

퍼지이론을 활용한 변동비 반영 전력시장의 용량요금 개선방안에 관한 연구

논문

58-6-5

A Study on Improvement of Capacity Payment using Fuzzy Theory in CBP Market

김 중 혁* · 김 발 호†
(Jong-Hyuk Kim · Balho H. Kim)

Abstract - This paper presents a method for improvement of capacity payment in CBP(cost based pool) market. Capacity payments have been used as common mechanisms in various pools for compensating generators recognized to serve a for reliability purpose. Ideal pricing for capacity reserves by definition achieves a balance between economic efficiency and investment incentives. That is, prices must be kept close to costs, but not so low as to discourage investment. However, the price set is not easy. This paper concludes with market design recommendations that apply fuzzy theory for improvement of capacity payment. Following this model, market participants decided on their own based on their forecast to the market demand and the payment for it.

Key Words : Capacity payment, Fuzzy theory, Triangular fuzzy number, LOLP, Peak demand

1. 서 론

우리나라의 현 전력시장은 변동비 반영 전력시장이다. 발전사업자의 변동비만을 시장절차에 의해 정산해 주기 때문에 현물시장만으로는 고정비가 회수 되지 않는다. 따라서 고정비 회수가 가능토록 현물시장과 별도로 용량요금을 지불해 주고 있다. 하지만 용량요금은 고정비 회수라는 본래의 목적과는 달리 정책적, 정치적으로 결정되고 있다. 이는 전력산업구조개편의 취지에 부합되지 않으며, 임시방편일 수밖에 없다. 비록 정치적, 정책적 결정이 반영되는 것이 불가피하더라도, 경쟁시장도입을 위해서는 발전사업자의 자율성과 책임을 부여해야 한다.

변동비와 고정비를 이원화한 가격 설정, 정산방식은 전력산업의 비효율 가능성을 항상 내포하고 있다. 또한 현 SMP-CP 방식은 고정비의 회수를 보장한다는 측면에서 발전사업자의 투자위험을 사라지게 하며, 이는 결국 더 많은 발전설비의 증설을 초래하여 비효율성을 야기한다. 또한 고정비와 변동비를 모두 고려한 장기한계비용곡선을 사용할 경우 가격추상이 발생할 수 있고, 이는 공공서비스 측면에서 많은 문제점을 야기한다. 가격추상을 억제하기 위하여 가격상한제를 도입한다면, 또 다른 경제적 손실(Missing money)을 유발하고, 경우에 따라선 고정비 보상에 차질을 가져올 수 있다.

이런 근본적인 비효율성을 해결하지 못한다면, 현 변동비 반영 전력시장은 언제까지나 정책적, 정치적 결정에 의해 운영될 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 비효율성을 줄이고, 전력산업구조개편의 취지에 부합할 수 있도록 발전사업자에게 자율과 책임을 부여하고자 한다. 이를 통하여 적절한 예비력을 유지하고, 적정 설비를 지속적으로 추가하도록 함으로써 경쟁적 전력시장으로 한발 더 다가설 수 있을 것이다.

본 연구에서는 시장경쟁규칙과 부합하면서 적기에 필요한 가동가능용량확보와 설비투자시행을 보장하기 위하여 퍼지이론을 적용시켜 본다. 그리고 이렇게 마련된 운영방안을 가지고 합리적인 용량요금을 설계하고자 한다.

2. 용량요금 (Capacity payment)

전력수요는 시시각각 변한다. 만약 가동 가능한 발전용량이 침두부하를 감당하지 못할 정도로 부족한 사태가 발생하면 최소한 국지적으로 단전이 불가피해진다. 그러므로 전력계통은 항상적으로 침두부하만큼의 전력을 공급할 수 있는 충분한 발전용량을 갖추고 있어야 공급신뢰도를 추구할 수 있다.

침두수요의 증가추세를 적시에 감당할 수 있도록 발전설비건설을 시기적절하게 계획하고 건설 중인 설비를 차질 없이 준공하여야 전체 계통의 공급신뢰도를 보장하는 가운데 원활한 전력공급이 이루어지는 것이다. 그러므로 장기적으로 공급신뢰도를 높이면 침두수요의 증가추세를 정확하게 예측하고 발전소 건설을 시기적절하게 착공/준공해야 한다. 이를 위하여 용량요금에 대한 이론적 고찰과 더불어 용량요금 산정 시 고려되어야 하는 사항을 살펴본 후 우리나라의

† 교신저자, 정회원 : 홍익대 전기정보제어공학과 부교수·공박

E-mail : bhkim@wow.hongik.ac.kr

* 준 회원 : 홍익대학 전기정보제어공학과 석사

접수일자 : 2008년 3월 25일

최종완료 : 2009년 4월 21일

전력시장에 적합한 용량보상방식을 모색하기 위하여 경쟁적 전력시장을 운영해 온 해외의 사례를 살펴보도록 한다.

2.1 용량요금에 대한 이론적 배경

용량요금은 발전입찰에 참여한 발전기들의 시간대별 최대 공급가능용량을 기준으로 그 고정비에 대한 지불 가격이다. 한계비용을 산출하여 변동비만을 지급하면 발전사의 고정비 회수가 불가능하게 되며, 이로 인하여 발전소 건설의 투자유인이 발생하지 않게 된다. 따라서 투자 촉진과 전력의 안정적 공급을 위해 고정비의 회수를 보장하기 위하여 발전기별로 용량요금을 산출하여 변동비와 함께 지급할 필요가 있다.

현행 용량요금제도는 단기적으로는 발전기의 운전여부에 관계없이 각 발전소의 입찰량에 대해서 지급하기 때문에 모든 발전소에서 최대가용능력을 입찰할 동기를 부여하고, 장기적으로는 발전설비투자의 유인을 높여 전력공급의 안정성 확보에 기여하고 있다.

2.2 용량요금 설계 시 고려사항

전력산업을 경쟁체제로 전환함에 따라 단기적으로 가동가능용량을 확보하면서, 장기적으로 발전소 건설계획을 수립하고 실제로 시공하는 일을 책임질 주체가 없어진다. 즉 시장경쟁의 도입이 설비활용과 연료사용의 효율성을 높이는 순기능을 발휘하는 것은 분명하나, 이윤을 추구하는 개별 발전사업자에게 장·단기적으로 전체 계통의 공급신뢰도에 대해서 관심을 유도하지 못한다. 더욱이 공급신뢰도가 붕괴되는 사태가 발생하면 공급부족 사태로 내몰린 시장에서 전력 가격이 폭등할 것으로 개별 사업자들은 오히려 그러한 사태의 발생을 기대하는 유인이 존재한다.

따라서 공급신뢰도를 보장할 수 있도록 반드시 용량확보 방안을 마련할 필요성이 존재한다. 여기서는 발전설비의 확보를 위하여 발전사업자들의 투자유인을 자극하기 위해 고려해야 하는 사항을 살펴보도록 하겠다.

첫째, 개별 발전사업자들이 모두 미래 전력수요에 대한 정확한 예측 정보를 공유할 수 있어야 한다. 발전용량이 부족할 것으로 예측되는 상황에서 적지 않은 발전사업자들이 거꾸로 설비과잉일 것이라고 예측한다면 설비투자는 그 만큼 줄어들 것이고 따라서 용량부족사태가 일어날 가능성이 높아진다.

둘째, 미래의 순간전력수요가 현재 보유용량보다 많을 경우 시장시스템은 각 발전사업자가 적기에 설비용량확대를 위한 투자를 실시하는 것이 더 유리하도록 보장하는 보상체계를 갖추어야 한다. 투자의 수익성은 결국 전력시장의 보상방식으로 결정되기 때문에 기존설비를 가동 운영하고 신규설비건설을 위하여 투자하는데 대한 보상방식을 적절하게 설계해야 한다. 전력시장규칙은 전체계통이 추가의 발전용량을 요구할 때 발전사업자들이 적절한 규모의 투자를 시행

하도록 유도하는 최소한의 유인책을 제공해야 하는 것이다.

셋째, 발전 설비용량을 늘리는 데는 상당한 시간이 소요된다는 점이 충분히 고려되어야 한다. 당장 설비가 부족할 정도로 수요가 급증하면 시장은 전력의 가격을 매우 높게 결정한다. 발전소 건설에 물리적으로 소요되는 시간이 가스 터빈 발전소 2년, 석탄 화력발전소 5년, 그리고 원자력 발전소 10년이나 되므로 한번 용량 부족 사태에 돌입하면 최소한 2년 동안은 대책을 마련할 수 없기 때문에 이 기간 동안 발전사업자들은 막강한 시장지배력을 행사하게 된다.

2.3 New England (ISO-NE)과 PJM의 용량확보 메커니즘

현행 New England과 PJM의 용량시장은 계통운영자가 설정한 단일 예비력 요구량에 대해 설비용량을 기반으로 의 무확보용량(Installed Capacity, ICAP)을 계통의 판매사업자(Load Serving Entity, LSE)들에게 부과한다. 그러나 설비용량은 항상 이용가능하지 않으며, 각 발전소들은 수많은 요인들로 인하여 서로 다른 이용가능수준을 갖는다.

이 차이점을 해결하기 위해 UCAP(Unforced Capacity)의 개념을 도입했다. 각 발전기의 UCAP은 해당 발전기의 이용률을 고려하여 발전기의 설비용량을 평가함으로써 발전기가 실제 공급할 수 있는 용량을 재조정하는 방법이다. 예를 들어 명목상 100MW의 용량을 갖고 있는 발전기가 10%의 평균고장정지율을 갖는다고 가정하면, 이 발전기는 90MW의 UCAP을 갖는다. 이와 같이 주어진 UCAP 등급에 따라, 해당발전기는 100MW가 아닌 90MW에 대해 용량보상을 받게 된다.

그러나 이 역시 계통 전체에 걸친 단일예비력 수준은 부하밀집지역과 발전밀집지역의 구분을 할 수 없으며 지역별 특성에 의해 발생할 수 있는 송전제약을 고려하지 못하는 문제가 발생하게 되었다. 또한 단일 예비력 요구량이 주어졌을 경우, 용량공급이 주어진 예비력 수준을 초과할 때 용량가격은 거의 영(0)에 가깝게 된다. 반면에 용량공급이 예비력 수준에 못 미치는 경우 용량가격은 폭등하게 된다. 즉 계통의 예비력 목표량에 근접하는 부근에서의 용량가격은 급등락의 위험을 갖고 있으며, 이로 인해 투자유인이 부족하게 된다.

이러한 문제를 해결하고자 New England와 PJM은 하향수요곡선을 이용하여 목표 예비력을 초과하는 용량에 대해서도 가치를 인정해 줌으로써 투자 유인책을 마련하고자 한다. 또한 지역별 특성을 고려하지 못하는 문제를 해결하기 위해 계통을 세분화하여 지역별 각기 다른 예비력 수준을 책정하게 된다.

New England에서는 지역별 특성에 따라 기존의 계통을 5가지로 분류하고 각 지역에서 하향수요곡선을 이용한 용량입찰방안 LICAP(Locational Installed Capacity)을 제시한다.

PJM의 경우는 VRR(Variable Resource Requirement)곡

선의 이용과 더불어 공급연도보다 4년 앞서 경매를 통해 장기적인 투자신호로 RPM(Reliability Pricing Model)을 마련한다. RPM을 통한 용량확보의 경우 발전기별 특성을 고려하여 첨두부하 시 신뢰도에 더 많은 기여를 하는 용량에 대해서 보다 많은 가치를 인정해 주고 있다.

2.4 ISO-NY의 용량확보 메커니즘(하향수요곡선)

하향수요곡선은 기존의 수직형수요곡선을 대체하며, 해당 지역의 LOLE 기준(10년에 1일)을 만족시키기 위해 계획된 예비력 요구량을 기반으로 설계된다. 하향수요곡선은 예비력 수준에 따라 용량가격이 변화한다는 개념을 내포하고 있다. 만약 용량가격이 저렴하다면 소비자들은 목표량보다 더 많은 용량을 구입할 것이다. 그러나 용량가격이 비싸다면 소비자들은 목표량보다 더 적은 양의 용량을 구입할 것이다. 또한 하향수요곡선은 계획된 예비력 목표보다 더 높은 예비력 수준은 신뢰도 측면에서 긍정적인 가치를 가진다는 개념을 반영하고 있다. 그러므로 증분(incremental) 용량의 가격은 영(0)이 아니다. 반면 현재의 예비력 수준이 예비력 목표보다 더 낮을 때 용량은 현재의 가치보다 더 높은 가치를 갖게 된다.

하향수요곡선을 설계할 때, ISO는 지역 신뢰도 기준의 개념을 확장시켰다. 즉, 이 곡선은 다음과 같은 방법으로 계통의 용량수준이 LOLE 기준(10년에 1일) 이하로 저하되는 것을 방지하도록 설계되었다. 하향수요곡선을 이해하기 위해 기본개념이 포함된 ISO-NY의 수요곡선을 분석하고자 한다(그림 1). 실제로 앞서 설명한 LICAP(ISO-NE)의 하향수요곡선은 ISO-NY의 수요곡선에 포함되어있는 기본개념을 구체화한 것이다.

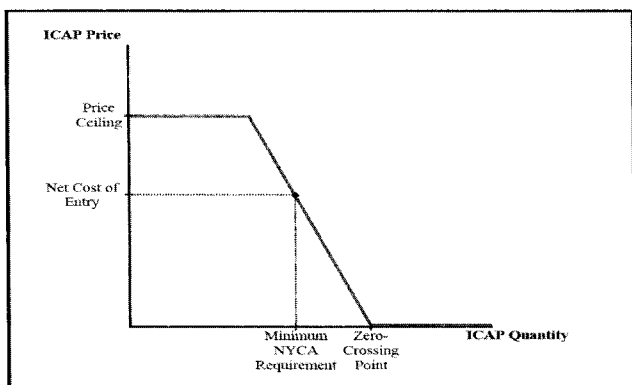


그림 1 ISO-NY의 수요곡선
Fig. 1 Demand curve in ISO-NY

ISO-NY의 수요곡선은 일부 핵심 매개변수들을 지정하고 그 점들을 연결하여 도출된다. X축에 해당하는 핵심 매개변수들은 다음과 같다.

(1) 신뢰도 목표 또는 신뢰도 기준

그림 1에서 'Minimum NYCA Requirement'는 New York 주 신뢰도 위원회에 의해 책정된 LOLE 기준(10년에

1일)을 만족시키기 위한 예비력 수준으로서 예상최대수요를 초과하는 수준의 예비력이다.

(2) 발전기순익(Net Cost of Entry)

가장 경제적인 비용으로 신규용량을 추가하는 것을 가정하여 발전기순익을 정의한다. 다른 ICAP 시장에서도 동일하게 발전기순익을 책정하기 위해 기준이 되는 발전기는 연소터빈 발전기(cycle combustion turbine)이다. 발전기순익은 기준발전기의 월별 고정비에 해당하는 Cost of Entry 부분(\$/MW-month)과 기준발전기가 에너지 시장에서 첨두시간대에 얻을 수 있는 수익을 의미하는 Net 부분으로 구성된다.

(3) 이 수요곡선의 첫 번째 지점은 앞서 소개한 두 개의 매개변수들 즉 minimum NYCA requirement와 발전기순익의 교점이다. 이 지점은 해당 지역의 손익분기점으로써 용량수준이 minimum NYCA requirement라면 NY 수요곡선에 의해 ICAP 보상액은 투자수준에서의 순고정비(net fixed cost)를 보상할 수 있을 정도로 결정된다.

(4) Zero crossing point

용량가격이 영(0)으로 하락할 때의 예비력 수준을 의미한다. 이 지점의 왼쪽부분에 해당하는 예비력 수준은 양의 ICAP 보상을 받을 것이나 이 지점 이상의 예비력 수준은 영(0)의 ICAP 보상을 받을 것이다. 최소 또는 목표 수준을 초과하는 용량은 어떠한 가치도 가질 수 없으며 해당 지역의 발전사업자들도 용량보상을 받을 수 없다는 것을 의미한다. Zero crossing point는 ISO-NE가 제안한 곡선의 C_{max} 와 같다.

(5) 용량가격상한(Price ceiling)

ISO-NY의 수요곡선에서 나타나는 마지막 매개변수는 Pricing ceiling이라고 명명되는 용량의 가격상한 점이다. ISO-NE의 수요곡선 하에서 EBCC¹⁾의 배수(multiple)로 책정되며 ISO-NY는 이 지점을 발전기순익의 1.5배로 책정하였으나 ISO-NE는 EBCC의 2배로 가격상한을 책정하였다.

ISO-NY 수요곡선의 기울기는 신규 용량투자의 유인과 기존의 용량퇴출에 영향을 미치게 된다. 그러나 이와 같은 기울기는 수요곡선을 설계하는 주체들이 Zero crossing point와 용량가격상한을 어느 정도로 설정하는가에 따라 결정된다. 예를 들어 다른 매개변수들은 고정되어 있고 Zero crossing point를 왼쪽으로 이동시키는 것은 수요곡선의 기울기를 더욱 급격하게 만들고 Zero crossing point를 오른쪽으로 이동시키는 것은 수요곡선의 기울기를 완만하게 만든다.

예비력이 최소요구량(minimum requirement)보다 적은 경우, 예비력 변화보다 가격의 변화가 급격하므로 이와 같은 기울기를 갖는 수요곡선은 투자를 유인한다. 이와 같이 예비력이 최소요구량(minimum requirement)을 초과할 경우

1) EBCC (Estimated Benchmark Cost of Capacity): 기준 발전기의 자본비용과 고정된 운영비용에 대한 추정된 손익분기점을 의미한다.

즉 손익분기점의 우측의 기울기는 예비력 증가에 대해 가격 하락이 빠르게 진행되기 때문에 높은 비용을 갖는 발전기들의 퇴출을 유인할 것이다. 보다 급격하게 변화하는 수요곡선에서는 조금이라도 설비를 과도하게 증설하면 투자에 대한 손익분기를 유지하는 데 충분한 용량보상을 받지 못할 수 있다.

3. 퍼지이론을 활용한 용량요금 설계 방안

3.1 용량요금 설계방안

현행 CBP제제는 용량요금 보상을 통하여 전력시장이 필요로 하는 적정 예비력 마진을 확보하도록 설계되어야 제대로 된 경쟁적 전력시장이라 할 수 있다. 현재의 용량요금제도가 적절한 가격신호 역할을 하지 못하고 있기 때문에 적정 수준이상의 설비투자를 억제하기 위해서 용량요금제도를 적정예비력 마진과 연동시키고, 적정 설비이상으로 시장에서 공급이 많아질 경우에는 현재의 용량요금을 줄일 수 있도록 해야 한다.

이를 위해서 본 연구는 개별 발전사업자들이 모두 미래 전력수요에 대한 정확한 예측 정보를 공유한다는 전제하에 시장에 의한 용량설계가 가능도록 용량요금을 설계하고자 한다. 이때 입력자료로 들어가는 예상 최대부하 수준과 기존전원을 구성한 LOLP에 따른 설비 예비율이 모두 확률적인 값이고 일정한 범위내에 존재하는 값을 착안하여 퍼지이론을 적용하고자 한다. 용량요금 설계방안을 도식화하면 다음과 같다.

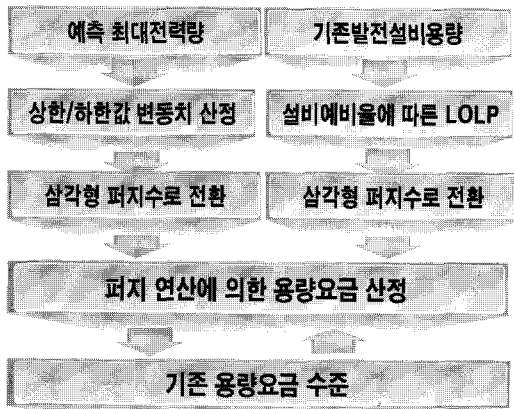


그림 2 용량요금 설계 방안
Fig. 2 Capacity payment design

3.2 사례 연구

본 연구에서는 입력자료로 제3차 전력수급계획의 예상 최대전력사용량과 기존설비를 바탕으로 한 LOLP수준에 따른 설비예비율을 사용한다. 참고로 현재 우리나라는 현재 LOLP 0.5(day/year)로 설비예비율을 설정하고 있다.

이처럼 용량요금을 설계하기 위해서 들어가는 입력자료가

모두 일정범위를 나타내는 확률적 데이터이기 때문에 이들을 모두 반영한 용량요금설계가 가능할 때 오히려 확실성과 정확성을 갖춘 작업이라 할 수 있을 것이다.

표 1 최대 전력사용량 예측안

Table 1 Forecasted peak loads

년도	변동폭 (%)	상한안 (MW)	기준안 (MW)	하한안 (MW)	변동폭 (%)
2007	6.34	63,463	59,678	56,305	-5.65
2008	6.34	65,274	61,382	57,990	-5.53
2009	6.16	66,870	62,987	59,569	-5.43
2010	5.93	68,438	64,605	60,948	-5.66
2011	6.02	69,916	65,944	62,144	-5.76
2012	6.25	71,315	67,120	63,084	-6.01
2013	6.48	72,507	68,092	63,994	-6.02
2014	6.54	73,337	68,832	64,767	-5.91
2015	6.70	74,126	69,474	65,411	-5.85
2016	6.85	74,846	70,049	65,952	-5.85
2017	6.94	75,427	70,535	66,283	-6.03
2018	6.65	75,751	71,025	66,596	-6.24
2019	6.63	76,140	71,408	66,925	-6.28
2020	6.41	76,415	71,809	67,200	-6.42

표 2 설비예비율에 따른 LOLP

Table 2 LOLP for reserve margin

설비 예비율 (%)	22.8	20.8	18.8	16.8	16	15.5	15	14.8
LOLP (일/년)	0.00013	0.00073	0.00903	0.12202	0.26482	0.566	1.19098	1.19098

물론 기존설비에 따라서 LOLP수준에 따른 설비예비율이 달라지지만, 그 수준을 표 2로 가정하고 2012년의 용량요금을 산정하도록 하겠다. LOLP 0.5일 수준을 만족시키는 설비예비율을 대략 16%이다. 따라서 이 수준의 설비예비율을 갖출 때 가장 높은 용량요금을 지급한다.

2012년 예측 최대전력량의 기준안이 67,120(MW)라 할 때 이를 기준으로 삼각형 퍼지수를 만들면 다음과 같다.

$$A = \left(\frac{63084}{67120}, \frac{67120}{67120}, \frac{71315}{67120} \right) = (0.94, 1, 1.06)$$

그리고 LOLP기준의 설비예비율을 가지고 그 범위를 조정할 수 있으나 본 사례연구에서는 LOLP 기준 0.1일과 1.2 수준으로 비교적 폭넓게 사례연구하겠다. 이때 적용되는 설비예비율은 14%~19%로 대략 추정한다. 이를 가지고 삼각형 퍼지수에 적용하기 위해서 다음과 같이 표현한다.

$$B = (1.2, 0.5, 0.1)_{LOLP} = (1.14, 1.16, 1.19)$$

이 두 가지 삼각형 퍼지수를 가지고 곱 연산을 통하여 용량요금설계안을 만들어 본다.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 0.94) \\ x/0.06 - 0.94/0.06 & (0.94 \leq x \leq 1) \\ -x/0.06 + 1.06/0.06 & (1 \leq x \leq 1.06) \\ 0 & (x \geq 1.06) \end{cases}$$

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 1.14) \\ x/0.02 - 1.14/0.02 & (1.14 \leq x \leq 1.16) \\ -x/0.03 + 1.19/0.03 & (1.16 \leq x \leq 1.19) \\ 0 & (x \geq 1.19) \end{cases}$$

이를 α -수준으로 정리하면, 다음과 같다.

$$A_\alpha = [0.06\alpha + 0.94, -0.06\alpha + 1.06]$$

$$B_\alpha = [0.02\alpha + 1.14, -0.03\alpha + 1.19]$$

이를 곱셈의 정리에 의하여 정리하면 다음과 같이 표현 가능하다.

$$A_\alpha(\cdot)B_\alpha = [(0.06\alpha + 0.94)(0.02\alpha + 1.14), (-0.06\alpha + 1.06)(-0.03\alpha + 1.19)]$$

$$= [0.0012\alpha^2 + 0.0872\alpha + 1.0716, 0.0018\alpha^2 - 0.1032\alpha + 1.2614]$$

여기서, $0.0012\alpha^2 + 0.0872\alpha + 1.0716 - x = 0$
 $0.0018\alpha^2 - 0.1032\alpha + 1.2614 - x = 0$

두 방정식을 풀어,

$$\alpha = (-7.72 + \sqrt{-5067.6416 + 4800x})/24,$$

$$\alpha = (10.32 + \sqrt{-8975.5776 + 7200x})/36$$

이 얻어지므로, $\forall x \in R^+$ 에 대해서

$$\mu_{A(\cdot)B}(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 1.0716) \\ (-7.72 + \sqrt{-5067.6416 + 4800x})/24 & (1.0716 \leq x \leq 1.16) \\ (10.32 + \sqrt{-8975.5776 + 7200x})/36 & (1.16 \leq x \leq 1.2614) \\ 0 & (x \geq 1.2614) \end{cases}$$

으로 표현할 수 있다. 이를 그림으로 도식화하면 다음과 같다.

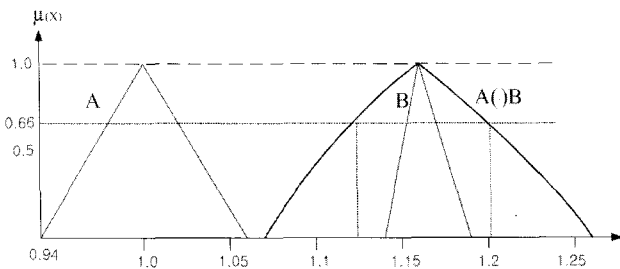


그림 3 2012년 용량요금 설계
 Fig. 3 Designed capacity payment in 2012

위의 설계안을 바탕으로 용량요금을 설계하면 다음과 같다.

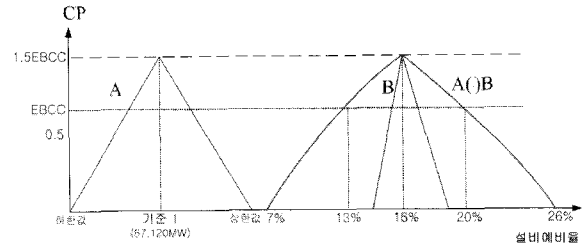


그림 4 2012년 설비예비율에 따른 용량요금
 Fig. 4 Capacity payment and reserve margin in 2012

즉 시장에 의해서 적정예비율 13%~20%사이를 유지해야 하지만 발전사업자들은 용량요금을 통한 수익을 달성할 수 있게 되며, 수익을 극대화하기 위해서 LOLP 0.5일에 근접하려는 노력을 할 것이다. 또한 위에서 언급한 적정예비율수준을 벗어날 경우 용량요금을 통한 고정비 회수가 불가능하기에 발전사업자들은 이를 유지하려는 유인을 갖게 된다.

이렇게 산정된 용량요금은 신규발전설비 투자에 관한 시장신호를 제공함으로써 안정적 전력공급을 도모하고, 과잉설비투자에 대한 책임을 시장에 맡김으로써 전력산업 전체의 효율성을 극대화할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 입력데이터로 사용한 LOLP에는 발전설비의 대수, 각각의 용량 및 고장정지율(FOR, Forced Outage Rate), 발전기의 정비(보수)기간, 전력계통의 규모 및 수요특성이 반영되어 있다. 따라서 LOLP를 이용하여 예비력을 결정할 경우 계통규모 증대에 따른 공급신뢰도 향상을 반영할 수 있다는 장점이 있다. 즉 동일한 LOLP 기준을 적용하여도 계통 규모가 커질수록 적정소요 예비율이 낮게 조정된다. 따라서 LOLP를 통해 예비력을 결정할 경우, 경제적인 계통운영을 고려할 수 있다는 장점을 가진다.

4. 결 론

구조개편 이후, 전력수급은 공급자와 수요자 간의 균형에 의해 달성되는 것을 기본전제로 하고 있으나, 현재는 정부가 수급계획을 수립하여 수급안정에 대한 정책적 의지를 유지하고 있다. 비록 정치적, 정책적 결정이 반영되는 것이 불가피하더라도, 경쟁시장도입을 위해서는 발전사업자의 자율성과 책임을 부여해야 한다.

시장경쟁의 도입이 설비활용과 연료사용의 효율성을 높이는 순기능을 발휘하는 것은 분명하나, 이윤을 추구하는 개별 발전사업자에게 장·단기적으로 전체 계통의 공급신뢰도에 대해서 관심을 유도하지 못한다. 즉 전력산업을 경쟁체제로 전환함에 따라 단기적으로 가동가능용량을 확보하면서, 장기적으로 발전소 건설계획을 수립하고 실제로 시공하는 일을 책임질 주체가 없어진다. 따라서 공급신뢰도를 보장할 수 있도록 반드시 용량확보방안을 마련할 필요성이 존재하며 이를 위하여 발전사업자들의 투자유인을 자극하기 위해 고려해야 하는 사항을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 개별 발전사업자들이 모두 미래 전력수요에 대한 정확한 예측 정보를 공유할 수 있어야 한다.

둘째, 미래의 순간전력수요가 현재 보유용량보다 많을 경우 시장시스템은 각 발전사업자가 적기에 설비용량확대를 위한 투자를 실시하는 것이 더 유리하도록 보장하는 보상체계를 갖추어야 한다.

셋째, 발전 설비용량을 늘리는 데는 상당한 시간이 소요된다는 점이 충분히 고려되어야 한다.

이와 같은 사항을 고려하여 설계되는 용량요금제도는 다른 한편으로 적정 수준이상의 설비투자를 억제하기 위해서 용량요금제도를 적정예비력 마진과 연동시키고, 적정 설비이상으로 시장에서 공급이 많아질 경우에는 현재의 용량요금을 줄일 수 있도록 해야 한다.

본 논문에서는 시장경쟁규칙과 부합하면서 적기에 필요한 자동가능용량확보와 설비투자시행을 보장하기 위하여 퍼지이론을 적용시켜 용량확보방안을 마련해 보았으며, 이를 이용하여 합리적인 용량요금을 설계하였다. 즉 시장에 의한 용량확보 메커니즘이 작동할 수 있도록 정부는 미래에 대한 정확한 예측 정보를 공유하고, 일정 범위의 LOLP수준을 정책적으로 수립만 하면 된다. 또한 시장 참여자들은 적기에 올바른 설비투자를 하여 용량요금을 통한 수익을 할 수 있는 유인을 가지게 된다. 더욱이 시장 참여자들이 전체 계통에 대한 공급신뢰도에 관심을 가지게 되며, 이를 통해 계통 운영의 책임을 지게 될 것으로 예상된다. 더욱이 적정 수준이상의 설비투자를 억제함으로써 경쟁적 전력시장 도입의 목적인 효율성 증대를 이룰 수도 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2007학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

참 고 문 헌

[1] 산업자원부, 제3차 전력수급기본계획, 2006
 [2] 전력거래소, "공급기여도를 고려한 용량확보 메커니즘 도입에 관한 연구", 2006
 [3] Sally Hunt, "Making Competition work in Electricity", John Wiley&Sons, Inc,2002
 [4] Chris Harris, "Electricity Market", John Wiley&Sons, Ltd, 2006
 [5] 이병수 외2명, "퍼지수학의 기초와 응용",북스힐, 2004
 [6] 이진창, "퍼지이론",경문사, 2004
 [7] 이광형 외1명, "퍼지 이론 및 응용",홍릉과학출판사, 1991
 [8] 유동선 외1명, "기초퍼지이론",교우사, 2001
 [9] 신혜경, "배출권거래와 공급신뢰도(LOLP)를 고려한 설비계획 방법론 개발에 관한 연구",홍익대학교, 2008
 [10] James A. Momoh, "Electric Power System Applications of Optimization", Marcel Dekker, 2001
 [11] Harry G. Stoll, "Least-Cost Electric Utility Planning", John Wiley & Sons, 1989
 [12] X. Wang, "Morden Power System Planning", McGraw-Hill, 1994
 [13] Daniel Kirschen, "Fundamentals of Power System Economics", John Wiley & Sons, 2004

[14] Energy Information Administration of the United States <http://eia.doe.gov>
 [15] FERC Federal Energy Regulatory Commission <http://www.ferc.gov>
 [16] North American Electric Reliability Council (NERC) <http://www.nerc.com>
 [17] New England ISO <http://www.iso-ne.com>
 [18] 세계 주요국의 전력산업구조개편 추진 현황 2003. 11 (산업자원부 전기위원회)
 [19] Electricity Prices in PJM: A Comparison of Wholesale Power Costs in the PJM Market to Indexed Generation Service Costs, June 3, 2004 by Synapse Energy Economic, Inc
 [20] 하만복 외2명, "퍼지근사추론을 이용한 유료도로의 적정요금 산정",한국도로학회 논문집, 2006
 [21] 이해춘 외2명, "정책 평가 방법으로서의 퍼지집합이론의 응용", 한국정책학회보, 2007
 [22] 산업자원부, "전력수급기본계획 수립정책 개선방안 연구", 2006.
 [23] chi-bin cheng, "Fuzzy process Control based on Fuzzy Regression and Possibility Measure", IEEE, 2003
 [24] Angela S. chuang, "Capacity Payment and Pricing of Reliability in Competitive Generation Market", IEEE, 2000
 [25] Wu jiekang and Li Jiayu, "Capacity Payment in Competitive Electricity Markets - A bilateral Trade Model", IEEE, 2004
 [26] Ai-min Wang; Zhimin Yang; Wenying Ge; "The Research on the Algorithm of Approximately Linearly Dividable Support Vector Classification Machine Based on Fuzzy Theory"

저 자 소 개



김 종 혁 (金鍾赫)

1979년 10월 12일생. 2006년 홍익대 전자전기공학부 졸업. 2008년 동 대학원 전기정보제어공학과 졸업(석사). 현재 STX중공업 근무
 Tel : 02-338-1621, Fax : 02-333-9513
 E-mail : jonghyuk@onestx.com



김 발 호 (金發鎬)

1962년 7월 12일생. 1984년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1984~1990년 한국전력공사 기술연구본부 전력경제연구실 근무. 1992년 Univ. of Texas at Austin 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 졸업(공학박). 1999년~현재 홍익대학교 전기정보제어공학과 부교수
 Tel : 02-320-1462, Fax : 02-333-9513
 E-mail : bhkim@wow.hongik.ac.kr