

基于峰谷电价与阶梯电价的分时阶梯电价研究

高 勇

(四川省电力公司通信自动化中心,成都 610023)

摘 要:结合峰谷电价与阶梯电价思想,提出分时阶梯电价策略。将不同时段不同价格梯段所对应的电量视为不同的商品,提出分时阶梯电价的理论假设,在这些假设的基础上建立居民分时阶梯电价模型。通过实例分析验证了模型的有效性,其研究结果表明所提出的分时阶梯电价模型能够通过价格杠杆实现电能的削峰填谷目的。

关键词:峰谷电价;阶梯电价;分时阶梯电价

中图分类号:TM407;F407.61

文献标识码:A

引 言

传统化石能源日渐枯竭与人类社会能源需求不断增长的矛盾,引发了世界各国对节能减排的极大关注^[1-2]。全球电力工业作为现代人类社会最大的能源生产、运输和供应部门,面临了前所未有的挑战和机遇,工业用电和居民用电矛盾尤为突出。为了解决这一矛盾,发达国家和地区已经较为普遍地实行了居民阶梯式递增电价。在我国也逐步在一些省份推行了阶梯电价,如浙江、四川、福建等。

居民用电实行阶梯电价制度是指按照电力消费量分段定价,居民支付的电价水平呈阶梯状逐级递增的一种电价定价机制。对居民用电实行阶梯电价可以鼓励居民节约用电,尤其是奢侈用电;另一方面使居民电价能够逐步反映合理的供电成本,兼顾不同收入者的承受能力,减轻电价交叉补贴^[3]。关于阶梯电价的档位或价格的制定上,国内外主要利用拉姆齐法则^[4]、覆盖率法^[5]、基于用户响应的优化方法^[6-8]等方法进行了确定性研究。由于用户在不同月份的用电量、用电习惯的差距较大,因而确定性分析用户对阶梯电价的响应无法反映季节差异等因素的影响,可能和实际情况存在偏差。

随着第三产业和居民生活用电比重的不断提高,电网日负荷峰谷差呈现逐渐增的趋势,这将降低电网供电

可靠性和电能质量,增加发电厂房和设备的投入。因此,为了提高发电设备利用效率,优化电网负荷率,引导用户电力消费,峰谷电价策略便应运而生^[9]。实行峰谷分时电价,有利于鼓励用户合理转移用电负荷,削峰填谷,降低高峰时段的用电负荷率,提高系统设备容量的利用效率和节约能源。

根据电网负荷的峰谷规律,采取分时电价和阶梯电价思想,建立分时阶梯电价机制,引导用户电力优化消费是我国未来电力管理与实践的重要方向。目前,赵硕等^[10]将阶梯电价和分时电价结合起来考虑电力电价,但是只是分析了定价原则所需满足的基本条件,还缺乏深入的理论研究。

因此,本文结合峰谷电价和阶梯电价思想,建立不同时段的阶梯电价的电价函数,在此基础上提出一种分时阶梯电价理论模型,并通过实例分析验证了模型的有效性,其研究结果表明所提出的分时阶梯电价模型能够通过价格杠杆实现电能的削峰填谷目的。

1 分时阶梯电价的定义

(1) 阶梯电价

阶梯电价有正向、逆向两种,目前国际上普遍使用的是正向阶梯电价,又叫“阶梯式累进电价”,是指把户均用电量设置为若干个阶梯,第一阶梯为基数电力设

施量,此阶梯内电量较少,每千瓦时电价也较低;第二阶梯电量较高,电价也较高一些,第三阶梯电量更多,电价也更高。随着户均消费电量的增长,每千瓦时电价逐级递增。因为这种电价照顾到低收入人群维持最低生活水平的用电要求,又被俗称为“穷人电价”。因此,通过价格机制可以控制不合理用电^[11-12],促进节能减排;同时,通过提高居民生活用电价格减少工商业等其他行业用电对居民用电的补贴;再进一步通过阶梯式的电价机制减少对高收入人群的电价补贴。

(2) 分时电价

分时电价是指根据电网的负荷变化情况,将每天24小时划分为高峰、平段、低谷等多个时段,对各时段分别制定不同的电价水平,以鼓励用电客户合理安排用电时间,削峰填谷,提高电力资源的利用效率。

(3) 分时阶梯电价

所谓分时阶梯电价是在分时电价的基础上,实行阶梯电价的策略。即,首先将每天24小时划分为高峰、平段、低谷等多个时段,对于每个时段的电价执行不同的阶梯电价。

2 分时阶梯电价理论假设

以3阶梯电价作为研究基础,提出如下假设。

假设1 将每天分为三个用电时段 T_1 、 T_2 、 T_3 。 T_1 代表用电高峰时段的时长(单位:小时), T_2 代表用电平段的时长(单位:小时), T_3 代表用电低谷时段的时长(单位:小时)。因而有 $T_1 + T_2 + T_3 = 24$ 。

假设2 T_1 时段的1档和2档位的用电量分别为 S_{11} 和 S_{12} (单位:千瓦·时),对应的电价 a (元/千瓦·时)可表示为下式(假设在 T_1 时段已用电量为 s_1)

$$a = \begin{cases} a_1, s_1 \in [0, S_{11}] \\ a_2, s_1 \in (S_{11}, S_{12}] \\ a_3, s_1 \in (S_{12}, \infty) \end{cases} \quad (1)$$

假设3 T_2 时段的1档和2档位的用电量分别为 S_{21} 和 S_{22} (单位:千瓦·时),对应的电价 b (元/千瓦·时)可表示为下式(假设在 T_2 时段已用电量为 s_2)

$$b = \begin{cases} b_1, s_2 \in [0, S_{21}] \\ b_2, s_2 \in (S_{21}, S_{22}] \\ b_3, s_2 \in (S_{22}, \infty) \end{cases} \quad (2)$$

假设4 T_3 时段的1档和2档位的用电量分别为 S_{31} 和 S_{32} (单位:千瓦·时),对应的电价 c (元/千瓦·时)可表示为下式(假设在 T_3 时段已用电量为 s_3)

$$c = \begin{cases} c_1, s_3 \in [0, S_{31}] \\ c_2, s_3 \in (S_{31}, S_{32}] \\ c_3, s_3 \in (S_{32}, \infty) \end{cases} \quad (3)$$

假设5 为了达到削峰填谷和节约能耗的目的,应该通过价格杠杆让居民避开用电高峰时用电,鼓励居民尽量在用电低谷时段多用电。因而,给出下面假设。

$$\begin{aligned} a_3 > b_3 > c_1, a_3 > a_2 > a_1, b_3 > b_2 > b_1 \\ c_3 < c_2 < c_1, a_3 - a_2 > a_2 - a_1, b_3 - b_2 > b_2 - b_1 \\ c_1 - c_2 > c_2 - c_3, a_3 - a_2 > b_3 - b_2 > c_1 - c_2 \\ a_2 - a_1 > b_2 - b_1 > c_2 - c_3 \end{aligned} \quad (4)$$

3 分时阶梯电价模型

假设一户普通居民家庭每月的总用电量为 s 千瓦·时,其中用电高峰时段的用电量为 s_1 千瓦·时,平段的用电量为 s_2 千瓦·时,低谷时段的用电量为 s_3 千瓦·时,且 $s = s_1 + s_2 + s_3$ 。该居民的电费支出 S 包含用电高峰时段的电费支出 S_1 ,平段的电费支出 S_2 和低谷时段的电费支出 S_3 。各个时段的电费支出如下:

(1) 用电高峰时段的电费支出

$$S_1 = a_1 \min\{s_1, s_{11}\} + a_2 \max\{0, \min\{s_1 - s_{11}, s_{12} - s_{11}\}\} + a_3 \max\{0, s_1 - s_{12}\} \quad (5)$$

(2) 平段的电费支出

$$S_2 = b_1 \min\{s_2, s_{21}\} + b_2 \max\{0, \min\{s_2 - s_{21}, s_{22} - s_{21}\}\} + b_3 \max\{0, s_2 - s_{22}\} \quad (6)$$

(3) 用电低谷时段的电费支出

$$S_3 = c_1 \min\{s_3, s_{31}\} + c_2 \max\{0, \min\{s_3 - s_{31}, s_{32} - s_{31}\}\} + c_3 \max\{0, s_3 - s_{32}\} \quad (7)$$

(4) 该居民户该月总的电费支出

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (8)$$

根据式(5)~式(8),可做如下讨论:

(1) 如果在用电高峰时段的用电量 s_1 不大于对应时段第一档的值 s_{11} , 在式(5)中

$$\begin{aligned} \min\{s_1, s_{11}\} &= s_1, s_1 - s_{11} \leq 0 \\ \min\{s_1 - s_{11}, s_{12} - s_{11}\} &= s_1 - s_{11} \\ \max\{0, \min\{s_1 - s_{11}, s_{12} - s_{11}\}\} &= 0 \\ 0s_1 - s_{12} < 0, \max\{0, s_1 - s_{12}\} &= 0 \end{aligned}$$

因此

$$S_1 = a_1 s_1$$

(2) 如果在用电高峰时段的用电量 s_1 满足 $s_{11} < s_1 \leq s_{12}$, 则在式(5)中

$$\min\{s_1, s_{11}\} = s_{11}, s_1 - s_{11} > 0$$

$$\begin{aligned} \min\{s_1 - s_{11}, s_{12} - s_{11}\} &= s_1 - s_{11} \\ \max\{0, \min\{s_1 - s_{11}, s_{12} - s_{11}\}\} &= s_1 - s_{11} \\ s_1 - s_{12} < 0, \max\{0, s_1 - s_{12}\} &= 0 \end{aligned}$$

因此

$$S_1 = a_1 s_{11} + a_2 (s_1 - s_{11})$$

(3) 如果在用电高峰时段的用电量 s_1 满足 $s_1 > s_{12}$,

则在式(5)中

$$\begin{aligned} \min\{s_1, s_{11}\} &= s_{11}, s_1 - s_{11} > 0 \\ \min\{s_1 - s_{11}, s_{12} - s_{11}\} &= s_{12} - s_{11} \\ \max\{0, \min\{s_1 - s_{11}, s_{12} - s_{11}\}\} &= s_{12} - s_{11} \\ s_1 - s_{12} < 0, \max\{0, s_1 - s_{12}\} &= s_1 - s_{12} \end{aligned}$$

因此

$$S_1 = a_1 s_{11} + a_2 (s_{12} - s_{11}) + a_3 (s_1 - s_{12})$$

(4) 对于式(6)、式(7)的情况与式(5)类似。

如果采用单一定价,假设单价为 d (元/千瓦·时),则用户在使用同样多电的情况下,每月的电费支出为:

$$S' = d \times s = d(s_1 + s_2 + s_3) \quad (9)$$

4 实例分析

假设某用户某月的用电量为 300 千瓦·时,采用单一电价时的电价为 0.55 元/千瓦·时,采用分时阶梯电价见表 1。

表 1 用户峰谷阶梯电价水平

峰谷时段	第一档 电量、单价		第二档 电量、单价		第三档 电量、电价
	千瓦·时	元/千瓦·时	千瓦·时	元/千瓦·时	元/千瓦·时
高峰时段	20	0.85	45	1.05	1.45
平段	50	0.46	90	0.60	0.75
低谷时段	100	0.35	160	0.30	0.22

(1) 单一电价模式

该用户当月的电费支出为:

$$S' = d \times s = 0.55 \times 300 = 165 \text{ (元)}$$

(2) 分时阶梯电价模式

假设该用户在高峰时段、平段、低谷时段的电量比值为 1:1:1,则当月的电费支出为:

$$\begin{aligned} S_1 &= 20 \times 0.85 + (45 - 20) \times 1.05 + (100 - 45) \times \\ &1.45 + 0.46 \times 50 + 0.60 \times (90 - 50) + \\ &0.75 \times (100 - 90) + 0.35 \times 100 \\ &= 212.5 \text{ (元)} \end{aligned}$$

假设该用户在高峰时段、平段、低谷时段的电量比值为 1:2:3,则当月的电费支出为:

$$\begin{aligned} S_1 &= 20 \times 0.85 + (45 - 20) \times 1.05 + (50 - 45) \times \\ &1.45 + 0.46 \times 50 + 0.60 \times (90 - 50) + 0.75 \times \\ &(100 - 90) + 0.35 \times 100 + 0.30 \times (150 - 100) \\ &= 155 \text{ (元)} \end{aligned}$$

假设该用户在高峰时段、平段、低谷时段的电量比值为 1:2:4,则当月的电费支出为:

$$\begin{aligned} S_1 &= 20 \times 0.85 + (42.86 - 20) \times 1.05 + 0.46 \times 50 + \\ &0.60 \times (85.7 - 50) + 0.35 \times 100 + 0.30 \times \\ &(171.43 - 100) \\ &= 141.81 \text{ (元)} \end{aligned}$$

从算例可以看出,通过价格杠杆可以让用户尽量避开用电高峰时段用电。而对于电力企业来说,工商业用户是最大的电力用户,而工商业电力用户的电价水平远远高于普通居民用户的电价水平。这样,高峰时段普通居民少用电,就可以给工商业用户提供更多的电力,电力企业从中获取的利益也会增加。

5 结束语

本文首先提出来分时阶梯电价的定义,然后给出电价理论的假设条件,基于这些假设得到了电价模型。最后通过实际算例表明,通过分时阶梯电价策略,可以让居民用户合理避开用电高峰,从而达到移峰填谷的目的。

参考文献:

- [1] U.S.Department of Energy Office of Electric Transmission and Distribution.“Grid 2030” a national vision for electrical second 100 years.[EB/OL][2009205209].[http://climatevision.gov/sectors/electric power/pdf/electric_vision.pdf](http://climatevision.gov/sectors/electric%20power/pdf/electric_vision.pdf)[R].2009.
- [2] 陈树勇,宋书芳,李兰欣.智能电网技术综述[J].电网技术,2009,33(8):1-7.
- [3] 朱成章.阶梯电价是电价改革的阶梯[J].大众用电,2011(1):3-6.
- [4] Brown S J,David S S.The theory of public utility pricing [M].Cambridge:Cambridge University Press,1986.
- [5] 黄海涛,张粒子,乔慧婷.基于变密度聚类的居民阶梯分段电量制定方法[J].电网技术,2010(11):111-116.
- [6] 朱柯丁,宋艺航,谭忠富,等.居民生活阶梯电价设计优化模型[J].华东电力,2011(6):862-867.
- [7] 曾鸣,李娜,刘超.基于效用函数的居民阶梯电价

- 方案的节电效果评估[J].华东电力,2011(8):1215-1219.
- [8] 李媛,罗琴,宋依,等.基于模糊响应的阶梯电价机制研究[J].华东电力,2012(3):367-372.
- [9] 曾梦好.分类用户峰谷电价研究[D].保定:华北电力大学,2006.
- [10] 赵硕,黄诗晴.阶梯电价结合分时电价的理论分析[J].东方企业文化,2011(2):230.
- [11] 谭忠富,侯建朝.电价设计与电力产业节能的关系研究[J].华北电力大学学报,2007(2):1-6.
- [12] 郭联哲,曹福成,李晓军,等.市场环境下电价设计过程的经济学分析[J].国际电力,2005(4):12-16.

Research on Electric Time-of-Using-Tiered Price Based on Time-of-Use Price and Tiered Price

GAO Yong

(Communication Automation Center of Sichuan Electric Power Corporation, Chengdu 610023, China)

Abstract: Combining the idea of time-of-use price and tiered price, electric time-of-using-tiered pricing program. The power on different price ladders as different commodities, some assumptions for electric time-of-using-tiered pricing are put forward, and the electric time-of-using-tiered pricing model is established. An example verifies the effectiveness of the model. The research result suggests that the electric pricing model can realize the aim of cutting the peak to the valley through price leverage.

Key words: time-of-use price; tiered pricing; time-of-using-tiered pricing program