

风电三种利用模式分析

孔祥威, 顾为东

(江苏省宏观经济研究院, 南京 210013)

[摘要] 本文分析了风电的三种利用模式,详细阐述了非并网风电理论,探讨了风电等可再生能源通过多能源协同供电应用于高耗能产业,即非并网风电的内涵。研究分布式发电和非并网风电理论的关系,分布式发电作为非并网风电的一种表现形式,将非并网风电与现存电力系统构建为一个完善的电力系统框架。

[关键词] 非并网;多能源协同;分布式发电;智能负载

[中图分类号] TK89 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2015)03-0020-04

1 前言

我国拥有丰富的风能资源。全国风能详查和评价结果显示,全国陆上 50 m 高度层年平均风功率密度大于等于 300 W/m^2 的风能资源理论储量约 $7.3 \times 10^9 \text{ kW}$ 。其中,可开发利用风能储量(不包括海上)远远超过我国煤炭、石油、天然气等化石能源之和。然而,我国风电产业迅速发展的同时,大量风电对电网稳定与安全带来的矛盾日益凸显,风电限电弃风的现象日趋严重。

丰富的风能资源是我国目前发展新能源、可再生能源潜在的最大比较优势。大规模的可再生能源利用已提上议事日程。2013年,中国(不包括台湾地区),新增装机容量 16 088.7 MW,同比增长 24.1%;累计装机容量 91 412.89 MW,同比增长 21.4%。新增装机和累计装机两项数据均居世界第一。

风能的自身波动和间歇特性导致风电场发出的电能也随之波动,接入电网时会直接破坏电网的稳定性、连续性和可调性,严重危及电网安全。

风电输出功率的大幅度波动和间歇等特性,不

仅造成电压波动、闪变、频率和相位偏差、谐波等 10 余项指标影响电网的供电质量和严重危及电网安全;还决定了大规模风电并网,必须依靠以煤电为主的发电装备随时进行深度调峰,否则电网将面临“崩溃”。

如何提高风电等新能源的利用率成为一个亟待解决的问题。本文首先介绍传统的风电利用模式,在此基础上,提出了非并网风电模式。分析非并网风电模式的基本特点、内在机理,并对风能等可再生能源的利用探明一个方向。

2 中国风电为什么不能大规模上网

与欧美等发达国家不同,我国能源结构以煤炭为主。2012年我国煤炭发电量 $3.68 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$, 占总发电量的 73.9%。而欧美国家的能源结构是以石油、天然气等为主,其中美国 27% 是天然气发电;英国燃气发电比例更是高达 60%;北欧国家水电占 90%。

因此,这些国家的电网对风电并网容纳能力远远高于我国,这是因为燃气、燃油发电和水电的调峰能力强,在一定范围内能有效减少风电波动对电

[收稿日期] 2014-10-20

[基金项目] 国家科技支撑计划“兆瓦级非并网风电海水淡化系统研发及先导性示范”(2013BAB08B04)

[作者简介] 孔祥威,1970年出生,男,江苏南京市人,主要研究方向为非并网风电与产业化应用研究;E-mail:kxw@zjzw.net

网的危害。如欧洲的西班牙,近十年来大力发展风电,装机容量突破 2×10^7 kW,居全球第4位。他们在迅速发展风电的同时,大力配套发展具有深度调峰能力的燃油/燃气机组、联合循环机组,可深度调节机组达 3.5×10^7 kW,满足了风电调峰需求。

中国的能源资源问题不能脱离中国的实际,不同国家、不同地区的地理条件和资源分布都不一样,不能完全生搬硬套外国模式。而我国以煤电为主的火电机组,其锅炉燃烧系统滞后(反应慢)、效率低、经济性差,不宜做深度调峰。以1 000 MW某超超临界机组为例,风电充足时,参与调峰的火电机组输出功率下降,每度电耗煤迅速上升;当输出功率下降到额定功率的80%时,每度电耗煤增加6 g;下降到50%时,每度电耗煤增加24 g,煤电厂处于亏损状态;下降到30%时,每度电耗煤将增加约36 g,煤电厂严重亏损。同时,每度电耗煤的增加也带来二氧化碳、二氧化硫等排放污染物大幅增加。因此,煤电机组参与深度调峰,将使煤耗上升、发电机组效率下降和故障概率增加,长期以往还将严重缩短发电设备寿命。

中国的国情是“富煤、少油、缺气”,决定我国将在较长时间保持以煤电为主的电源结构,这一特性也就决定了我国目前电网结构不具备大规模深度调峰的能力,国外传统的风电并网模式不符合我国大规模风电并网的国情。中国还是一个发展中国家,国情决定我们应做到发展新能源与经济效益的统一,不能顾此失彼、为发展而发展。

3 传统风电利用模式

自从爱迪生发明电灯以后,所有的用电形式都称为离网型,而随着电力技术的发展,各个相互独立的电力系统相互联系起来,逐渐有了电网的概念。为了区别于电网,之前的独立供电系统称之为离网型电力系统,比如渔船、蒙古包等。这些独立供电系统通过蓄电池后为负载供电,利用效率降低30%左右,投资却增加约一倍,如图1所示(以风电为例)。



图1 离网型风电模式

Fig. 1 Off-grid wind power integration

离网型电力系统与大电网无联系,其独立运行,经过蓄电池以后,通过逆变器输出电能为负载所用。

并网型风电发出的电能,通过一系列的苛刻条件,并入大电网为负载供电。并网型风电模式风机结构复杂,风电对电网污染严重。在没有燃气发电、水电等调峰时,风电在电网中贡献率一般难以超过10%。并网型风电模式如图2所示(以风电为例)。



图2 并网型风电模式

Fig. 2 Grid-connected wind power integration

智能微网是指由分布式电源、储能装置、能量转换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发电系统,是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统,既可以与外部电网并网运行,也可以孤立运行。

4 非并网风电模式

非并网风电是指大规模风电直接应用于一系列通过技术创新、能较好应用风电特性的产业。大规模风电的终端负荷不再是电网,其与蓄电池配套的小型独立运行供电系统也不同,而是将风电直接输送到一些高载能的企业,以期解决无法上网的风电的利用问题,如图3所示^[1-3]。

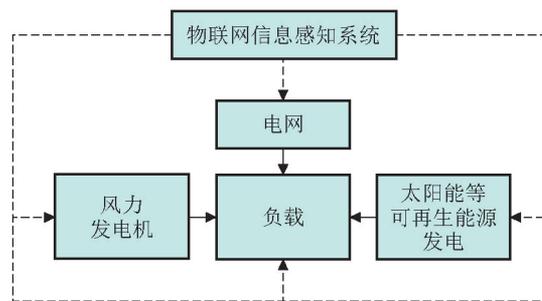


图3 非并网型风电模式

Fig. 3 Non-grid-connected wind power integration

非并网风电理论由顾为东博士于1986年发表的“利用风能资源 开发苏北滩涂”论文中提出,并首次提出了非并网风/网互补供电用于氯碱生产模型,并进行了原理性验证,其原理如图4所示^[4,5]。

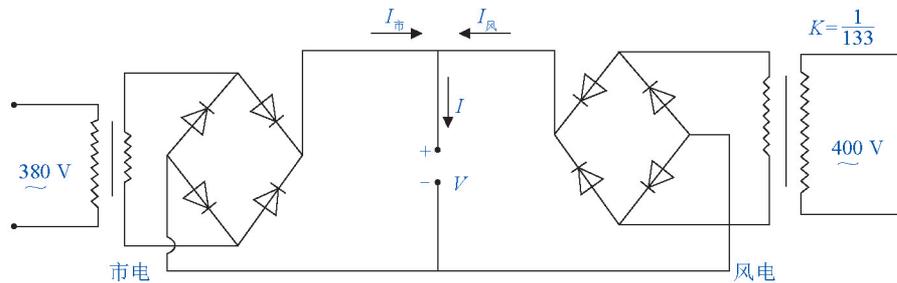


图4 $I_{\text{风}}、I_{\text{市}}$ 协同供电示意图

Fig. 4 $I_{\text{Wind}}、I_{\text{Grid}}$ synergistic supply sketch map

非并网型风电模式利用风/网协同供电,风电、网电相互独立、互不干扰,协同为负载供电。风机结构优化,成本降低,实现风电高效、低成本全部利用。

风电的这种非并网模式,将发电与负载直接耦合为一个“新系统”,其优势体现在以下几个方面。

1)采用直流电,回避风电上网电压差、相位差、频率差难以控制的问题,绕开电网这一限制风电大规模应用的瓶颈,也避免了风电并网对电网系统的影响。

2)突破终端负荷使用风电的局限,使大规模风电在非并网风电系统中100%利用。

3)由于没有了上网条件的束缚,风力机可以采用一些低成本、高效能的设备,也可以简化甚至省去成本高、结构复杂的设备。

非并网风电理论的关键是将高耗能产业通过必要的技术创新和改造后,能够适应风电和电网波动,成为理想的、具有深度调峰能力的“智能负载”,其本质为多能源协同供电,所谓“智能负载”是指该负载能够根据供电量的大小,智能工作在相应的负荷下,其生产效率不发生改变,也就是说该智能负载能够适应风电和网电供电负荷的波动。这种适应性为风电等不稳定电源直接对负载进行供电提供了理论支撑,提高了电网的利用率,同时也是“智能负载”对电网起到了理想的调峰作用。

高耗能产业通过必要的技术创新与集成,能够适应风电(太阳能等)和电网输出功率大幅度波动,使大规模、超大规模风电(太阳能等)不经过常规电网,就能够高效、低成本、低故障率全部利用。因此“智能负载”是“非并网风电”理论的核心,通过智能负载,发电量与用电量通过电网达到了“均衡化”,对电网也起到非常好的调峰作用,这是“非并网风

电”理论的内涵。在中国,电解铝、海水淡化、盐化工氯碱、油田抽油、电解水制氢、风煤多能源系统等都属于高耗能产业,都可以改造成“智能负载”^[6-9]。

非并网风电的本质为多能源系统供电,消除了风电波动对电网的影响,避免了并网型风电波动对电网的冲击,进而影响电网的效率和安全性。其目标为高耗能产业直接供电,互不干扰,减少了对电网的冲击,降低了风机制造成本。

非并网风电理论得到了国内外专家的普遍认同。国际可再生能源机构总干事海伦·佩露斯:“我深信,非并网风电将会在未来的可再生能源领域发挥重要作用,为我们带来一个100%由可再生能源提供动力的世界”。世界风能协会名誉主席普利本·麦加德:顾为东博士提出了非并网风电系统理论,使非并网风电在世界声名大振,他开辟了世界大规模风电多元化应用的新领域,是这个领域的开拓者和先锋(EI: 20100212619377)。世界风能协会主席艾利奥·凯恩:非并网风电是可再生能源领域中的全新概念,它把风能和其他不同的能源联系在一起。非并网风电有很大的发展机会,不仅在发达国家如此,在发展中国家也是如此(EI: 20100212619357)。世界可再生能源理事会主席沃尔夫冈:大规模风电非并网世界上还没有先例,会使中国在风电发展方面成为世界先进的国家。世界风能理事会理事长阿瑟劳斯·泽尔沃斯:在全球范围内,非并网是风电一种重要的应用,而且这种应用不是小规模,而是大规模的。非并网风电的研究与开发,揭示了我们人类大规模风电多元化应用的开端,我们将看到越来越多非并网风电在工业方面的应用(EI: 20090211852785)。

分布式发电指的是在用户现场或靠近用电现场配置较小的发电机组(一般低于30 MW),以满足

特定用户的需要,支持现存配电网的经济运行,或者同时满足这两个方面的要求。这些小的机组包括燃料电池,小型燃气轮机,小型光伏发电,小型风光互补发电,或燃气轮机与燃料电池的混合装置。

分布式发电其实是多能源协同供电,自己发电自己用,不足的由网电补充,多余的电并入电网,本质上是非并网理论的一种表现形式。

5 结语

本文以风电为例,分析了风电利用的三种模式,提出了非并网风电理论。将风电进一步衍生,提出了非并网风电的本质为多能源协同供电。研究了分布式发电和非并网风电理论的关系,分布式发电作为非并网风电理论的一种表现形式,丰富了非并网风电的理论,在现有电力系统和分布式发电的基础上,构建了一个完整的电力系统框架。

参考文献

[1] 顾为东.大规模非并网风电系统开发与应用[J].电力系统自动

- 化,2008,32(19):1-4.
- [2] 顾为东.大规模非并网风电系统理论与实践[M].南京:江苏人民出版社,2014.
- [3] 顾为东.中国风电产业发展新战略与风电非并网理论[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [4] 顾为东.利用风能资源开发苏北滩涂[J].江苏工学院学报,1986,7(4):82-87.
- [5] 顾为东.风力发电非并网系统的模型试验[J].江苏大学学报(自然科学版),2009,30(3):284-287.
- [6] Gu Weidong, Yan Zhuoyong. Research on non-grid-connected wind power/water-electrolytic hydrogen production system [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2012, 1(37): 737-740.
- [7] Li Chufu, He Xiaobin, Gu Weidong. Application of distributed wind (solar)/grid complement system for oil pumping machines in oilfields[C]//Proceedings of 2010 World Non-Grid-Connected Wind Power and Energy Conference, 2010:380-383.
- [8] He Xiaobin, Li Chufu, Gu Weidong. Research on an innovative large-scale offshore wind power seawater desalination system[C]//Proceedings of 2010 World Non-Grid-Connected Wind Power and Energy Conference, 2010:1-4.
- [9] Gu weidong, Yan Zhuoyong. Research on integrated system of large-scale non-grid-connected wind power and coal-to-SNG[C]//Proceedings of 2010 World Non-Grid-Connected Wind Power and Energy Conference, 2010:198-201.

Research on three kinds of wind power utilization mode

Kong Xiangwei, Gu Weidong

(Jiangsu Academy of Macroeconomic Research, Nanjing 210013, China)

[Abstract] This paper analyses the three modes of use of wind power, and detailedly elaborates the non-grid-connected wind power theory, discusses the wind power and other renewable energy through the multi energy cooperative power supply applied to high energy consuming industries, namely the connotation of non-grid-connected wind power. And it discusses the relationship between distributed generation and non-grid-connected wind power theory. As distributed generations is a form of non-grid-connected wind power, the non-grid-connected wind power and the existing power system will build a perfect framework of power system.

[Key words] non-grid-connected; multi-energy synergistic; distributed generation; smart load