

计及买卖双方利益的分类型零售电价模型

雷霆^{1,2}, 刘俊勇¹, 党晓强¹, 都亮¹, 詹红霞²

(1. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065; 2. 西华大学电气信息学院, 四川 成都 610039)

摘要: 在电力市场发展的很长一段时期, 配电公司都会受到政府部门的管制, 管制下的配电公司兼有经营者和管理者的双重身份, 因此在零售电价的制定中, 作为经营者它应该考虑其本身的效益, 作为管理者则要考虑用户的效益, 而目前零售电价的制定中很少考虑用户效益。按现有的用户类型进行用户的分类定价, 在制定零售电价时同时兼顾配电公司和用户的利益, 将负荷看成对价格变化具有反应的实体, 考虑了用户的需求。最后通过算例分析了各个因素的变化对价格的影响, 并验证了此方法的合理性。

关键词: 零售电价; 效益; 电力市场; 多目标决策; 需求价格弹性

中图分类号: TM73; F123.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)17-0059-04

0 引言

从经济学的角度来说, 价格是连接供给和需求的桥梁, 因此, 价格应该是市场供需状况的一种反映。我国现行的电价制度是以综合成本理论为基础的, 随着电力市场改革的深入, 这种只反映供方成本而忽略需方状况的定价方法必定不能提供正确的经济信号。从加州电力危机的经验可以看出, 这种电价制度减弱了价格的调节作用, 严重扭曲了市场^[1]。在新的市场环境下, 如何制定更加合理的零售电价需要探索新的方法。

在国内外的一些文献中, 对电力市场零售电价的制定提出了方案。文献[2]提出了对电力以价值定价 (value-based pricing) 的思想, 重新诠释并提炼了电力定价的真正含义。文献[3]提出了一种根据用户的负荷率、负荷形状、可靠性要求和电压等级等因素确定附加电价从而确定用户分类电价的方法, 但并未介绍基本销售电价如何确定。文献[4]按节点确定电价, 主要是从系统的运行成本和用户的支付成本入手考虑, 没有考虑用户的分类和买卖双方的效益。文献[5]提出了一种零售电价和批发电价联动的数学模型, 主要是从配电公司的效益和风险入手进行分析, 没有考虑用户的用电效益。文献[6]根据边际成本的原理, 建立了分时售电电价的优化模型, 并考虑了可靠性要求, 但没有考虑用户的需求随价格变化的情况。

本文从配电公司和需求侧两个方面考虑, 分别

以其效益最大化为目标, 进行了建模和求解, 并分析了配电公司的购电成本和用户对价格的反应程度, 将其在电价中体现出来。本文提出的模型只是制定零售电价水平, 最终的销售电价还要考虑负荷的各种特性进行调节。

1 用户的效益分析

竞争型电力市场的引入是以降低电力用户支付的电价为首要目的^[1]; 供电商的决策是以满足电力需求为前提; 在开放的配电市场中, 用户可以为经济效益而通过改变用电方式主动参与市场竞争^[7], 因此在零售电价的制定上应该首先分析用户的效益。同时, 用户的用电效益是社会福利的一部分, 合理的零售电价有利于整个社会福利的提高。

我国电力市场是多类型用户市场, 无论是配电公司还是管制者在制定电价时, 都需要针对不同类型的用户进行差别定价^[8]。在此, 我们按现有分类方法对各类用户分别计算其效益。

假定第 i 类用户单位用电量的毛效益表示为 v_i , 那么所有用户总的净效益可表示为

$$B(i_1, i_2, \dots, i_n) = \sum_{i=1}^n [L_{Di}(v_i - i_i) - c_i] \quad (1)$$

式中: B 为用户的用电净效益函数; i_i 为对第 i 类用户的销售电价, 元/kWh; L_{Di} 为第 i 类用户的用电量, kWh; v_i 为第 i 类用户消耗单位电量产生的毛效益, 元/kWh; c_i 为第 i 类用户耗电量的其它成本 (与销售电价无关或对电价不敏感部分)。

2 电力需求函数分析

由于用户的行为会影响市场电价, 电价的改变

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (国家 973 计划) 资助项目 (2004CB217905); 西华大学青年基金 (Q0520902)

也会引起用户需求的变化,两者的关系可以用用户的需求价格弹性表示^[9]。经济学家用需求量变动的百分比除以价格变动的百分比来计算:

$$\epsilon_i = - \frac{L_{Di}/L_{Di}}{p_i/p_i} = - \frac{L_{Di}}{p_i} \cdot \frac{p_i}{L_{Di}}$$

在目前的电价制定策略中,往往将需求侧作为刚性负荷考虑,使得价格不能对市场作出正确的反映,同时也造成了近年来我国电力供需平衡的大幅度振荡和社会资源的巨大浪费^[10]。所以电价制定中,我们应该将负荷作为电价变化的反应体。

由于需求价格曲线的描述非常复杂,我们以目前最常用的方法在供需均衡点进行线性化处理^[11],从而表示出需求曲线:

$$L_{Di} = a_i - b_i p_i \quad (2)$$

其中: a_i 和 b_i 是两个大于 0 的常量系数,均可以通过统计资料来确定。 b_i 则可以表示需求量变化与价格变化的关系,当 p_i/L_{Di} 一定时,它则表示需求价格弹性的大小。这样的函数表明了随着电价的升高,电量需求线性降低的趋势。

3 配电公司的效益分析

随着电力市场改革的深入,配电公司在市场交易中的双重身份会更加明朗,成为一个集购买者和销售者为一体的实体。在作为卖方以合理电价销售电量的过程中,必须要体现其购买电量的经济行为,这主要以成本的方式表现。配电公司的成本包括从输电公司购买电量的成本、配电网的运行和维护成本、提供配电服务的成本等。

在输配分离的市场中,配电公司从输电网购买电量,类似于现在的输电公司从发电市场购买电量,配电公司需要一个基于合同交易的长期市场和一个基于现货交易的短期市场购买电量,因此配电公司的购电成本分为两个部分。假设长、短期市场的电价分别为 L_L 和 L_S , 配电公司从长、短期市场购买的电量分别为 L_L 和 L_S , 那么购电成本可表示为^[5]

$$C_P = L_L L_L + L_S L_S \quad (3)$$

配电公司的收益为

$$\mu(p_1, p_2, \dots, p_n) = \sum_{i=1}^n L_{Di} p_i - C_P - C_{OT} \quad (4)$$

式中: μ 为配电公司的效益函数; C_{OT} 为配电公司除购电成本以外的其他成本,假定其变化对零售电价的影响很小,可以忽略。

假设配电公司购买的合同电量和现货电量的比

例是 $x(1-x)$, 在忽略损耗的情况下,根据电网的等式约束条件可得:

$$L_L + L_S = \sum_{i=1}^n L_{Di} \quad (5)$$

所以

$$\begin{cases} L_L = x \sum_{i=1}^n L_{Di} \\ L_S = (1-x) \sum_{i=1}^n L_{Di} \end{cases} \quad (6)$$

4 零售电价的数学模型

在很长一段时期内,具有垄断性质的配电公司还必须接受政府的管制,管制下的配电公司不仅仅是一个以盈利为目的的经营者,还是一个以提高社会效益为目标的管理者。因此,这种身份的配电公司在制定销售电价时,应该以自身和用户效益最大化为目标,在数学上是一个双目标的规划模型

$$\begin{cases} \max B(p_1, p_2, \dots, p_n) \\ \max \mu(p_1, p_2, \dots, p_n) \end{cases} \quad (7)$$

约束条件为

电网等式约束:

$$L_L + L_S = \sum_{i=1}^n L_{Di} \quad (8)$$

需求曲线约束:

$$L_{Di} = a_i - b_i p_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

电价上下限约束(考虑市场失灵或市场被操控时,为稳定市场的运行,由监管部门对价格进行的调控措施^[12]):

$$p_{\min} \leq p_i \leq p_{\max} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

为求解这个双目标规划可以将其目标函数通过线性加权法转换为单目标函数,为此引入一个加权因子 λ ($0 \leq \lambda \leq 1$)。从电价意义上来看,由于提高配电公司和用户的效益是矛盾的,所以用 λ 和 $1-\lambda$ 分别代表配电公司和用户效益所占的权重,将式(8)和式(9)代入(7)中,则可以将式(7)的双目标函数转化为以下含加权因子的单目标函数

$$\begin{cases} \max S(p_1, p_2, \dots, p_n) = \max [\lambda \mu(p_1, p_2, \dots, p_n) + (1-\lambda) B(p_1, p_2, \dots, p_n)] \\ \text{s.t. } p_{\min} \leq p_i \leq p_{\max} \quad (i=1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (11)$$

将式(1)和式(4)代入式(11)中,得到描绘第 i 类用户的如下模型

$$\begin{cases} \max S(i) = \max [\sum_{i=1}^n (a_i - b_i v_i) (v_i - x_L - (1-x) x_s) - C_{OT}] + (1-x) \sum_{i=1}^n [(a_i - b_i v_i) (v_i - i) - c_i] \\ \text{s.t. } \min i \leq i \leq \max i \end{cases} \quad (12)$$

通过最优化原理中的微分法对上式求解得到第*i*类用户的销售电价为

$$i = \begin{cases} \min i & i < \min i \\ i & \min i \leq i \leq \max i \\ \max i & i > \max i \end{cases}$$

其中:

$$i = \frac{[2a_i + x b_{iL} + (1-x) b_{iS} + b_i v_i]}{2b_i(2-i)} - \frac{a_i + b_i v_i}{2b_i(2-i)}$$

从表达式可见,销售电价与配电公司的购电成本、用户的用电效益、两个实体的效益比例和负荷弹性都有密切关系。因子的取值对电价水平的确定起着非常关键的作用,可以根据不同市场时期配电公司和用户的收益期望来确定值。

5 算例分析

算例1 利润比例因子对电价的影响结果。以某钢铁公司的市场数据为例,假设需求曲线函数中 $a=760$, $b=1290$,毛收益为 $v=2.30$ 元/kWh,在长期市场上购买电量的电价均值是 $x_L=0.15$ 元/kWh,短期市场上购买电量的电价均值是 $x_S=0.2$ 元/kWh,假设配电公司在长短期市场购买电价的比

例为85% 15%,我们确定每kWh的购电成本为 $0.85x_L + 0.15x_S = 0.1575$ 元/kWh。根据的取值不同得到不同的销售电价如图1所示。

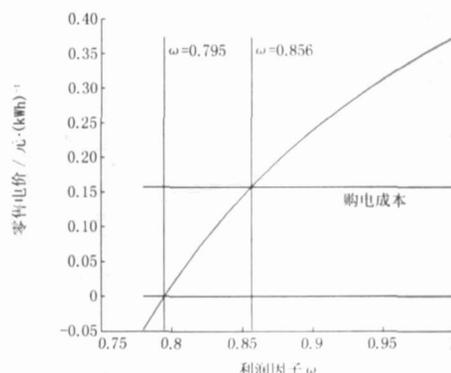


图1 零售电价和利润因子的关系

Fig 1 Relation between retail prices and benefit factor

从图1中可以看出,零售电价与因子呈曲线关系。随着的增加,表示配电公司的利润增加(即用户的利润减少),零售电价增加。当0.856,零售电价将低于配电公司的当量购电成本,会受到 $\min i$ 的限制。显然,在假定的参数下,的取值应该在0.856~1.0。说明在制定电价过程中,配电公司的收益仍然占主导地位。在的取值范围内,改变的值,就是改变配电公司和用户的利润比例,因而零售电价水平也随之改变。

算例2 不同类型用户的不同需求函数和效益对电价的影响结果。对假设现在有负荷价格弹性和用电收益均不同的三类用户,配电公司的购电价格为 $x_L=0.15$ 元/kWh, $x_S=0.2$ 元/kWh,为简化计算取 $\omega=1$,他们的各种参数和对应电价如表1所示。

表1 零售电价和用户参数的关系

Tab 1 Relation between retail prices and customers' parameters

类型	a	b	v 元·(kWh) ⁻¹	零售电价 元·(kWh) ⁻¹	其它成本 元·(kWh) ⁻¹	利润 元·(kWh) ⁻¹
第一类	760	1290	2.30	0.370	1.2	0.730
第二类	760	1500	1.50	0.334	0.6	0.566
第三类	760	1800	0.50	0.291	0.1	0.109

从表1中可见,不同类型用户的电价是随着其负荷价格弹性和用电收益的变化而变化。这三类用户随着弹性的增高、用电收益的降低,通过此模型得到的电价降低,这是合理的,既可以保证社会效益,也对用户用电有一定的激励作用。

算例3 配电公司的购买电价的变化对零售电价的影响。仍以上例中第一类负荷,其参数为 $a=$

760, $b=1290$, $v=2.30$ 元/kWh。图2是仿真结果。

从图2中可见,配电公司的购电成本越高,销售电价也越高,由于长期市场上的购电量所占比重较大,因此长期市场的购电电价对零售电价的影响更明显。从曲线图中还可以看出,随着购电电价的按规律的变化,零售电价与之呈线性的规则变化,这对市场的稳定也是相当重要的。

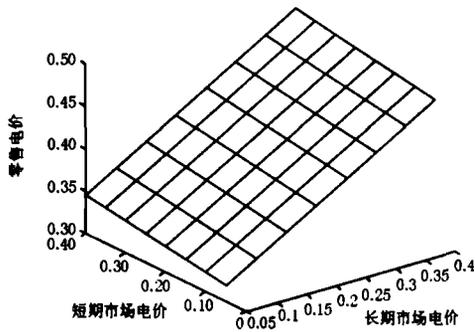


图 2 零售电价和配电网购电电价的关系

Fig 2 Relation between purchase prices of distribution and retail prices

6 结语

对于多类型用户的电力市场,用户需要按类型进行差别定价,不同类型的用户一定要有科学制定电价的方法。在配电市场的电价确定上,目前大多研究都集中在配电公司的成本上,还有一些着重研究配电公司的利润,而鲜有同时对用户用电效益进行考虑的,但实际上用户受自身利益驱使对电价和市场的影 响是非常大的。所以本文在兼顾两者利益的情况下,建立了零售电价的模型,在这个模型中涵盖了配电公司的成本、需求对价格的反应等因素,通过算例分析了各种因素对零售电价的影响,并证明了此模型所确定电价水平的合理性。对于电力市场环境 中,政府管制下的配电公司或价格管制机构在制订分类零售电价时具有参考意义。

参考文献:

- [1] Kirschen D S Demand-side View of Electricity Markets [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2003, 18 (2): 520-527.
- [2] 刘俊勇,段登伟,吴集光. 国外配电侧电力市场的模式、运行及对我国配电侧市场化改革的启示 [J]. 电力自动化设备, 2004, 24 (7): 7-14.
LU Jun-yong, DUAN Deng-wei, WU Ji-guang Models and Operation of Distribution Market in Several Countries and Suggestions for Distribution Side Deregulation in China [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24 (7): 7-14.
- [3] 黄永皓,康重庆,夏清,等. 用户分类电价决策方法的研究 [C]. 2003 全国高等学校电力系统及其自动化专业第十九届学术年会论文集. 成都: 1878-1885.
HUANG Yong-hao, KANG Chong-qing, XIA Qing, et al Research on Decision Methods of Classified Prices for Customers [A]. Proceedings of 19th CUS-EPSA. Chengdu: 2003. 1878-1885.
- [4] Li R, Chen L, Yokoyama R. A Methodology for Evaluating the Wholesale/Retail Prices in Deregulation Market [A]. Power Tech Conference Proceedings, IEEE Bologna: 2003. 23-26.
- [5] 段登伟,刘俊勇,吴集光. 计及风险的配电公司最优分时零售电价模型 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (3): 8-12.
DUAN Deng-wei, LU Jun-yong, WU Ji-guang Optimal TOU Retail Pricing Models for Distribution Utility with Risk Management [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (3): 8-12.
- [6] 马金明,秦雷鸣,朱振青. 供电公司分时售电电价研究 [J]. 电力系统自动化, 2002, (26) 5: 9-12, 59.
MA Jin-ming, QN Leiming, ZHU Zhen-qing Studies on Spot Sale Pricing Regional Energy Utility [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, (26) 5: 9-12, 59.
- [7] 周明,李庚银,倪以信. 电力市场下电力需求侧管理实施机制初探 [J]. 电网技术, 2005, 29 (5): 6-11.
ZHOU Ming, LI Geng-yin, NI Yi-xin A Preliminary Research on Implementation Mechanism of Demand Side Management under Electricity Market [J]. Power System Technology, 2005, 29 (5): 6-11.
- [8] 王先甲,梁劲,周静,等. 关于输配电企业对多类型用户的定价管制模型 [J]. 中国电机工程学报, 2004, 24 (10): 40-44.
WANG Xian-jia, LIANG Jin, ZHOU Jing, et al The Incentive Models of Regulated Price for Power Transmission Enterprises with Multi-type Consumers [J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24 (10): 40-44.
- [9] Kirschen D S, Stbac G, Cumperayot P, et al Factoring the Elasticity of Demand in Electricity Prices [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15 (2): 612-617.
- [10] 夏清,彭涛,周安石,等. 保证电力供需长期均衡的措施研究 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (3): 1-5, 18.
XIA Qing, PENG Tao, ZHOU An-shi, et al Study on the Measures for Maintaining the Electrical Long-Term Equilibrium [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (3): 1-5, 18.
- [11] de Oliveira-de Jes ús PM, de Le o P, Yusta YM, et al Uniform Marginal Pricing for the Remuneration of Distribution Networks [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2005, 20 (3): 1302-1310.
- [12] 周浩,陈建华,孙维真. 电力市场中的电价分析与调控 [J]. 电网技术, 2004, 28 (6): 37-40.
ZHOU Hao, CHEN Jian-hua, SUN Wei-zhen Analysis and Adjustment of Electricity Price in Electricity Market [J]. Power System Technology, 2004, 28 (6): 37-40.

(下转第 85 页 continued on page 85)

problem largely impacts on the security of system, while reasonable reactive power planning plays an important role in keeping voltage stability. In this paper, basic conceptions about reactive power planning considering voltage stability is first explained, and then models and algorithms on reactive power planning based on static and dynamic voltage stability limits are summed and commented and several important problems needing to research in depth are put forward in the end. On this basis, developing direction of reactive power planning is emphasized to consider security and economy. Also, it is proposed that reactive power planning modeling based on dynamic voltage stability margin is the key to avoid voltage collapse.

Key words: voltage stability; static voltage stability limits; dynamic voltage stability limits; reactive power planning

(上接第 62 页 continued from page 62)

收稿日期: 2006-05-10; 修回日期: 2006-07-01

作者简介:

雷 霞 (1973 -),女,博士研究生,讲师,主要从事电力

市场和电力系统自动化的研究; E-mail: Snow_Lei246@sina.com

刘俊勇 (1963 -),男,教授,博士生导师,主要从事电力市场、电能质量、分布式发电等的研究工作。

Classified retail pricing model considering benefits of suppliers and customers

LEI Xia^{1,2}, LU Jun-yong¹, DANG Xiao-qiang¹, DU Liang¹, ZHAN Hong-xia²

(1. School of Electricity and Electronic Information, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. School of Electrical Information, Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: During the long time of the development of power market, distribution utilities are regulated by government. Because distribution utilities are both operators and governors, they should take consumers' benefits into account as governors in making retail prices, while considering their own benefits as operators. Consumers' benefits are hardly considered in pricing at present. This paper proposes a classified pricing method according to current consumer types. A model for making retail prices is set up, which includes benefits of distribution utilities and consumers. Load is viewed as a body responding to price fluctuation. The consumers' demand is considered in the model. At last, simulation analyzes how each element to influence retail prices, and shows rationality of the proposed method.

This project is supported by Special Fund of the National Basic Research Program of China (No. 2004B217905) and Youth Fund of Xihua University (No. Q0520902).

Key words: retail prices; benefits; power market; multi-goal decision; price elasticity of electrical demand

许继集团跻身 2006年度中国制造业 500强

2006年 8月 19日上午,2006年度中国制造业 500强暨大型工业企业信息发布年会在人民大会堂召开。会上,国家统计局公布了中国制造业 500强和 2006年度中国大型工业企业信息。许继集团以 512926万元的主营业务收入(不含税)位居 2006年度中国制造业 500强第 349名,在 2006年度中国大型工业企业中排名第 436位。

伴随中国经济的快速发展,一大批代表中国制造业发展水平的企业日益成长壮大,在世界上的影响力、竞争力与日俱增。为展现、宣传大企业在制造业发展中的地位、作用与贡献,引导企业不断做大做强、走集约化发展道路,国家统计局依据 2005年企业年报,按主营业务收入大小排序,首次向社会发布 2006年度中国制造业 500强;同时,按主营业务收入、资产总额和从业人员数三项指标划定了 2006年度中国大型工业企业共 2387家,一并向社会公布,希望对所有企业的健康发展起到积极的导向和示范作用。据了解,2006年中国制造业 500强企业的入选门槛已达 37.3亿元,河南省有 19家企业入选 2006年中国制造业 500强。