

DOI: 10.3969/j.issn.1006-4729.2016.02.004

用能价格对住宅分布式能源系统的导入影响分析

杨涌文, 赵佳林, 钱凡悦

(上海电力学院 能源与机械工程学院, 上海 200090)

摘 要:根据居民用能价格变化,分析探讨了住宅分布式发电系统的经济性,得出了在实施阶梯电价后,上海地区光伏发电系统已具有实际的导入价值,而燃气热电联产机组则因为阶梯气价经济性较差,不具有实际导入价值。

关键词:阶梯电价; 阶梯气价; 住宅分布式能源系统; 用能价格; 经济性

中图分类号: TU83; F426.61

文献标志码: A

文章编号: 1006-4729(2016)02-0120-05

Analysis of the Impact of Energy Price on Residential Distributed Energy System

YANG Yongwen, ZHAO Jialin, QIAN Fanyue

(School of Energy and Mechanical Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: The economy of residential distributed generation systems is explored according to the change of residential energy prices. It is concluded that the PV system in Shanghai has practical value after the ladder-type electricity price is implemented, but the gas generating system does not have practical value because of the poor economy in the implementation of the ladder-type gas price.

Key words: ladder-type electricity price; ladder-type gas price; residential distributed energy system; energy price; economy

目前,能源紧缺和环境污染已经成为制约中国社会经济与环境可持续发展的主要问题。2009年11月,中国作为当时世界上温室气体排放量最大的国家,承诺到2020年单位国内生产总值(GDP)二氧化碳排放量将比2005年下降40%~45%^[1]。因此,如何节约能源、降低碳排放是当前全社会面临的重点问题。建筑能耗占社会总能耗的1/3以上,而近几年来,民用住宅建筑能耗作为建筑总能耗的重要组成部分,随着国民生活水平

的提高而日益增加^[2],各种节能技术及措施被广泛利用,其中住宅分布式发电一度受到广泛的关注。住宅分布式发电系统一般主要指5 kW以下的小型光伏发电系统及1 kW左右的微型燃气热电联产机组,目前这两种系统在国外都得到了广泛应用,而在中国,由于成本、收益及政策等因素的限制,难以推广。

2012年6月,我国开始对居民用电实行阶梯电价政策,这是许多能源紧缺国家为应对能源价

收稿日期: 2015-07-31

通讯作者简介:杨涌文(1981-),男,博士,讲师,江苏无锡人。主要研究方向为分布式能源。E-mail: yangyongwen@vip.163.com.

格高涨、抑制能源不合理消耗而采取的措施之一。而住宅分布式发电系统的收益主要取决于节能量及用能价格。在以往的研究中发现,由于住宅用电价格偏低而导致住宅分布式发电系统回收期较长,甚至无法回收。而随着阶梯电价政策的实施,对于大户型及别墅等高能耗用户,住宅分布式发电系统可以有效削减第3档用电量,实现一定的经济效益。2014年4月,国家发改委正式发布《关于建立健全居民生活用气阶梯价格制度的指导意见》,决定在全国范围内推行居民阶梯气价政策。2014年9月1日,上海市率先调整居民燃气价格,并实行居民阶梯气价制度。而随着阶梯气价的实施,必然会对住宅燃气分布式发电经济性产生不利的影响。为了探讨住宅分布式发电系统在现行居民用能价格下的经济性及可行性,本文分别对住宅光伏发电系统及微型燃气热电联产机组进行综合评价,以期为我国住宅分布式能源系统的发展提供一些借鉴。

1 研究对象及假定

2006年,由上海市经委、上海交通大学与世界自然基金会共同发起的“十万个太阳能屋顶计划”在上海开始实施,第一期计划完成光伏屋顶10 000套,每套3 kW。但该计划最终由于成本、收益及政策等因素被迫中止。时至今日,成本及能源价格都有了很大的变化,有必要重新对住宅分布式发电系统导入的经济性及可行性进行评估。本文选取上海某顶层复式住宅作为研究对象,模拟该住宅全年的冷热电需求。

1.1 研究对象设定及负荷模拟

对象住宅为两层复式结构,套内面积约185 m²,制冷、供暖主要采用分体式空调或地暖设备,生活热水则采用电热水器。本文根据上海市住宅建筑冷热电负荷指标及日本三联供手册,采用逐时法对住宅的一般用电、制冷、采暖及热水的负荷需求进行模拟计算,并根据该住宅的实际能源账单进行修正,其月能耗负荷如图1所示。

1.2 现行居民电价和燃气价格

目前,全国已经实施的阶梯电价是指把居民每个月的用电分成基本用电、正常用电、高质量用电3档。第1档覆盖80%居民用电,电价保持不变;第

2档覆盖至95%的居民用电,提高0.05元/kWh;超出部分为第3档,提高0.3元/kWh。上海阶梯电价方案如下。第1档电量为0~3 120 kWh,电价不作调整,并且3年之内保持基本稳定,未分时电价为0.617元/kWh,分时电价峰时段(6:00~22:00)为0.617元/kWh,谷时段(22:至次日6:00)为0.307元/kWh。第2档电量为3 120~4 800 kWh,未分时电价加价标准为0.05元/kWh,分时电价峰时段加价标准为0.06元/kWh,谷时段加价标准为0.03元/kWh。第3档电量为4 800 kWh以上,未分时电价加价标准为0.30元/kWh,分时电价峰时段加价标准为0.36元/kWh,谷时段加价标准为0.18元/kWh^[3]。

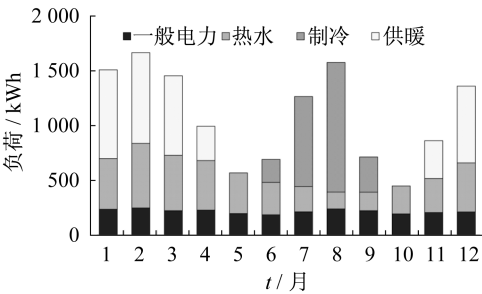


图1 该负荷住宅的月能耗负荷情况

随着我国天然气消耗量的日益增长,进口天然气的比例大幅提高,导致天然气市场价格高于政府定价,部分地区民用燃气价格相对偏低。目前,我国已经在广东、广西等地开展天然气价格形成机制改革试点,实行价格动态调整机制。目前全国只有上海市已经开始实施阶梯气价制度,3档户年用气量分别为0~310(含)m³,310~520(含)m³,520 m³以上。第1档气价提高0.50元/m³,即从之前的每立方米2.50元调整为3.00元;第2档气价与第1档保持1.1倍的比价,即3.30元/m³;第3档气价与第1档保持1.4倍的比价,即4.20元/m³^[4]。上海市居民阶梯电价和燃气价格见表1。

表1 上海市居民阶梯电价及燃气价格

分 类	电价/[元·(kWh) ⁻¹]		燃气价/ (元·m ⁻³)
	平时	谷时	
非阶梯	0.617	0.307	2.5
第1档	0.617	0.307	3.0
第2档	0.667	0.357	3.3
第3档	0.917	0.607	4.2

2 住宅分布式能源系统导入模型

在对研究对象进行负荷模拟的基础上,建立住宅用光伏发电及微型燃气热电联产机组的导入模型,并根据该模型对住宅分布式发电系统的导入情况进行探讨。

2.1 设备设定及运行

本文分别选取了 3 kW 光伏发电系统及 1 kW 的微型燃气热电联产机组用于住宅分布式发电。表 2 为设备参数及投资成本。图 2 和图 3 分别为住宅光伏发电及住宅微型燃气热电联产机组系统。

表 2 设备参数及投资成本

系统	电力输出	余热输出	转换效率	发电效率	余热回收效率	总效率
	kW		%			
光伏发电系统	3		17			
微型燃气热电联产机组	1	2.8		22.5	63	85.5

系统	成本/ (W·元 ⁻¹)	使用年限/a	总投资/ 元	燃气用量 (9.5 kWh/Nm ³)/ (Nm ³ ·h ⁻¹)
光伏发电系统	10	20	30 000	
微型燃气热电联产机组		20	50 600	0.445

注:光伏建筑一体化组件 6 元/W;光伏并网逆变器 1 元/W;汇流箱 1 元/W;电线等其他辅材及人工分别约 1 元/W。

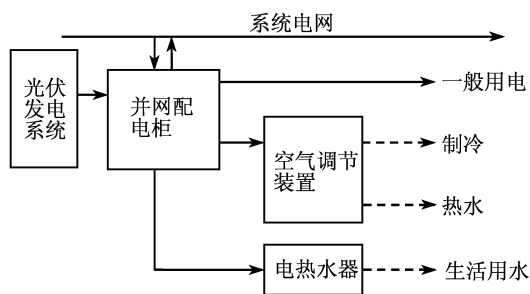


图 2 住宅光伏发电系统示意

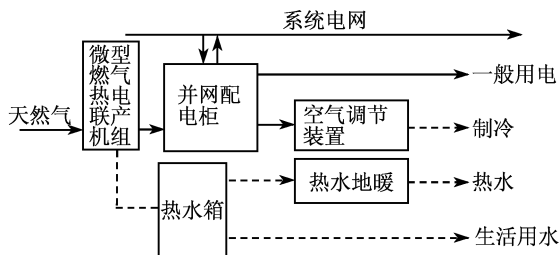


图 3 住宅微型燃气热电联产机组系统示意

光伏发电系统被设置在顶层屋顶。参考上海市光伏发电实测数据,图 4 显示的是上海地区 3 kW 光伏发电系统的每月累计发电量。从图 4 可以看出,7 月为梅雨季节,发电量相对较少。在光伏最佳安装角度下,年发电量约 3 204 kWh^[5]。在住宅光伏发电系统中,光伏发电直接用于满足住宅的电力需求,多余电力上网。

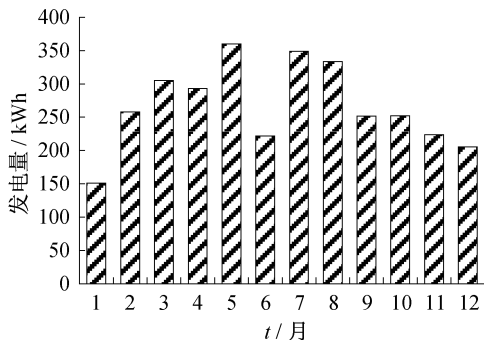


图 4 3 kW 光伏发电系统的每月累计发电量

微型燃气热电联产机组单位小时可以提供 1 kWh 的发电量及 2.8 kWh 的余热,余热可用于采暖及生活用水。本文中,考虑到系统运行的经济性,采用热主电从的模式,即主要用于使发电机余热满足地暖及生活用水,发电量用于满足一般电力负荷(主要指照明、设备负荷),多余电量上网。基于这一假定,就可以计算出 12 个月平均每天发电机的运行时间,如图 5 所示。由图 5 可知,1 月和 2 月最多,每天约运行 17 h;8 月和 9 月由于供暖及热水需求都相对较少,每天仅运行 2 h。

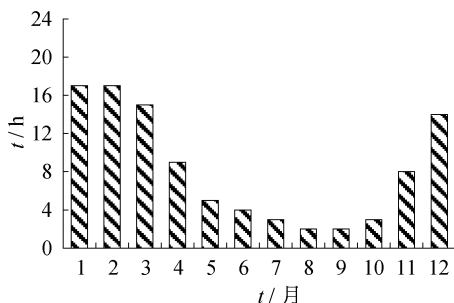


图 5 微型燃气热电联产机组平均日运行小时数

为便于探讨住宅分布式发电的实际经济效果及可行性,本文不考虑分布式发电系统的上网限制,发电系统的供电除了供自家用电设备使用外,多余电量以相同电价上网,相当于多余电量储存在外部电网,需要时使用。

2.2 分布式能源补贴

2013 年 8 月,国家发改委发布《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》,明确分布式光伏发电项目的补贴标准为 0.42 元/kWh^[6]. 根据 2014 年 4 月《上海市可再生能源和新能源发展专项资金扶持办法》,光伏及风电两类新能源项目将根据发电量获得为期 5 年的奖励. 分布式光伏的“度电补贴”金额为工商业用户 0.25 元/kWh,个人用户 0.4 元/kWh^[7].

目前,在国家层面上没有鼓励燃气分布式能源系统发展补贴政策. 2008 年上海出台了《上海市分布式能源系统和燃气空调发展专项扶持办法》,对燃气分布式能源系统按 1 000 元/kW 进行投资补贴. 2013 年 3 月出台了新的《上海市天然气分布式能源系统和燃气空调发展专项扶持办法》,在 1 000 元/kW 设备投资补贴的基础上,对年平均能源综合利用效率达到 70% 及以上且年利用在 2 000 h 及以上分布式能源项目再给予 2 000 元/kW 的补贴^[8].

2.3 模型案例设定

为探讨居民用能价格变化(根据表 1)对住宅分布式发电系统发展的影响,本文引入了如下 5 个案例:

案例 1 基于非阶梯电价(原有电价)的光伏系统(PV);

案例 2 基于阶梯电价的光伏系统(PV);

案例 3 基于非阶梯电价(原有电价)和非阶梯气价(原有气价)的微型燃气热电联产机组(GE);

案例 4 基于阶梯电价和非阶梯气价(原有气价)的微型燃气热电联产机组(GE);

案例 5 基于阶梯电价和阶梯气价的微型燃气热电联产机组(GE).

3 案例分析

表 3 列出了各案例的年运行分析数据. 根据这些数据,进行用能价格对住宅分布式能源系统的导入影响分析.

表 3 各案例的年运行分析结果

类 型	能源价格		能源需求	自家能源供应		买电	支付的能源费用		能源费用削减	投资补贴/(元·kW ⁻¹)	发电补贴/[元·(kWh) ⁻¹]	投资/元	回收期/a
	电	燃气		电	余热		电	天然气					
		kWh		元									
传统用能	非阶梯		9 480			9 480	5 400						
系统用能	阶 梯		9 480			9 480	6 844						
案例 1	非阶梯		9 480	3 204		6 276	3 463		1 977		0.42 + 0.4 (5 年)	3 000	10
案例 2	阶 梯		9 480	3 204		6 276	4 046		2 798		0.42 + 0.4 (5 年)	3 000	9
案例 3	非阶梯	非阶梯	3 339	2 995	7 999	344	106	3 331	2 003	3 000		50 600	24
案例 4	阶 梯	非阶梯	3 339	2 995	7 999	344	106	3 331	3 407	3 000		50 600	14
案例 5	阶 梯	阶 梯	3 339	2 995	7 999	344	106	5 033	1 705	3 000		50 600	28

3.1 能源购买结构

图 6 为不同案例的能源购买结构对比. 由图 6 可知,在目前阶梯电价的基础上,年电费开支大幅提升. 光伏发电的住宅分布式发电系统年电费开支增加的比例为 16.8%,小于一般传统用能系统的 25.8%,而微型燃气热电联产机组的发电量可以满足系统需求,因此年能源开支主要是购买天然气. 可见,光伏发电系统和微型燃气热电联产机组的导入可以有效地避免阶梯电价的影响. 但随着阶梯气价的推出,能源价格急剧上升,微型燃气热电联产机组的年燃气费用开支增加的

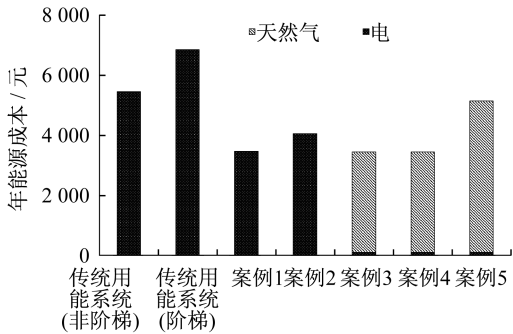


图 6 年能源成本比较

比例为原来年燃气费用的 51.1%,总开支提高比例为原来年总费用的 49.5%.

3.2 家庭总能源费用支出

图 7 为不同案例家庭年总能源费用支出情况。由图 7 可知,在阶梯电价的基础上,光伏发电系统和微型燃气热电联产机组可以有效地削减年能源支出,而微型燃气热电联产机组由于能量功率更大,可以更有效地削减年系统能耗。但随着阶梯气价的推出,燃气费用急剧上升,能源费用削减效率也会显著降低。

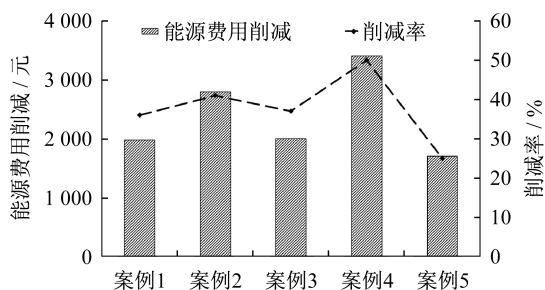


图 7 年能源费用对比及削减率

3.3 回收期

图 8 为考虑补贴的情况下 5 个案例(表 3)的回收期比较。由图 8 可知,在非阶梯能源价格的基础上,微型燃气热电联产机组由于夏季热需求不足导致运行时间偏低,回收期达到 24 年,光伏发电系统的回收期也在 10 年以上;而阶梯电价实行后,微型燃气热电联产机组的回收期有望降低到 14 年,而光伏发电则为 9 年;随着阶梯气价的推出,燃气费用开支急剧上升,微型燃气热电联产机组的回收期达到 28 年。

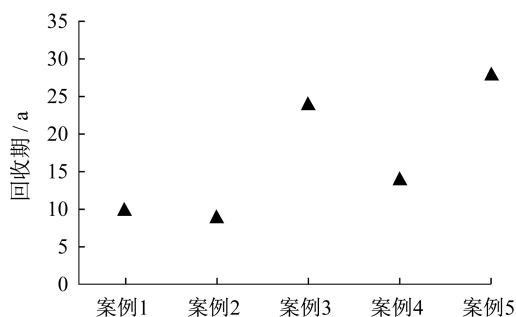


图 8 案例回收期对比

4 结 论

(1) 对于大户型及别墅等大面积高能耗用户而言,阶梯电价使年电费开支大幅提高。通过导入光伏发电系统或微型燃气热电联产机组等家用分布式发电系统,可以有效削减年能源费用,削弱阶梯电价的影响。

(2) 阶梯电价的实行提高了光伏发电系统或微型燃气热电联产机组等家用分布式发电系统的节电效益,有效缩短了回收年限。但阶梯气价的实施会阻碍住宅燃气发电机组的进一步发展。

(3) 上海地区光伏发电系统回收期在 9 年以内,已具有实际的导入价值。在其他太阳光资源更丰富的地区,回收期会进一步缩短。而在实行阶梯气价后,燃气热电联产机组的回收期从 14 年增至 28 年,不具有实际导入价值。

参考文献:

- [1] 陈晓晨. 中国为何决定碳强度下降 40% ~ 45% [J]. 广西电力, 2010(9): 90-91.
- [2] 彭先见. 居住建筑用能终端约束模型研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [3] 上海市发展和改革委员会. 关于本市居民生活用电试行阶梯电价实施方案的通知[EB/OL]. [2012-06-15]. <http://www.shdrc.gov.cn>.
- [4] 上海市发展和改革委员会. 关于调整本市居民用户管道燃气价格的复函[EB/OL]. [2014-08-04]. <http://www.shdrc.gov.cn>.
- [5] 赵春江, 刘永生, 杨金焕. 3 kW 家用型太阳能光伏发电(PV)系统并网后的运行和监测[J]. 华东电力, 2009(8): 1374-1377.
- [6] 中华人民共和国发展和改革委员会. 国家发展改革委关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知[EB/OL]. [2014-08-26]. <http://www.zfxxgh.ndrc.gov.cn>.
- [7] 上海市发展和改革委员会. 上海市可再生能源和新能源发展专项资金扶持办法[EB/OL]. [2014-04-21]. <http://www.shdrc.gov.cn>.
- [8] 上海市发展和改革委员会. 上海市分布式供能系统和燃气空调发展专项扶持办法[EB/OL]. [2013-03-29]. <http://www.tjhp.com/html/8096255659.html>.

(编辑 胡小萍)