

전력시장과 수요자원시장의 통합화 방안 연구

유영식, 손정국, 양민승
전력거래소

A Study on Unification Method of Power Market and Demand Resource Market

Young-Sik Lyu, Jung-guk Shon, Min-seung Yang
Korea Power Exchange

Abstract - 수요자원은 단방향 소통의 수요관리차원에서 활용하는 방법과 수요자원의 효율성 제고와 사업모델 창출적 방법인 양방향 소통의 시장 친화적으로 활용하는 방법으로 구분할 수 있다. 세계적 추세는 수요자원을 전력시장과 통합하는 공급자와 소비자간 양방향 소통의 흐름으로 진행되고 있다. 여기서는 우리나라의 CBP 시장을 고려한 수요자원시장과 전력시장의 통합화를 위한 방안으로 수요자원과 발전자원의 경쟁 방안과 하루전 에너지시장, 하루전 예비력시장, 용량시장의 기본 설계 및 운영방향을 제시하였다.

1. 서 론

전력망을 어떤 방식으로 구성하고 운영할 것인가? 라는 화두가 전력산업계를 포함한 타 산업계에서도 관심을 갖고서 구현을 위해 물밑 활동 중이다. 산업계에서 이 분야에 관심을 보이는 이유는 신규사업 모델 창출의 새로운 돌파구 가능성을 파악했기 때문이다. 시대적 흐름인 이산화탄소 배출 저감과 화석연료를 통한 전력공급위주 정책의 한계점을 극복하기 위한 전력산업의 패러다임 전환의 시기에 때맞추어 전기의 상품화 모델 개발의 가능성이 제시되었으며 IT 및 배터리 기술의 진일보와 함께 예전에는 생각하지도 못했던 전기의 상품화 추진이 더욱 탄력을 받고 있다. 즉, 신규사업화를 통한 일자리 창출과 전력산업의 효율성 제고라는 두 마리 토끼를 잡기 위해 관련 종사자들이 땀 흘리고 있으며 그 중심에 스마트그리드가 있다. 스마트 그리드는 에너지 자원의 효율성 제고와 신재생에너지의 활용성 증대를 위한 전력망 연계 및 제어 기술, 소비자의 효율적 에너지사용의 동인을 제공하는 수요반응 제도 등을 추진하는 수단으로써 각 나라에서 경쟁적으로 추진하고 있다. 그 중 수요반응제도는 발전소 건설과 송변전설비 투자 회피, 지역별 전력의 병목현상 완화 수단 제공, 전압저하 방지 및 이산화탄소 저감 등의 다양한 효과가 기대되므로 이의 활성화를 위한 수요자원 운영 프로그램을 세계 각국에서 개발 운영하고 있다. 특히 북미의 경우 수요자원을 발전자원과 대등하게 경쟁할 수 있는 에너지시장, 예비력시장, 용량시장 등의 전력시장 기반을 제공하고 있다. 우리나라는 전력시장과는 독립된 수요관리 개념의 신뢰도 기반의 인센티브 지급 프로그램을 운영하고 있다. 현재의 관리개념을 탈피한 보다 선진화된 소비자의 자발적 참여를 가능하게 하는 수요자원제도의 변화가 필요한 시점이다. 그 첫걸음이 수요자원과 전력시장의 통합 운영이 될 것이며, 이는 수요자원의 활용성 증대 및 활성화의 지속가능성, 그리고 부가가치가 높은 신규사업 창출의 출발점이 될 것이다. 본 논문은 합리적 에너지 소비 구조 정착을 위한 수요자원시장과 전력시장의 통합운영 방안을 제시하여 에너지자원의 효율성 극대화에 보탬이 되고자 한다.

2. 본 론

2.1 시장구조

우리나라 전력시장은 CBP(변동비 반영) 기반의 전력시장이며 발전자원만 참여할 수 있는 구조이다. 수요자원시장은 전력시장과 독립적으로 운영되며 거래소에서 운영하는 수요자원시장과 한편에서 운영하는 약정방식의 프로그램이 있다. 미국은 PJM 등을 중심으로 수요자원도 전력시장에 참여할 수 있으며 용량시장의 거래규모는 대략 5,000억/년 이상이 거래되고 있다. 대부분의 수요자원은 용량시장에 참여하여 공급가능 예비력을 제공한 대가로 용량요금을 받는다. 또한 에너지 시장, 예비력시장에도 참여하여 계통운영의 신뢰도 향상에 기여하고 수익을 창출할 수 있는 구조로 운영되고 있으며, 수요자원을 모집하고 시장참여를

대행하는 업체인 부하관리사업자와 컨설턴트 업체 등의 서비스 사업이 활성화 되어 있다.

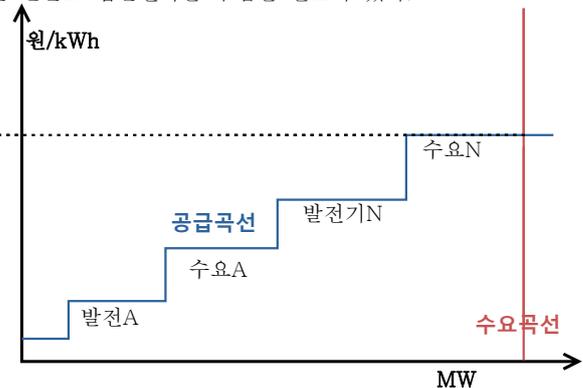
<표 1> 전력시장 및 수요자원시장

구분	전력 시장	국내 수요시장		미국(PJM)
		수요자원시장	약정(계약)	전력 및 수요자원시장 통합운영
시장	하루전 에너지	하루전/한시간전	주간예고/지정기간제	에너지/예비력/용량시장
참여	발전기	산업부하	산업부하	발전/수요자원
입찰	발전량	가격 및 물량	약정	입찰/선도입찰
운영	상시	하계/동계 (부하감축)	하계/동계 (부하감축)	상시 및 실시간
시장 참여 방법	직거래	직거래/부하관리사업자(CSP)	직거래	발전/판매/CSP

2.2 시장통합화 조건

2.2.1 발전 및 수요자원의 입찰과 경쟁방법

우리나라의 전력시장은 CBP기반이므로 변동비를 기준으로 발전기의 입찰가격을 인위적으로 만들어야 한다. 즉, 변동비를 입찰가격으로 환산하여 가격입찰 형식으로 변환하는 절차가 필요하다. 수요자원은 수요예측과 SMP 실적 등을 고려하여 입찰자료를 만들고 입찰전략을 수립할 필요가 있다.



<그림 1> 발전 및 수요자원의 입찰

2.2.2 발전 및 수요자원 모델링

발전기와 수요자원이 경합하기 위해서는 경합 프로그램이 필요하다. 바로 최적화 프로그램이다. 최적화 프로그램은 발전기와 수요자원의 기술적 특성자료를 기반으로 수요에 맞게 어떤 발전자원과 수요자원을 선택할 것인지를 결정하여 준다. 따라서 발전기와 유사하게 수요자원도 기술적 특성자료를 제출하여야 하며 이를 기반으로 수요자원을 모델링하고 발전자원과 경쟁을 통하여 낙찰하게 된다. 낙찰은 공급과 수요곡선을 통하여 결정되며, 수요자원 모델링 시 아래조건을 고려하여야 한다.

- 최대/최소감축량 제약: 수요자원의 감축량은 최대감축량보다 클 수 없으며 기동이 되었다면 최소감축량 이상이 되어야 한다.
- 최소감축/정지시간 제약: 수요자원은 한번 기동되면 최소감축 시간 이상 기동되어야 하고 한번 정지되면 최소정지시간 이

상 정지되어야 한다.

- ramp-rate 제약: 수요자원의 출력은 1시간 동안 ramp-rate x 60 이상 변할 수 없다
- 예비력 제약: 수요자원이 AGC나 spinning reserve를 제공할 수 있으며 수요자원의 감축량과 예비력의 양의 합은 최대감축량 이상이 될 수 없다.

〈표 2〉 수요자원과 발전자원의 모델링 비교

발전기	모델링 요소	수요자원
발전기 정격 최대 출력	Pmax	수요자원 최대 감축량
발전기 최소출력	Pmin	수요자원 최소감축량
연료가격	Fuel	-
비용함수 2차식 계수	A	비용함수
비용함수 1차식 계수	B	"
비용함수 상수항	C	"
최소운전시간	MUT	최소감축시간
최소정지시간	MDT	최소정지시간
기동비용	STC/SDC	shut-down 비용
ramp-rate up	RRU	ramp-rate up
ramp-rate down	RRD	ramp-rate down
기동 시 ramp-rate	STURamp	기동 시 ramp-rate
정지 시 ramp-rate	STDRamp	정지 시 ramp-rate

2.2.3 통합운전을 위한 세부 고려사항

CBP 기반에서는 발전기의 가격입찰이 없기 때문에 원칙적으로 수요자원시장과 전력시장의 통합운영은 어렵다. 따라서, 발전기도 가격입찰제로 변경하는 시장구조 개선작업과 발전기 운영계획 프로그램의 수요자원 입찰반영 입력항목 추가 등의 선행작업이 필요하다. 여기서는 1단계로 동일성능의 독립된 최적화 프로그램을 별도로 운영하고 그 결과를 전력시장에 반영하는 간접적 시장통합화 작업을 진행하고 2단계는 완전히 시장을 통합하는 방식으로써 발전자원과 수요자원이 동일하게 입찰하는 방식으로 진행할 필요가 있다. 1단계에서 추가적으로 고려해야 할 사항은 아래와 같다.

〈표 3〉 세부 고려항목

세부요소	구현방안
발전/수요 입찰	자료 송수신 -입찰 및 낙찰결과 (CBP ↔ DR 시스템)
DR-UI (입찰관리 프로그램)	입찰자료 취득 -CBP 시스템(발전입찰) -DR시스템(수요입찰)
최적화	가격 및 물량결정 기준 최적화 입찰관리프로그램 에너지 및 예비력 동시 최적화 CBP 가격결정 계획/ 발전기운영 계획 제공절차 운영계획 제공 (Time Table)
수요자원 운영절차	급전운영자 활용 방안 연계 중양급전조 ① 중양급전지시 ② DR 운영자 지시 ① or ② ① → ②
AGC 제어신호 송수신	① EMS ↔ RTU1,2,3...n ② EMS ↔ 부하관리사업자 운영시스템 ↔ RTU1,2,3...n ① 기 시스템 방식 ② PJM 방식 μ Grid 등 적용유리
예비력 가격	에너지+ 예비력 최적화 및 가격 결정 Price Cap
용량(비상시 활용 가능자원)	용량요금 지급기준 (활용가능시간 등 고려) 확보량:수요예측피크전력 고려 ① 현 CP 지급기준 ② 예비력반영수요곡선
Scarcity Pricing 적용 (Option)	① 가격(최대변동비 고려) 500/750/1000(원/kWh) ② 신뢰도(예비력) 기준 (500/400/300/200/100) 주의 / 경보 / 실행 ① 가격 ② 예비력 기준 (예비력 합계기준)
시장규칙	수요자원의 정의 및 참여규정 신뢰도(예비력) 기준 전력시장규칙 개정

2.2.4 기본 설계 및 운영 방향

현 CBP 시장은 하루전 에너지시장이 있으며 가격의 급격한 변동을 방지하고자 발전용량을 입찰한 발전기에 한해 용량요금을 지급하는 도매시장 전환 전단계의 시장구조이다. 수요자원이 전력시장과 통합운영을 할려면 수요자원이 참여하여 수익을 창출할 수 있는 공간을 제공하고 다양한 시장메뉴를 제시할 필요가 있다. CBP 시장을 감안하되 하루전 에너지 시장을 포함한 예비력 및 용량시장을 운영할 필요가 있다. 특히 용량시장은 수요자원의 지속적 수익창출을 보장하는 역할을 할 것으로 기대되며 세부시장설계는 따로 논하기로 하고 여기서는 기본 운영 및 설계 방향을 제시하였다.

〈표 4〉 수요자원의 시장통합 기본 설계 개념

시장	설계개념	비고
에너지시장	• 발전/수요자원 동시입찰 • 최적화 및 가격/낙찰량 결정	• CBP와 독립통합 시장
예비력시장	• 에너지+예비력동시 최적화 • 가격 및 낙찰량 결정 • 대기비용(예비력가격)+에너지비용	• Scarcity Pricing
용량시장 (용량DR)	• 신뢰도 자원 -10~12월 자원등록 및 심사 • 용량요금지급 -VOLL 가격방지 및 피크예방 -최대 8760h지급 가능 • 부하감축 시 에너지비용 지급 • 에너지시장 입찰 가능	• 계약시장 • 부하감축기준 -10회/2~6h/년 • 용량요금지급 -월 기준

2.2.4.1 하루전 에너지 시장 운영

① CBP의 발전자원과 수요자원을 모두 반영하여 운영한다. ② 하루전 시장은 에너지와 예비력의 co-optimization을 통하여 최적의 결과를 도출한다. ③ 하루전 에너지 시장은 매일 개설되며 모든 수요자원은 하루전 에너지 시장에 참여할 수 있다. ④수요자원의 입찰은 시간별로 10개의 구간에 대해 가격과 감축량을 제출한다.

시간	가격1	감축량1	...	가격10	감축량10
H 09	80	100		300	100

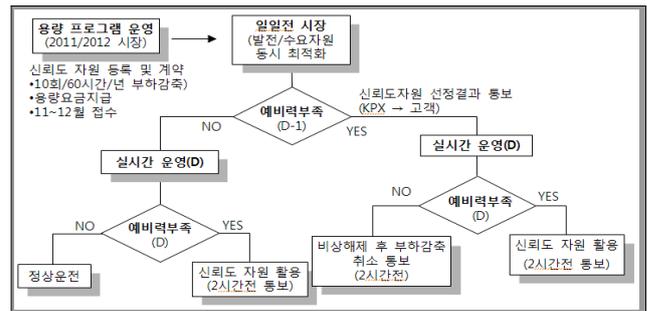
⑤ D-1일 오후 15:00시에 수요자원의 삭감량을 산정하여 CBP 시장의 운영발전계획에 반영하여 전력시장과의 연계한다.

2.2.4.2 하루전 예비력 시장 운영

① 하루전 예비력 시장에 참여할 수 있는 수요자원은 예비력 자원 요건을 충족하여야 한다. ② 주파수 조정예비력은 순시 및 자동으로 응답할 수 있는 예비력으로 미소 수요변화 및 계통주파수 조정을 위하여 확보한다. ③ 대기 예비력은 발전설비의 불시정지 및 수요예측 오차 등에 대비하여 단시간(10~20분)내 응동 가능한 예비력을 확보한다. ④ 거래소는 D-1일의 SMP 발표와 함께 CBP 및 예비력 수요자원의 공급자에게 삭감량을 통보한다.

2.2.4.3 용량시장 운영

① 거래소는 D-1일 에너지자원과 발전자원을 고려하여 운영계획을 세우고 예비력이 충분히 확보되지 않는 경우에 비상상황으로 인지하고 신뢰도 자원에게 부하삭감을 통보한다. ② 하루전 시장에 참여한 신뢰도 자원도 부하 삭감이 필요하다면 거래소의 지시에 따라야 한다. ③ 거래소는 D일에 예상치 못한 상황이 발생하여 공급 부족이 예상되면 2시간 전에 신뢰도 수요자원의 삭감을 통보할 수 있다. 이때 부하삭감을 통보 받은 수요사업자는 의무적으로 부하삭감을 시행하여야 한다. 신뢰도 수요자원은 시간별로 감축 가능한 용량을 사전에 등록하여야 하고 이에 따라 부하 감축을 시행한다.



〈그림 2〉 통합 운영절차

3. 결 론

발전자원의 대체재로서 수요자원의 유용성은 입증되었고 자원활용증대 노력은 세계적으로 추진되고 있다. 활용성 증대의 핵심은 수요자원이 참여하여 수익을 창출할 수 있는 마당을 제공하는 것이다. 활동공간이 만들어지면 부가가치적 수익모델이 창출될 것이고 신성장동력의 한축을 담당하게 된다. 즉, 수요자원이 전력시장에 참여할 수 있는 도대 마련이 수요자원의 활용성 증대의 전환점이 될 것이다. 본 논문은 수요자원이 에너지시장 뿐 아니라 예비력, 용량시장에서도 참여할 수 있으며 이의 운영방법과 통합을 위한 전제조건 및 기본방향을 검토하였다

[참 고 문 헌]

[1] 전력거래소, “실시간 DR 시스템 개발” 연구진도보고서, 2010