

峰谷分时电价决策的优化模型

郜 璘,周国祥,石 雷

(合肥工业大学 计算机与信息学院,合肥 230009)

摘 要:合理的峰谷分时电价,能有效地做到削峰填谷,使电力企业与用户双方受益,它的实施效果与用户反应程度、定价策略密切相关。文章在基于消费者心理学、电价理论及统计学原理的基础上,针对电力企业预期目标,给出了峰谷分时电价设计的目标函数。通过对模型的优化求解,得出最优的分时电价定价方案,对实际应用具有一定的参考意义。

关键词:峰谷分时电价;需求侧管理;用户响应;多目标优化

中图分类号:TM73

文献标识码:A

文章编号:1002-6487(2010)03-0051-02

0 引言

为缓解电力紧张的局面,目前国内外普遍实行需求侧管理(demand side management, DSM)这一有效的调节手段,通过价格信号引导电力用户采取合理的用电结构和用电方式,形成比较平稳的电力负荷状态^[1]。安徽等省份采取的峰谷分时电价即作为一种有效的DSM措施,是供电公司实施DSM而向用户提供的一种经济上的刺激手段。所谓峰谷分时电价(peak and valley time-of-use electricity price, TOU)就是供电公司根据电网的负荷特性确定峰谷平时段,根据不同时段确定不同的销售电价^[2],通过提升用电高峰期的电价、降低用电低谷期的电价来从经济上激励用户改变用电方式,从而缓解高峰期的用电紧张状况,挖掘低谷期的用电需求,因此采取峰谷分时电价可以达到削峰填谷的目的^[3]。用户对于峰谷分时电价响应行为的建模是其定价决策的前提和基础。

在实际应用中,尚无一种公认的峰谷分时电价的制定方法和时段的划分准则。本文在参考相关文献的基础上,将采用基于消费者心理学原理、电价理论及统计学原理,提出以目标为导向,以人为中心,以成果为标准,针对电力企业渴望达到的预期目标值,给出数学模型,并对其进行优化,最终求得最优解。

1 用户响应行为

影响用户某一时刻的用电量有很多因素,一般说来,与此时的电价、天气情况、生产状况、班制、经济政策等因素关系密切。但是从实际可操作性和目标管理的角度出发,电价是较好的控制对象,因此,在分时电价的用户反应模型中将

电价作为主要因素加以考虑,而将其他一些宏观因素或暂时无法衡量的因素进行简化^[4]。

根据消费者心理学原理,对用户的刺激有一个最小可觉察(差别阈值),在这个差别阈值的范围内,用户基本上无反应或反应非常小,即不敏感期(相当于死区);超过这个差别阈值的范围时,用户将有所反应,且与刺激的程度有关,即正常反应期(相当于线性区);用户对刺激也有一个饱和值,即反应极限期(相当于饱和区)^[5]。因此,用户对电价的反应可以形成一条用户的反应曲线,本文将采用文献6的电价综合反应曲线对其进行拟合。

假设现行的峰谷分时电价的平时段售电电价为 p_p ,以它为标准值,实施新的峰谷分时电价后用标准值表示,那么,谷段电价用 x_g 表示,平段电价用 x_p 表示,峰段电价用 x_f 表示。为了计算方便,其中取 $x_p=1$,监管部门可根据当地的实际情况来确定 x_g 、 x_f 的取值范围。用户的反应曲线可表示为:

$$y=f(t, x_g, x_p, x_f)$$

2 峰谷分时电价的数学模型

2.1 分时电价模型

实行分时电价的主要目的是为了削峰填谷,减小峰谷差,其目标函数可表示为:

(1)最小化系统峰负荷:

$$\min_{x_g, x_p, x_f} \max_t L = \frac{Q(f(t, x_g, x_p, x_f))}{\Delta t} \quad (1)$$

(2)最大化系统谷负荷:

$$\max_{x_g, x_p, x_f} \min_t L = \frac{Q(f(t, x_g, x_p, x_f))}{\Delta t} \quad (2)$$

(3)最小化日负荷峰谷差:

基金项目:国家自然科学基金重点项目(60633060)

作者简介:郜璘(1984-),女,安徽铜陵人,硕士研究生,研究方向:信息系统与智能决策。

周国祥(1958-),男,安徽合肥人,教授,研究方向:信息系统与智能决策,数据挖掘。

石雷(1980-),男,安徽合肥人,博士,讲师,研究方向:信息系统与智能决策,数据挖掘,计算机软件与理论。

$$\min_{x_f, x_p, x_g} \left[\max_t \frac{Q_f(t, x_f, x_p, x_g)}{\Delta t} - \min_t \frac{Q_f(t, x_f, x_p, x_g)}{\Delta t} \right] \quad (3)$$

其中, $Q_t(t=1, 2, 3, \dots, T)$ 分别为实施分时电价前各时段的用电量, T 为划分时段的总数。从目标函数来看, 这三个函数只选取两个就可以了, 取(1)、(2)即可。

约束条件:

(1) 实施方获利: 实施峰谷分时电价后, 实施方的收入应不少于未实施分时电价前的售电收入。

$$M_1 \geq M_0 - M' \quad (4)$$

式中, M_1 为实施 TOU 后的售电收入, m_0 为实施 TOU 前的售电收入, M' 为实施 TOU 后所节约的容量投资费用。

(2) 用户受益: 实施峰谷分时电价后, 应保证用户的购电费用不增加, 这也是实行峰谷分时电价的原则之一。

$$M_0 \geq M_1 \quad (5)$$

(3) 用电总量不变: 根据国内外需求侧管理的经验, 实行峰谷分时电价后, 一般用电量略有增加或基本保持不变, 因此, 此假设是合理的^[7]。

$$Q_f + Q_p + Q_g = Q_f' + Q_p' + Q_g' \quad (6)$$

(4) 峰谷分时电价的约束: 根据监管部门的要求, 峰谷差的范围应为 2~5 倍之间, 这是充分考虑了发电成本和用户的承受能力的。

$$2 \leq \frac{P_f}{P_g} \leq 5 \Rightarrow 2 \leq \frac{x_f}{x_g} \leq 5 \quad (7)$$

由于供电企业节约的电力投资 M' 不易估计, 如忽略不计, 则约束条件(4)、(5)就变成了等式约束, 对此文献 7 给出了充分的说明, 本文亦做相同处理。

$$M_0 = M_1 \quad (8)$$

3 模型的求解

设 $Q_f, Q_p, Q_g, Q_f', Q_p', Q_g'$ 为实施峰谷分时电价前后的各时段的用电量, 由于假设电价前后的用电量不变, 根据式(6)、(8)则:

$$(Q_f + Q_p + Q_g)P_p = (Q_f' + Q_p' + Q_g')P_p = Q_f'x_fP_p + Q_p'P_p + Q_g'x_gP_p$$

$$\text{即: } Q_f'(x_f - 1) + Q_g'(x_g - 1) = 0$$

$$\text{记: } k = \frac{Q_f'}{Q_g'} \text{ 则: } \frac{x_f - 1}{1 - x_g} = k$$

k 为实施分时电价后峰时段用电量与谷时段用电量之比, 为供电公司提出的期望值, k 值越小表示用户用的峰时电越少, 同时, k 值变化量越小, 越利于企业进行负荷调节。这为调节夏冬季用电高峰, 改善负荷曲线, 有很好的启示, 对于企业实施目标管理亦有很大的帮助, 给定 k 后, x_f, x_g 可有多组解。

假设电价综合反应曲线函数如下^[6]:

$$\begin{cases} y = 0.4319x^3 - 0.4794x^2 - 0.4191x + 1.4629 (x \leq 1) \\ y = 0.329x^3 - 1.8315x^2 + 2.5134x - 0.0111 (x > 1) \end{cases}$$

优化过程如下:

对单目标分别进行优化, 首先, 以求解最大负荷最小值为目标, 得出此时的最优电价为: x_g, x_p, x_f 和目标函数的最优值 $L_{\min}$; 其次, 以峰谷差最小化为单目标的优化结果为: x_g', x_p', x_f' 及目标函数的最优值 $d_{\min}$, 最后根据理想点法求 x_g^*, x_p^*, x_f^* , 这

样可以使多目标问题转化为单目标问题。

4 仿真计算

以安徽省某企业(大工业用户)为例, 峰谷时段划分如下: 峰时段为 9:00~11:00 和 18:00~22:00(6 小时); 平时段为 8:00~9:00 和 11:00~18:00(8 小时); 谷时段为 22:00~次日 8:00(10 小时)。安徽省现价策略为: 峰段电价: 0.8958 元/kwh; 平段电价: 0.6020/kwh; 谷段电价: 0.3747 元/kwh, $x_f, x_p, x_g = 1.49:1:0.62$, 本文将此作为初值, 运用 MATLAB 的 fmincon 函数对模型进行优化。

4.1 原始数据

典型日负荷曲线数据如表 1。

表 1 典型日负荷数

t	负荷(MW)	t	负荷(MW)	t	负荷(MW)	t	负荷(MW)
1	261	7	273	13	340	19	393
2	243	8	315	14	332	20	409
3	224	9	386	15	357	21	447
4	202	10	402	16	379	22	371
5	229	11	337	17	338	23	330
6	247	12	358	18	356	24	304

从表 1 可得: $L_{\min}=202\text{MW}$, $L_{\max}=447\text{MW}$, $d=245\text{MW}$, 高峰电量与低谷电量的比值是 0.8916。

4.2 优化结果

k 可由供电公司历史负荷缺口得出, 根据不同的 DSM 目标, k 可取不同的值, 并设定不同的约束条件, 本文旨在保证供用电双方利益的情况下, 尽可能使曲线平滑, 故假设 $k \leq 0.7$ 。

首先以最大负荷的最小化为目标, 可得 $x_g=0.6229$, $x_p=1$, $x_f=1.2625$ 和 $L_{\min}=415.601\text{MW}$; 其次以峰谷差的最小化为目标, 可得 $x_g=0.5663$, $x_p=1$, $x_f=1.3036$ 和 $d_{\min}=194.3939\text{MW}$ 。根据理想点法可得: $x_g^*=0.6211$, $x_p^*=1$, $x_f^*=1.2652$, 此时, 最大负荷为 415.9444MW, 最小负荷为 226.4711MW, 峰谷差为 189.4733MW。其日负荷曲线图如图 1 所示。

实施新的峰谷分时电价后系统最大负荷减少了 31.0556MW, 峰谷差减少了 55.5267MW, 日曲线有了一定的改进, 变得平滑, 最大负荷有了明显下降, 峰谷差有了一定的减小。供电公司在实施现有峰谷分时电价的收益为 4401.85 元, 实施新的峰谷分时电价的收益为 4424.72 元, 增加 22.87 元; 用户实施现有峰谷分时电价的单位电价为, 实施新的峰

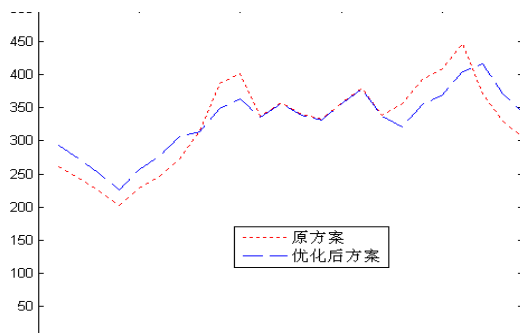


图 1 日负荷曲线图

基于 Fama-French 三因素改进模型的 再生水行业期望收益率研究

兰 峰

(西安建筑科技大学 管理学院, 西安 710055)

摘 要:文章以 Fama&French 三因素模型为研究方法,考虑再生水行业与整个市场之间的关系,结合再生水行业特征对三因素模型进行改进。借鉴并选取业务涵盖污水处理和原水供应的 11 家上市公司数据,运用 spss15.0 对改进的模型进行实证研究,结果表明模型可以描述再生水行业期望收益率的变动,能够为再生水项目投融资决策、经济评价和风险分析提供参考依据。

关键词:再生水;期望收益率;三因素模型

中图分类号:F205

文献标识码:A

文章编号:1002-6487(2010)03-0053-03

0 引言

Fama 和 French(1992)的“预期股票报酬横截面研究”证明了在美国股票市场上 β 与股票平均报酬之间缺乏明显的

正向线性关系,提出了与市场 β 相关的规模(size)和账面权益价值与市场权益价值比(BE/ME)能够解释平均股票报酬的横截面变动,摆脱了经典资本资产定价理论的影响,从而开辟了另一个研究资产定价的新思路^[1]。

Fama 和 French(1993)首创 Fama&French(FF)三因素模

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(50138020);陕西省科技厅基金资助项目(2008KR64);陕西省教育厅专项科研计划资助项目(07JK060)

作者简介:兰峰(1969-),男,天津武清人,博士研究生,副教授,研究方向:投资决策与项目评价。

谷分时电价为单位电价为 0.5589 元/kwh,减少了 0.0229 元/kwh,实现了双方共赢,对于提高电力系统的稳定运行和经济水平具有很大的帮助。

5 结束语

本文介绍了峰谷分时电价的社会意义及峰谷平时段的划分方法,在结合用户反应模型的基础上得出求解方法,并对算例进行了仿真,得出适合的峰谷平时段电价。从中可以看出,在大量掌握了用户对电价差的反应后,根据用户的不同反应度,供电公司可通过主动制定预期目标,再通过模型求解出方案,比单纯对模型优化更合理更具实际意义,符合现代企业目标管理原则。

本文只着重研究电价对用户的影响,简化或忽略其他因素,而在实际应用中,还应综合考虑各方面因素,以求得出更好的方法,促进此项措施的实施,真正做到削峰填谷,使电力企业和用户达到双赢。

参考文献:

[1]Roos J G, Lane I E. Industrial Power Demand Response Analysis for One-part Real-time Pricing[J].IEEE Trans on Power Systems,

1998,13(1).

[2]Kischen D S, Strbac G, Cum Perayot P, et al. Factoring the Elasticity of Demand in Electricity Prices[J]. IEEE Tans on Power Systems,2000,15(2).

[3]吴秋伟,汪蕾,程浩忠.削峰填谷最优时基于 DSM 分时电价的确定与分析[J].继电器,2004,32(3).

[4]刘严,谭忠福,张艳红.探析我国分时电价设计的相关问题[J].价格理论与实践,2005,(6).

[5]罗运虎,邢丽冬,王勤等.峰谷分时电价用户响应建模与定价决策综述[J].华东电力,2008,36(6).

[6]刘观起,张建,刘瀚.基于用户对电价反应曲线的分时电价的研究[J].华北电力大学学报,2005,32(3).

[7]刘严,谭忠福,乞建勋.峰谷分时电价设计的优化模型[J].中国管理科学,2005,13(10).

[8]罗运虎,邢丽冬,王勤等.峰谷分时电价用户响应模型参数的最小二乘估计[J].华东电力,2009,37(1).

[9]谭忠富,王绵斌,乞建勋等.峰谷分时电价优化模型及其模糊求解方法[J].系统工程理论与实践,2008,9(9).

[10]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,2005,29(10).

(责任编辑/李友平)