

전력시장안정화를 위한 수요측 자원의 시장참여

김진호*, 김발호**, 박종근***
*기초전력공학공동연구소, **홍익대학교, ***서울대학교

Demand Response Resource's Market Participation in terms of Market Stability

Jin-Ho Kim*, Balho H. Kim**, Jong-Keun Park***
*EESRI, **Hongik University, ***Seoul National University

Abstract - 현재 시행 중인 부하관리 프로그램들은 거의 대부분 간접부하관리 방식에 의존하고 있으며, 이러한 간접부하관리 프로그램들은 요금혜택에 기반을 두고 있다. 직접부하관리가 우리나라에 도입된 것은 2001년 5월이며, 이러한 직접부하관리 프로그램은 간접부하관리 프로그램에 비하여 다음과 같은 다양한 장점을 가지고 있다. 1) 부하관리 자원의 이용 가능성(availability)이 간접부하관리에 비하여 상대적으로 높다는 것과, 2) 기존의 간접부하관리 프로그램에서의 성과계량, 즉, 부하관리 실시에 따른 피크 수요감소량을 명확하게 알 수 있으므로 전력회사가 장단기 수급계획을 수립하는데 보다 확실하게 이를 고려할 수 있다는 것과, 3) 부하차단의 주체가 전력회사가 되므로 간접부하관리 방식이 안고 있는 수용가 부하차단의 불확실성이 낮아지며, 4) 궁극적으로 비용효과가 간접부하관리보다 큰 유용한 자원이다. 본 논문에서는 이러한 직접부하제어자원의 개요와 전력시장 참여 현황 및 해외사례를 소개하고자 한다.

소매시장에서 향후 전망이 불확실한 배전사업자들은 소비자들에게 가격정보를 제공하고 시간대별로 기록할 수 있는 진보된 측정기와 정보 시스템에 대한 투자를 미루어왔다.

결국, 미국의 경우, 시장 균형을 위해 연방정부와 각주간의 정책적 조언자인 규제위원회는 시장에서 공급측 자원에 제공하는 인센티브를 가지고 단계적으로 DR에 접근하는 것이 중요하다는 판단을 하였으며, 이러한 균형은 효율적인 시장을 만들고 소비자들이 합리적인 선택을 하는데 필요하다고 결론지었다. 경제적인 DR을 포함하는 전력시장은 수요와 공급측면에서 효율적인 자원 투자의 장기적 개발에 기여할 것이다.

2. Demand Response의 편익

DR 자원의 시장참여를 통해 계통에 발생할 수 있는 편익은 다음과 같다.

1. 서론

전력산업에서 직접부하제어를 포함한 수요자원은 다양한 형태와 이름으로 현재까지 사용되고 있으나, 최근 이러한 개념을 통합하여 모든 수요자원을 통칭하는 DRR (Demand Response Resource) 라는 용어를 사용하게 되었다. 본 논문에서는 이러한 맥락에서 직접부하제어 자원을 DR (Demand Response) 자원으로 고려하여 이에 대한 현황을 조사분석하고자 한다. DR은 Load Response와 Price Response로 구분할 수 있는데, Load Response는 설비 (에어컨과 같은 냉동부하)의 직접제어 (Direct Load Control)와 부하삭감 (Load Reduction)과 부하차단 (Load Interruption)을 포함하고, 이를 요구하는 사업자는 독립계통운영자 (ISOs), 부하보조사업자 (LSEs), 배전사업자 (UDCs)를 포함한다. 반면에 Price Response는 실시간 요금 등을 포함한다. 이 프로그램은 일정한 기간동안 참여자들에게 자발적 에너지 감소를 요구하는데, 이 프로그램에 참여하는 고객들은 오직 실제 그들이 사용한 에너지 감소량에 대해서만 보상을 받을 수 있다.

DR은 도매 및 소매 전력시장의 지속적인 개발에 있어서 중요하며, 전력시장은 가격신호에 반응하여 수요와 공급의 상호작용에 기반한다. 가격에 응답하여 수요를 변화하는 소비자들의 능력을 저하하는 것은 전체 전력시장의 효율성을 저하하고, 특히 이것은 도매 시장 가격의 변동위험성을 가져다준다는 점에서 매우 중요하다. DR에 있어 장애물은 지금도 여전히 대부분의 모든 전력시장에서 지속되는 것처럼 전력산업에서 규제된 가격의 역사로부터 유래되어왔다. 전력시장의 불확실성과 같은 것은 DR을 활성화하기 위한 기반산업의 투자를 저하하여 결국, 소매시장 구조개편을 단행해왔던 주에서는 최근 몇 년간 수요의 가격탄력성이 감소해왔는데, 이것은 시간에 따른 전력사용 요금을 제거했기 때문이다. 더욱이,

- 계통 신뢰도 (System Reliability) : 수용가 수요 관리는 긴급상황동안 사용량을 줄임으로써 전력시스템의 신뢰도를 증가시킬 수 있다. EPRI는 "전력차단과 연관의 저품질로 인한 국가 전체의 경제적 손실은 연간 100억 달러 이상으로 평가된다[1]"고 한다. 따라서, DR은 전력품질에 대한 이러한 손실을 줄일 수 있다.
- 비용감소 (Cost Reduction) : 수요관리의 핵심은 비용 회피와 비용절감이다. DR은 LSEs와 소비자에게 혼잡 비용, 선로 손실 비용, 송전 및 배전 비용, 그리고 발전 비용에 드는 비용을 회피할 수 있도록 하며, 또한 DR은 도매 시장 가격을 낮추고 가격의 휘발성을 완화 시킴으로써 간접적으로 모든 소비자들의 비용을 절감할 수 있다.
- 시장 효율성 (Market Efficiency) : 모든 소비자가 가격신호와 인센티브를 받을 때, 전력사용량과 비용과 보다 동일하게 간주된다. 소비자의 행동 변화를 넓히거나 첨두시간대의 사용량을 감소하거나 이동함에 따라서 그 결과는 전력시장의 효율성을 증진한다. 미국 내 한 연구조사에 따르면 "미국 내 전지역에 걸쳐 전력수요의 2.4% 감소는 캘리포니아의 도매 시장가격을 24%이상 감소할 것이다[2]"라고 결론지었다.
- 위험관리 (Risk Management) : 소매 에너지 공급자는 시장가격이 매일 매일 시간대별로 변화하는 도매시장에서 전력을 구매한다. 그들은 시장에서 그들의 위험요소와 소비자의 위험요소를 감소하기 위해서 DR을 사용할 수 있다. 소매 사업자는 다양한 옵션에 의해서 가격에 대한 위험요소를 피해나갈 수 있으며, 이러한 방법으로써, 위험 관리 생산물은 경제적으로 소비자에게 제공될 수 있다. 따라서, 전반적으로, DR은 높은 신뢰도와 신속한 이용성 등을 통해서 위험요소를 관리하는데 도움이 된다.
- 환경 (Environmental) : DR은 공기, 대지, 물과 같은 환경에 대한 부담을 줄이는데 도움을 줄 수 있다. 미국의 통계자료에 의하면, 전력발생은 연간 10억 톤의

석탄을 소비하고 2000년에 미국 석탄소비의 90%를 차지했다[3]. 또한, 발전소는 2000년에 국가 전체의 천연가스 사용량의 13%를 소비하였다[4]. DR은 이러한 발전소 운전 전에 필요한 것을 감소할 수 있으며, 또한 DR은 새로운 발전소 건설을 지연 및 억제할 수 있다.

- 소비자 서비스 (Customer Service): 많은 소비자들이 에너지 요금 절약의 일환으로써 그리고 환경개선 향상 등의 다른 이유를 통해서 부하관리를 선호한다. 따라서, 이러한 관점에서, DR은 소비자들에게 그들의 에너지 요금을 절약할 수 있는 기회를 제공한다.
- 시장지배력 완화 (Market Power Mitigation): DR 프로그램은 에너지 공급자의 시장지배력을 완화하는데 도움을 주는데, 이것은 특히 DR이 시장 지배력을 이끄는 공급자와 함께 동시에 발생 수 있을 경우에 더욱 그러하다.

3. 해외시장의 현황

3.1. 뉴욕시장(NYISO)의 Demand Response

DR의 경제적 가치를 2001년 하절기동안 NYISO의 DR 프로그램 분석을 통해 살펴보면 다음과 같다. 이 분석은 DR 프로그램이 비용 측면 뿐만 아니라 더 많은 부분에서 편익이 있음을 보여주는데, 2001년 하절기동안 약 292 소비자들이 NYISO가 제공하는 EDRP (Emergency Demand Response Program) 프로그램에 참여했다. 참여자들은 NYISO로부터 2시간 전에 통보를 받고 부하를 감소하는데 동의했는데, 소비자들의 약 72%가 LSE (Load Serving Entity)를 통해 참여했고, 반면 25%는 CSP (Curtailment Service Provider)를 통해 참여했으며, 3%는 NYISO에 직접 계약하여 프로그램에 참여하였다. 참여자들은 최대 425MW 부하 삭감을 수행하였으며 프로그램에 대한 인센티브 지급금액은 4일 동안 총 \$4.2만으로 집계되었다.

DR 프로그램에 대한 편익은 다음과 같이 정리할 수 있다[5].

- 시장 가격 감소로 인한 비용 절감
- 가격 변동 위험 감소로 인한 헷징 비용 절감
- 정전 감소로 인한 최종 수용가 비용 절감

편익 가운데 하나는 능동적인 DR과 관련하여 시장가격을 절감하는 것으로, 다섯 개의 지역에 걸친 지역 기반 한계비용 (Location-based Marginal Pricing, LBMP) 분석을 통해 약 4일 동안 \$13만 이상의 추가 이익이 발생한 것으로 분석되었다.

두 번째 편익은 가격변화의 진폭에 의해서 얻어지는데, 이것은 물리적인 쌍방 공급계약 이거나 혹은 재정적인 헷징이건 간에 LSE에 의해서 지불된 절감비용이라는 점에서 실제적인 이익에 해당한다. 2001년 8월에 4번의 부하 삭감에 대한 평가 결과, 총 \$3만9천의 비용 절감이 발생한 것으로 집계되었다. 프로그램의 세 번째 편익은 신뢰도 향상으로 소비자는 절감된 정전비용을 얻는다. NYISO의 추산 결과, 약 \$4.2만 달러의 정전지불비용에 근거할 때, 신뢰도 이익은 \$20만 달러에서 \$40만 달러에 이른다고 한다.

위에서 논의한 비용과 편익은 2시간 전 통고에 의한 긴급 조정 프로그램에 대해 계산한 것인데, NYISO는 하루전 통고에 의한 DR 프로그램을 제공한다. DADRP (Day-ahead Demand Response Program) 프로그램은 부하삭감을 목적으로 입찰 참여자들에게 참여시키고, 2001년 하절기동안, 16 참여자들은 침투부하 삭감과 동시에 최대 25MW 삭감을 제공했다. 이 프로그램에 대해 지급된 비용은 총 \$200,000 달러 이상이고, 추가 편익은 \$1.5만 달러로 추정된다.

소비자들은 두 프로그램 가운데 하나에 참여할 수 있는

데, 디젤 연료 발전기에 의한 부하삭감은 오직 긴급 조정 프로그램에만 참여할 수 있고, 가스 연료 발전기에 의한 부하삭감은 긴급 조정 및 하루 전 조정 프로그램 모두에 참여할 수 있다. 소비자 조사에 따르면 비록 소비자들이 장시간 통지 기간과 높은 지급금을 선호하지만, 대체로 두 프로그램에 만족하는 것으로 나타났다. 이것은 시장의 가치와 소비자의 가치간에 실질적인 거래가 있음을 강조한다.

3.2. 캘리포니아시장의 Demand Response

DR 프로그램의 첫 번째 유형은 도매시장 가격에 기반하여 시간대별로 변하는 소매시장가격에 동적으로 응동하는 프로그램이다. 시간대별 소매 가격은 두 가지 방법에서 비용을 절감할 수 있는 기회를 소비자들에게 제공한다. 첫 번째로 소비자들은 규제된 공급측 서비스 요금에 포함된 위험 관리비용의 부분 또는 전체를 회피할 수 있으며, 두 번째로, 소비자들은 향후 절감 비용을 위해 시간대별로 가격에 대한 사용량을 수정할 수 있다.

전통적인 전기요금은 두 가지 요소 1) 전력 상품 2) 위험 관리 또는 보험 요소로 이루어져 있다고 특성화되어 왔다[6]. 역사적으로, 전기사업자와 규제자는 부하변동을 충족시키기 위해 보험적인 측면에서 예비력을 보유하며, 높은 전기요금은 경제적 활동, 인간의 행동양식, 날씨, 그리고 다른 요소들의 변화로 인한 침투 부하 충족과 관련하여 보다 높은 가격을 허용해왔다. 구조개편된 전력시장에서는 전력상품과 위험관리의 수직적 묶음을 유지하는 것은 어려우며, 도매와 소매 경쟁시장에서, 가격 변동은 기준요금에 비용이 전혀 반영되지 않는 보다 많은 위험요소로 인해 증가해왔다. 시간에 따라 변하는 전력가격은 위험 또는 보험에 관련된 비용이 포함되어 있지 않기 때문에 부분적으로 소비자에게 보다 적은 비용을 허용하는데, Puget Sound Energy의 경우 헷징 비용을 발전 비용의 5%에서 10%사이에서 또는 \$3/MWh로 정상화하여 평가했다. 이 평가는 화력 자원의 강제 정전, 불확실한 수력발전 출력에 대한 헷징 비용을 포함한다.

시간대별 가격 편익은 캘리포니아에서 계산되어져 왔던 것으로서 이를 구체적으로 살펴보면, 만약 시간대별 가격이 -0.25의 전체 가격 탄력성을 가진 소매 부하의 20%에 응동한다면, 전기요금 절감은 1999년 캘리포니아에서 \$220만 달러 정도였을 것이라는 분석을 하고 있다.

4. 결론

DR 자원은 비용(cost)과 편익(benefit)을 지닌 옵션의 포트폴리오로 볼 수 있으며[7], 아래 그림에서처럼, DR 자원은 월에서부터 분까지 시간축의 전 범위를 지원한다. 게다가, 발전자원을 보충하는 옵션의 포트폴리오로서, DR은 송전과 배전 자산 관리를 지원한다. 에너지 효율성과 분산 전원은 침투부하 관리를 위해 그들에게 제공되는 인센티브를 통해서 DR을 보다 완전하게 하며, DR은 다른 옵션을 가진 프로그램들과 경쟁적으로 볼 수 있으나, 실제로는 지속적으로 증가하는 에너지 수요로서 그 역할이 중요하다. DR은 보조서비스(ancillary service)를 통해서 시장에서 명확한 역할을 수행할 수 있는데, 다음 표는 DR에 의해서 제공받을 수 있는 세 가지 유형의 보조서비스를 보여준다. 따라서, 발전소입지를 해소하고, 효율적인 전력계통운영을 위해 전통적으로 활용되어 온 수요관리사업은 전력시장의 출현으로 그 패러다임의 변화가 예상되며, 앞으로 기존의 수요자원을 전력시장에 연계하고 이를 운영하기 위한 방법론 등의 개발이 필요하다고 할 수 있다.

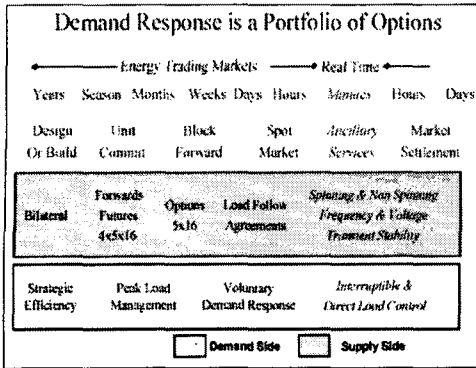


그림 1. 포트폴리오 자원으로서의 DR 자원

표 1. DR 자원이 제공하는 Ancillary service

Ancillary Service	Description
Spinning reserve	Resources that can increase output immediately in response to a major generator or transmission outage and can reach full output to a specified level within 15 minutes.
Supplemental reserve	Same as spinning reserve, but need not respond immediately, since they may be off-line and still reach full output in 15 minutes.
Replacement reserve	Same as supplemental reserve, but with a 30- to 60-minute response time.

5. 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축지원사업으로 수행된 논문입니다.

(참 고 문 헌)

- [1] EPRI, "Technology Action Plan Address Western Power Crisis," EPRI Journal, Summer 2001.
- [2] Taylor Moore, "Energizing Customer Demand Response in California", EPRI Journal, Summer 2001.
- [3] U.S.Department of Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*, Dec. 2001.
- [4] American Gas Association, "Balancing America's Energy Needs," American Gas, Oct. 2001.
- [5] NYISO, "NYISO PRL Program Evaluation: Executive Summary", Jan. 15, 2002.
- [6] Eric Hirst, "The Financial and Physical Insurance Benefits of Price-Responsive Demand", Jan. 2002.
- [7] Joel Gilbert, "Customer Demand Response: The Four Not So Easy P's," Presented at FERC/DOE Workshop on Demand Response, Feb. 14, 2002.