

수요반응자원으로서 산업용 부하의 매집 우선순위 결정 기준에 관한 연구

A Study on Decision-making Criteria in Industrial Sector for Electric Load Aggregation

김 성 열* · 김 동 민†
(Sung-Yul Kim · Dong-Min Kim)

Abstract - Energy industry is undergoing a paradigm shift in customer participation in the smartgrid. Customers traditionally consume electrical power. But nowadays not only do they generate electricity from private distributed generations, they can participate in demand response programs with their negawatt power which means a theoretical unit of power representing an amount of energy saved. Therefore development of decision-making criteria for electric load aggregation becomes a greater consideration as an amount of energy saved from demand response resources increases. This paper proposes load aggregators' decision-making criteria in the industrial sector where it made up the largest portion in demand response portfolio in order to assure reliability performance for demand response resources.

Key Words : Demand response, Load aggregator, Industrial load, Potential reduction, Expected reduction, Elasticity

1. 서 론

화석연료의 급격한 가격변동으로 인해 전 세계적인 에너지 절감 노력과 함께 국가적 차원의 전력이용 개선이 요구되고 있으며, 최근 후쿠시마 원전사고로 인한 원자력발전의 안정성에 대한 사회적 불신, 밀양 765kV 초고압 송전선의 인체 유해성 논란 등으로 인해 새로운 발전설비나 송전설비를 설치하는 것에 큰 어려움을 겪고 있다. 또한 지구온난화에 대한 대처 방안으로서 탄소 배출규제, 신재생에너지의무할당제 등 환경오염 최소화 정책의 일환으로 태양광발전, 풍력발전, 바이오에너지와 같은 신재생에너지 지원의 개발 및 적용이 불가피하나 현재로서는 이와 같은 발전원이 그리드패리티에 도달하기까지 다소 시간이 소요될 것으로 판단된다. 이에 따라 불안정한 전력수요와 공급의 균형을 맞추기 위해 에너지절약의 중요성이 증대되고 있고, 이 중 전력부하관리가 그 효과적인 대처방안으로 대두되고 있다. 따라서 최근 안정적인 전력수급에 기여하기 위해 다양한 전력부하관리 프로그램들이 보완 또는 개발되어 적용되고 있다[1-6].

현재 미국은 절전을 위해 최대부하시간대 전력수요반응 프로그램을 활용 중에 있다. 미국 연방에너지규제위원회(FERC)가 2012년 발표한 보고서에 따르면 전력수요반응(Demand Response) 프로그램을 통해 미국 최대부하시간대 72,000MW 전력수요를 절감할 수 있으며, 이는 전체 전력수요의 약 9.2%에 해당한다고 밝혔다. 또한, 지난 몇 년 동안 수요반응자원의 부하관리사업자

(Load Aggregator)는 괄목할만한 성장세를 보여 왔으며 대표적인 부하관리사업자인 EnerNoc社의 경우 9,000MW가 넘는 수요반응 포트폴리오를 관리해 왔다고 밝히고 있다[7].

국내 또한 ICT 발전의 수용과 에너지산업의 육성이라는 독자적인 문제의식 속에서 나름대로 전력산업의 제도 정비를 진행하고 있으며 정부주도하에 ICT 기술인프라를 활용한 신규 수요관리시장을 2014년 11월에 도입하였다. 이에 따라 2015년 7월말 기준 1300여개의 대규모 전기사용자가 매년 2440MW 전력을 모아 전력수요 감축에 동참하고 있으며, 같은 기간까지 70,000 MWh의 전력을 절감하였다. 또한 현재 전력재판매 서비스, 수요반응서비스 등 다양한 유형의 서비스 사업이 가능하도록 추진 중에 있다. 이와 같이 기존에 발전원을 중심으로 한 전력수급 방식에서 벗어나 수용가의 Negawatt 전력을 활용하는 에너지관리 정책의 중요성이 높아짐에 따라 수용가별 특성을 반영한 수요반응 자원으로서의 가치 평가에 대한 연구가 필요한 시점이다[8].

전력수요관리는 일반적으로 수요반응과 에너지효율향상으로 구분된다. 수요반응은 수요관리용 요금제 및 인센티브제도 등을 통해 피크기간 등 전력수급상황에 따라 전기소비자의 평소 전력 사용패턴 변화를 유도하는 것을 의미한다. 이러한 수요반응을 효과적으로 활용하기 위해 전력수요를 관리하는 부하관리사업자는 수용가별 전력소비 패턴을 분석하여 10MW를 초과하는 수요자원 포트폴리오를 구성해야 한다[9,10]. 그러나 각 수요반응자원의 업무특성에 따라 전력소비 프로세스, 전력의존도 등이 상이하여, 수요반응 이벤트 발령 시 실제 전력부하 감축량이 기대에 미치지 못할 수 있다. 따라서 수요반응자원을 모델링하기 위해서는 부하감축 잠재량을 기초로 한 부하감축 기대량과 가격탄력성을 동시에 고려해야 한다. 따라서 본 논문에서는 부하감축 잠재량, 부하감축 기대량 및 가격탄력성을 고려한 수요반응자원으로서의 가치

† Corresponding Author: Dept. of Electrical Engineering, Dongshin University, Korea
E-mail : dmkim@dsu.ac.kr

* Dept. of Electrical Energy Engineering, Keimyung University, Korea.

Received : January 15, 2016; Accepted : May 13, 2016

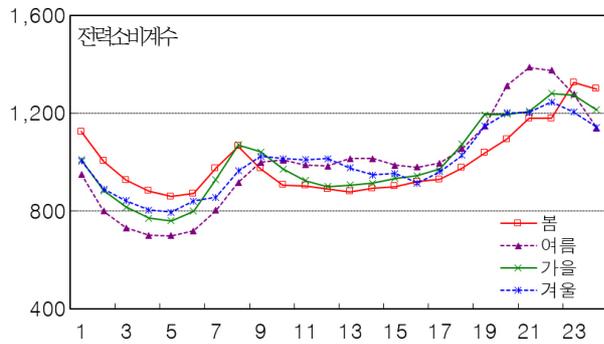


그림 1 계절별 주택용 부하의 전력소비 패턴
Fig. 1 Seasonal load curve: residential

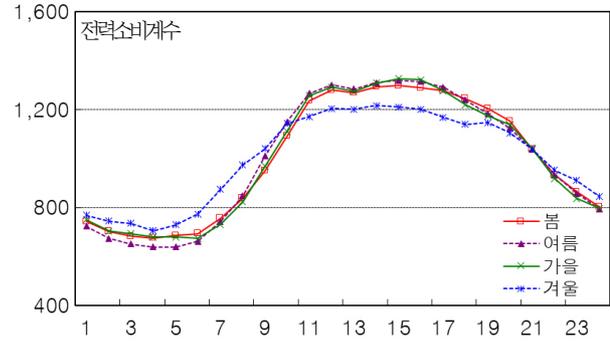


그림 2 계절별 상업용 부하의 전력소비 패턴
Fig. 2 Seasonal load curve: commercial

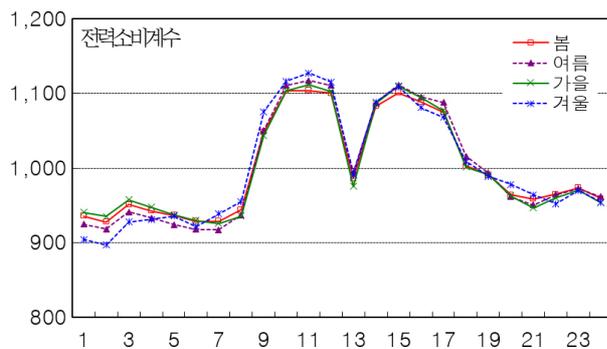


그림 3 계절별 산업용 부하의 전력소비 패턴: 경공업
Fig. 3 Seasonal load curve: light industry

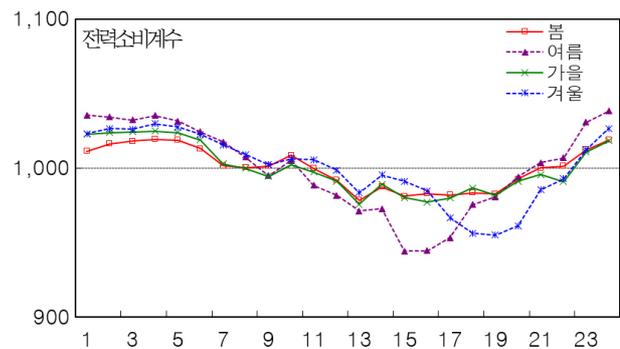


그림 4 계절별 산업용 부하의 전력소비 패턴: 중화학
Fig. 4 Seasonal load curve: heavy chemical industry

평가 기준을 제시하고자 한다. 이를 통해 부하관리사업자가 수요 반응자원 포트폴리오 구성 시 효과적인 부하 매집 계획을 수립하여 신뢰성 있는 전력감축이행 목표를 달성하는데 활용가능할 것으로 사료된다.

2. 수용가별 전력소비 특성 분석

먼저 전력을 소비하는 수용가별의 전력소비 패턴을 분석할 필요가 있다. 수용가별 전력소비 패턴은 기온의 영향을 받으므로 일평균 전력소비 패턴은 계절에 따라 그 특징이 상이하다. 계절을 대표하는 5월(봄), 8월(여름), 10월(가을), 1월(겨울)의 시간별 전력소비실적 자료를 이용하여 1개월간의 각 시간별 일평균 부하를 구한다. 이를 토대로 전력소비계수를 산출하여 적용하였으며, 산출과정은 다음과 같다[11].

일일 주택용, 상업용 전력소비계수를 계절별로 나타내면 각각 그림 1, 2과 같으며, 산업용 부하는 경공업과 중화학 공업으로 구분하여 그림 3과 4에 나타내었다.

주택용 부하는 오전의 활동시간과 오후 가정부하 및 조명부하가 집중되는 일몰 시간대 전력소비 증가로 인해 하루 중 2차례의 전력피크가 발생한다. 일반적으로, 오전 전력피크는 10시를 전

후로 형성되며, 일별 최대 전력피크는 일몰 시간대 이후에 형성된다. 또한, 8월의 주간부하는 냉방부하의 영향으로 전반적인 상승을 보인다.

상업용 부하는 전형적인 근무시간 부하형태로서, 심야와 주간 부하를 형성하고 있으며, 8월은 냉방부하의 영향으로 일별 전력사용량의 차이가 크다.

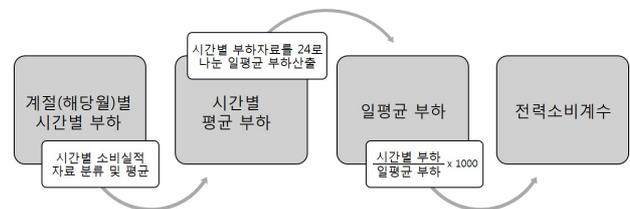


그림 5 전력소비계수 산출과정
Fig. 5 The process for determining power consumption coefficients

산업용 부하의 대표적인 전력소비 패턴으로 경공업과 중화학을 비교하면 각각 그림 3, 4와 같다. 경공업은 중·소규모의 제조업으로서, 점심시간대에 전력소비 감소로 인해 확연한 쌍봉형 부

하를 형성하고 있다. 반면, 대규모 산업 부하인 중화학은 생산비 중 전력비의 비중이 높고, 공정의 연속성으로 인해 주간가동보다 심야가동의 비중이 다소 높다.

다음 표는 수용가별 국내 수요자원시장의 참여현황을 나타낸 표이다[12].

표 1 국내 수요자원시장 전기요금종별 참여현황

Table 1 Demand resource market participation by customer class

구분	주택용	산업용	농사용	합계
참여고객수	532(40%)	634(48%)	157(12%)	1,323
감축용량 (MW)	95(4%)	2,297(94%)	51(2%)	2,444
참여고객별 감축용량 (MW/참여수)	0.18	3.62	0.33	1.85

수요시장 개설 이후 주택용 수용가의 수요시장 참여가 증가하는 추세를 보이고는 있으나 전체 수요자원시장에서 이러한 소규모 전기소비자의 참여용량 및 감축용량은 아직 미비한 상태이다. 따라서 본 논문에서는 수요자원시장 내 수용가별 감축용량분석을 통해 그 비율이 높은 산업용 부하를 대상으로 수요반응자원으로서의 가치 및 우선순위를 평가하고자 한다. 이 때 앞서 정의한 전력소비계수가 활용된다.

3. 산업용 수용가의 수요반응자원 가치 평가 기준

수용가의 전력부하를 수요자원으로 활용하기 위해서는 전력부하 담당자의 참여의사를 바탕으로 DR(Demand Response) 이벤트 발령 시점에서 1시간 후에 감축할 수 있는 수요자원이 있어야 한다. 따라서 수요자원으로서의 가치 및 우선순위를 설정하기 위해서는, 먼저 수용가별로 수요반응시장에 참여할 수 있는 부하 감축 잠재량(Potential Reduction, PR)에 대한 분석이 선행되어야 한다. 이를 토대로 DR 이벤트 발령이 주로 시행되는 시간대를 분석하여 수용가별 부하감축 기대량(Expected Reduction, ER)을 분석할 수 있다. 또한, 각 산업용 수용가의 수요반응시장 참여가능성을 판단하기 위해 수용가별 전력사용에 대한 가격탄력성을 분석할 필요가 있다.

3.1 부하감축 잠재량(PR) 기준

표준산업코드 산업별 중분류에서 제시한 업종 중 에너지밸런스 업종세분화 카테고리에 포함시킬 수 있는 업종을 분류하면 다음과 같다[13].

표 2 업종 세분화별 대상 업종

Table 2 Category of business

업종세분화	대상 업종	구분 코드
(1)음식·담배	· 식료품 제조업	(1)-1
	· 음료 제조업	(1)-2
	· 담배 제조업	(1)-3
(2)섬유·의복	· 가죽/가방 및 신발 제조업	(2)-1
	· 의복/의복액세서리 및 모피제품 제조업	(2)-2
(3)목재·나무	· 목재 및 종이제품 제조업(가구 제외)	(3)-1
	· 가구 제조업	(3)-2
(4)종이·인쇄	· 펄프/종이 및 종이제품 제조업	(4)-1
	· 출판업	(4)-2
(5)석유화학	· 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	(5)-1
	· 코크스/연탄 및 석유정제품 제조업	(5)-2
(6)유리 (7)요업 (8)시멘트	· 석탄/원유 및 천연가스 광업	(6,7,8)-1
(9)철강	· 1차 금속 제조업	(9)-1
(10)비철금속	· 비금속 광물제품 제조업	(10)_1
(11)기계	· 기타 기계 및 장비 제조업	(11)-1
(12)반도체 (13)디스플레이	· 전자부품/컴퓨터/영상/음향 및 통신장비 제조업	(12,13)-1
(14)전기전자	· 통신업	(14)-1
	· 전기장비 제조업	(14)-2
(15)자동차 (16)조선	· 자동차 및 트레일러 제조업	(15,16)-1
	· 기타 운송장비 제조업	(15,16)-2
	· 자동차 및 부품 판매업	(15,16)-3

상기 업종 세분화를 대상으로 전력피크가 집중되는 하계와 동계(2014년 1,2,7,8,12월)의 전력소비계수(산업별-표준산업코드 중 분류-2014년 월별 1~24시 전력소비계수)를 통계청 분석하면 다음과 같다.

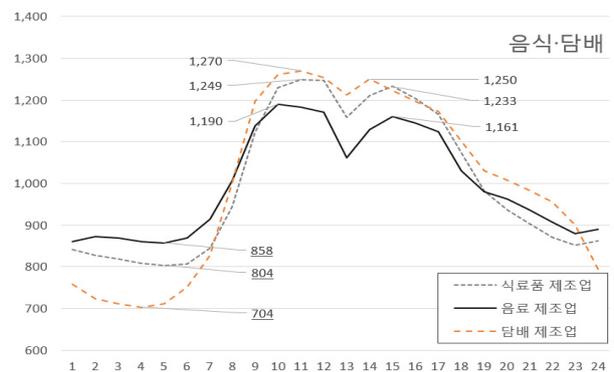


그림 6 전력소비계수: (1)음식·담배

Fig. 6 Power consumption coefficient: (1)food·cigarette

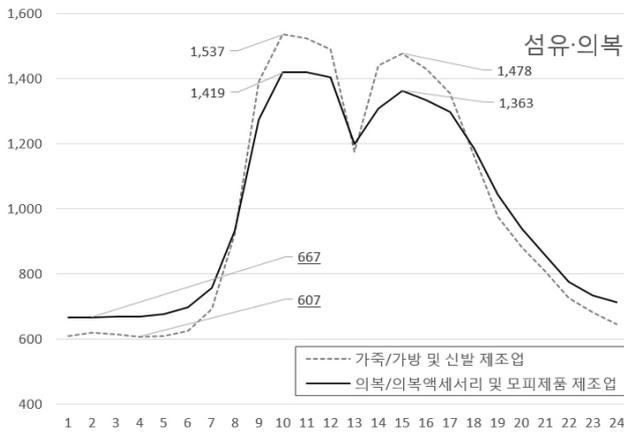


그림 7 전력소비계수: (2)섬유·의복
Fig. 7 Power consumption coefficient: (2)textile·clothing

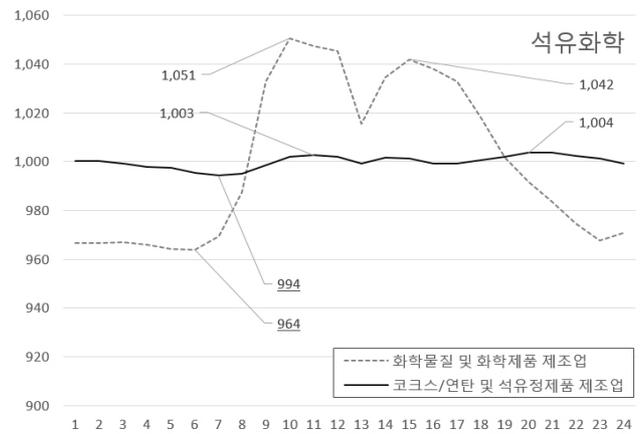


그림 10 전력소비계수: (5)석유화학
Fig. 10 Power consumption coefficient: (5)petrochemistry

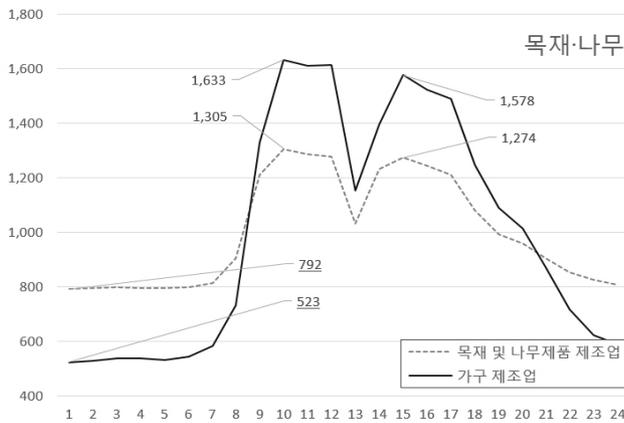


그림 8 전력소비계수: (3)목재·나무
Fig. 8 Power consumption coefficient: (3)timber·wood

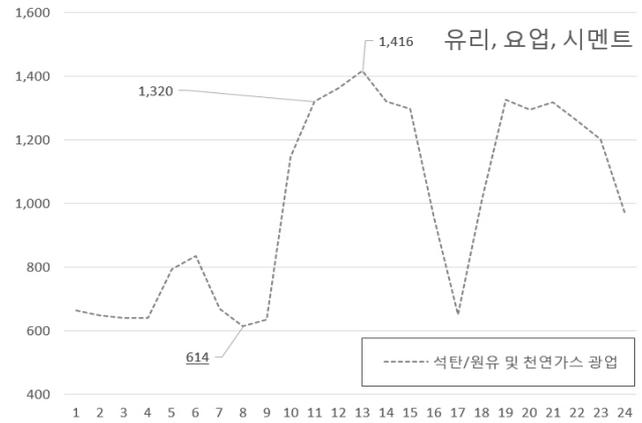


그림 11 전력소비계수: (6) 유리, (7) 요업, (8) 시멘트
Fig. 11 Power consumption coefficient: (6) glass, (7)ceramic, (8) cement

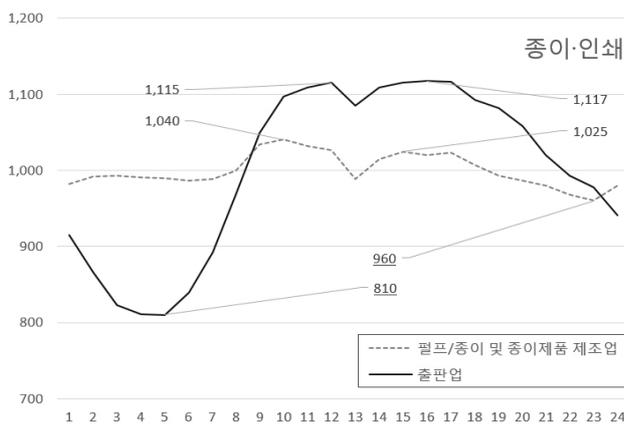


그림 9 전력소비계수: (4)종이·인쇄
Fig. 9 Power consumption coefficient: (4)paper·printing

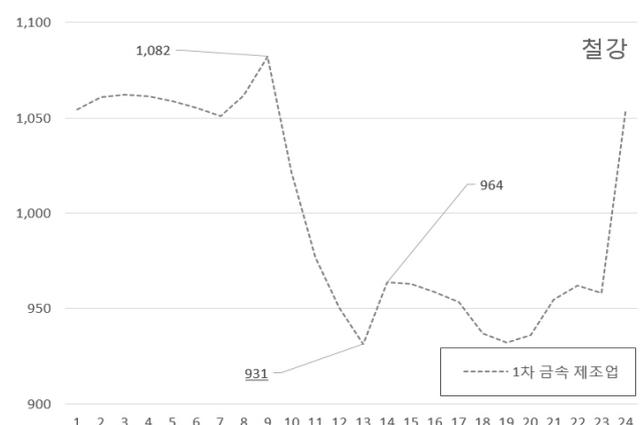


그림 12 전력소비계수: (9)철강
Fig. 12 Power consumption coefficient: (9)steel

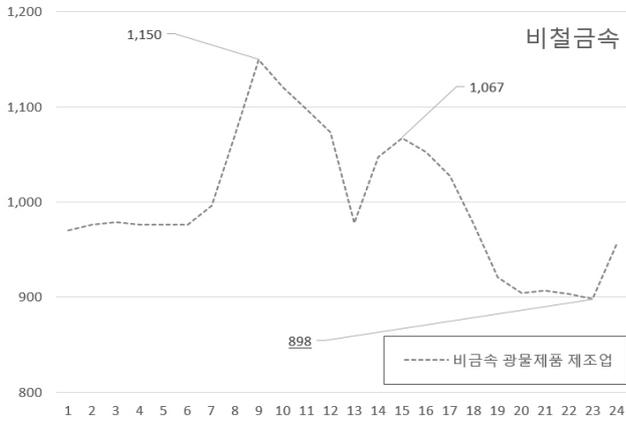


그림 13 전력소비계수: (10)비철금속
 Fig. 13 Power consumption coefficient: (10)nonferrous metal

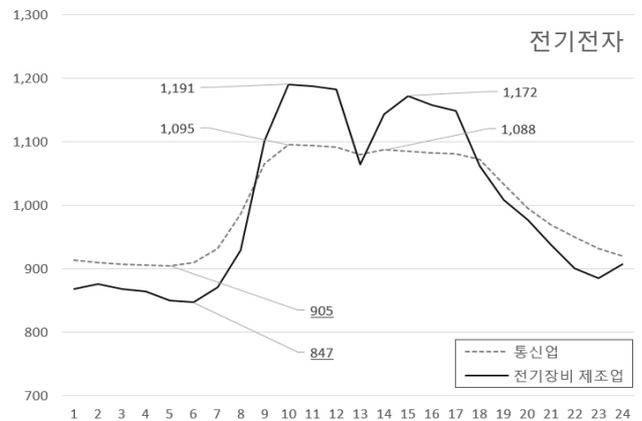


그림 16 전력소비계수: (14)전기전자
 Fig. 16 Power consumption coefficient: (14) electrical & electronic

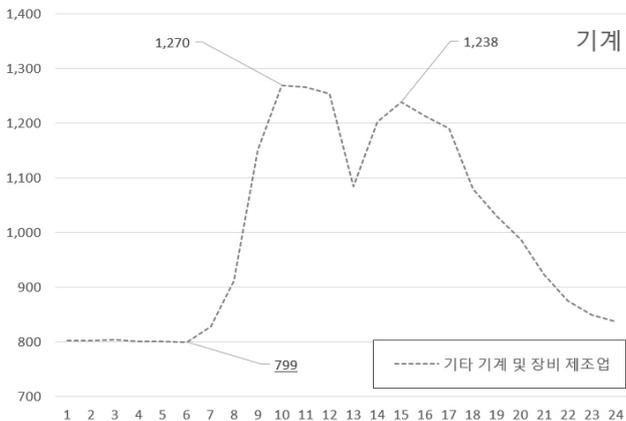


그림 14 전력소비계수: (11)기계
 Fig. 14 Power consumption coefficient: (11)mechanical

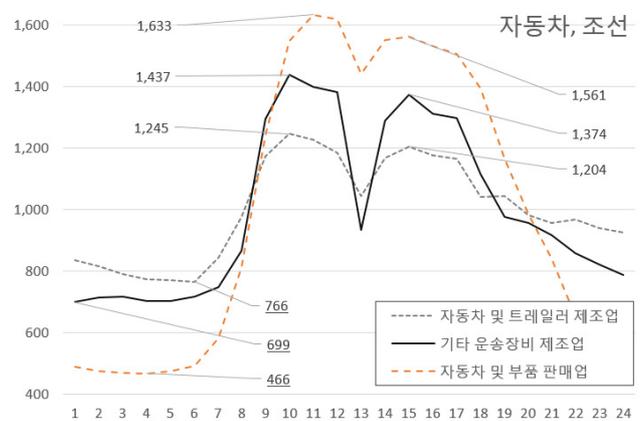


그림 17 전력소비계수: (15)자동차,(16)조선
 Fig. 17 Power consumption coefficient: (15) auto, (16) shipbuilding

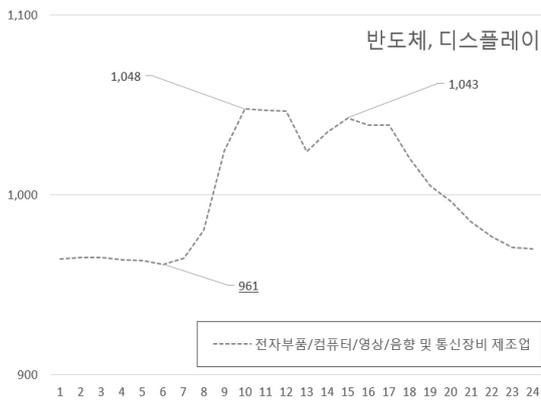


그림 15 전력소비계수: (12)반도체,(13)디스플레이
 Fig. 15 Power consumption coefficient: (12) semiconductor, (13) display

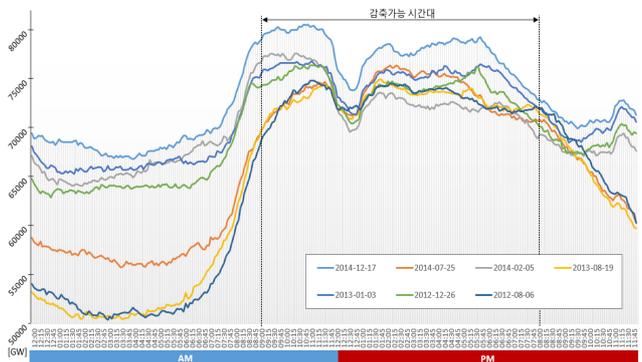


그림 18 전력피크 발생일의 부하 패턴 (2012-2014)
 Fig. 18 Daily load curve on critical peak days (2012-2014)

그림 18은 최근 3년간(2012-2014) 전력피크가 발생한 날을 대상으로 전체 전력부하의 변화량을 5분 단위로 분석한 데이터이다. 위의 그림을 통해 알 수 있듯이, 전력피크는 하계(7월, 8월)와 동계(12월-2월)에 집중적으로 발생한다. 이 때, 각 수용가별 전력피크는 오전시간대(9시-12시)와 오후시간대(13시-20시)로 구분하여 분석하였으며, 최저부하는 하루 전체를 대상으로 분석하였다.

분석한 자료를 토대로 수용가 i 의 일일 부하감축 잠재량($L_{i,PR}$)은 다음과 같은 식을 통해 계산할 수 있다.

$$L_{i,PR} = \sum_{\forall t} (L_i(t) - L_{i,min}) \quad (1)$$

$L_i(t)$: t 시간에 수용가 i 의 전력소비계수

$L_{i,min}$: 수용가 i 의 일일 최저 전력소비계수

위의 식을 통해 세분화 업종별 부하감축 잠재량을 분석하면 표 3과 같다.

표 3 업종세분화별 대상 업종 부하감축 잠재량

Table 3 Potential reduction by category of business

업종세분화별 대상업종 구분코드	전력피크		전력부하 최저값	일일 부하감축 잠재량
	(오전)	(오후)		
(1)-1	1249 (11시)	1190 (10시)	804 (5시)	4267
(1)-2	1233 (15시)	1161 (15시)	858 (5시)	3066
(1)-3	1270 (11시)	1250 (14시)	704 (4시)	6012
(2)-1	1537 (10시)	1419 (10시)	607 (4시)	8760
(2)-2	1478 (15시)	1363 (15시)	667 (2시)	7379
(3)-1	1305 (10시)	1633 (10시)	792 (1시)	4725
(3)-2	1274 (15시)	1578 (15시)	523 (1시)	10748
(4)-1	1040 (10시)	1115 (12시)	960 (23시)	688
(4)-2	1025 (15시)	1117 (16시)	810 (4시)	3632
(5)-1	1051 (10시)	1003 (11시)	964 (6시)	802
(5)-2	1042 (15시)	1004 (20시)	994 (7시)	89
(6,7,8)-1	1362 (12시)	1416 (13시)	614 (8시)	7085
(9)-1	1082 (9시)	964 (14시)	931 (13시)	453
(10)_1	1150 (9시)	1067 (15시)	898 (23시)	1649
(11)-1	1270 (10시)	1238 (15시)	799 (6시)	4498
(12,13)-1	1048 (10시)	1043 (15시)	961 (6시)	854

(14)-1	1095 (10시)	1088 (14시)	905 (5시)	2068
(14)-2	1191 (10시)	1172 (15시)	847 (6시)	3328
(15,16)-1	1245 (10시)	1204 (15시)	766 (6시)	4650
(15,16)-2	1437 (10시)	1374 (15시)	699 (1시)	6580
(15,16)-3	1633 (11시)	1561 (15시)	466 (4시)	11943

위의 표를 통해 자동차 및 부품 판매업, 가구 제조업, 가죽/가방 및 신발 제조업, 의복/의복액세서리 및 모피제품 제조업 순으로 부하감축 잠재량이 높은 것으로 분석된다.

3.2 부하감축 기대량(ER) 기준

부하감축 기대량은 앞서 분석한 세분화 업종별 부하감축 잠재량을 기준으로 수요반응자원의 감축시간대별 PDF(Probability Density Function)를 통해 분석할 수 있다. 이를 위해 먼저 전력피크가 발생한 날을 대상으로 5분 단위로 전체 전력부하량을 기록한 데이터 중 전력부하량 상위 2시간(24개 구간*5분)에 대한 시간별 발생 빈도를 분석하여야 한다. 이렇게 분석한 자료를 통해 수요반응자원의 감축시간대별 PDF($P(t)$)를 산출하는 식은 다음과 같다.

$$P(t) = P(t_1 \leq t \leq t_{12}) = \int_{t_1}^{t_{12}} f(t) dt \quad (2)$$

여기서, $t_1 \leq t \leq t_{12}$ 는 5분씩 계속된 12개의 구간, 즉, 1시간(12개 구간 * 5분)을 의미한다. 또한 $f(t)$ 는 전력피크 발생일에 전력부하량 상위 24개 구간이 t 시간 구간에 위치할 확률을 나타낸다.

다음은 위의 식을 이용하여 2012년부터 2014년까지 수요반응자원의 감축시간대별 PDF와 이동평균 추세선을 나타낸 그림이다.

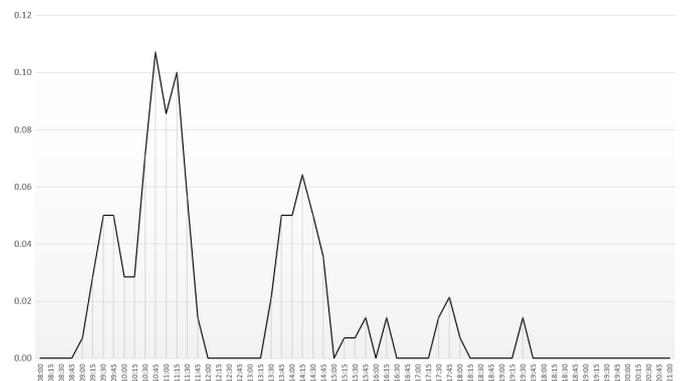


그림 19 수요반응자원 감축시간대별 PDF (2012-2014)

Fig. 19 PDF of DR events (2012-2014)

부하감축 기대량은 부하감축 잠재량과 수요반응자원의 감축시간대별 PDF를 이용한 다음과 같은 식을 통해 분석할 수 있다.

$$L_{i,ER} = \sum_{\forall t} P(t)L_{i,PR}(t) \quad (3)$$

다음 표는 위의 제안한 식을 적용하여 세분화 업종별 대상업종의 부하감축 기대량과 그 순위에 대한 결과이다.

표 4 세분화 업종별 부하감축 잠재량 및 부하감축 기대량
Table 4 Potential reduction and expected reduction by category of business

업종세분화별 대상업종 구분코드	일일 부하감축			
	잠재량	순위	기대량	순위
(1)-1	4267	11	100	11
(1)-2	3066	14	74	13
(1)-3	6012	7	134	7
(2)-1	8760	3	210	3
(2)-2	7379	4	170	4
(3)-1	4725	8	113	8
(3)-2	10748	2	241	2
(4)-1	688	19	17	19
(4)-2	3632	12	72	14
(5)-1	802	18	19	17
(5)-2	89	21	2	21
(6,7,8)-1	7085	5	137	6
(9)-1	453	20	16	20
(10)_1	1649	16	47	15
(11)-1	4498	10	104	10
(12,13)-1	854	17	19	18
(14)-1	2068	15	45	16
(14)-2	3328	13	77	12
(15,16)-1	4650	9	106	9
(15,16)-2	6580	6	156	5
(15,16)-3	11943	1	262	1

3.3 수요자원의 가격탄력성 기준

수요자원의 가격탄력성이란 전력가격 변화율에 대한 판매량의 변화율을 의미한다. 가령, 가격이 10% 상승할 때 수요량이 3% 감소하는 재화의 경우, 가격탄력성은 -0.2가 된다. 따라서, 가격탄력성은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다[14].

$$\epsilon = \frac{\text{수요량의 변화율}}{\text{가격의 변화율}} = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \cdot \frac{P}{Q} \quad (4)$$

여기서, ϵ 는 가격탄력성을 나타내며, P 와 Q 는 각각 재화의 가격과 수요량을 나타낸다.

전력수요는 아래 표와 같이 비탄력적 수요의 특징을 보이는 필수재에 해당한다.

표 5 가격탄력성 크기에 따른 재화의 특성
Table 5 Characteristics of elasticity by goods

가격탄력성	수요의 특징	재화의 예
$-1 < \epsilon < 0$	비탄력적 수요	에너지, 식량, 의약품 등
$\epsilon = -1$	단위 탄력적 수요	이론적인 값
$\epsilon < -1$	탄력적 수요	일반 공산품

다음 표는 앞서 분류한 에너지밸런스 제조업종 구분 및 업종세분화에 따른 탄력성을 나타낸다[13].

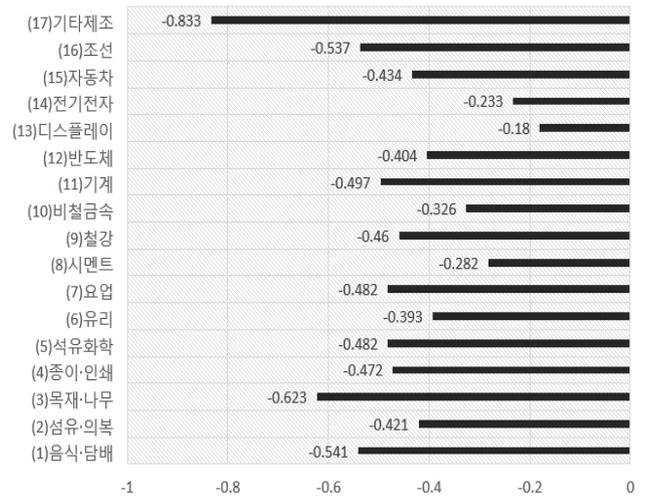


그림 20 수요자원 가격탄력성: 업종 세분화별
Fig. 20 Elasticity of demand resources: category of business

4. 수요반응자원으로서 산업용 수용가별 매집 우선순위 결정 기준

국내의 경우 부하관리사업자는 매년 11월 초에 수요반응자원을 신규 등록하여야 하며, 이를 위해 다양한 형태의 수용가를 수요반응자원으로 활용하기 위한 계획을 수립하여야 한다. 이에 본 논문에서는 산업용 수용가의 수요반응자원으로서의 가치 평가 기준을 제안하고, 또한 이를 바탕으로 전략적이고 효율적인 수요반응자원 확보를 위해 산업용 수용가별 수요반응자원을 부하감축 기대량과 가격탄력성을 기준으로 분류하는 기법을 제안한다. 따라서 본 논문에서 제안한 기준과 기법을 적용한 수요반응자원으로서 산업용 수용가별 우선순위 결과는 그림 21과 같다. 여기서 x축과 y축은 각각 전력소비계수와 가격탄력성 지수를 나타낸다.

수요반응자원으로서의 가치는 일반적으로 부하감축 기대량에 비례한다. 또한, 본 논문에서 제시한 바와 같이 수요반응자원의

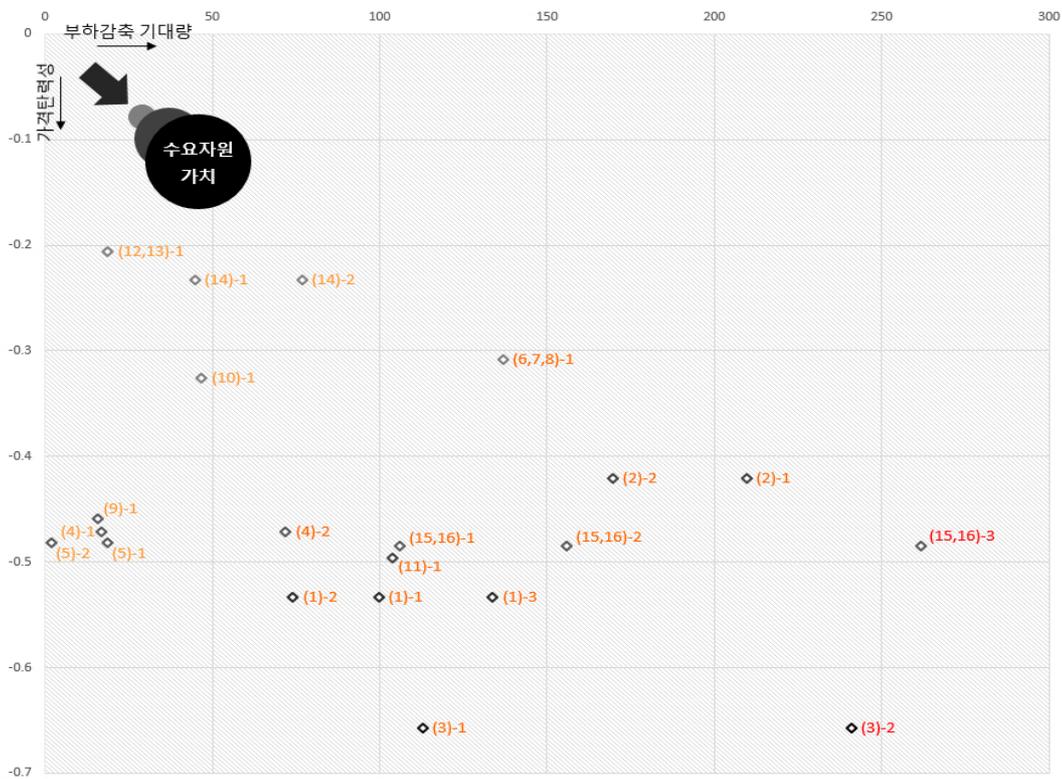


그림 21 산업용 수용가별 매집 우선순위 결정 기준: 부하감축 기대량 & 가격탄력성

Fig. 21 Decision-making criteria in industrial sector for electric load aggregation: expected reduction & elasticity

업무특성에 따른 전력소비 프로세스, 전력의존도 등에 따라 가격 탄력성이 상이하며, 이로 인해 DR 이벤트 발령 시 실제 전력부하 감축량이 기대에 미치지 못할 수 있으므로 추가적으로 산업용 수용가의 가격탄력성을 고려할 필요가 있다. 즉, 같은 부하감축 기대량 구간에서는 가격탄력성이 좋은 수용가가, 같은 가격탄력성 구간에서는 부하감축 기대량이 높은 수용가가 수요반응자원으로서의 가치가 높음을 확인할 수 있다. 따라서 그림 21과 같이 산업용 수용가의 매집 우선순위는 우측하단에 가까울수록 높아진다.

산업용 수용가뿐 아니라 주택용 수용가의 수요반응자원으로서의 가치 평가에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 한국전력공사의 재원으로 기초전력연구원의 2014년 선정 기초 연구개발과제(과제번호: R14XA02-37)와 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2015R1C1A1A02037544).

5. 결 론

본 논문은 지속적인 전력수요의 증가로 인해 수요반응자원의 활용에 대한 중요성이 높아지는 시점에서 산업용 수용가의 수요반응자원으로서의 가치 평가 기준과 그 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 기준과 기법은 수요자원시장의 매개 주체인 부하관리사업자의 효과적인 매집 전략 수립을 위해 활용될 수 있으며, 이를 통해 수요반응자원 포트폴리오의 수요반응 신뢰성이 향상되어 효과적인 전력수요 감축이 일어날 것으로 기대된다.

향후 수용가별 매집 우선순위 결정을 위해 클러스터링 기법을 통한 보다 구체적인 방안의 제시가 필요하며, 또한 양방향 통신이 가능한 스마트그리드의 광역적 도입 환경이 개선될 경우, 현재 수요반응시장에서 대부분의 부하감축용량을 차지하고 있는 산

References

[1] Jeongmin Cha, Seewoo Lee, Dongmin Kim, Jung-Wook Park, "Analysis of Electricity Consumption Pattern and Optimal Load Planning by Demand Response", KIEE Summer Conference 2015, pp. 205-206, 2015.7
 [2] Seong-Cheol Kim, Jong-Jin Park, "Contributions of Large-Industrial Enterprise to Demand-Side Management and Economic Analysis on Diffusion of Energy Efficiency Measures", KIIEE, Vol. 26, No. 2, pp. 18-26, 2012.2
 [3] Jong-Jin Park, Hyun-Woong Kim, Jin-O Kim, "A Study on

the Participation depending on the Rebate changes in the DSM”, KIIEE, Vol. 22, No. 10, pp. 18-23, 2008.10

- [4] Lion Hirth, “Market value of solar power: Is photovoltaics cost-competitive?”, IET Renewable Power Generation, Vol. 9, Issue 1, pp. 37-45, 2015
- [5] Seong-Cheol Kim, Ha-Na Song, “A Study on Benefit Sides of Demand Response Customer Baseline with Outdoor Temperature Variable about Load Aggregator”, KIIEE, Vol. 28, No. 3, pp. 44-50, 2014.3
- [6] “World Energy Market Insight”, Korea Energy Economics Institute, Vol. 15, No. 25, 2015.7
- [7] “2012 Assessment of Demand Response & Advanced Metering”, Federal Energy Regulatory Commission, 2012.12
- [8] “Research Report 14-06”, Korea Energy Economics Institute, 2015.2
- [9] “Electricity Market Operation Regulation”, KPX, 2015.10
- [10] Hyuk-Jun Yoon, “Demand Resource Market”, The Proceedings of the KIEE(World of Electricity), Vol.64, No. 4, pp. 29-33, 2015.4
- [11] “An Analysis of the End-User Electric Power Consumption Trends Using the Load Curve”, Korea Energy Economics Institute, 2007.3
- [12] “The Long-Term Direction of Demand Resource Market”, Ministry of Trade, Industry & Energy, 2015.10
- [13] “Research Report 13-16”, Korea Energy Economics Institute, 2013.11
- [14] D. M. Kim, J. O. Kim, “Design of Emergency Demand Response Program Using Analytic Hierarchy Process” IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 3, no. 2, pp. 635-644, 2012.

저 자 소 개



김 성 열 (Sung-Yul Kim)

2007년 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 졸업. 2012년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2012년~2013년 미국 Georgia Institute of Technology, PSCAL 연구원. 현재 계명대학교 전기에너지공학과 조교수.



김 동 민 (Dong-Min Kim)

2004년 한양대학교 전자전기공학부 졸업. 2011년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2011년~2012년 한양대학교 BK21 사업단 박사후 연구원. 2012년~현재 동신대학교 전기공학과 조교수.