

引入保险机制的售电公司交易决策优化

徐 瑶¹,杨成慧¹,包淑慧¹,王 辉²,王腾飞^{3,4}

(1. 国网江苏省电力有限公司 盐城供电分公司,江苏 盐城 224000;2. 上海电力大学 经济与管理学院,上海 200090;3. 南瑞集团有限公司(国网电力科学研究院),南京 211106;4. 国电南瑞科技股份有限公司,南京 211106)

Optimisation of power retailer trading decision under power IoT environment

XU Yao¹, YANG Chenghui¹, BAO Shuhui¹, WANG Hui², WANG Tengfei^{3,4}

(1. Yancheng Power Supply Company, State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Yancheng 224000, China; 2. College of economics and management, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China; 3. NARI Group Corporation (State Grid Electric Power Research Institute), Nanjing 211106, China; 4. Nari Technology Co., Ltd., Nanjing 211106, China)

摘要:电力物联网的建设形成了实时的电力市场主信息采集库,为整个电力市场提供决策辅助和主动服务。电力物联网环境下,针对电力市场中电价的高度波动性给售电公司带来的巨大收益损失风险,提出一种基于市场保险的电价波动保险机制。首先,搭建了市场保险下电力市场交易架构,厘清各市场主体之间的相互关系并阐述了市场保险的原理及业务流程。其次,通过对售电公司与保险公司成本效益定量评估,构建了售电公司投保及保险公司保险设计决策模型。最后,结合广东省售电公司市场运营的具体案例,论证保险机制转移和分散售电公司经营风险的可实现性及应用价值。结果表明所提保险机制能够有效地分散和转移电价波动风险,实现售电公司与保险公司的双赢。

关键词:价格风险;市场保险;售电公司;保险策略;风险转移;风险分散

Abstract: The construction of the power Internet of Things (IoT) forms a real-time power market main information collection library, which provides decision-making assistance and active service to the whole power market. According to the fast fluctuation of electricity price, which makes the power retailers being taken the risks of losing profit under power IoT environment. A market insurance mechanism based on electricity price fluctuation insurance is proposed. Firstly, the electricity trading market structure based on market insurance is established, and the complex relationship between the main trading subjects is clarified. Secondly, the optimal insurance strategy of power retailers and insurance design strategy of the insurance companies are forward through the quantitative evaluation of the cost profit. Finally, a case of the market operation of power retailers in Guangdong province demonstrates the realizability and application value of the insurance mechanism transfer and the diversification of the operating risk of power retailers, which show that the proposed insurance mechanism can effectively disperse and transfer the risk of electricity price fluctuation, and reach win-win situation between power retailers and insurance companies.

Key words: price risk; market insurance; power retailer; insurance strategy; risk transfer; risk diversification

0 前言

国家发展和改革委员会于2019年6月发布《关于全面放开经营性电力用户发用电计划的通知》^[1],标志着新一轮电力体制改革进入了新的阶段。在开放的电力市场中,由于市场竞争程度的加剧以及市场供需的频繁变化,电力市场价格具有波动性大和难以预测的特点^[2]。保险^[3]机制为售电公司规避风险、减少损失提供了一个有效的途径。目前,已有相关学者针对售电公司规避风险以及电力保险进行了大量研究。在

偏差电量考核机制下,文献[4]、文献[5]对降低售电公司偏差电量考核进行了研究分析。随着电力市场改革的深入,文献[6]考虑需求响应,建立了售电公司购售电决策双层模型。文献[7]梳理了日本、新加坡电力零售市场的改革历程。以上研究未能将电价波动风险进行有效的转移和分散。随着可再生能源配额制的实施与绿色证书制度的完善,文献[8]建立多市场组合购电模型,但是售电公司仍承担电价波动造成的损失。保险作为一种风险分散和转移的重要手段,国内一些文献对保险在发电侧、电网侧和用户侧的应用进行了研究。针对发电商的投资回报率不稳定等收益损失风险,设置容量保险^[9]、发电商电量损失保险以及利润损失保险^[10]。此外,文献[11]利用保险机制转移风电参与现货市场时由于预测不准确导致的不

收稿日期:2021-07-01;修回日期:2021-09-27

基金项目:上海市哲学社会科学规划一般课题(2020BG1011)

平衡风险。为提高供电公司供电可靠性及减少用户停电损失,文献[12]设立供电网络可靠性保险。针对用户用电中断风险,文献[13]提出一种基于营业中断的电压暂降保险,降低用户的用电风险,但均未涉及售电公司如何规避电价波动风险。

因此,本文在电力物联网环境下针对电价波动导致的售电公司巨大利润损失风险,提出了基于市场保险的电价波动保险机制。首先,搭建了电力物联网环境下保险公司、售电公司与电力用户参与电力市场的交易架构;然后,阐述了市场保险的原理并说明了以售电公司投保,保险公司承保、出险理赔为主要环节的业务流程及实施细节,并在此基础上建立了市场保险的保费、赔偿金计算模型、售电公司与保险公司的利润模型以及售电公司投保与保险公司设计保险的决策模型;最后,结合广东省售电公司市场运营的具体案例,论证了保险机制转移和分散售电公司经营风险的可行性及应用价值。

1 电力市场交易架构

电力物联网环境下,保险公司、售电公司与电力用户参与电力市场的交易架构如图1所示。

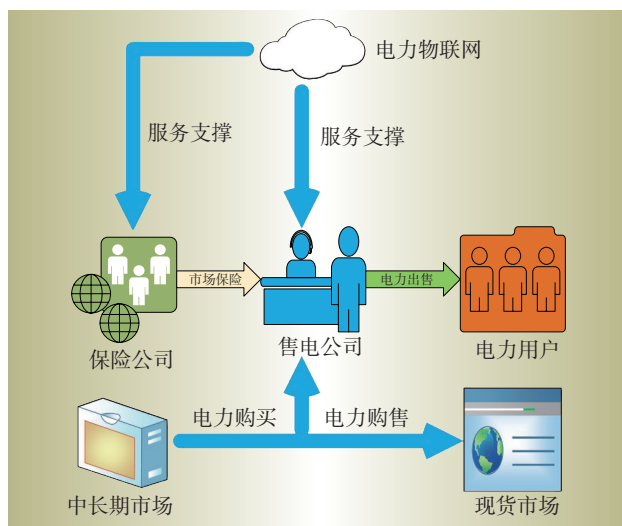


图1 电力市场交易架构

Fig. 1 Electricity market structure

售电公司通过电力物联网平台掌握政策、市场机制发展动向,优化购电组合的同时设计具有激励作用的电力套餐,提供不同管理周期下的负荷管理服务方案。保险公司可以制定有效的策略并动态调整自身行为来满足售电公司需求及自身发展。

2 市场保险

2.1 市场保险的原理

本文引入一种市场保险,其基本原理就是保险公司

以向投保的售电公司收取一定的保费并向其支付赔款的形式,将少数售电公司的巨额利润损失分散给所有投保的售电公司。在市场保险支持下,售电公司参与市场保险的流程如图2所示。

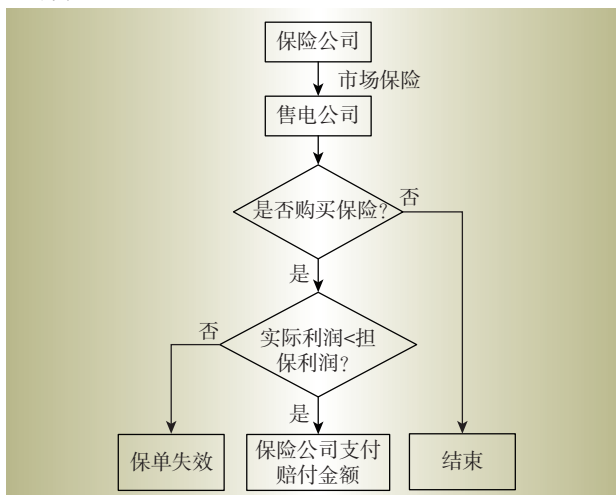


图2 市场保险业务流程

Fig. 2 Operational process of market insurance

第一阶段:保险公司制定并公布市场保险的保险条款,向售电公司说明保费及赔偿厘定方法;第二阶段:保险公司根据电力市场整体历史运营情况以及售电公司的参与程度制定不同赔偿期的保险费率;第三阶段:售电公司根据自身情况以及保险公司提供的保险策略决定是否购买保险。在市场保险支持下,售电公司决定购买保险,就必须在电力市场中开展业务之前与保险公司签订保单;第四阶段:在保险合同到期后,售电公司的利润得以实现,当售电公司实际利润高于保险公司担保利润时,保险公司不需要向售电公司支付赔付金额,保单失效。当售电公司实际利润小于担保利润时,保险公司根据约定,赔付售电公司不超过赔偿期的经济损失。

2.2 赔偿金厘定与模型

针对售电公司面临的购售电价波动风险,保险公司与售电公司签订保险协议,担保售电公司的预期总利润(单位电量利润×购售电量),并将1 kWh电量的预期利润作为一份标准的保单。市场保险一般包含3个基本要素:支付给保险公司的保险购买费 I ,免赔额 d 和赔付限额 μ ^[13]。

保险的补偿机制为:在投保期内,如果单位电量电价波动引发的经济损失 p_{sti} 低于免赔额 d ,售电公司不会从保险公司获得补偿;如果单位电量电价经济损失 p_{sti} 高于免赔额 d ,售电公司可以从保险公司获得最高补偿额度不超过 μ 的补偿。

根据中国现行的交易模式,售电公司 l 第 i 年的单位电量损失为

$$p_{sti} = \pi_{lid} - \pi_{li} \quad (1)$$

$$\pi_{li} = p_{liy} - p_{liz} \quad (2)$$

$$p_{liz} = \frac{p_{liu}q_{liu} + p_{lic}q_{lic} + p_{lix}q_{lix}}{Q_{li}} \quad (3)$$

$$Q_{li} = q_{liu} + q_{lic} + q_{lix} \quad (4)$$

式中: p_{sli} 为售电公司 l 第 i 年的单位电量利润损失; π_{liu} 为售电公司 l 第 i 年单位电量的担保利润; π_{li} 为售电公司 l 第 i 年单位电量的利润; p_{liz} 、 p_{liy} 分别为售电公司 l 第 i 年实际购电侧综合价差和实际售电侧用户统一价差; p_{liu} 、 p_{lic} 、 p_{lix} 分别为售电公司 l 第 i 年参与的双边自主协商、集中撮合交易与现货市场交易的平均价差; q_{liu} 、 q_{lic} 、 q_{lix} 分别为售电公司 l 第 i 年的双边自主协商、集中撮合交易电量与现货市场交易电量; Q_{li} 为售电公司 l 第 i 年的购售电量。

保险有效性要求 d 和 μ 满足

$$\begin{cases} p_{sli} \leq d + \mu \leq \bar{p}_{sli} \\ p_{sli} \leq d \end{cases} \quad (5)$$

式中: p_{sli} 、 $\bar{p}_{sli}$ 分别为单位电量电价波动给售电公司造成的最低、最高经济损失。

售电公司 l 第 i 年购售电量 Q_{li} 总的损失为

$$R_{li} = p_{sli}Q_{li} \quad (6)$$

保险公司给售电公司的实际赔偿款为

$$R_{sli} = \begin{cases} \mu Q_{li} & R_{li} > \mu Q_{li} \\ (p_{sli} - d)Q_{li} & 0 < R_{li} \leq \mu Q_{li} \end{cases} \quad (7)$$

式中: R_{sli} 为售电公司 l 第 i 年收到的实际赔偿款。

2.3 保费模型

保险公司为售电公司提供市场保险,并收取相应的保费。纯保费是保险公司为了支付保单在保险期间的期望赔付成本而收取的保险费,保险公司的期望赔付成本如下

$$R_{pli} = \sum p(R_{li})R_{li} \quad (8)$$

$$\sum p(R_{li}) = 1 \quad (9)$$

式中: R_{pli} 为保险公司期望赔付成本; $p(R_{li})$ 为售电公司 l 第 i 年的利润损失 R_{li} 出现的概率; R_{li} 为损失发生时保险公司第 i 年向售电公司 l 需要赔付的实际金额。

在电力市场中,由于很难准确确定电价波动的概率分布^[2],保险公司通常收集足够多的历史数据,利用统计方法来确定历史年度的平均赔付成本。假设电力市场中有 N 个售电公司投保,将所有售电公司按照利润损失从大到小进行排列,其中前 M_b 个售电公司的利润损失超过最高赔付款,可以从保险公司获得最高补偿额度,最后 K_b 个售电公司实际利润超过担保利润,不会从保险公司获得补偿,其余售电公司的损失都在正常赔付范围内。因此, I 个历史年度单位电量的纯保费为

$$T_{li} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \frac{\sum_{l=1}^{M_b} \mu Q_{li} + \sum_{l=M_b+1}^{N-K_b} (p_{sli} - d)Q_{li}}{\sum_{l=1}^N Q_{li}} \quad (10)$$

式中: T_{li} 为纯保费。

保险公司除了收取纯保费外,还要收取一定的附加保费,包括保险公司的营运费用、代理人佣金、税收以及附加利润,保险公司收取的单位电量保费为

$$T_{lib} = T_{li} + T_{lif} = T_{li} + \partial T_{li} + \beta = (1 + \partial)T_{li} + \beta \quad (11)$$

式中: T_{lib} 为保险公司收取的单位电量保费; $\partial = \partial_g + \partial_c + \partial_t + \partial_p$, $\beta = \beta_g + \beta_c + \beta_t + \beta_p$, $T_{lif} = \partial T_{li} + \beta$ 为保险公司收取的单位电量附加保费,即由营运费用 g , 代理人佣金 c , 税收 t 以及附加利润 p 累计构成,其中, ∂T_{li} 是由所有的投保人平均分担的一部分附加费用; β 是按照被保险人的风险大小,根据其风险保费的一定比例收取的另一部分附加费用。

售电公司 l 第 i 年向保险公司缴纳的保费总额为

$$S_{lib} = T_{lib}Q_{li} \quad (12)$$

3 售电公司与保险公司决策模型

3.1 保险公司利润

保险公司向售电公司提供保险,收取一定的保费,当售电公司实际利润低于担保利润时,给与相应的赔付金额,保险公司作为营利性机构,其利润函数为

$$F_{bi} = \sum_{l=1}^N (S_{lib} - R_{sli}) \quad (13)$$

式中: F_{bi} 为保险公司第 i 年的利润。

3.2 售电公司利润

售电公司未购买利润保险时的利润为

$$F_{li} = (p_{liz} - p_{liy})Q_{li} \quad (14)$$

式中: F_{li} 为售电公司 l 第 i 年的利润。

在利润保险下,售电公司的利润函数为

$$F_{bli} = F_{li} - S_{lib} + R_{sli} \quad (15)$$

式中: F_{bli} 为售电公司 l 第 i 年购买市场保险时的利润。

3.3 市场保险购售决策

售电公司的期望利润为

$$F_{qli} = \pi_{qli}Q_{li} \quad (16)$$

$$\pi_{qli} = w_{liy} - w_{liz} \quad (17)$$

$$w_{liz} = \frac{w_{liu}q_{liu} + w_{lic}q_{lic} + w_{lix}q_{lix}}{Q_{li}} \quad (18)$$

式中: F_{qli} 为售电公司 l 第 i 年的期望利润; π_{qli} 为售电公司 l 第 i 年单位电量的期望利润; w_{liz} 、 w_{liy} 分别为期望购电侧综合价差、期望售电侧用户统一价差; w_{liu} 、 w_{lic} 、 w_{lix} 分别为售电公司 l 第 i 年的购电侧期望双边自主协商、集中撮合交易和现货市场交易价差。

售电公司是否购买保险取决于售电公司不购买保险时的期望利润,售电公司购买保险的条件如下

$$F_{bli} \geq F_{qli} \tag{19}$$

即

$$\begin{cases} (p_{liz} - p_{liy} - T_{lib} + \mu)Q_{li} \geq (w_{liz} - w_{liy})Q_{li} & R_{li} > \mu Q_{li} \\ (p_{liz} - p_{liy} - T_{lib} + p_{sli} - d)Q_{li} \geq (w_{liz} - w_{liy})Q_{li} & 0 < R_{li} \leq \mu Q_{li} \end{cases} \tag{20}$$

由此可得

$$\begin{cases} p_{liz} - p_{liy} - T_{lib} + \mu \geq w_{liz} - w_{liy} & R_{li} > \mu Q_{li} \\ p_{liz} - p_{liy} - T_{lib} + p_{sli} - d \geq w_{liz} - w_{liy} & 0 < R_{li} \leq \mu Q_{li} \end{cases} \tag{21}$$

保险公司出售保险的条件如下

$$\sum_{l=1}^N S_{lib} > \sum_{l=1}^N R_{sli} \tag{22}$$

其中

$$\sum_{l=1}^N R_{sli} = \sum_{l=1}^{M_b} \mu Q_{li} + \sum_{l=M_b+1}^{N-K_b} (p_{sli} - d)Q_{li} \tag{23}$$

4 算例分析

本文假定整个电力市场用户统一价差均为-0.02元/kWh,保险公司为售电公司提供的单位电量担保利润为0.0457元/kWh,电力交易情况平均值如表1所示。为了便于研究,本文假定各个售电公司的购售电量以及售电价差如表2所示。为了简化计算采用单一费率形式,参考文献[2]并借鉴其他风险保险定价,令 $d=0$, $\mu=0.01$ 。

表1 电力交易情况平均值

Table 1 Average value of power transaction conditions
元/kWh

类型	价格
双边协商平均价差	-0.064 5
集中交易平均价差	-0.068 9
双边协商与集中竞价加权价差	-0.065 7
用户侧平均价差	-0.020 0
平均利润	-0.045 7
担保利润	-0.045 7

表2 售电公司交易电量及用户价差取值

Table 2 Value of power retailer transaction power and user of the price difference

售电公司	双边协商交易 电量/MWh	集中竞争交易 电量/MWh	用户侧价差/ (元·kWh ⁻¹)
1	1 141 409	296 594.830	-0.010
2	843 190	427 554.030	-0.015
3	573 500	220 680.890	-0.020
4	363 550	91 757.251	-0.025
5	220 556	135 194.970	-0.025
6	206 392	156 137.410	-0.030
7	539 512	329 408.800	-0.030

4.1 售电公司购买保险后的赔付情况

售电公司与保险公司达成购买利润保险协议,其保费为0.003元/kWh时,保险公司盈利950 501.318元,售电公司购买市场保险利润后的赔付情况如表3所示。

从表3可以看出售电公司1—3实际利润大于担保利润,保险公司无需向其支付赔偿金。售电公司4—7实际利润小于担保利润,保险公司需要支付相应的赔偿金,虽然单位电量赔付金额较小,但售电公司购售电量较大,总的赔付金额还是比较大的,如果售电公司没有投保,不能得到保险公司的担保,电价的波动将给售电公司带来巨大的利润损失,降低售电公司的盈利能力。

4.2 保险对售电公司与保险公司的价值

图3为售电有市场保险时不同保费下售电公司的利润以及无市场保险时售电公司的利润。

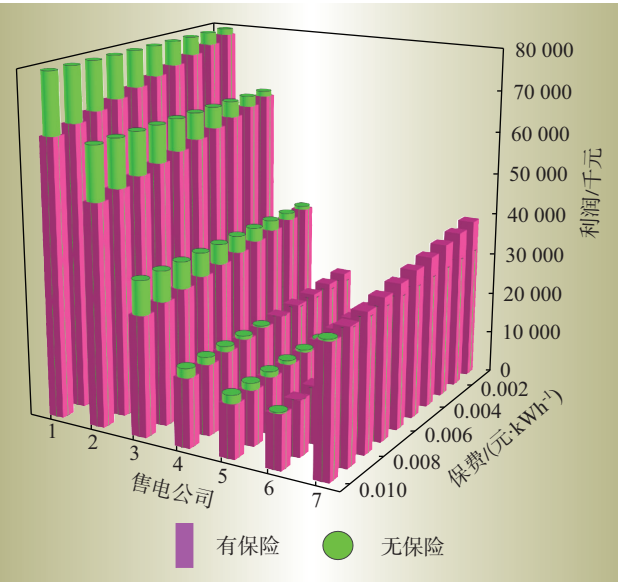


图3 售电公司利润

Fig. 3 Profits of power retailer

从图3可以看出当保费较低时(如保费为0.001元/kWh时)售电公司1—3在无保险时利润高于有保险时利润,而售电公司4—7在无保险时利润低于有保险时利润。这是因为售电公司1—3实际利润高于担保利润,保险公司不需要向售电公司1—3支付赔付金额,但是售电公司1—3要向保险公司支付保费。而售电公司4—7实际利润小于担保利润,保险公司需要向售电公司4—7支付相应的赔付金额,并且售电公司4—7收到的赔付金额大于向保险公司缴纳的保费。此外,随着保费的增加,越来越多的售电公司在无保险时利润高于有保险时利润,当保费为0.01元/kWh时,7个售电公司无保险时的利润均大于有保险时利润,这是因为售电公司1—3实际利润高于担保利润,保险公司不需要向售电公司1—3支

表3 2017年售电公司购买保险后赔付情况
Table 3 Indemnity of power retail purchased insurance in 2017

售电公司	担保利润/千元	实际利润/千元	单位赔偿金额/(元·kWh ⁻¹)	赔付金额/千元	保费/千元
1	65 716 775.190	79 676 226.190	0	0	4 314 011.501
2	58 073 002.180	64 783 067.230	0	0	3 812 232.091
3	36 294 066.620	36 312 045.460	0	0	2 382 542.666
4	20 807 541.380	18 388 368.330	0.005 313 276	2 419 173.052	1 365 921.754
5	16 257 819.150	14 647 021.010	0.004 527 881	1 610 798.139	1 067 252.898
6	16 567 594.000	13 194 269.220	0.009 304 969	3 373 324.783	1 087 588.228
7	39 709 680.620	31 427 166.370	0.009 531 955	8 282 514.250	2 606 762.404

付赔付金额,但是售电公司1—3要向保险公司支付保费。而售电公司4—7实际利润小于担保利润,保险公司需要向售电公司4—7支付相应的赔付金额,并且随着保费的增加,售电公司4—7收到的赔付金额小于向保险公司交纳的保费。

图4为不同保费下保险公司利润。从图4可以看出,在售电公司购买市场保险的情况下,随着保费的增加,保险公司利润不断增加。这是因为售电公司在既定的经营状况下,按照利润保险约定条款,保险公司支付给售电公司的赔付金额固定,而保费逐渐增加。

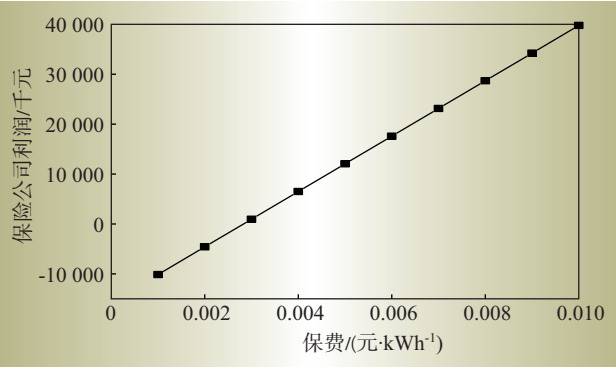


图4 保险公司利润
Fig. 4 Profits of insurance company

综合图3与图4可知,保费对于售电公司与保险公司都产生了重要影响。因此,在制定次年保费时要综合考虑保险公司与售电公司,保费过高,将降低售电公司的经营利润;保费过低,将降低保险公司的利润,增加保险公司的经营风险。

4.3 市场保险投保及设计决策

由于每年电力市场状况不同,保险公司需要合理制定次年的保费。在计算保费时,基于2017年电力市场经营状况,令 $d=0$, $\mu=0.01$, 则2018年纯保费为0.002 828 598元/kWh,由于市场保险在我国没有实施经验,售电公司认识不足且我国保险业为买方市场,因此,保险公司将纯保费作为最低保费标准。此外,

根据历史市场状况以及自身特性,售电公司参与电力市场的期望利润也不同,由此导致售电公司投保愿意支付的保费不同。

保险公司针对不同售电公司制定的最低保费即纯保费相同,这是因为最低保费是维持保险公司持续经营的最低水平,当售电公司支付的保费再减少,保险公司将亏损,对保险公司的持续经营产生压力。不同售电公司愿意支付的最高保费不同,最高保费是售电公司根据历史投保情况以及次年不投保情况下期望利润的大小,选择继续投保愿意支付的最大值。如果保费再增加,售电公司购买保险时的利润将低于不购买保险时的期望利润,这将严重影响售电公司的投保积极性,进而降低保险的风险分散与转移作用。此外,售电公司期望利润越大,愿意支付的保费越小,这是因为售电公司是否购买保险受售电公司不购买市场保险时期望利润的影响,如果购买市场保险时的利润不低于不购买市场保险的期望利润,则售电公司购买保险,否则售电公司不购买保险。售电公司期望利润较大时,只有保费较小的情况下,才能保证售电公司购买保险时利润大于不购买市场保险时的期望利润。

5 结束语

针对电力市场中,电价的高度波动特性给售电公司带来了巨大利润损失风险,本文提出市场保险以规避售电公司风险,提高售电公司竞争力。在电力物联网环境下,首先对引入保险的电力市场架构及市场参与主体关系进行介绍,然后阐述了市场保险的原理与实施流程,并建立了售电公司与保险公司的利润及决策模型,通过算例分析市场保险对售电公司与保险公司的影响,研究结果表明。

(1) 由于目前国内售电公司还没有比较系统的风险规避机制,售电公司必须独自承担市场风险。市场保险的引入、合理的保费设置能有效帮助

售电公司规避市场风险,减少经济损失,增加利润,提高自身竞争力。

(2) 在电力市场中引入市场保险能有效降低售电公司经营风险,同时通过设置合理保费,保险公司在承担一定风险的同时,能够获得相当可观的利润,这为保险公司拓展业务,开辟新的市场带来了新的机遇。

(3) 保费对于售电公司与保险公司都有很大的影响。保费过高或过低都不利于保险发挥作用。保险公司在进行保费厘定时要充分考虑自身风险承受能力与经营目标以及售电公司参与电力市场时的经营状况与特点。■

参考文献:

- [1] 国家发展改革委. 关于全面放开经营性电力用户发用电计划的通知(发改运行[2019]1105号)[EB/OL]. (2019-06-22)[2021-07-01]. <http://zfxgk.ndrc.gov.cn/web/iteminfo.jsp?id=16213>.
- [2] 林海峰,周浩. 引入保险机制降低电力市场金融风险的研究[J]. 电网技术,2004(15):11-15.
LIN Haifeng, ZHOU Hao. Research on decreasing financial risk in electricity market by applying insurance mechanism[J]. Power System Technology, 2004(15): 11-15.
- [3] 林照航,李华强,王羽佳,等. 基于可利用传输能力与保险理论的大用户直购电决策[J]. 电网技术,2016,40(5):1 564-1 569.
LIN Zhaohang, LI Huaqiang, WANG Yujia, et al. Research on direct-power-purchasing decision of large consumers based on available transfer capability and insurance theory[J]. Power System Technology, 2016, 40(5): 1 564-1 569.
- [4] 孙常浩,李鹏,师瑞峰,等. 考虑电力市场偏差考核的售电公司鲁棒竞价策略[J]. 供用电,2021(7):72-78,86.
SUN Changhao, LI Peng, SHI Ruifeng, et al. Robust bidding strategy for power retailer considering deviation assessment in electricity market[J]. Distribution & Utilization, 2021(7):72-78, 86.
- [5] 王腾飞,王辉,冷亚军,等. RPS与偏差电量考核下考虑微电网群的售电公司盈利模型[J]. 电力建设,2019,40(1):96-103.
WANG Tengfei, WANG Hui, LENG Yajun, et al. Profit model of power retailer considering microgrid group under renewable portfolio standards and energy deviation penalty mechanism[J]. Electric Power Construction, 2019, 40(1):96-103.
- [6] 任艺,周明,李庚银. 考虑用户需求响应的售电公司购售电决策双层模型[J]. 电力系统自动化,2017,41(14):30-36.
REN Yi, ZHOU Ming, LI Gengyin. Bi-level model of electricity procurement and sale strategies for electricity retailers considering users' demand response[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(14):30-36.
- [7] 王悦,李源,刘丽娟,等. 日本和新加坡电力零售市场对我国电力市场建设的启示[J]. 电力工程技术,2021,40(3):193-199.
WANG Yue, LI Yuan, LIU Lijuan, et al. The enlightenment of Japan and Singapore electricity retail market for the construction of electricity market in China[J]. Electric Power Engineering Technology, 2021, 40(3): 193-199.
- [8] 罗舒瀚,蒋传文,王旭,等. 新电改背景下售电公司的购售电策略及风险评估[J]. 电网技术,2019,43(3):944-953.
LUO Shuhan, JIANG Chuanwen, WANG Xu, et al. Power purchasing and selling strategy and risk assessment of electricity retailing company under power system reform[J]. Power System Technology, 2019, 43(3):944-953.
- [9] 袁兆强,许强. 保险理论在电力容量市场中的应用初探[J]. 技术与市场,2007(3):87-89.
YUAN Zhaoqiang, XU Qiang. Research on the electric capability market based on the insurance theory[J]. Technology & Market, 2007(3):87-89.
- [10] 施应玲,平仙. 引入实物期权及保险机制优化发电商利润[J]. 华北电力技术,2006(3):23-26.
SHI Yingling, PING Xian. Introducing real option & profits loss insurance to optimize profits of generator[J]. North China Electric Power, 2006(3):23-26.
- [11] YANG H M, QIU J, MENG K, et al. Insurance strategy for mitigating power system operational risk introduced by wind power forecasting uncertainty[J]. Renewable Energy, 2016(89):606-615.
- [12] 林其友,高振华,陈星莺,等. 电力市场环境下的可靠性保险在供电网络中的应用[J]. 电网技术,2009,33(18):117-123.
LIN Qiyu, GAO Zhenhua, CHEN Xingying, et al. Application of reliability insurances in distribution network under environment of electricity market[J]. Power System Technology, 2009, 33(18):117-123.
- [13] 陈静,魏航,谢磊,等. 规避制造商产品质量风险的保险策略及价格决策[J]. 管理工程学报,2019,33(2):148-159.
CHEN Jing, WEI Hang, XIE Lei, et al. The insurance and pricing policy in managing a manufacturer's product quality risk[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2019, 33(2):148-159.

(责任编辑 徐文红 顾婷婷)