

# 基于 DSM 的分时电价的进一步研究

汤玉东, 吴军基, 邹云

(南京理工大学动力工程学院, 江苏 南京 210094)

**摘要:** 文中分析了文献[5]中的分时电价数学模型的不合理方面, 提出了一个改进的分时电价数学模型, 该模型中把平值段电价作为一个新增的优化参量考虑, 从而提出了一种分时电价中平值段电价的确定方法, 仿真结果表明新模型确定的分时电价能使得电力系统处于更优的运行状态。

**关键词:** 分时电价; DSM

中图分类号: TM73

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2002)03-0020-03

## 1 引言

在我国, 随着电力工业市场化改革的进一步深入, 有关电价理论方面的研究十分活跃<sup>[1]-[5]</sup>。文献[1]对无功电价进行了研究。文献[2]对中国的电力市场进行了分析, 提出了适合中国国情的当量电价法。文献[3, 4]从电价形成机制和电价形成体系方面对电价的理论发展进行了分析和综述, 认为我国现在实行实时电价和竞价机制的条件还不具备, 实行分时电价是电力工业市场化的第一步。一般电价计算的前提是有确定的负荷曲线, 不考虑定价后负荷曲线的变动。实际上, 电价对负荷有控制作用, 负荷将随电价的变化而变化。因此, 在上述的电价体系下电力系统的运行会偏离预期的最优方式。文献[5]针对这个问题, 提出了用户反应的概念来考虑电价对负荷的控制作用, 基于 DSM 的总目标<sup>[6]</sup>建立了分时电价的数学模型, 为解决电力系统的运行偏离预期的最优方式的问题提供了一条思路。然而, 文献[5]的模型中取年平均电价作为平值段电价, 对平值段电价的确定没有进行研究, 因此在此电价体系下的电力系统可能处于局部最优状态, 而没有达到全局最优状态。本文针对这个问题, 对文献[5]的模型进行了改进, 把平值段电价作为一个变量引入优化目标函数, 通过求解这个优化问题可得到平值段的电价, 仿真结果表明新模型确定的分时电价能使得电力系统处于更优的运行状态。

## 2 改进的基于 DSM 的分时电价数学模型

### 2.1 文献[5]中的分时电价数学模型的缺点

文献[5]中的分时电价数学模型没有考虑分时

电价体系中平值段电价的变化对负荷曲线的影响, 因此上述模型的结果往往是某个固定的平值段电价下的最优分时电价, 而不是全局的最优分时电价, 这样就使得电力系统运行于某一次优状态, 而没有运行于最优状态。

### 2.2 改进的分时电价数学模型

#### 1) 用户反应度的改进

文献[5]中用户反应度是根据大量的社会调查数据获得, 但是没有考虑平电价对用户反应度的影响, 所以得到的用户反应度不是很精确。本文根据文献[7]的用户感觉阈限(差别阈限)的概念, 在大量用户调查数据的基础上, 再加入一个感觉阈限点(根据文献[7]中介绍, 其约为平值段电价的十分之一)来考虑平值段电价对用户反应度的影响。这样用户反应度必定不仅与 (峰谷电价以平值段电价为基础向两边拉开的幅值比)、 $c$ (峰谷电价以平值段电价为基础上拉开的幅值)有关, 还与  $c_0$ (平值段电价)有关, 另外平值段电价的变化还会对  $c$ 、 $c_0$  的可行域产生影响, 所以负荷曲线也与  $c$ 、 $c_0$  有关。

#### 2) 新模型的建立

与文献[5]一样, 我们基于 DSM 的总目标<sup>[6]</sup>(社会、电力部门和用户三方受益或几方受益而另一方不受损害)建立如下的新模型:

$$\left. \begin{aligned} \min (P(c, c_0)) = \max (P(t, c, c_0)) \\ S. T. \quad T \cdot c_0 - c_T(c, c_0) - c_0 \\ \quad \quad \quad 0 \leq c \leq c_0 - c_e \\ \quad \quad \quad 0.9 \cdot c_0 \leq c_0 \leq 1.1 c_0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中:  $P(t, c, c_0)$  ——负荷曲线函数;

$P(c, c_0)$  ——表征日最大负荷与  $c, c_0$  关

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60074007)

教育部资助优秀青年教师基金(200011)

高等学校骨干教师资助计划资助

系的函数；

$c_0$  —— 实行分时电价前电力公司的年平均售电价格；

—— 两边拉开的幅值比；

$c$  —— 向下拉开的幅值。

满足： $c_M = c_0 + \cdot c$   $c_m = c_0 - c$

$c_M$  —— 峰值时段电价；

$c_0$  —— 平值时段电价；

$c_m$  —— 谷值时段电价；

$T$  —— 让利系数(电力公司把实行分时电价而节约的电力投资通过降低电价的形式来使用户受益,我们把这个降低的电价与原来的电价的比值称为让利系数)；

$c_T(, c, c_0)$  —— 实行分时电价后电力公司的平均售电价格；

$c_e$  —— 电力系统的边际运行成本。

模型(1)中的前三个方程的建立过程和文献[5]中相一致。第四个方程确定了平值段电价  $c_0$  的可行域。我们认为平值段电价  $c_0$  不可能偏离年平均电价太大,取上限为  $1.1c_0$ ,下限为  $0.9c_0$ ,如果模型中平值段电价的优化结果在其边界上或超出其界限,则说明分时电价中时段的划分不合理,需要重新划分。

通过对模型(1)的求解我们可以得到合理的峰电价、平电价和谷电价。

### 3 算例及分析

我们用上述新模型对文献[5]中的算例进行了计算、仿真,并将结果与文献[5]的结果进行了比较、分析。

1) 原始数据(以南京市城南供电局提供的数据为背景)。

a) 典型的日负荷曲线,见表1和图1。

表1 典型的日负荷曲线之数据

T	负荷(kW)	T	负荷(kW)	T	负荷(kW)	T	负荷(kW)
1	1022000	7	1192000	13	1365000	19	1556000
2	1065000	8	1287000	14	1385000	20	1550000
3	1040000	9	1435000	15	1372000	21	1458000
4	982000	10	1468000	16	1372000	22	1362000
5	1087000	11	1505000	17	1485000	23	1163000
6	1132000	12	1340000	18	1470000	24	1107000

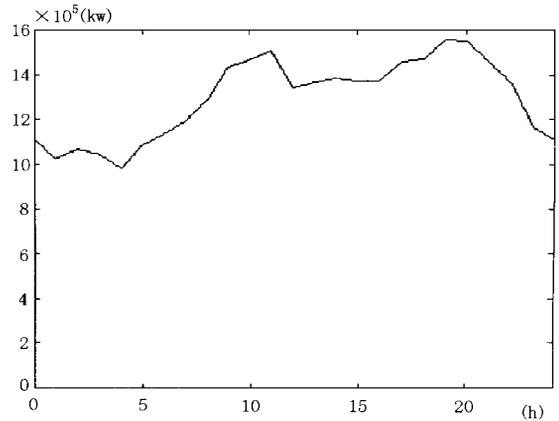


图1 典型日负荷曲线

b)  $c_0 = 0.425$ (元/kW h)；  $c_e = 0.12$ (元/kW h)

c) 时段的划分

峰值时段:7~11(峰1),17~21(峰2)

平值时段:11~17(平1),21~23(平2)

谷值时段:23~3(谷1),3~7(谷2)

d) 用户反应度根据大量的社会调查数据和用户的消费心理<sup>[7]</sup>采用线性回归拟合成如图2所示的线性模型(不同类型的用户有不同的反应度曲线,纵坐标表示用户反应的百分比,横坐标表示各时段相对于平均电价的差价,单位为元)；  $\tau = 0.938$ <sup>[5]</sup>。

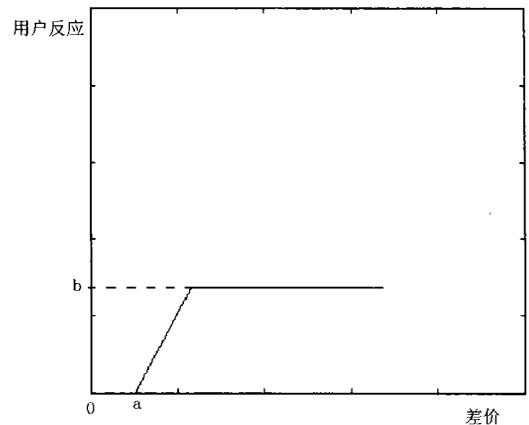


图2 用户反应度模型

2) 优化结果

我们建立的新模型的优化结果和文献[5]的结果对比如图3(横坐标单位为h,纵坐标单位为MW)所示。

优化结果:

$= 0.6200$   $c = 0.2370$  峰谷比 = 3.0422 1

$c_M = 0.5719$   $c_0 = 0.425$   $c_m = 0.188$

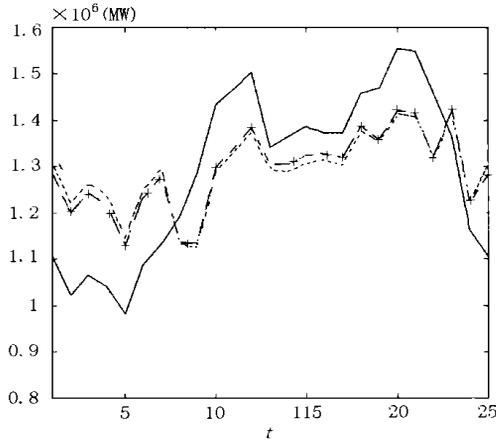
最大负荷 = 142.29(MW)

文献[5]的结果:

$$= 0.48 \quad c = 0.291 \quad \text{峰谷比} = 3.7609 \quad 1$$

$$c_M = 0.5867 \quad c_0 = 0.447 \quad c_m = 0.156$$

最大负荷 = 141.83 (MW)



实线——实行分时电价前的负荷曲线  
点划线(+)——文献[5]中的分时电价模型的优化结果  
虚线——本文改进模型的优化结果

图3 优化结果

从图3可以看出,本文的分时电价模型计算的结果在负荷率方面高于文献[5]的结果,最大负荷低于文献[5]的结果。对于整个电力系统来说,负荷率的提高和最大负荷下降有利于降低整个电力系统的运行成本,从而提高整个电力系统的社会效益。因此,本文的分时电价新模型能得到更为合理的分时电价。

## 4 结论

1) 本文建立了新的分时电价模型,仿真结果表明新模型确定的分时电价能使得电力系统处于更优

的运行状态。

2) 本文提出了一种分时电价中平值段电价的确定方法。

3) 本文建立的分时电价模型可得到最优的调峰解。合理的峰谷时段划分还需进一步的研究。

4) 模型中没有考虑季节、天气变化的影响,这一点尚需进一步的研究。

## 参考文献:

- [1] 戴彦,倪以信,文福拴,韩祯祥. 电力市场下的无功电价研究[J]. 电力系统自动化, 2000,24(5):9~14.
- [2] 言茂松,李晓刚. 适合国情的实用当量电价法[J]. 电力系统自动化, 2000,24(4):1~5.
- [3] 郑斌,王秀丽. 电力市场电价理论的分析与综述(一): 边际成本定价理论[A]. 迈向新世纪的高校电力科技[C]. 湖北科学技术出版社, 1999. 1202~1207.
- [4] 王秀丽,郑斌. 电力市场电价理论的分析与综述(二): 竞价机制及转运电价[A]. 迈向新世纪的高校电力科技[C]. 湖北科学技术出版社, 1999. 1208~1215.
- [5] 汤玉东,王明飞,吴军基,邹云. 基于DSM的分时电价研究[J]. 电力系统DSM, 2000,(3):14~16.
- [6] 电力工业部计划用电办公室编译. 国外电力需求侧管理[M]. 中国电力出版社, 1997.
- [7] 陈智勇. 消费心理学[M]. 北京:北京工业大学出版社, 1998.

收稿日期: 2001-07-01

作者简介: 汤玉东(1975-),男,博士研究生,主要研究方向为电力市场; 吴军基(1955-),男,教授,近年主要从事电力规划、电力市场以及非电量检测技术等方面的研究工作; 邹云(1962-),男,教授,博士生导师,美国国家数学学会会员,美国数学评论评论员,近年主要从事控制理论及其应用领域的工作。

## Further research on the TOU rate based on DSM

TANG Yu-dong, WU Jun-ji, ZOU Yun

(School of Power Engineering and Dynamics, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** This paper analyzed the mathematical model of TOU (time-of-use) rate in the paper<sup>[5]</sup>. And an improved model was proposed, based on the analysis. In the new model, the electricity price of the waist-load time was considered as an optimized parameter. So a method for calculation of the electricity price of the waist-load time was established. The result of a numerical example stated that the new model could make the power system running better.

**Key words:** TOU rate; DSM

(上接第19页)

**Abstract:** In light of the insufficiency of the comprehensive control of substation, fuzzy control based on neural network is introduced to traditional system partition. Combining the advantage of fuzzy control with the advantage of neural network, we can carry out the comprehensive control based on fuzzy reactive power border effectively. Thus, reducing the regulation times of on-load tap-changer and enhancing the quality of voltage.

**Key words:** fuzzy control; neural network; substation