, 电力就地消纳能力有限, 电力明显盈余。

## 3 风电年出力特性

随着风力发电技术不断进步, 郴州已并网的风电

表 1 郴州电网电源装机与电力盈余

	风电	水电	煤电	余热、 生物质	用电 负荷	电力 盈余
电力 / 万千瓦	67.68	128.3	6	12.8	162	52.78
电量 / 亿千瓦时	11.7	81.9	2.8	4.6	64.7	36.1

以永磁直驱式发电机为主。永磁直驱式风力发电机组采用变桨距功率调节技术, 叶片的安装角可以根据风速变化而变化, 气流的攻角在风速变化时可以保持在一个合理的范围内, 整体而言机组的输出功率较风电机理论输出功率特性曲线更加平稳。但是风速依然是影响出力的主因, 导致特性出力统计分析难度高, 本研究以有效装机容量为基准评价。

(1) 2013 ~ 2016 年郴州电网全网风电最大出力与有效装机容量的比值分别为 88.5%、84.0%、78.5%、73.5%; 最低保证出力 (最小同时率) 百分比分别为 0.05%、0%、0.8%、0.19%, 年度平均出力百分比分别为 24.4%、16.5%、21.3%、24.2%。

(2) 郴州山地风电出力 ~ 频率分布特性见表 2, 其中横向表示以有效装机容量为基准的风电出力百分比, 纵向即出力在各个区域的概率。出力概率分布显示, 30% 以下的概率超过了 60%, 60% 以下的概率达到 95% 以上, 70% 以下的概率高达 99%。总并网容量愈大, 同时率 70% 以上和 5% 以下的概率愈小, 郴州网内已经连续 3 年最大同时率不超过 80%, 出力主要分布在 10%~30% 频段。

(3) 定义月等效风电出力。分析显示各年度分月出力存在差异, 但整体来看, 山地型风电出力春季与冬季较大, 其中 4 月最大, 夏末秋初最小, 上半年水平高于下半年。

(4) 风电典型年四季出力特性如图 1 所示: 春季昼日差异较小; 夏季午后最小, 20:00 之后出力明显上升, 支撑晚高峰负荷; 秋季出力变化差异最大, 平均水平最低; 冬季晚高峰期间风电出力平均水平达到日内最高, 具有较好的负荷支撑作用。

表2 郴州全网风电出力与频率分布特性

%

出力水平	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 30	30 ~ 60	60 ~ 70	70 ~ 80	80 ~ 100	累计 ≤ 70
2013	19.0	11.7	31.5	33.0	3.7	0.9	0.2	98.90
2014	27.8	16.5	36.5	18.0	0.9	0.3	0	99.70
2015	18.3	14.0	39.0	26.7	1.7	0.2	0	99.70
2016	14.9	14.2	41.9	26.6	2.2	0.1	0	99.80

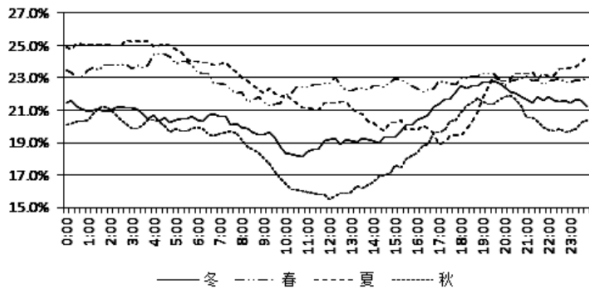


图1 典型年郴州风电出力四季日均变化曲线

(5) 风电场有功出力 15 分钟波动情况：全地区 15 分钟出力偏差分布在 [-31.4%, 28.64%], 95% 概率分布在 [-4.3%, 3%]; 片区 15 分钟出力波动分布在 [-32.8%, 41.7%], 波动范围有所扩大, 95% 以上概率分布在 [-7%, 4.5%]; 单个风电场出力波动明显增大, 15 分钟波动分布在 [-58.3%, 56.3%], 95% 以上概率分布在 [-11%, 7%]。风电场彼此间空间差异使得单个风电场的波动特性得到一定抚平。

(6) 按照风电空间分布, 随着风电装机容量增长, 同时率下降, 且最长持续时间迅速下降: 当装机容量为 80MW 以下时, 90% 以上出力最长持续时间可以达到 18 ~ 19 小时, 90 ~ 130MW 时, 持续时间缩短至 4 小时, 130 ~ 150MW 时, 缩短至 10 分钟; 当总容量达到 150MW 时候, 80% 的同时率都难以出现。因此片区同时率选择宜兼顾区内现有装机规模。

#### 4 风电出力与电网负荷的适应性

山地风电场多分布水电资源丰富山区, 且由于高海拔往往面临融冰需求, 导致其与负荷适应性存在独特特点。结合典型负荷日、风电出力日以及最大(最小)负荷日、最大(最小)风电出力日等代表日负荷曲线以及风电、水电出力特性曲线研究, 得出以下几点。

(1) 春季风电大发期, 风电场 80% 以上高出力持续时间可以长达数小时甚至数日, 风电出力在时间上具有较强的连续性, 小时与小时之间的波动幅度小。

(2) 冬季最大负荷出现时, 由于连续低温天气,

送出线路往往面临较严重的覆冰问题, 需要融冰导致风电无法送出, 负荷支撑能力有限。在地区电力平衡分析时, 冬大方式下小规模、集中并网的山地风电地区, 其出力不宜参与平衡; 大规模分散并网地区的出力同时率取值不宜高于 5%。

(3) 夏季午高峰出现时, 空气流动缓, 风速达不到风机切入风速, 大量风机处于停转状态, 对于高峰负荷支撑有限。在电力平衡阶段, 夏大方式下风电出力同时率的取值不宜高于 3%。

(4) 春节期间, 电网进入最小负荷模式, 此时南方电网往往已经度过了融冰期, 风电出力水平高, 电力盈余明显。

(5) 春季丰水期 4 ~ 6 月, 风电进入全年最大发时节, 水电同时进入大发期, 而负荷水平低, 清洁能源就地消纳能力受到限制。当前电源开发速度, 就地消纳和送出问题将日益严峻, 网络损耗加剧, 未来山地风电开发宜兼顾负荷平衡发展。

#### 5 结语

(1) 通过郴州山地风电出力历史特性研究以及其与负荷适应性探讨, 为电网调峰、电力平衡以及电网规划等提供了有力的参考值。

(2) 山地风电年出力 70% 以下的概率达到 99%, 且随着装机容量增长, 持续时间迅速衰减。传统仅考虑瞬时最大出力可能导致过度高估问题严峻性。根据实际发电同时率适当降低配置和调峰容量有利于提高设备利用效率和电网运营效益。

(3) 在水电资源丰富地区, 山地风电与水电同时送出, 而需求有限, 能源就地消纳困难, 山地风电发展与建设需兼顾负荷发展速度, 实现协调平衡发展。

(4) 从满足负荷需求角度, 高峰负荷时段, 风电场能起到一定的补充作用, 但是最大负荷出现往往伴随极端天气, 受到风速与线路融冰的特殊限制, 风电场的负荷可靠支撑能力非常有限, 电力平衡中不宜过多考虑。

#### 参考文献:

[1] 刘振亚. 全球能源互联网 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2015.