

基于输配电价的用户定价策略选择模型的构建

李 宁¹, 侯素颖², 袁 婷², 薛云耀²

(1. 国网浙江省电力有限公司 杭州市临安区供电公司, 杭州 311300; 2. 国网浙江省电力有限公司, 杭州 310007)

摘要:近期,国家发展和改革委员会下发了第三监管周期省级电网输配电价,并调整了两部制电价执行的范围,对符合条件的用户赋予了选择执行单一制、两部制输配电价定价策略的选择权,而如何选择定价策略可以更具经济性,成为困扰用电客户的难题。为此,基于当前的输配电价及相关电费计算规则,分析影响用户定价策略选择的关键因素,定义相关参数作为变量,根据现行输配电价计算定价策略经济性临界曲线,构建了一套输配电价定价策略比选模型,并通过典型用户对模型进行了验证,为用户科学合理选择输配电价定价策略提供了一套可行的方案。

关键词:输配电价;定价策略;单一制电价;两部制电价;策略选择

Construction of user pricing strategies selection model based on transmission and distribution tariffs

LI Ning¹, HOU Suying², YUAN Ting², XUE Yunyao²

(1. Hangzhou Lin'an Power Supply Company, State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou 311300, China; 2. State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou 310007, China)

Abstract: The National Development and Reform Commission has recently issued the provincial-level transmission and distribution tariffs for the third regulatory period and adjusted the scope of the two-part tariff implementation, granting eligible users the choice to adopt either a single flat-rate tariff or a two-part tariff pricing strategy. However, the selection of a pricing strategy that is more economically viable has become a challenge for electricity consumers. For this, the key factors influencing the selection of pricing strategies for users based on the current transmission and distribution tariffs and relevant electricity cost calculation rules are analyzed. By defining relevant parameters as variables and calculating the economic critical curve of pricing strategies based on the existing transmission and distribution tariffs, a model for comparing and selecting pricing strategies for transmission and distribution tariffs is constructed. The model is validated using typical user scenarios, providing a feasible solution for users to scientifically and rationally choose pricing strategies for transmission and distribution tariffs.

Key words: transmission and distribution tariffs; pricing strategies; flat-rate tariff; two-part tariff; strategy selection

0 引言

近期,国家发展和改革委员会下发了发改价格[2023]526号《关于第三监管周期省级电网输配电价及有关事项的通知》(以下简称“526号文”),文中发布了第三监管周期各省级电网输配电价,并对工商业用户用电价格构成、两部制电价执行范围进行了明确。同时,在526号文出台前,工商业用户仅有选择按需量或按容量计算输配电费的权利,526号文出台后,部分工商业用户将具备选择执行单一制电价或两部制计算输配电费的权利,提升了用户的

自主选择权。合理选择单一制电价或两部制电价计算电费,可以有效减少电费支出、降低用电成本,同样定价策略选择不合理也会造成电费支出的不合理增加,而定价策略的选择缺少有效的比选算法和比选工具,这不可避免地给用户带来了较大的困惑,如何科学合理的选择定价策略,探索构建定价策略选择模型具有重要的现实意义。

在输配电价用户定价策略的研究,主要集中在输配电价政策的制定方面。文献[1—2]从电网投资、电价电量等角度考虑,制定满足电网投资和运行效益,且使用户用电成本保持在合理的区间的输配电价政策进行了研究。文献[3]基于社会福利函数,提出了用户两部制电价优化策略,但囿于论文撰写时间,难以适用于当前政策环境;文献[4—8]

对用户峰谷用电行为、功率因数控制水平、节能降耗、转移负荷等用电行为进行了优化,虽然降低了用电成本,但对用户用电舒适度带来了一定的负面影响;文献[9—12]分别引入储能、新能源、电—热转换等设施,并进行策略优化来降低用电成本,但这也一定层面上增加了建设成本。

本文基于526号文最新输配电价政策和相关电费计算规则,综合分析了影响定价策略选择的各项因素,对不同电压等级用户建立了定价策略选择模型进行了研究,并以浙江电网输配电价为例对模型可行性进行了验证,为后续设计、开发输配电价定价策略比选工具奠定了基础。

1 相关政策

526号文及相关电价政策是本文研究的基础,在此对526号文主要内容及相关电费计算知识做一简要介绍。

1.1 526号文相关内容

526号文中涉及本文的相关内容主要是拓展了执行两部制电价的条款。主要为:执行工商业用电价格的用户,用电容量在100 kVA及以下的,执行单一制电价;100 kVA至315 kVA之间的,可选择执行单一制或两部制电价;315 kVA及以上的,执行两部制电价,现执行单一制电价的用户可选择执行单一制电价或两部制电价。选择执行需量电价计费方式的两部制用户,每月每kVA用电量达到260 kWh及以上的,当月需量电价按526号文核定标准90%执行。每月每kVA用电量为用户所属全部计量点当月总用电量除以合同变压器容量。

1.2 其他相关政策

输配电价由电量电价和容(需)量电价组成,单一制电价用户的输配电费为电量乘以电量电价,两部制电价用户的输配电费为电量乘以电量电价所得的电费外,再加上按容量或按需量计收的容(需)量电费。

按容量计算容量电费为容量电价乘以用户运行容量(量纲为kVA)。

按需量计算需量电费为需量电价乘以电能表计量的当月最大需量(量纲为kW),而按需量计算需量电费又分为按实际最大需量计算和按合同最大需量计算,在实际工作中,大部分用户均选择按实际最大需量计算需量电费,本文也选择按实际最大需量计算需量电费进行分析,未对按合同最大需量的选择决策进行研究分析。

2 模型设计

2.1 变量定义

根据《省级电网输配电价定价办法》,输配电价是按照不同电压等级分别核定的,用户电压等级对应的输配电价在用户选定后,是一个固定的常数,但输配电价之间的价差对于用户选择定价策略也有着较大的影响,输配电价可作为计算定价策略临界点的重要参数。

根据526号文“每月每kVA用电量达到260 kWh及以上的,当月需量电价按526号文核定标准90%执行”,用户运行容量和月用电量主要影响用户每月每kVA用电量的计算,应选为影响定价策略选择的变量。变量定义如式(1)所示

$$Q = \frac{W}{S} \quad (1)$$

式中: Q 为每月每kVA用电量; W 为当月用电量; S 为用户运行容量。

根据526号文以及相关电费计算规则,输配电价中容量电价和需量电价,以及用户的实际最大需量是决定用户定价策略的关键因素。在容(需)量电价为定值的前提下,用户实际最大需量与运行容量之比将成为影响定价策略选择的关键因素,因此,选定该比值作为影响定价策略选择的变量。变量定义如式(2)所示

$$Y = \frac{P}{S} \quad (2)$$

式中: Y 为自定义变量,无量纲,仅用来衡量是否超过 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 (定义见本文第2.2节),以确定用户选择按容量或按需量的定价策略是否具备经济性; P 为用户当月实际最大需量; S 为用户运行容量。

2.2 常量定义

526号文对部分工商业用户赋予了选择执行单一制或两部制定价策略的权利,选择两部制定价策略的用户还可以选择按容量或按需量计算容(需)量电费,同时考虑用户每月每kVA用电量超过260 kWh,需量电价可按核定价格的90%执行。因此,需要确定的常量及常量计算方法如下。

2.2.1 容需量电价临界点

容需量电价之比是衡量用户选择按容量或按需量计算容(需)量电费经济性的临界点,同时考虑到用户每月每kVA用电量超过260 kWh,需量电价可按核定价格的90%执行。分别根据用户每月每kVA用电量是否超过260 kWh定义常量 Y_1 、 Y_2 如式(3)、式(4)所示

$$Y_1 = \frac{P_s}{P_D} \quad (3)$$

$$Y_2 = \frac{P_s}{0.9P_D} \quad (4)$$

式中： Y_1 为未计及 90% 折扣因素的容量价格之比，无量纲； Y_2 为计及 90% 折扣因素的容量价格之比，无量纲； P_s 为容量单电价； P_D 为需量电价。

2.2.2 单一制与按需量电价临界点

根据 526 号文，两部制输配电价包括电量电价及容（需）量电价两部分，而相应电压等级的单一制输配电价仅包括电量电价，单一制电量电价要高于两部制的电量电价，价格临界点的计算如下。

根据用户每月每 kVA 用电量是否超过 260 kWh，分别定义常量 Y_3 、 Y_4 如式(5)、式(6)所示

$$Y_3 = \frac{260(P_{fr} - P_{tp})}{P_D} \quad (5)$$

$$Y_4 = \frac{260(P_{fr} - P_{tp})}{0.9P_D} \quad (6)$$

式中： Y_3 为未计及 90% 折扣因素的自定义常量，无量纲； Y_4 为计及 90% 折扣因素的自定义常量，无量纲； P_{fr} 为单一制电量电价； P_{tp} 为两部制电量电价； P_D 为需量电价。

2.2.3 单一制与按容量电价临界点

随着用户每月每 kVA 用电量 Q 的增加，当单一制电量电价与两部制电量电价的价差乘以 Q 所产生的输配电费差，超过容量电价时，为单一制与按容量定价策略经济性的临界点，即 Q 超过 Q_{key} 时用户选择单一制定价策略已不具备经济性。此时的 Q 定义为 Q_{key} ，此时对应的 Y 值为 Y_2 。 Q_{key} 计算如式(7)所示

$$Q_{key} = \frac{P_s}{P_{fr} - P_{tp}} \quad (7)$$

式中： Q_{key} 为单一制与两部制电价临界点对应的每月每 kVA 用电量； P_s 为容量电价； P_{fr} 为单一制电量电价； P_{tp} 为两部制电量电价。

2.3 临界线定义

根据前文对于变量及常量的定义，以及相关政策，计算确定经济性临界线。因此，按照每月每 kVA 用电量及自定义的无量纲变量 Y 计算每 kVA 输配电费公式如式(8)、式(9)、式(10)所示。

按容量计算输配电费

$$C_1 = QP_{tp} + 1P_s \quad (8)$$

按需量计算输配电费（用户每月每 kVA 用电量未超过 260 kWh）

$$C_2 = QP_{tp} + YP_D \quad (9)$$

按需量计算输配电费（用户每月每 kVA 用电量

超过 260 kWh）

$$C_3 = QP_{tp} + 0.9P_D Y \quad (10)$$

按单一制计算输配电费

$$C_4 = QP_{fr} \quad (11)$$

式中： C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 分别为上述不同情况下单位容量与每 kVA 用电量计算出的输配电费。

式(8)、式(9)、式(10)、式(11)均为线性函数，式(8)、式(9)、式(11)中的电量电价部分在两种情况下相同，为简化分析可以舍弃，经济性临界线可简化为过零点的直线。

2.3.1 可选择单一制或两部制定价策略的用户

对于可选择执行单一制或两部制定价策略的用户经济性临界线，如图 1 所示。当用户每月每 kVA 用电量在 260 kWh 以下时，经济性临界线为过点(0,0)和点(260, Y_3)的直线 R_1 ；当用户每月每 kVA 用电量在 260 kWh 及以上时，经济性临界线为过点(260, Y_4)和点(Q_{key} , Y_2)的直线 R_2 ；当直线 R_2 对应的 Y 值达到 Y_2 时，用户选择单一制电价已不具备经济性，经济性临界线为 $Y = Y_2$ 的直线 R_3 。

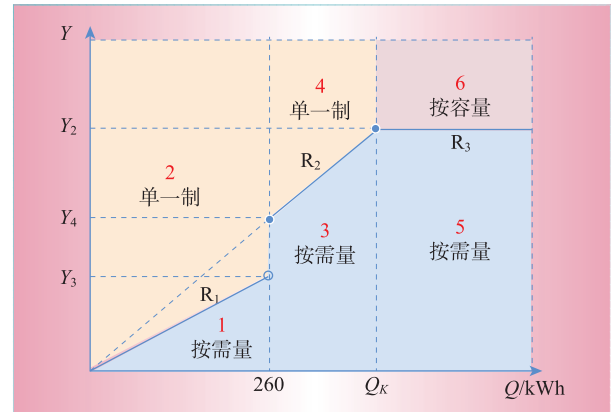


图 1 经济性临界线

Fig. 1 Schematic of economic criticality line

分别计算直线 R_1 、 R_2 的斜率 K_1 、 K_2 作为判断依据。其中 K_1 、 K_2 计算公式如式(12)、式(13)所示

$$K_1 = \frac{Y_3}{260} \quad (12)$$

$$K_2 = \frac{Y_2 - Y_4}{Q_{key} - 260} \quad (13)$$

式(11)、式(12)中： K_1 、 K_2 为直线 R_1 、 R_2 的斜率。

对于可选择执行单一制或两部制定价策略的用户经济性临界线，其分段函数表达式如式(14)所示

$$Y = f(Q) = \begin{cases} K_1 Q & 0 \leq Q < 260 \\ K_2 Q & 260 \leq Q < Q_{key} \\ Y_2 & Q \geq Q_{key} \end{cases} \quad (14)$$

2.3.2 不可选择单一制或两部制定价策略的用户

对于不具备选择单一制或两部制定价策略权

利的用户,根据526号文,不满1 kV的工商业用户仅可以选择单一制电价定价策略,不纳入分析。对于110 kV、220 kV及以上的工商业用户,可简化为判断按容量或按需量选择定价策略,经济性临界线根据每月每kVA用电量是否超过260 kWh,分别为 $Y=Y_1$ 和 $Y=Y_2$ 的直线,如图2所示。

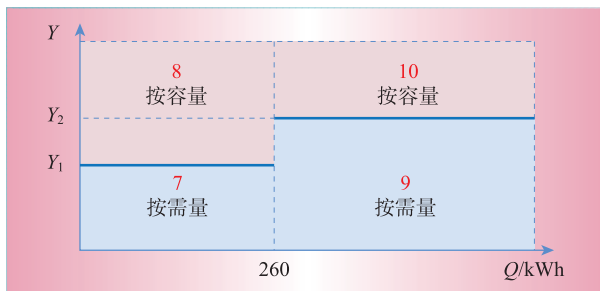


图2 经济性临界线

Fig. 2 Schematic of economic criticality line

对于不具备选择单一制或两部制定价策略权利的用户经济性临界线,其分段函数表达式如式(15)所示

$$Y=f(Q)=\begin{cases} Y_1 & Q < 260 \\ Y_2 & Q \geq 260 \end{cases} \quad (15)$$

2.4 模型的应用

根据用户历史用电情况获取用户运行容量(S ,量纲为kVA)、用户月度用电量(W ,量纲为kWh)、用户月度实际最大需量(P ,量纲为kW)。

根据式(1)、式(2)分别计算该用户每月每kVA用电量 Q 、自定义变量 Y 的数值。并自定义 K 值如式(16)所示

$$K=\frac{Y}{Q} \quad (16)$$

2.4.1 可选择单一制或两部制定价策略的用户

当 $Q \geq Q_{\text{key}}$ 时,且 $Y > Y_2$,该用户应选择两部制按容量计算输配电费的定价策略,即位于图1的区域6;当 $Q \geq Q_{\text{key}}$ 时,且 $Y < Y_2$,该用户应选择两部制按需量计算输配电费的定价策略,即位于图1的区域5;当 $260 \leq Q < Q_{\text{key}}$ 时,且 $K > K_2$,该用户应选择单一制电价计算输配电费的定价策略,即位于图1的区域4;当 $260 \leq Q < Q_{\text{key}}$ 时,且 $K < K_2$,该用户应选择两部制按需量计算输配电费的定价策略,即位于图1的区域3;当 $0 < Q < 260$ 时,且 $K > K_1$,该用户应选择单一制电价计算输配电费的定价策略,即位于图1的区域2;当 $0 < Q < 260$ 时,且 $K < K_1$,该用户应选择两部制按需量计算输配电费的定价策略,即位于图1的区域1。

2.4.2 不可选择单一制或两部制定价策略的用户

当 $Q < 260$ 时,且 $Y < Y_1$,该用户应选择两部制

按需量计算输配电费的定价策略,即位于图2的区域7;当 $Q < 260$ 时,且 $Y > Y_1$,该用户应选择两部制按容量计算输配电费的定价策略,即位于图2的区域8;当 $Q \geq 260$ 时,且 $Y < Y_2$,该用户应选择两部制按需量计算输配电费的定价策略,即位于图2的区域9;当 $Q \geq 260$ 时,且 $Y > Y_2$,该用户应选择两部制按容量计算输配电费的定价策略,即位于图2的区域10。

3 算例验证

3.1 确定模型参数

根据526号文及附件“浙江电网输配电价”中核定的各电压等级的输配电价,计算确定相关常量。浙江电网输配电价如表1所示。

表1 浙江电网输配电价

Table 1 Zhejiang power grid transmission and distribution tariff

工商业用户 电压等级	电量电价/ (元·kWh ⁻¹)		容(需)量电价	
	单一制	两部制	需量电价/ (元·kW ⁻¹)	容量电价/ (元·kVA ⁻¹)
不满1 kV	0.245 2			
1~10(20) kV	0.214 4	0.126 0	48.0	30.0
35 kV	0.177 0	0.095 5	44.8	28.0
110 kV		0.079 1	41.6	26.0
220 kV及以上		0.068 8	38.3	24.0

其中,不满1 kV的工商业用户,无法选择两部制定价策略,不纳入分析;110 kV、220 kV及以上的工商业用户,无法选择单一制定价策略,无法计算 Y_3 、 Y_4 、 Q_{key} 、 K_1 、 K_2 。将以上数据代入式(3)、式(4)、式(5)、式(6)、式(7)、式(12)、式(13),分别计算各电压等级的 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 、 Q_{key} 、 K_1 、 K_2 ,结果如表2所示。

表2 浙江电网输配电价定价策略选择模型参数

Table 2 Parameter of Zhejiang power grid transmission and distribution electricity pricing strategy selection model

	1~10(20) kV	35 kV	110 kV	220 kV及以上
Y_1	0.625 0	0.625 0	0.625 0	0.626 6
Y_2	0.694 4	0.694 4	0.694 4	0.696 3
Y_3	0.478 8	0.473 0		
Y_4	0.532 0	0.525 6		
Q_{key}	339.37	343.56		
K_1	$1.841 7 \times 10^{-3}$	$1.819 2 \times 10^{-3}$		
K_2	$2.046 3 \times 10^{-3}$	$2.021 3 \times 10^{-3}$		

以10 kV工商业用户为例,根据表2所示参数绘

制经济性临界线,如图3所示。

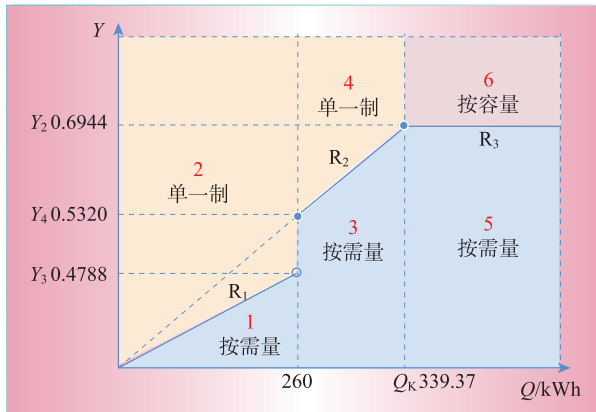


图3 10 kV工商业用户定价策略经济性临界线

Fig 3 Schematic of economic critical line for pricing strategies of 10 kV industrial and commercial users

以220 kV工商业用户为例,根据表2所示参数绘制经济性临界线,如图4所示。

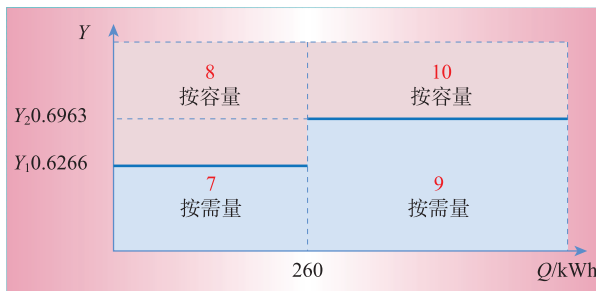


图4 220 kV工商业用户定价策略经济性临界线

Fig 4 Schematic of economic critical line for pricing strategies of 220 kV industrial and commercial users

3.2 典型用户验证

经营销信息系统查询,杭州临安区某公司,供电电压等级10 kV,运行容量200 kVA,6月份实际最大需量132.26 kW,用电量为53 219 kWh。该用户符合可选择单一制或两部制定价策略的条件,分别应用模型测算和实际数据计算,验证用户选择哪种定价策略更具有经济性。

应用模型测算:以上数据代入式(1),计算每月每kVA用电量 Q 为266.10 kWh;代入式(2),计算 Y 值为0.661 3;代入式(16),计算 K 值为 $2.485 2 \times 10^{-3}$,大于对应的 K_2 值 $2.046 3 \times 10^{-3}$,点(266.10, 0.661 3)位于图3的区域4,该用户选择单一制定价策略计算输配电费为最具经济性的选择。

使用实际数据计算:如该用户选择单一制定价策略,其6月份输配电费为11 410.15元;如该用户选择按容量计算输配电费的定价策略,其6月份输配电费为12 705.59元;如该用户选择按需量计算输配电费的定价策略,其6月份输配电费为12 419.23元。

其中按照单一制定价策略,输配电费最低。

模型判断结果与实际相符。

另从营销信息系统中抽取不同电压等级用户28户,按上述方式进行验证,其中10户选择按容量计算输配电费最具经济性;13户选择按需量计算输配电费最具经济性;5户选择单一制定价策略计算输配电费最具经济性,均与实际计算结果相符。

择选部分用户验证结果列入表3作为示例。

表3 部分用户验证对照结论

Table 3 Partial user validation comparison conclusions

基础数据		模型结论		实际计算结论	
户1	U/kV	10	$Q/(\text{kWh} \cdot \text{月}^{-1} \cdot \text{kVA})$	102.26	$D/\text{元}$ 5 481.35
	S/kVA	250	Y	0.626 7	$R/\text{元}$ 10 721.32
	P_0/kW	156.67	K	0.006 13	$X/\text{元}$ 10 741.48
	W/kWh	25 566	结果	区域2	结果 单一制
	验证结论		符合		
户2	U/kV	10	$Q/(\text{kWh} \cdot \text{月}^{-1} \cdot \text{kVA})$	99.34	$D/\text{元}$ 4 259.48
	S/kVA	200	Y	0.156 1	$R/\text{元}$ 8 503.24
	P_0/kW	31.22	K	0.001 57	$X/\text{元}$ 4 001.80
	W/kWh	19 867	结果	区域1	结果 按需量
户3	U/kV	10	$Q/(\text{kWh} \cdot \text{月}^{-1} \cdot \text{kVA})$	265.49	$D/\text{元}$ 9 107.28
	S/kVA	160	Y	0.689 5	$R/\text{元}$ 10 152.23
	P_0/kW	110.32	K	0.002 60	$X/\text{元}$ 10 118.05
	W/kWh	42 478	结果	区域4	结果 单一制
户4	U/kV	35	$Q/(\text{kWh} \cdot \text{月}^{-1} \cdot \text{kVA})$	272.78	$D/\text{元}$ 386 261.44
	S/kVA	8 000	Y	0.517 8	$R/\text{元}$ 432 406.59
	P_0/kW	4 142.03	K	0.001 90	$X/\text{元}$ 375 413.24
	W/kWh	2 182 268	结果	区域3	结果 按需量
验证结论		符合			

注: U 为用户电压等级; S 为用户运行容量,kVA; P_0 为用户实际最大需量,kW; W 为用户月度用电量,kWh; Q 、 Y 、 K 分别见本文式(1)、式(2)、式(16)定义; D 、 R 、 X 分别为用户按单一制、按容量、按需量定价策略计算的输配电费。

经验证,模型对于在不同电压等级、不同用电容量、不同定价策略选择的情况下,用户输配电价定价策略的选择均能做出正确决策,符合预期。

通过对以上用户的分析,在新政策环境下,部分工商业用户具备了更大的自主选择权,用户选择定价策略不当或原有的定价策略不适应新的政策环境,是造成用户输配电费支出增加的重要原因之一。相较于用户控制峰谷比、负荷率、功率因数等行为型降费措施,该方法主要是协助用户在新政策环境下依据历史用电情况合理选择后续的输配电价定价策略,来实现降低用电成本的目的。

4 结束语

基于本文,可进一步设计输配电价定价策略选择算法,开发输配电价定价策略比选工具,并在广大工商业用户群体中予以推广,来协助用户依据历史用电信息合理选择输配电价定价策略,以期为用户最大限度节省电费支出。当然,定价策略的选择决策是依据用户历史用电信息作出的,当用户后续用电情况发生变动时,可能会造成电费支出的不合理增加,这仍旧需要用户科学合理地安排生产生活计划,并根据具体的生产生活计划合理地选择定价策略,这也是本文难以避免的不足之处。D

参考文献:

- [1] 尹硕,韩煦,滕越,等. 输配电价改革下电网投资需求与投资能力协调优化研究[J]. 电力需求侧管理, 2023,25(2):30-35.
YIN Shuo, HAN Xu, TENG Yue, et al. Study on coordinated optimization of demand and capacity of the power grid investment under the pricing reform for power transmission and distribution[J]. Power Demand Side Management, 2023, 25(2):30-35.
- [2] 田廓. 基于电网投资视角的省级电网输配电价定价办法解析及投资优化策略[J]. 智慧电力, 2020,48(5):7-13.
TIAN Kuo. Analysis on the pricing method of power transmission and distribution of provincial power grid and strategies of investment optimization from the perspective of power grid investment[J]. Smart Power, 2020, 48(5):7-13.
- [3] 付成然. 降价减负形势下的两部制电价优化策略研究[D]. 北京:华北电力大学, 2020.
FU Chengran. Study on the optimization strategy of two-fold electric power price under the situation of price reduction and burden reduction[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2020.
- [4] 甘海庆,任禹丞,杨子跃,等. 面向用户侧不同用电群体的低碳运行用电策略[J]. 现代电力, 1-8[2024-03-05]. <https://doi.org/10.19725/j.cnki.1007-2322.2022.0454>.
GAN Haiqing, REN Yucheng, YANG Ziyue, et al. Electricity consumption strategies of low-carbon operation for different electricity consumption groups on the user side[J]. Modern Electric Power, 1-8[2024-03-05]. <https://doi.org/10.19725/j.cnki.1007-2322.2022.0454>.
- [5] 张倩. 基于电力物联网和BP神经网络的用电行为优化研究[J]. 机电信息, 2023,(17):16-19.
ZHANG Qian. Study on the optimization of electricity consumption behaviors based on electric Internet of Things and BP neural network[J]. Mechanical and Electrical Information, 2023(17):16-19.
- [6] 李慧慧,赵小娟,韩钰文. 降低企业用电成本的实践与思考[J]. 农村电工, 2023,31(3):11-12.
LI Huihui, ZHAO Xiaojuan, HAN Yuwen. Practice and thinking of reduction of cost of electricity of enterprises[J]. Rural Electricians, 2023, 31(3):11-12.
- [7] 程江洲,许辰宇,鲍刚. 基于改进蚁狮算法的家庭用电优化调度[J]. 计算机仿真, 2024,41(1):111-115, 159.
CHENG Jiangzhou, XU Chenyu, BAO Gang. Optimized dispatching of household electricity based on improved ant lion optimizer[J]. Computer Simulation, 2024, 41(1):111-115, 159.
- [8] 曲朝阳,韩晶,曲楠,等. 考虑家电关联与舒适性相结合的用电行为多目标优化模型[J]. 电力系统自动化, 2018,42(2):50-57.
QU Chaoyang, HAN Jing, QU Nan, et al. Multi-objective optimization model of electricity consumption behaviors considering correlation and comfort of home appliances[J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(2):50-57.
- [9] 张新鹤,熊俊杰,何桂雄,等. 计及柔性负荷的乡村地区电-热多能系统经济优化运行[J]. 全球能源互联网, 2023,6(5):501-511.
ZHANG Xinhe, XIONG Junjie, HE Guixiong, et al. Economical and optimal operation of electric heating multi-energy system in rural areas considering flexible load[J]. Global Energy Interconnection, 2023, 6(5):501-511.
- [10] 王玉彬,董伟,陈源奕,等. 基于数据驱动的家庭能量实时经济调控方法[J]. 电力系统自动化, 2022,46(13):21-29.
WANG Yubin, DONG Wei, CHEN Yuanyi, et al. Data-driven real-time economic regulation and control method of home energy[J]. Automation of Electric Power Systems, 2022, 46(13):21-29.
- [11] 卢一涵,余晓丹,靳小龙,等. 考虑用户用电灵活性的社区能源系统双层优化[J]. 全球能源互联网, 2021,4(2):133-141.
LU Yihan, YU Xiaodan, JIN Xiaolong, et al. Two-layer optimization of the community energy system considering the flexibility of electricity consumption of users[J]. Global Energy Interconnection, 2021, 4(2):133-141.
- [12] 李大祥,张新松. 用户侧电池储能系统运行策略优化与效益分析[J]. 智慧电力, 2021,49(12):31-36.
LI Daxiang, ZHANG Xinsong. Optimization of operation strategy and benefit analysis of the battery energy storage system on the user side[J]. Smart Power, 2021, 49(12):31-36.

作者简介:

李宁(1981),男,浙江杭州人,硕士,高级工程师,主要从事电力营销、综合能源、电力市场方面的实践与研究工作。

(责任编辑 王蕊)