

미 전력시장의 수요응답(Demand Response) 성과(Performance) 조사

김진호 박종배 원종률 박준호
 부산대학교 건국대학교 안양대학교 부산대학교

A Survey on the Performance of Demand Response Programs in US Electricity Markets

Jinho Kim Jong-Bae Park Jong-Ryul Won Jun-Ho Park
 Pusan National University Konkuk University Anyang University Pusan National University

Abstract - 전력산업 구조의 변화와 전력수급의 안정성 확보를 위해, 다양한 전원개발에 대한 연구가 시도되고 있다. 본 연구에서는 현재 미국에서 시행하고 있는 수요응답자원(Demand Response Resource)에 대한 수요응답 프로그램(Demand Response Program)의 성과를 조사하고 이를 분석하였다. 미 연방에너지 규제위원회(FERC)의 시장표준안과 각 주의 공익규제위원회(PUC)에 규제에 의해 대부분의 미 전력시장에서는 이러한 수요응답 프로그램을 시행하고 있다. 본 논문에서는 미국 전력시장을 대표하는 New England ISO, PJM, 그리고 NYISO 세 곳의 수요응답 프로그램 효과를 조사하였다. 본 논문에서는 수요응답 프로그램의 참여자 수와 수용용량 이벤트 발생 건 수, 총 차단부하량, 평균 차단부하량, 그리고 지급액의 관점에서 수요응답 프로그램의 효과를 조사하였다.

선택을 도울 수 있다고 결론지었다. 즉, 경제적인 수요응답자원을 포함하는 전력시장은 수요와 공급측면에서 효율적인 자원 투자의 장기적 개발에 기여할 것으로 판단하였다.

2. 미 전력시장의 수요응답 프로그램

2.1 수요응답 프로그램 개요

전력산업 구조개편이 단행되기 전에는, 발전과 송전 그리고 배전과 소매를 수직 통합한 전력회사에 의해 전기가 공급되었다. 전력산업의 구조개편으로 발전과 소매 분야에 경쟁이 도입되었으며, 송전과 배전과 같은 네트워크 산업에는 자연독점이 그대로 유지되어, 이 분야에는 정부와 규제기관의 규제가 필요하게 되었다. 미국의 전력산업은 크게 다음과 같은 구조로 구성되어 있다.

1. 서 론

전력계통의 수요응답자원 (DRR, Demand Response Resource)은 Load-Response 자원과 Price-Response 자원으로 구분할 수 있는데, Load-Response 자원은 설비(에어컨과 같은 냉동부하)의 직접제어 (Direct Load Control)와 부하삭감 (Load Reduction) 및 부하차단 (Load Interruption)을 포함하고, 이를 요구하는 사업자는 독립계통운영자 (ISO), 부하보조사업자 (LSE), 배전사업자 (UDC) 등이다. 반면에 Price-Response 자원은 실시간 요금 (Real-time pricing) 응답 부하 등을 포함한다. 수요응답자원은 도매 및 소매 전력시장의 지속적인 진화에 있어서 중요하며, 전력시장은 가격신호에 반응하는 수요와 공급의 상호작용에 의해 운영되게 된다. 가격에 반응하여 수요를 변화시키는 소비자들의 능력을 저하하게 되면 전력산업의 효율성이 저하되고, 특히 이것은 전력가격의 변동위험성을 가져다준다는 점에서 매우 중요하다. 수요응답자원의 확산에 있어서 장애물은 지금도 여전히 대부분의 모든 전력시장에서 지속되는 것처럼 전력산업의 가격규제로부터 유래되어왔다. 또한, 전력시장의 불확실성과 같은 요소는 수요응답자원의 활성화를 위한 기반산업의 투자를 저하하게 되었다. 이에 따라, 전력시장의 구조개편을 단행해왔던 미국의 몇몇 주에서는 최근 몇 년간 수요의 가격탄력성이 감소해왔는데, 이것은 시간에 따른 전력사용 요금 제도를 폐지했기 때문이다. 더욱이, 소매시장의 향후 추진 일정이 불확실한 상태에서, 배전사업자들이 소비자들에게 가격정보를 제공하고 시간대별로 소비자의 소비전력을 기록할 수 있는 진보된 미터기와 정보시스템에 대한 투자를 미루어온 것이 사실이다.

- 발전 및 도매시장 경쟁
- 주간 (Interstate) 송전 네트워크
- 지역 배전 네트워크
- 전력 및 에너지 소매시장 경쟁

미국 전력시장의 현 상황은 주마다 다른 상태인데, 2003년 현재 18개 주에서는 구조개편이 활발하게 진행되고 있으며, 4개의 주에서는 구조개편이 연기되고 있고, 나머지 27개 주에서는 아직 구조개편이 초기 단계에 있다 [1].

미 에너지 부 (Department of Energy)는 에너지 정책에 대한 전반적인 관리를 맡고 있는데, 특히, 에너지 확보와 환경 문제, 그리고 에너지와 관련된 과학 기술 정책을 총괄한다. 일반적으로, 주와 주 사이의 에너지와 관련된 모든 행위는 연방정부의 규제를 받게 되며, 주 내부의 에너지 관련 행위는 주정부의 규제를 받게 된다. 전력회사 사이의 전력거래를 담당하는 도매시장에 대한 규제는 연방정부에서 관할하게 된다. 대부분의 신규 발전소 건설 및 신규 송전 네트워크 건설 및 소매요금 등에 대한 규제는 주정부에서 처리하고 있다. 미 연방정부 규제위원회 (FERC)는 수요응답자원의 적극적인 시장참여를 유도하는 막대한 책무를 가지게 되었는데, 특히, 시장 설계 (Market Design)에 있어서 수요응답자원의 활용을 명확히 하고 있다. 계통운영자 (ISO)와의 논의를 통해, 현재 표준 시장 설계 (SMD, Standard Market Design)에 있어서 수요응답자원의 참여를 다음과 같이 규제사항으로 명시하였다.

결국, 미국의 경우, 연방정부와 각 주간의 정책적 조정 기능을 수행하는 규제위원회에서 시장에서 공급자원에 제공하는 인센티브를 단계적으로 수요응답자원에도 적용하는 것이 중요하다는 판단을 하였으며, 이를 통해 효율적인 시장을 건설하고 소비자들이 합리적인 전력소비

“Demand response is essential in competitive markets to assure the efficient interaction of supply and demand, as a check on supplier and locational market power, and as an opportunity for choice by wholesale and end-use customers [2].”

FERC의 보고서에 의하면[3], 현재 수요응답자원을 계통 운용에 활용하고 있는 시장에서 다음과 같은 두 가지의 이슈가 수요응답자원 활용 문제에 존재하고 있다는 것을 알 수 있다.

■ **요금 (Pricing)**

전력시장에서 수요응답자원에 대한 요금 (Pricing)을 어떻게 정할 것인지에 대한 이슈가 존재한다. 특히, 수요측에 증장기적인 인센티브를 감안할 경우, 수요응답자원에 대한 요금 즉, 보상을 어떻게 결정할 것인가 하는 문제가 있다. 이러한 문제는 FERC가 주요 임무인 동시에, 네트워크 투자와 신규 전원계획 등을 통한 안정적인 전력 수급 문제를 해결하는 문제와 동일선 상에 있다고 할 수 있다. FERC는 수요응답자원의 활용에 있어서 요금이 매우 중요한 역할을 하는 것을 인정하였으나, 장기적인 관점에서 수요응답자원의 육성을 위해서 보조금이나 비용의 공평부담 (Socialization of cost) 등은 필요하지 않은 것으로 보았다. 이러한 견해는 결국, 경쟁력이 있는 수요응답자원에 대한 가치와 역할에 대해 평가가 시장에 의해 이루어져야 하며, 규제 장치에 의한 보조는 부적절하다는 것이다.

■ **시장설계(Market Design)와 인프라**

미 전력시장은 현재 이행기에 있다. 도매시장들은 표준시장설계에 따라 움직일 준비를 하고 있으며, 각 주마다 구조개편의 상황은 다르게 나타나고 있다. 도매시장에 대한 연방정부의 규제와 소매가격에 대한 주정부의 규제의 이원화에 의해 전력시장의 불안이 가중되고 있다. 캘리포니아의 경우도, 이러한 이원화된 규제로 인한 것이 한 원인으로 지적되고 있다. 미연방규제위원회는 장기적인 전력수급 안정화에 초점을 맞춰 장기 가격 안정화를 그 규제 대상으로 하기에 이르렀으며, 이에 따라 수요응답자원이 가격 상승 (Price Spike)을 막을 수 있는 주요 대안이라는 것을 인식하였고, 12%에 달하는 설비예비력에 수요응답자원이 반드시 포함되어야 함을 명시하였다.

각 주의 전력산업 규제는 주 공익규제위원회 (PUC, Public Utilities Commissions)에 의해 이루어진다. PUC가 관할하는 업체는 주로 대규모, 수직통합된 전력회사들로 전체 발전 및 송전의 75% 이상을 점유하고 있는 전력회사들이며, 75%의 소비전력을 담당하고 있는 전력회사를 대상으로 하고 있다. 비록 각 PUC의 권한은 주마다 다르기는 하지만, 대부분의 주 PUC들은 주 내의 전력회사들에 대한 감독 및 규제 권한을 가지고 있으며, 시장 규제 완화 계획에 맞춰 다음과 같은 적당한 조치들을 취하고 있다.

- 소매요금 및 배전서비스 이용요금 결정
- 서비스 규정 제정
- 전력회사 운전 감시

미 전력시장에는 73% 이상의 송전 네트워크를 민간전력회사 (IOU, Investor-Owned Utility)가 소유하고 있다. 연방정부 소유의 전력회사는 13%, 주정부 소유의 전력회사는 14%의 송전 네트워크를 보유하고 있다. 미 전력시장은 상당한 양의 시스템 주도형 (System Led) 수요응답자원 즉, 비상 시 수요응답자원과 시장 주도형 (Market Led) 수요응답자원 즉, 상시 수요응답자원을 도매시장 및 전체 계통 내에 확보하고 있다.

도매시장의 도입으로 발전단가를 낮추기 위한 노력이 이루어지고 있으며, 다양한 전원 개발을 위한 노력이 이루어지고 있다. 상정사고 시나 비상시에 각 전력회사들은 도매거래에 있어서 상호 협조하여 계통 전반의 안정성을 유지하게 된다. 미국의 대규모 송전 네트워크는 크게 다음의 세 개의 주요 네트워크로 이루어져 있다.

표 1. 수요응답자원의 기능별 분류

US Demand Response Product Types

DR Product	Program Type	
	System Led (Emergency)	Market Led (Economic)
Legacy DR Products (DSM)		
Direct Load Control	✓	
Call Interruptible Rates for Non Firm Service	✓	
New Products		
Call Type Programs	✓	✓
Demand Side Bidding Programs	✓	✓
Dynamic Pricing	✓	✓

미 전력시장에서는 매우 오래 전부터 부하이동 수요자원 (Load shifting Demand Resource)을 활용하고 있으며, 전력회사의 에너지 효율향상 프로그램을 통해 수요관리를 수행해 오고 있다. 위 표에 제시된 이와 같은 수요응답자원들은 크게 두 개의 그룹으로 분류할 수 있는데, 하나는 비상시 프로그램 (Emergency Program)으로 계통의 신뢰도 유지를 위해 활용되는 수요응답자원 (System Led)이고, 다른 하나는 상시 프로그램 (Economic Program)으로 제어 가능한 수요자원을 보유하고 있는 소비자가 시장의 상황에 따라 경제적 이득을 취할 수 있는 수요응답자원 (Market Led)이다.

현재 연방정부의 규제를 받는 대표적인 ISO인 PJM ISO, New York (NYISO), 그리고 New England (NEISO)는 모두 이러한 수요응답자원을 확보하고 활용하고 있다. 아래 표는 이 세 지역의 수요응답자원의 활용 현황의 개요를 보여주고 있다 [1]. 이러한 수요응답자원은 또한, 송전 네트워크의 혼잡을 완화할 수 있는 방안이 될 수 있다. 미 에너지부와 연방에너지규제위원회의 조사 결과, 미 전역에는 상당한 양의 송전 네트워크가 현재 혼잡 상태이며, 이는 대부분 송전 네트워크에 대한 투자 부족에 기인한다고 분석하였다. 북미신뢰도 위원회 (NERC, North America Electric Reliability Council)에 의하면, 과거 10여 년간 송전 네트워크에 대한 투자가 부족했으며, 2000년도의 경우, 수요 대비 송전 네트워크의 정규 용량 값이 이전 10년에 비해 약 17% 정도 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 송전 네트워크의 감소는 향후 10여 년 간 지속될 것으로 조사되었다. 이러한 송전 네트워크에 대한 투자 부족으로 인한 손실은 매우 크다. 에너지부에서는 캘리포니아, PJM, New York, 그리고 New England 시장에서 송전 혼잡으로 인한 경제적 손실을 매년 약 4억 5천만 달러 추정하였다.

표 2. 미 전력시장의 수요응답자원 활용 현황

US Demand Response Key Performance Indicators

Market Operator	Market Metrics				
	Supply (MW)	Peak Demand (MW)	Capacity Reserve	Demand Side Ratio	Demand Side Resources (MW)
New England ISO	28,000	25,348	9.5%	0.40%	112
PJM	67,000	62,445	6.8%	Data not available	Data not available
NYISO	35,961	30,664	14.7%	4.12%	1481 ⁴⁶

표 3. 2002년 미 수요응답자원 활용 결과

US System Led / Emergency Demand Response Program KPIs
(Key Performance Indicator)

2002 Performance					
Market Operator	Enrolled Participants	Number of Events/ Periods	Total Load Curtailments (MWh)	Average Load Curtailment (MW)	Average Payment (\$/MWh)
New England ISO	79	0	0	0	0
PJM	-	14 hours	551	39	513.60
NYISO	1,711	32 hours	5,941	668	500.00 ⁹

뉴욕의 경우, 2000년 여름 한 시즌에만 송전 혼잡으로 7억 불의 비용이 발생한 것으로 분석되었다. 지역한계가 격제도 (Location marginal pricing)의 도입으로, 지역적으로 분산되어 있는 수요응답자원의 경제적 가치가 제대로 인식되었다. 미 전력시장의 비상 시 수요응답자원 프로그램은 구조개편 이전에 수직 통합 전력회사에서 시행 하였던 수요관리 프로그램에 기초하고 있다. 2001년 현재 네 개의 전력시장 즉, 캘리포니아, PJM, New York, New England에는 1,078[MW]의 수요응답자원이 확보되어 있으며, 이 가운데, 618[MW]의 수요응답자원이 2001년 여름 실제 계통에서 운영되었다. 2002년의 경우, 2001년 보다 약간 더 높은 실적이 조사되었으며, 비상시 수요응답자원(System Led)의 성과는 위 표에 정리되어 있다.

이러한 비상 시 수용응답자원의 활용에는 다음과 같은 경제적 이익이 존재함을 알 수 있다.

- 신뢰도 이득
수요응답자원을 활용함으로써 계통의 신뢰도를 높이고, 정전용량을 감소함으로써, 수용가의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.
- 부차적인 이득
수요응답자원을 활용함으로써 시장가격을 낮추고, 피크시기에 수입의 흐름 (Revenue Flow)을 발전회사에서 판매회사 쪽으로 바꾸게 된다.
- 헤징 이득
수요응답자원의 활용으로 시장가격 불안정에 대한 헤징비용이 감소하게 되며, 이를 통해 전력시장의 장기 안정성이 증진된다.

2002년도의 상시 수요응답자원 즉, Market에 의해 주 동된 수요응답자원의 성과는 아래 표에 나타나 있다.

표 4. 2002년도 미 수요응답자원의 성과 지표

US Market Led / Economic Demand Response Program KPIs

2002 Performance					
Market Operator	Enrolled Participants	Number of Events	Accepted Bids (MWh)	Average Payment (\$/MWh)	Average Payment LMP/MCP
New England ISO	146	12 ⁹	75 MW enrolled in program, but participants do not bid, participation is voluntary from program opening	234.37	93.46 ¹¹
PJM			6462	117.92	118.12
NYISO	24		1486	Greater of bid in \$/MWh and DAM LBMP	n.a.

3. 결 론

계통에 구현할 수 있는 수요응답자원은 보조서비스의 기술적 요구 조건을 만족하는데, 예를 들어, 미국 내 전력사용량의 2-3%를 차지하는 다양한 양수기(Water pumping)는 순동예비력(Spinning reserve)으로 활용될 수 있다. 또한, 가정용 에어컨의 직접부하제어와 같은 프로그램에서 한 사업자를 통한 200[MW] 삭감은 계통운용자의 요청에 따라 수 분 내에 수행될 수 있다[3]. 최근 미국의 한 조사에 따르면 ISO, 전기사업자, 소매서비스 공급자, 규제위원회, FERC, 그리고 다른 사업자들은 에너지를 위한 하루 전 시장(Day-ahead market)에 참여함으로써 파생되는 잠재적 편익에 대해서 심도 있는 연구가 수행될 것이며, 보조서비스(Ancillary service) 그리고 특히 상정사고 예비력 (Contingency reserve)에 대해서도 계통 및 시장에 파급효과를 분석하기 위한 연구가 수행될 것이라고 한다.

따라서, 다양한 전원개발을 모색하며, 계통의 안정적인 운영을 도모하고 있는 우리나라도, 우리나라의 전력계통 상황에 적합한 수요응답자원의 활용방안 및 성과분석 방법 개발이 필요하다고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] The Power to Choose, International Energy Agency, 2003
- [2] FERC Working Paper on Standardized Transmission Service and Wholesale Electric Market Design, March 15, 2002
- [3] United States of America Federal Energy Regulatory Commission, Demand Response Programs Docket No. Ad02-23-000, Notice of Presentation on Demand Response Issues and Request for Public Comment, Sep. 20, 2002