

规制政策对配电公司零售电价的影响

□吉 敏 吕 魁 [东南大学 南京 210096]

[摘 要] 在电力零售市场引入实时电价（RTP）制度后，当零售市场还处于配电公司垄断经营的阶段，仍需要对配电公司的零售电价进行规制。作为垄断经营者的配电公司将以利润最大化为目标，但其零售电价将受到不同规制政策的影响。本文以拉姆齐规制政策为标杆，分析了价格上限和收入控制规制两种规制政策对配电公司零售电价的影响。研究表明价格上限规制政策下，零售电价普遍高于拉姆齐定价，而收入控制政策下，配电公司在低谷时段的零售电价将低于拉姆齐定价，而在高峰时段的电价高于拉姆齐定价，通过算例进一步验证了上述结论。

[关键词] 电力市场； 配电公司； 零售电价； 实时电价

[中图分类号] TM73—F-123.9 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1008-8105(2009)06-0010-05

引言

我国电力工业的改革目前处于发电侧引入竞争的阶段，对于售电侧各地区仍由输配电一体化的电网公司以垄断经营加管制的方式运作。零售电价受到管制限制，不能随时随批发电价变化。但如果零售电价不能反应批发电价将导致市场的无效率，不仅不能得到最优产出和定价，甚至次优的结果也得不到^[1]。根据“十一五”规划，输配电分开将是改革目标之一。在输配电分开后，配电公司从电力批发市场购电，并向最终用户销售电力。在这种市场结构下，对配电公司的零售电价再继续实行完全的价格管制，则由于批发电价的波动，可能会引发配电公司的财政危机。加州电力市场由于冻结了零售电价，同时要求供电公司从竞争的批发市场中购电，导致两家较大的供电公司破产^[2]。因此需要在电力零售领域引入实时电价，对电力市场给出有意义的经济信息，实现电力资源的优化配置，提高社会整体福利水平。

由于经济、政治以及社会影响等原因，配电公司向用户推行实时电价尚不能普遍为用户所接受，但无论国内国外，引入实时电价已是电力改革的方向之一。张钦等在价格上限规制下，利用Monte-Carlo模拟法，针对RTP相关的套期保值合同的定价问题，

研究了不同风险喜好的用户对RTP电价的反映和最优决策问题^[3]。潘敬东等在基于内点法最优潮流的实时电价算法基础上引入负荷的价格响应，建立了负荷与实时电价的互动模型^[4]。但是目前主要实施的是分时电价（TOU，time of use），通过不同时段实行不同电价，鼓励用户进行负荷调整以改善负荷曲线，实现“削峰填谷”。因此学者对电力零售电价的研究仍主要集中在分时电价领域内。刘昌等将销售侧电价与上网侧电价相联系建立峰谷时段划分模型^[5]。丁伟等给出了基于用户价格响应和满意度的峰谷分时电价优化决策模型^[6]。段登伟等在实际零售电价与批发电价联动的基础上，计及配电公司风险类型给出分时电价优化决策模型^[7]。

以上研究的侧重点主要是针对关于实时电价定价的制定或分时电价峰谷时段划分等问题如何建立优化决策模型以优化决策主体的收益，但分析规制政策、配电商定价行为以及社会福利变化之间关系的文献尚不多见。但由于我国目前电力零售领域仍处于垄断经营的状况，在没有放开电力零售市场之前，此时引入实时电价，如果没有相应的规制政策，必然会引起市场势力的运用。因此，对电力零售市场的规制仍然是必要的。目前对引入实时电价后，在不同的规制政策下，配电商会采取不同的定价策略，相应的地对社会福利产生不同的影响。因此探讨不同的规制政策下配电商的定价与社会福利最大

[收稿日期] 2009-01-06

[基金项目] 国家自然科学基金项目（70473013）

[作者简介] 吉-敏（1981-），女，东南大学经济管理学院博士生；吕-魁（1974-），男，东南大学经济管理学院博士生。

化的偏离，将有助于决策层在电力市场改革过程中的政策选择，有助于制定更接近社会最优的政策。分析垄断配电商可能出现的定价行为进行经济学分析的文献尚不多见。

在此背景下，本文探讨了针对实时电价的最佳拉姆齐规制方法。由于信息不对称，这种规制方法难以在现实中实行，但可以作为对现实中存在的规制政策比较的基准。进而文章分析了配电网公司在满足Ramsey-Boiteux社会福利基准规制下的定价行为，更进一步比较分析了价格上限和收入控制规制两种实际规制政策与最佳拉姆齐定价的偏离关系，并通过算例反映了这种偏离程度。

二、问题描述

在传统电表计量装置下，人们认为电力消费缺乏弹性，但随着实时电表的安装，使得电力消费具有一定弹性，终端用户的电力消费可以按价格敏感度进行细分。本文主要研究配电网公司面对价格敏感型用户时的定价问题。消费者被假设为同质用户。在不同的消费时段，一个代表性消费者电力需求量随零售电价变动 $D(p)$ 且有 $D'(p) < 0$ 。他的总消费剩余为 $S_{(D(p))}$ ，假设消费者的效用函数是拟线性效用函数，则有 $S'_{(D)} = p$ [8]。

本文中的配电网公司（DistCos，distribution company）是指在输配分开而配售尚未有分开的电力市场中，拥有配电网和供电专营区并从电力批发市场中批发购电后向用户提供供电服务的供电商，在专营区内对消费者具有垄断势力，但售电价格将受到规制。

为简化分析过程，忽略配电网公司的其他变动成本，假设配电网公司的单位购电成本 c 唯一地由批发电力市场的统一市场出清电价（MCP，market clearing price）决定。假设配电网公司容量成本为 c_0 。假设由电力批发市场的报价规则决定了配电网公司的购电报价不影响统一市场出清价，所以购电成本对于配电网公司来说是一个外生变量，不随售电量和售电价格变动。

假设一个消费时段对应于配电网公司在批发市场同一个购电报价时段。配电网公司一天的购电报价时段总数取 N ，则一天中将产生 N 个统一市场出清价，即配电网公司各个时段购电的单位成本为该时段的市場出清价，记为 c_k ， $k=1,2,\dots,N$ 。对于价格敏感型用户，可以按每个报价时段的售电电价调整消费

量，因此配电网公司将根据单位成本报出 N 个售电电价 p_k 。由于电力具有难以贮存的性质，因此可以认为在各个报价时段对于电力的需求是相互独立的。

带格式的：字体：倾斜

带格式的：行距：最小值 15 磅，不对齐网格

带格式的：行距：最小值 15.3 磅

带格式的：行距：最小值 15 磅，不对齐网格

带格式的：行距：最小值 15.3 磅

带格式的：字体：倾斜

带格式的：字体：倾斜

三、最佳拉姆齐定价

(一) 社会计划者的拉姆齐定价

显然, 如果不存在容量成本, 则社会最优定价是售电价格等于边际购电价格, 即 $p_k = c_k$ 。此时配电公司的收益为: $R = \sum_{k=1}^N p_k D_{(p_k)}$ 。显然, 由于配电公司存在容量成本的补偿问题, 不能按边际购电成本设定零售电价。

假设配电公司目前实行线性定价, 但由于配电公司在专营区内处于垄断地位, 如果不进行规制, 他它将按垄断市场情形制定零售电价。

现假设一个仁慈的拉姆齐计划者, 其目标函数是在财政预算的制约下使社会总剩余最大化, 即:

$$\begin{aligned} \max_p &= S_{(D_{(p_1)}, D_{(p_2)}, \dots, D_{(p_k)})} - \sum_{k=1}^N (c_k D_{(p_k)}) - C_0 \\ \text{s.t.} & \sum_{k=1}^N (P_k D_{(p_k)} - c_k D_{(p_k)}) - C_0 \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

该式可以视为对不同商品的定价问题。如前所述, 各时段的电力需求是独立的, 不存超弹性的问题。则式(1)的一阶条件为:

$$\frac{p_k - c_k}{p_k} = \frac{\lambda}{1 + \lambda \varepsilon_k} \quad (2)$$

λ 是约束的影子价格, ε_k 是电力需求的价格弹性, $\varepsilon_k = -1/(p_k D'_{(p_k)}/D_{(p_k)})$ 。这一结果可以视为满足 Ramsey-Boiteux 社会福利基准的最佳 Ramsey 定价。

(二) 配电公司的定价

由于拥有配电网的配电公司的购电成本是随着电力批发市场的统一出清价变动而变动, 且在电力专营区形成垄断的市场结构, 配电公司追求利润最大化, 但要满足规制者要求的最低社会福利要求, 即:

$$\begin{aligned} \max_{p_k} &= \sum_{k=1}^N (P_k D_{(p_k)} - c_k D_{(p_k)}) - C_0 \\ \text{s.t.} & S_{(D_{(p_1)}, D_{(p_2)}, \dots, D_{(p_k)})} - \sum_{k=1}^N (c_k D_{(p_k)}) \geq S_{(D^*)} - C_{D^*} \end{aligned} \quad (3)$$

式中星号表示 Ramsey-Boiteux 社会福利基准。这个公式是拉姆齐计划者的对偶规划。其定价结果与式(2)相同。

由此可知, 如果社会计划者能对消费者在不同价格下的消费量 $D_{(p)}$ 预测准确, 并已知消费者总剩余 $S_{(D)}$ 曲线情况下, 配电公司对规制政策的反应将与规制者的目标是一致的, 能得到最佳拉姆齐定价。

四、现实规制方法对拉姆齐规制的偏离

(一) 价格上限的规制方法

现实中对消费量 $D_{(p)}$ 和总剩余曲线 $S_{(D_{(p)})}$ 都是难以测量的, 实际的规制政策可以对单位售电价格给出一个价格上限 $p_{\max}$ 。这种规制方法在在研究实时电价文献中均作为求解的约束条件^[32, 98]。针对一天中每个消费时段, 配电公司将根据统一市场出清价 c_k , 按利润最大化原则制定相应 p_k 和 $D_{(p_k)}$, 目标函数为:

$$\begin{aligned} \max_{p_k} &= \sum_{k=1}^N (P_k D_{(p_k)} - c_k D_{(p_k)}) - C_0 \\ \text{s.t.} & p_k \leq p_{\max}, \dots, p_k \leq p_{\max} \end{aligned} \quad (4)$$

这实质上接近于一个垄断公司在没有规制情况下的情形。根据 Kuhn-Tucker 条件, 可得一阶条件为:

$$\begin{aligned} \frac{p_k - c_k}{p_k} &= \frac{1}{\varepsilon_k} \quad \text{当 } p_k > 0, \lambda_k = 0 \\ p_k &= \bar{p} \quad \text{当 } p_k > 0, \lambda_k > 0 \end{aligned} \quad (5)$$

根据式(5)可知, 如果实时电价仅按一个最高限价进行规制, 则配电公司与一个未受规制的完全垄断的公司行为基本一致, 只有当价格超过零售电价上限时, 配电公司制定的零售电价才低于垄断价格。与最佳拉姆齐定价式(2)相比, 由于 $\lambda_k > 0$, 表明在价格上限规制情况下, 配电公司的售电价格偏高, 市场势力较大。

(二) 收入控制规制方法

这种规制方法, 不对每个时段的售电价格作出限价, 而是对总收入进行控制, 对配电公司设定一个最高收入, 相当于设定一个平均价格 p_A (Laffont and Tirole 2001)^[98]。则配电公司的目标函数为:

$$\begin{aligned} \max_{p_k} &= \sum_{k=1}^N (P_k D_{(p_k)} - c_k D_{(p_k)}) - C_0 \\ \text{s.t.} & \sum_{k=1}^N (P_k D_{(p_k)}) \leq p_A \sum_{k=1}^N (D_{(p_k)}) \end{aligned} \quad (6)$$

生成一阶条件:

$$\frac{p_k - c_k}{p_k} = (1 - \lambda_A) \frac{1}{\varepsilon_k} + \lambda_A \frac{p_k - p_A}{p_k} \quad (7)$$

式中 λ_A 是约束的影子价格。假定能恰当地选择 $p_A = p_{A^*}$, 使得:

$$(1 - \lambda_A) = \lambda / (1 + \lambda) \quad (8)$$

则有:

$$\frac{p_k - c_k}{p_k} = \left(\frac{\lambda}{1 + \lambda} \right) \frac{1}{\varepsilon_k} + \frac{1}{1 + \lambda} \frac{p_k - p_{A^*}}{p_k} \quad (9)$$

将式(9)与式(2)相比, 当某个消费时段用

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不对齐到网格

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不允许文字在单词中间换行

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不允许文字在单词中间换行

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不允许文字在单词中间换行

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不对齐到网格

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不对齐到网格

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不允许文字在单词中间换行

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不允许文字在单词中间换行

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

电需求较低,售电价格 $p_k < p_{A^*}$ 时,与最佳拉姆齐定价相比,配电公司的售电价格将更低,这导致用电低谷时期销售过多的低成本电量;当 $p_k > p_{A^*}$ 时,配电公司的售电价格将高于最佳拉姆齐定价,导致在用电高峰时期销售过少的高成本电量。这种规制方法与最佳拉姆齐规制相比,导致配电公司在消费者用电需求低谷时多购电量,在消费者用电高峰时,反而少购电量。配电公司在高峰时期的高电价可以用低谷时期的低电价过度销售来抵消,从而满足规制要求。

五、算例分析

假设所研究的电力市场的日交易时段数为24,交易时段的市场出清价取自Ontario电力市场2002年6月4日的实际电价(Rodriguez and Anderst 2004)^[49],各交易时段的电价见,如图1所示。

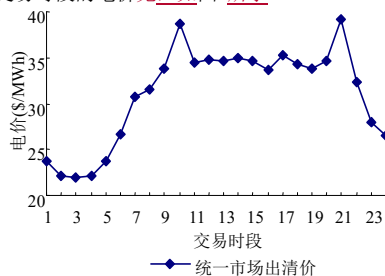


图1 统一市场出清价曲线

Fig.1—market-clearing-prices-curve

假设各个时段的电力需求曲线是线性的,即 $D_{(pk)} = a_k + b_k p_k$,由于各个时段的负荷弹性参数见,如表1所示。

表1 需求曲线参数

Tab.1 Demand-curve-parameters

时段	a_k	b_k
01-06	1060	-14.81
07-09	1300	-18.21
10-21	1600	-20.30
22-24	1300	-18.21

给定一天中配电公司分摊的容量成本为 1.30×10^5 美元,针对文中所给数据,求解非线性规划,可得不同规制政策下配电公司的零售电价,见图2所示。

从图2可见,价格上限规制政策下,零售电价高于拉姆齐规制政策下的零售价格。而收入规制政策

下的电价,在高峰时期高于拉姆齐电价,有时甚至高于价格上限的价格。但在低谷时期,又会低于拉姆齐电价。

进一步可求得不同规制政策下的零售电量,如图3所示。

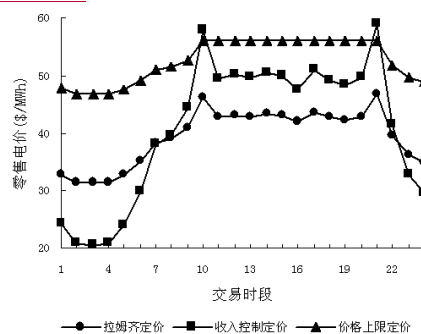


图2 不同规制政策下各时段零售电价曲线

Fig.2 Retail prices at different trading periods under different regulation policies—

从图2可见,价格上限规制政策下,零售电价高于拉姆齐规制政策下的零售价格。而收入规制政策下的电价,在高峰时期高于拉姆齐电价,有时甚至高于价格上限的价格。但在低谷时期,又会低于拉姆齐电价。

进一步可求得不同规制政策下的零售电量,见图3。

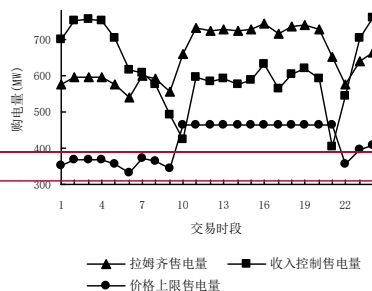


图3 不同规制政策下各时段零售电量

Fig.3 Retail volume under different regulation policies

由图3可知,价格上限规制政策下,各个时段的零售电量均低于拉姆齐规制下的零售电量,而收入控制规制政策下,低谷时段的零售电量高于拉姆齐规制下的电量,高峰时段则反之。

配电公司在不同规制政策下不计及容量成本时利润见,如图4所示。

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不对齐到网格

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 段落间距段前: 6 磅, 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 字体: (中文) 黑体

带格式的: 字体: (中文) 黑体

带格式的: 字体: (中文) 黑体

带格式的: 字体: (中文) 黑体

带格式的: 字体: (中文) 黑体

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

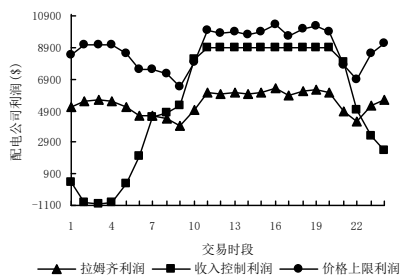


图4 不同规制政策下的利润

Fig.4 Profit under different regulation policies

由图4可知，在收入控制规制政策下，配电公司为了在高峰时段获取更多的利润，同时又能满足规制政策的要求，甚至会在低谷时段以负利润销售电量。如果计及容量成本，则不同规制政策下的净利润具，如表2所示。

表2 配电公司利润

Tab.2 Profit of Distribution company

规制政策	配电公司利润(\$)
拉姆齐规制	0
收入控制规制	110
价格上限	8.28×10^4

拉姆齐规制政策的目标本质是使得受规制公司的短期利润在补偿固定成本后趋向于零利润。从算例结果分析，尽管在不同时段，收入控制规制下，配电公司的定价会偏离拉姆齐定价，但最终配电公司的总利润仍然趋近于零。原因在于规制者在收入控制政策下，只要制定的平均价格可以使得两种规制政策下约束的影子价格满足式(8)式(8)，则收入控制规制政策虽然价格波动较大，但在控制配电公司的垄断利润方面可以趋近拉姆齐规制的效果。当然，在现实中，由于没有足够的信息来确定各个变量来满足式(8)式(8)，但由于收入控制方法只针对平均价格进行调整，操作简单，可以逐渐逼近拉姆齐规制的效果。从这一点上来分析，其规制效果要优于价格上限的规制方法。

六五、结 语

配电公司面对电力批发市场的统一市场出清价，虽然是一个价格接受者，但他对供电专营区内的用户仍拥有市场势力。在电力零售市场引入实时电价机制下，面对价格敏感型电力用户时，对配电公司不同的管制措施将产生的不同效果。规制者

在不能获得足够的信息以制定最佳拉姆齐政策时，如果采取价格上限的规制方法，当利润最大化的零售电价在价格上限范围内，配电公司制定的零售电价与一个没有受到规制的垄断厂商结果一致。配电公司可以针对每个时段追求最大化利润。

如果采用收入控制规制措施，则配电公司在各个时段也将偏离最佳拉姆齐规制的结果。与最佳拉姆齐规制结果相比，配电公司在电力需求高峰时期，购买较少的电量，制定较高的零售电价；而在电力需求低谷时期，将会购买更多的电量，并制定一个较低的零售电价。结果是在高峰时期获得较大的利润，并利用低谷时期的低电价来保证总收入符合规制要求。但是，只要规制者制定的平均价格满足一定的条件，这种规制措施可以使得配电公司的总利润趋近于拉姆齐规制下的总利润。

本文研究的对象是具有垄断地位的配电公司，随着电力批发市场发电侧放开竞争，电力零售侧的竞争也会逐渐放开。不同的规制政策下，竞争性电力零售商的定价行为将是研究领域之一。同时本文假定配电公司的报价对MCP没有影响，事实上电力用户对售电价格的反应必然会影响到市场出清价格。本文还假定了消费者是同质的，如果电力零售商面对异质消费者，其定价行为将会有所不同。这一切表明在电力零售市场中，规制政策、零售市场结构、独立供电商竞争和消费者行为组合在一起会产生更多值得探索的领域。由于我国电力市场的改革刚刚起步，零售电价没有放开，仍然受到严格管制，尚未引入价格上限或收入控制规制等较灵活的规制政策，因此难以获得国内数据论证不同规制政策的效果。随着电力市场改革的深入开展，以现实数据来评判政策的效果将更具有现实意义。这也是本文以后进一步拓展研究的方向之一。

参考文献

- [1] Borenstein S., Holland S.P. On the efficiency of competitive electricity markets with time-invariant retail prices. NBER Working Paper. University of California Energy Institute, U.C. Berkeley. 2003.
- [2] 文福拴, David DAVID. A K. 加州电力市场失败的教训[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(10): 1-5.
- [3] 张钦, 王锡凡, 王秀丽, 等. 需求侧实时电价下用户购电风险决策[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(10): 16-20.
- [4] 潘敬东, 谢开, 华科. 计及用户响应的实时电价模型及其内点法实现[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 8-14.
- [5] 刘昌, 姚建刚, 姚文峰等. 基于DSM的分时电价的

带格式的：字体：(中文) 黑体

带格式的：字体：(中文) 黑体

带格式的：字体：(中文) 黑体

带格式的：字体：(中文) 黑体

带格式的：字体：(中文) 黑体

带格式的：行距：最小值 15 磅

带格式的：行距：最小值 15 磅

带格式的：行距：最小值 15 磅

带格式的：行距：最小值 15 磅

带格式的：行距：最小值 15 磅，不对齐网格

带格式的：行距：最小值 15 磅，不对齐网格

带格式的：行距：最小值 15 磅

确定与分析[J]. 继电器, 2005, 33(15): 57-61.

[65] 丁伟, 袁家海, 胡兆光. 基于用户价格响应和满意度的峰谷分时电价决策模型[J]. 电力系统自动化, 2005 (20): 10-14.

[76] 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-(03): 8-12.

[87] 蒋殿春. 高级微观经济学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006.

[98] Laffont-LAFFOM J J, Tirole-TIROLE J. 胡汉辉, 刘怀德, 罗亮, 译-电信竞争[M]. 胡汉辉, 刘怀德, 罗亮, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2001.

[109] Rodriguez-RODRIGUEZ C P, Anderst-ANDERST G J. Bidding strategy design for different types of electric power market participants[J]. IEEE Trans on power systems, 2004, 19 (2): 964-970.

Impacts of Different Regulation Policies on Retail Price of Distribution Company

Ji-Ji Min Lv-LV Kui

(Research Centre of Group Economy and Industry Organization, Southeast University Nanjing Jiangsu 210096 China)

Abstract The retail electricity of a monopolizing distribution company still have to be regulated after the real-time price (RTP) is utilized -in the retail electricity market since the market is monopolized. The distribution will will target profit maximization but its retail price is affected by regulation policy. The impacts of the policy of the price cap or revenue control regulation on retail price are analyzed by comparing the affect of the optimal price of Ramsey. The results show that the retail price under the price cap is higher than the one under the Ramsey. The price under the revenue control is lower than the one under the Ramsey in the valley periods, while higher in the peak periods. The example demonstrate-demonstrates the proposed conclusions.

Key words electricity market; distribution company; retail electricity price; spot price

编辑——编辑 何 婧

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不对齐到网格

带格式的: 行距: 最小值 15 磅

带格式的: 行距: 最小值 15 磅, 不允许文字在单词中间换行

带格式的: 行距: 最小值 15 磅