

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.04.004

间歇式电源参与电力平衡的研究与建议

梁双, 朱宁*

(中国国际工程咨询公司, 北京 100048)

摘要: 随着间歇式电源装机占比的提高以及研究实践的不断深入, 间歇式电源的容量价值已被广泛认可。首先论述了间歇式电源纳入电力平衡的重要意义, 介绍了国外关于容量可信度的理论研究与实际应用情况, 分析了我国将间歇式电源纳入电力平衡的基础理论条件和实践, 并提出了在“十三五”电力规划中的具体实施建议。

关键词: 间歇式电源; 容量价值; 容量可信度; 电力平衡

中图分类号: TM711

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)04-0034-03

Research and Suggestion of Intermittent Generation Participating in Power Balance

LIANG Shuang, ZHU Ning*

(China International Engineering Consulting Corporation, Beijing 100048, China)

Abstract: As the penetration of intermittent generation rapidly increases and related researches continuously push forward, the capacity value of intermittent generation has been widely accepted. Firstly, the importance of intermittent generations participating in power balance is discussed. Then, theoretical researches and practical applications of foreign countries for capacity credit of intermittent generation are introduced. Basic theory and practice of China for intermittent generations participating in power balance are analyzed as well. Finally, specific implementation suggestions for the thirteenth Five-year Power Planning are put forward.

Key words: intermittent generation; capacity value; capacity credit; power balance

近二、三十年来, 以风力发电和光伏发电为代表的间歇式可再生能源发电技术持续快速发展。截至 2014 年底, 我国并网风电装机容量达到 95.81 GW, 居世界首位, 并网光伏装机容量达到 26.2 GW, 居世界第二; 年发电量超过 170 TWh。间歇式电源的出力具有明显波动性和不确定性, 带负荷能力与传统的火电、核电机组相差较大, 因此, 长期以来一直被视为一种只具备能量价值、不具备容量价值的补充电源, 不参与电力平衡, 即电源规划中根据电力负荷需求确定装机容量时不考虑间歇式电源。

随着研究实践的不断深入, 电力工作者们逐渐认识到, 虽然间歇式电源出力可用率较低, 但大规模接入系统后具有一定的容量价值。随着间歇式电源装机规模的不断攀升, 其在全国总装机容量中的占比已达 9%, 在甘肃、新疆、河北、内蒙、青海等资源丰富的省区甚至达到了 15% ~ 25%, 如果仍忽略其容量价值, 将导致严重的装机浪费和消纳困难, 阻碍间歇式电源的进一步大规模发展。评估间歇式电源的容量价值并将其合理纳入电力平衡逐渐成为规划中关注的新热点。间歇式电源的容量价值。

在发电系统中加入间歇式电源, 如果保持负荷水平不变, 则新增的冗余装机会提高系统的可靠性水平; 如果保持可靠性水平不变, 则发电系统可以多承担一部分负荷, 这部分负荷就是间歇式电源的有效载荷能力 (Effective Load Carrying Capability, ELCC), 即容量价值, 通常称作间歇式电源的容量可信度 (Capability Credit), 如图 1 中 ΔL 所示。

收稿日期: 2015-09-23

作者简介: 梁双(1983), 女, 北京市人, 高级工程师, 博士, 主要从事电力系统规划、可再生能源并网研究(e-mail)liangshuang@ciecc.com.cn。

* 通讯作者: 朱宁(1963), 男, 北京市人, 教授级高工, 硕士, 主要从事电力系统规划评估(e-mail)zhuning@ciecc.com.cn。

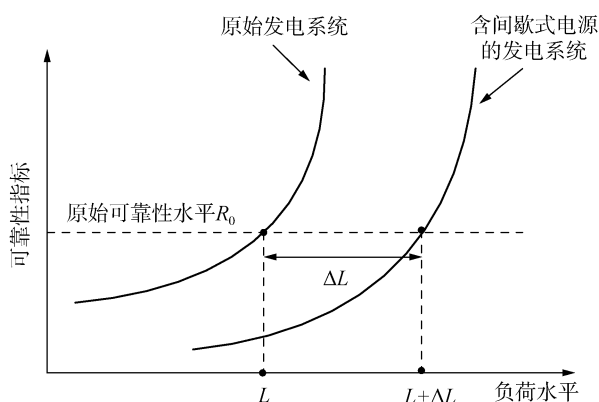


图1 间歇式电源容量可信度示意图

Fig. 1 Capacity Credit of Intermittent Generations

1 间歇式电源参与电力平衡的重要意义

根据国务院发布的《能源发展战略行动计划(2014—2020年)》,到2020年,我国风电装机将达到200 GW,光伏装机将达到100 GW。如果大量的间歇式电源不纳入电力平衡,则意味着,现有及新增的传统机组需满足电网各时段的电力负荷需求,间歇式电源的加入没有起到容量替代作用,致使大量装机浪费;而且消纳间歇式电源必须完全依靠传统机组腾出空间,导致间歇式电源消纳困难,同时还使得传统机组的发电效率和利用率降低。具体表现为:

1)大量装机浪费。据初步估算,受间歇式电源出力与电网负荷匹配程度、装机占比等因素影响,目前我国不同地区间歇式电源的容量可信度约为其装机容量的5%~20%,即100 GW的间歇式电源可替代5~20 GW的传统机组,节省投资(200~800)亿元。如果间歇式电源不参与电力平衡或粗略地以较低的容量可信度参与电力平衡,必将增加相当容量传统机组装机规模,导致大量装机浪费。

2)间歇式电源消纳困难。消纳间歇式电源必须完全依靠传统机组腾出空间,而传统机组受最小技术出力、供热等限制,调节空间十分有限;因此,消纳困难问题日益突出,局部地区弃风(光)率甚至高达15%~20%(远远超过行业公认的5%合理区间)。如间歇式电源按其容量可信度参与电力平衡,则具有一定比例的确切消纳空间,有利于降低间歇式电源的消纳难度。

3)传统机组利用率低。若电源规划中间歇式电源不参与电力平衡,运行中按《可再生能源法》“全

额保障性收购”的规定,可再生能源优先上网发电,传统机组则被迫频繁调节出力,偏离经济运行区间,导致煤耗大幅增加,发电效率和设备利用小时数降低。据统计,300 MW及以上机组,负荷率每降低一个百分点煤耗增加1.125 g/kWh。初步估算,当风电装机占比10%情况下,若其不参与电力平衡,则常规机组的平均利用小时下降220 h,电厂按期还贷等经营压力增大。

综上所述,将间歇式电源纳入电力平衡,可避免大量装机浪费、提高电网消纳能力和传统机组利用率,有利于间歇式电源的健康可持续发展。

2 国外理论研究与实际应用情况

美国、加拿大、德国、英国等国家从上世纪70年代开始关注风电、光伏等间歇式电源的容量可信度,国际能源署(IEA)、美国国家可再生能源实验室(NREL)、电气和电子工程师协(IEEE)、爱尔兰都柏林大学(UCD)等机构均成立了专门研究小组^[1-4]。对于间歇式电源出力,建立了多状态机组模型、出力概率密度模型、历史出力曲线模型、时序出力模型;对于发电系统可靠性评估,提出了解析法、模拟法和智能算法;对于容量可信度搜索,提出了中点分割法、简化牛顿法、抛物线法和弦截法,为间歇式电源容量可信度评估提供了理论基础和方法保障。

目前,美国中西部独立运营商(MISO)等电网运营企业已将上述方法应用到实践中,并逐渐发展出峰荷负荷率法和经验值修正法等简化方法。因间歇式电源出力与负荷的匹配程度、装机占比等因素差异,各地风电的容量可信度一般在5%~30%之间,光伏的容量可信度一般在10%~50%之间。评估后,间歇式电源已按容量可信度纳入到电力平衡,取得了较好地容量替代效果,并在应用中证实资源特性(风速、太阳辐射强度)、间歇式电源出力与电网负荷的相关性、间歇式电源之间的相关性、间歇式电源装机占比以及储能设备容量是影响间歇式电源容量可信度的主要因素。

以美国中西部电网为例,176个风电场总装机容量12 239 MW,占总装机的13%,经评估容量可信度为14.1%(1 723 MW),按此值纳入2014—2015年度电力平衡,减少新增装机约1 800 MW。又如,美国威斯康星州东南部电网,100 MW光伏

发电项目经评估按容量可信度 49% 参与电力平衡, 后又尝试加入 100 MWh (35 MW) 锌溴液流电池, 使光储互补发电系统的容量可信度提高到 65%。

3 我国将间歇式电源纳入电力平衡的基础理论条件和实践

我国自 2000 年前后开展相关研究, 中国电科院、清华大学、华北电力大学等科研院所和高校分别成立了研究小组, 在间歇式电源出力建模、发电系统可靠性评估、容量可信度搜索方面取得了丰硕的研究成果^[5-8]。

对于间歇式电源出力的建模, 在常用模型的基础上提出了随机的时序出力模型, 能够较好地反映间歇式电源出力的不确定性、季节变化特性和日变化特性, 以及与电网负荷的相关性、不同间歇式电源间的相关性等, 应用较为广泛。未来的研究重点在于, 进一步减少对历史数据的依赖, 以较少的参数建立起符合仿真要求的出力模型。

对于发电系统可靠性评估, 全面掌握了解析法、模拟法和智能算法, 并进一步提高了各算法的计算速度。现阶段的研究方向在于, 更好地兼容间歇式电源的随机出力模型, 在保证计算精度的前提下尽可能减少计算时间。

对于容量可信度搜索, 在智能搜索法、简化牛顿法、抛物线法、弦截法的基础上, 提出了改进或混合算法。目前的努力方向在于, 进一步减少迭代次数、提升搜索速度。

总体而言, 目前我国在间歇式电源容量可信度评估方面不存在技术障碍, 正在向模型精确化、仿真快速化、搜索高效化方向迈进, 容量可信度评估方法已达到国际先进甚至领先水平, 具备将间歇式电源纳入电力平衡的基本条件。

在实践方面, 宁夏、吉林、河北等省区已开展间歇式电源参与电力平衡的初步尝试, 积累了一定的经验。但实践中未对容量可信度进行精细化的仿真评估, 粗略地以较低的容量可信度 (3% ~ 6%) 参与电力平衡, 无法充分发挥间歇式电源的容量价值。

4 结论

为有序推进“十三五”电力规划中将间歇式电源纳入电力平衡, 避免大量装机浪费, 提高电网消纳能力和传统机组利用率。建议:

1) 加强对间歇式电源出力特性和容量可信度评估方法的基础研究; 采用能充分反映各主要影响因素的模型和方法, 对各地区不同发展阶段间歇式电源的容量可信度进行精细化的量化评估。

2) 在“十三五”电力规划中, 将间歇式电源按其容量可信度参与电力平衡, 发挥容量替代效益。挑选有代表性的地区作为先行试点, 积累经验后逐步推广。

3) 尽快落实间歇式电源参与电力平衡后的各项调峰、调频、调压措施, 保障电力充足可靠供应和电网安全稳定运行。

4) 积极探索光伏阵列倾角优化、风光储互补发电等提高间歇式电源容量可信度的方法, 更好地发挥容量替代作用。

参考文献:

- [1] Integration of Variable Generation Task Force. Accommodating High Levels of Variable Generation [R]. Princeton: North American Electric Reliability Corporation, 2009.
- [2] PEREZ R, TAYLOR M, HOFF T, et al. Moving Toward Consensus On A Photovoltaic Generation Capacity Valuation Methodology [R]. Solar Power, Long Beach, America, 2007.
- [3] MICHAEL Milligan. Modeling utility-scale Wind Power Plants Part 2: Capacity Credit [R]. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2002.
- [4] JAIN A, CHOI J, KIM B. Impact of Integrating the Photovoltaic and Wind Energy Sources on Generation System Reliability and Operation Economics [R]. International Conference on Power System Technology, 2002(4): 2437-2442.
- [5] 梁双, 胡学浩, 张东霞, 等. 考虑风速变化特性的风电容量可信度评估方法 [J]. 中国电机工程学报, 2012, 33(10): 18-26.
LIANG Shuang, HU Xuehao, ZHANG Dongxia, et al. Capacity Credit Evaluation of Wind Generation Considering Wind Speed Variation Characteristics [J]. Proceedings of The CSEE, 2012, 33(109): 18-26.
- [6] 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.
LIANG Shuang, HU Xuehao, ZHANG Dongxia, et al. Current Status and Development Trend of Capacity Credit of Photovoltaic Generation [J]. Automation of Electric Power System, 2011, 35(19): 101-107.
- [7] 王海超, 鲁宗相, 周双喜. 风电场发电容量可信度研究. 中国电机工程学报, 2005, 22(10): 103-106.
WANG Haicha, LU Zongxiang, ZHOU Shuangxi. Research on the Capacity Credit of Wind Energy Resources [J]. Proceedings of The CSEE, 2005, 22(10): 103-106.
- [8] 张硕, 李庚银, 周明. 考虑输电线路故障的风电场容量可信度计算. 中国电机工程学报, 2010, 30(16): 19-25.
ZHANG Shuo, LI Gengyin, ZHOU Ming. Calculation of Windfarm Capacity Credit Considering Transmission Line FAULTS [J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30(16): 19-25.