

현 CBP 시장에서 수요자원의 경제적 가치 산출

황봉환*, 이호승*, 박규형*, 김두중*
한국전력거래소*

Evaluating the Economic Value of Demand Resource in Korea CBP Market

Bonghwan Hwang*, Hoseung Lee*, Kyoohyung Park*, DooJung Kim*
Korea Power eXchange*

Abstract -수요반응제도는 계통운영자(System Operator) 또는 전기판매사업자가 전력수급 불균형으로 인한 전력계통 비상상황 또는 도매 전력시장가격의 급등 시 위험을 회피하기 위한 유용한 도구이다. 본 논문에서는 계통운영자인 전력거래소가 운영 중인 비용평가 기반의 현 CBP 시장에 부하를 감축할 수 있는 수요자원이 새로이 참여하게 될 경우를 가정 현 가격결정 프로그램 시뮬레이션을 통해 전력공급비용 측면과 판매사업자 구입비용 측면에서의 그 경제적인 가치를 각각 유추하였다.

계 도매가격의 변동 시그널을 직접 전달하거나 도매시장가격의 수준이 부하감축이 경제성을 가질 정도로 높아질 경우 소비자가 감축가능량을 입찰하게 하고 청산될 경우 실제 부하감축을 하게 할 수 있다. 이른바 수요측입찰제는 후자의 방법으로 도매전력시장에서 수요반응을 위한 기본 조건은 아래와 같다.[3]

$$\text{도매시장가격} - \text{소비자요금(판매요금)} \geq \text{소비자의 부하감축비용}$$

1. 서 론

수요반응(Demand Response)이란 계통운영자가 최대수요를 억제할 수 있는 계통운영의 신뢰성을 향상시키기 위한 목적 또는 전기판매사업자가 도매전력시장의 가격시그널을 최종소비자에게 전달하기 위한 목적으로 소비자에게 추가적인 인센티브를 지급하거나 시변요금제 적용을 통하여 소비자 스스로 계통운영자 또는 판매사업자의 시그널에 반응하게 하는 제도를 말한다.[1] 이러한 제도의 도입은 단기적으로 계통운영의 신뢰도를 향상시킬 수 있고 장기적으로 최대부하를 억제하여 전력설비투자비를 경감시킬 수 있으며 또한 기존 공급자에 신규 플레이어가 추가됨에 따라 시장경쟁을 강화시켜 전력시장의 가격급등을 억제하는 등 다양한 효과를 거둘 수 있는데다가 궁극적으로 소비자의 전력사용 선택권을 다양화할 수 있다는 이점이 있다.

이러한 수요반응 제도는 전력계통의 비상상황 시 부하감축을 유도하기 위해 감축에 참여한 소비자에게 부가적인 인센티브를 지급하는 신뢰성 수요반응제도(Emergency Demand Response)와 도매전력시장의 가격시그널에 소비자 스스로 반응하여 경제적인 이윤 극대화를 위해 스스로 전력사용량을 조절하도록 유도하는 경제성 수요반응제도(Economic Demand Response)로 구분할 수 있다. 이 중 경제성 수요반응제도는 그 시행 주체에 따라 계통운영자(또는 시장운영자) 주도형과 판매사업자 주도형으로 구분할 수 있는데 전자는 도매전력시장에 수요감축자원(또는 수요자원)이 다른 발전자원과 동등하게 참여할 수 있도록 하는 것(수요측입찰제, Demand Side Bidding)이고 후자는 판매사업자가 도매전력시장의 가격시그널을 소비자에게 전달하기 위하여 계시별요금제(Time Of Use), 첨두요금제(Critical Peak Pricing), 실시간요금제(Real Time Pricing) 등과 같은 시간적인 차별요소를 갖는 소비자 요금제를 도입하는 것을 말한다.[2] 본 논문에서는 계통운영자가 주도하는 경제성 수요반응제도인 수요측입찰제(DSB)를 통하여 수요자원이 직접 참여하는 것을 상정하여 현 CBP 시장의 가격결정프로그램(Resource Scheduling and Commitment)을 통해 시뮬레이션을 함으로서 현 CBP 시장에서 수요자원의 경제적 가치를 알아보고자 한다.

2. 경제성 수요반응의 여건

2.1 경제성 수요반응의 조건

경쟁적인 전력시장에서 도매전력시장은 비교적 높은 가격 변동성 보이는 반면 최종소비자에 적용되는 요금제는 상대적으로 고정되어 있어 판매사업자는 도매전력시장 가격변동의 위험(Risk)에 그대로 노출되게 된다. 이 때 판매사업자가 위험을 회피(Hedge)할 수 있는 수단은 두 가지가 있는데 하나는 도매시장의 가격변동성에 연동하는 소비자 요금제를 개발하여 소비자에

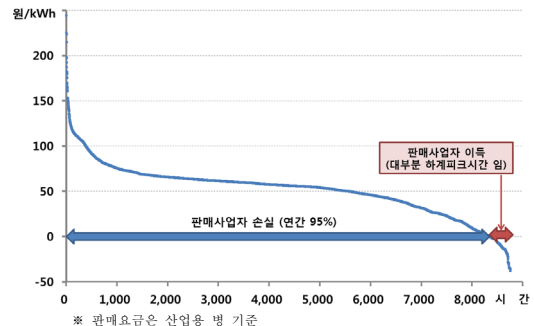
위 식에서 알 수 있듯이 경쟁적인 도매시장 환경에서 소비자는 스스로에게 적용되는 소비자 요금보다 도매전력시장의 가격이 크고 또 그 정도가 자신의 부하감축비용 이상일 경우 도매전력시장에 감축가능량을 입찰하고 청산될 경우 부하감축을 이행하게 된다.

2.2 우리나라 전력산업에서 수요자원의 가치

우리나라의 경우 소매시장은 존재하지 않고 판매독점이 유지되고 있으며 요금수준 또한 정부의 규제 등으로 경쟁적인 시장제도를 운영하는 선진국의 경우에 보다 경직되어 있다. 판매사업자는 스스로의 위험관리를 위해 자율적인 시간대별 차등요금제를 도입하기도 어려운 상황이고 설사 현재의 계시별요금제가 일부 시간대별 차등적인 가치를 제공하고 있다고 하더라도 전체적인 판매요금이 원가에 미치지 못하는 낮은 수준으로 소비자의 전력사용가치를 반영하지 못하고 있는 실정이다.

도매시장의 가격시그널 측면에서 보면 선진시장에서는 피크시간대 한정된 시간 동안 평소보다 매우 높은 가격이 발생하고 해당시간 판매사업자는 전기를 판매할수록 대규모 손실을 입기 때문에 그 부하를 타 시간대로 이전하도록 하고 부하가 이전하는 저 부하 시간대의 가격상승효과 보다는 피크시간대의 가격하락 효과가 훨씬 크게 되어 자생적인 수요반응제도의 활성화 요인이 충분하다. 그러나 우리의 경우 기저 발전설비의 부족과 변동비 기반의 도매시장으로 도매시장가격의 시간별 변동성이 낮은 편으로 부하이전으로 기대할 수 있는 판매사업자의 기대이익이 상대적으로 매우 낮은 편이다.

그림1은 10년도 시간대별 SMP와 소비자 판매요금의 차액에 대한 연간 지속곡선을 표현한 것이다. 낮은 요금수준과 종별 요금제에 의해 판매사업자는 SMP로 구입시 무려 연간 95%시간 동안 손실을 입고 있고 변동 폭도 작아 수요자원 활용이 활성화 된 미국과는 큰 차이를 보이고 있다. 또한 계시별 요금제 자체의 차등폭은 도매시장가격 보다 오히려 큰 편으로 피크시간 피크시간대에



<그림 1> “SMP-판매요금”에 대한 연간 지속곡선

판매 손실을 입는 미국의 판매회사와는 달리 우리나라의 판매사업자는 연중 해당기간 만 이익을 보고 있기 때문에 판매사업자는 피크기간 수요반응이 없을수록 이익이 생기는 역설적인 상황이다. 따라서 현 여건에서 수요반응의 활성화는 어려우며 수요자원의 가치를 산출하기 위해서는 이러한 환경적 요인과 관계없이 도매시장 청산 시 수요자원의 우선 배정을 가정하고 발전비용절감액과 평균 SMP 하락으로 인한 판매사업자의 비용절감액을 각각 총 수요자원량(kWh)로 나누어 계산하는 방법이 유의하다 하겠다.

3. 수요자원의 가치 산출

3.1 시뮬레이션을 위한 기본 전제

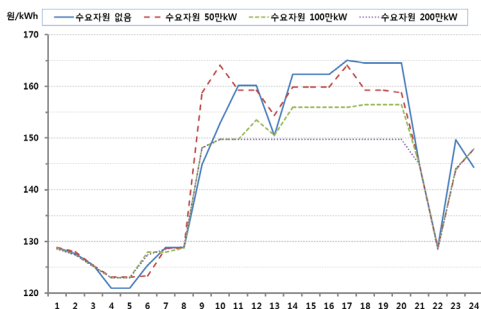
현 CBP시장에는 수요자원에 대한 입찰은 허용하지 않으나 그 가치를 산출하기 위해 현재 비중양급전 발전기와 같이 비용을 0으로 보아 가격수용자(Price taker)로써 도매시장에 참여한다고 가정하고 참여시간은 일일 4시간, 참여량은 50만kW, 100만kW, 200만kW로 변경해가며 시뮬레이션 하였다. 특정시간대 부하감축으로 인해 발생하는 부하이전 효과는 소비자별로 매우 상이하기 때문에 전체적인 추정은 매우 어려우나 현 전력수요관리사업에 대부분 산업용 소비자가 참여함을 감안 미리 계획된 생산활동은 모두 진행함을 전제로 순수한 부하감축은 없다고 보고 감축한 에너지량은 100% 타 시간대로 이전하여 총 전력사용량(kWh)는 수요반응 전후 같다고 가정하였다. 또한 그 부하이전 시간도 현 도매전력시장이 하루전시장임을 감안 짧은 시간 내 생산일정에 지장을 받지 않고 부하를 이전함을 전제로 부하감축 당일 전력요금이 가장 낮은 시간대로 균일하게 이전함을 가정하였다.

또한 모의의 신뢰성을 높이기 위해 2010년 계절별 부하패턴과 예비력 수준의 대표성을 갖은 평일 1일씩 선택하여 해당일의 부하패턴을 감안 참여시간대를 조정하였다. 시뮬레이션은 현재 도매시장 가격결정에 사용하고 있는 Areva사의 발전계획 프로그램을 이용하였으며 SMP 결정은 해당 시기에 적용된 전력시장운영 규칙을 그대로 적용하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

하계피크기간 수요자원 참여시 일일 가중평균 SMP는 참여량에 따라 0.73~1.34원/kWh 하락하는 것으로 나타났다. 판매사업자의 구입비용 절감액(원)을 수요관리량(kWh)으로 나눈 수요자원의 가치(원/kWh)는 참여량 수준에 따라 차이가 많았으며 100만kW 참여시 현재의 최저두가격 발전기와 비슷한 수준의 가치를 보였다. 일일 발전비용절감액(원)을 수요관리량(kWh)로 나눈 발전비용절감 측면의 수요자원의 가치(원/kWh) 또한 참여량에 따라 유통적이거나 전체적으로 판매사업자의 구입비용 절감효과보다는 컸다. 이는 여름철 낮은 부하율로 인해 부하이전에 따른 전력수요 평탄화 효과가 커 발전기 기동정지 감소로 인해 발전비용절감 효과가 상대적으로 크기 때문이다.

이와 반대로 겨울철에는 높은 부하율로 인해 부하패턴에 따른 발전비용 최소화가 이미 이루어져 부하이전에 의한 발전비용 측면의 부가적인 효과는 미미한 것으로 나타났다. 반면 판매사업자 구입비용측면에서는 예비력 부족으로 인해 기존 SMP가 발전기 공급곡선이 가파르게 상승하는 구간에 형성되어 있어 100만kW 이상의 수요자원이 참여할 경우 평균 SMP를 3~5원/kWh 하락시켜 높은 판매비용 절감효과를 거둘 수 있었다. 다만 50만kW 이하의 소량의 수요자원으로는 시장가격을 의미 있는 수준으로 변화시키기가 어려운 것으로 나타났다.



〈그림 2〉 겨울철 수요자원 참여시 시간대별 SMP 추이

봄, 가을에는 겨울철과 마찬가지로 SMP 변동성이 낮고 부하율은 상대적으로 높아 발전비용절감 측면에서는 그 가치가 20원/kWh 미만으로 미미한 것으로 나타났다. 대신 SMP는 소량의 참여량에도 높은 가격하락을 보였는데 이는 정비 중인 발전기가 상대적으로 많아 SMP 자체가 미세한 전력수요 증감의 영향을 상대적으로 크게 받기 때문인 것으로 보인다. 이 시기 SMP는 50만kW 참여시 높은 하락을 보여 판매사업자의 구입절감에 큰 기여를 할 수 있으나 그 이상 참여시에는 부가적인 의미는 없었다.

아래의 표1은 지금까지 언급한 계절별 수요자원 참여량에 따른 발전비용 저감효과를 정리한 것이다. 여기에 표현된 발전비용은 가격결정발전계획에 반영되는 D-1일 19시부터 D+1일 4시 까지 34시간의 운전 에 따른 연료비용(기동비 포함)이다.

〈표 1〉 발전비용절감 측면의 가치

계절	구분	참여량 없을시	참여량 50만kW	참여량 100만kW	참여량 200만kW
여름철	발전비용 (백만원)	69,597	68,413	68,269	68,002
	수요자원가치 (원/kWh)	-	592.0	332.0	199.4
겨울철	발전비용 (백만원)	118,318	118,271	118,198	118,120
	수요자원가치 (원/kWh)	-	23.5	30.0	24.8
봄가을	발전비용 (백만원)	64,560	64,521	64,539	64,500
	수요자원가치 (원/kWh)	-	19.5	5.3	7.5

아래의 표2은 마찬가지로 계절별 수요자원 참여량에 따른 판매사업자 구입비용 저감효과를 정리한 것이다. 구입비용 산출시 업리프트(Uplift) 효과는 고려하지 않았으며 구입비용은 D일 24시간 기준으로 하고 SMP 보정계수에 따른 효과는 반영하였다.

〈표 2〉 판매사업자 구입비용절감 측면의 가치

계절	구분	참여량 없을시	참여량 50만kW	참여량 100만kW	참여량 200만kW
여름철	구입비용 (백만원)	71,174	70,348	70,438	70,726
	수요자원가치 (원/kWh)	-	413.0	184.0	56.0
겨울철	구입비용 (백만원)	121,504	121,563	119,009	117,181
	수요자원가치 (원/kWh)	-	-29.5	623.8	540.4
봄가을	구입비용 (백만원)	67,775	65,541	66,566	66,043
	수요자원가치 (원/kWh)	-	1,117.0	302.3	216.5

4. 결 론

현 CBP 시장에서 수요자원의 참여를 전제로 그 경제적 가치는 계절 및 참여량 수준에 따라 높은 변동성을 보였다. 발전비용측면에서는 여름철 판매사업자 구입비용 측면에서는 봄가을이 그 가치가 두드러졌다. 따라서 국가적 이익을 극대화 하기 위해서는 이러한 우리 CBP시장의 특성에 맞게 계절별 부하패턴에 따라 적정한 양 만큼의 수요자원을 활용하는 것이 중요하다. 수요자원의 적절한 활용은 현 CBP 시장에서 판매사업자인 한전, 수요자원인 소비자를 비롯한 국가전체가 이익이 될 수 있는 좋은 방안이 될 수 있다. 다만 본 논문에서는 한정적인 조건에서의 가치를 산출해 본 것으로 앞으로 도입이 검토되고 있는 CBP시장에서의 수요자원 참여와 국가 스마트그리드 사업의 성공을 위해서는 다양한 측면과 조건에서 수요자원 가치 산출하는 작업이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] FERC Staff Report, "Assessment of Demand Resonse & Advanced Metering" 2008
- [2] IEA Report, "Demand Response in Liberalized Electricity Markets", 2003
- [3] PJM Training Material, "Demand side Response", 2009