

수요반응 프로그램을 고려시 전력판매사업자의 이익을 최대화하는 최적 인센티브 및 부하 감축량 결정

논 문
59-2-11

A Study on the Determination of the optimal incentives and amount of load reduction for a retailer to maximize profits considering Demand Response Programs

김 동 현* · 곽 형 근** · 김 진 오†
(Dong-Hyun Kim · Hyung-Geun Kwag · Jin-O Kim)

Abstract - A system called demand response programs (DRP) is being introduced among various countries owing to the lack of new generation capacity and the higher fuel generation cost. It is a program which provides for the end-users to select their consumption of electricity by recognizing the value of their consumption in real time. That is, Demand Response can be defined as the changes in electric usage by end-use customers from their normal consumption patterns in response to changes in the price of electricity or other signals. It is expected that the effects of DRP are preventing price spike, improving supply reliability and social welfare and increasing option of customers. Considering the customer's thermal comfort zone, this paper determines the most profitable combination of optimal incentives and amounts of load reduction for a retailer to maximize profits according to predicted outdoor temperatures while implementing DRP.

Key Words : 전력판매사업자, Demand Response Programs, Thermal Comfort Temperature

1. 서 론

현재 다수의 선진국들은 기존의 수직 통합적인 전력구조로부터 벗어나 발전, 송전, 배전 그리고 판매 부분이 각각 독립적으로 수평구조를 갖는 형태로 변화하고 있다. 이러한 새로운 시장 변화의 결과 가운데 하나가 전력판매사업자로 알려진 제 3자의 출현이다[1-2]. 다양한 나라에서 도입되고 있는 수요반응(Demand Response) 프로그램은 실시간으로 소비자들이 그들의 소비패턴을 선택할 수 있는 프로그램이다. 이러한 수요반응 프로그램으로 인해 전력시장 가격의 폭등을 방지할 수 있으며, 전력 공급의 신뢰도를 향상시켜 사회적인 복지 등을 개선할 수 있는 다양한 효과들이 있다[3-4]. 또한 2000년에서 2001년 사이에 캘리포니아 전력 위기 동안에 5%의 수요반응을 유도함으로써 50%의 전력가격 감소의 결과를 얻었다고 보고되고 있다[5]. 또한 이러한 현상은 다음의 그림 1을 통해 알 수 있다.

본 연구에서는 여름철 피크 시간 동안 냉방부하 가운데 가장 커다란 영향을 미치는 에어컨을 고려대상으로 한다. 다양한 수요 반응 프로그램들 가운데 지원금에 기반을 둔 프로그램인 IBP (Incentive Based Program)을 적용하여 전력판매사업자가 수요 반응 프로그램을 수행하면서 얻을 수 있는 이익을 최대화하는 적정 지원금과 부하감축량에 대해 알아본다. 단, 본 논문에서는 단지 전력판매사업자의 이익을

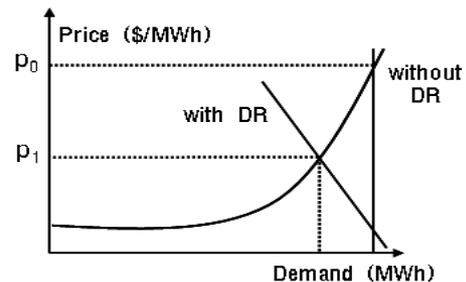


그림 1 수요반응으로 인한 전력시장가격
Fig. 1 Effect of DR on electricity market prices

최대화 시키는 것 뿐 아니라, 소비자의 Thermal Comfort Temperatures까지 제약조건으로 고려 대상으로 간주하였다. 또한 본 논문에서는 외부온도가 변함에 따라 실내에 있는 소비자의 Thermal Comfort Temperatures 역시 변할 것으로 간주되기 때문에 과거의 데이터를 이용해 예측된 외부 온도를 바탕으로 수요 반응 프로그램을 시행하는 동안 전력 판매사업자의 이익을 최대화하는 적정 지원금과 부하감축량에 대해 결정한다.

2. 수요반응 모델링

자발적으로 전력 사용자들이 가격에 반응하거나 기타 다른 신호에 반응하는 수요반응 프로그램은 크게 세 가지 관점에서 생각할 수 있다. 첫째, 발전사업자는 설비회피비용이나 환경회피비용 측면에서 이익을 얻는다. 다음으로 소비자 관점에서는 전력 사용 패턴을 변화시키는 것에 따른 인센티브의 이익을 얻을 수 있으며, 마지막으로 전력판매사업자들은 전력시장으로부터 싸게 구매할 수 있다는 장점을 가지고

† 교신저자, 정회원 : 한양대 공대 전기공학과 정교수 · 공박
E-mail : jokim@hanyang.ac.kr

* 준 회 원 : 한양대 공대 전기공학과 석사

** 정 회 원 : 한양대 공대 전기공학과 박사과정

접수일자 : 2009년 8월 8일

최종완료 : 2009년 1월 4일

있다. 이렇게 수요반응 프로그램을 수행함으로써 다양한 관점에서 이득을 얻을 수 있지만 본 논문에서는 가장 많은 이득을 얻는 전력판매사업자 입장에서 고려해 보기로 한다.

2.1 소비자의 Thermal Comfort Temperature 소개

ASHRAE Standard 55-1992 [6]에서는 소비자의 90% 이상이 열적으로 안락하게 느끼는 열적환경을 소비자의 Thermal Comfort라 정의하고 있다. 소비자의 Thermal Comfort의 값은 우선 실제 소비자가 살아가고 있는 상황에서 Seven-Point Comfort Scale을 바탕으로 한 조사로부터 구할 수 있다. 표 1은 7단위로 나누어 CS를 정의하고 있다.

표 1 Comfort 척도

Table 1 Comfort Scale

Comfort Scale						
Cold	Cool	Slightly cool	Neutral	Slightly warm	warm	Hot
1	2	3	4	5	6	7

이러한 CS는 동일한 온도라도 개인별로 느끼는 척도가 다르기 때문에 외부온도에 따라 개인이 느끼는 CS를 조사에 의해 작성된 예시이다.

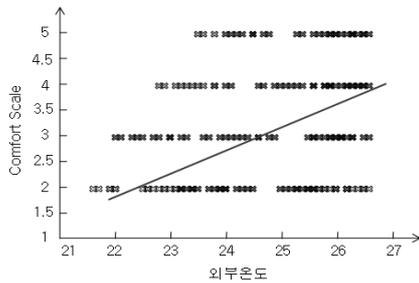


그림 2 외부온도에 따른 Comfort Scale
Fig. 2 Comfort Scale according to outdoor temperature

이를 CS와 T_{out} 과의 관계를 직선으로 선형 회귀 분석하여 기울기 m 과 절편 c 를 구하여 다음의 식으로 표현할 수 있다.

$$CS = mT_{out} + c \tag{1}$$

여기서,
CS : Comfort Scale
 T_{out} : 외부온도

Thermal Comfort Temperature는 Comfort Scale의 point 4의 온도일 때를 의미하기 때문에 이를 가지고 다음의 방정식을 유도할 수 있다.

$$4 = mT_c + c \tag{2}$$

여기에서 T_c 는 Thermal Comfort를 나타낸다. 식 (1)과 식 (2)을 정리하여 다시 나타내면 다음 식과 같다.

$$T_c = T_{out} - \frac{1}{m}(CS-4) \tag{3}$$

그림 2에 의하면 외부온도 T_{out} 에 대해 여러 CS값이 존재하므로, 이 데이터를 식 (3)에 대입하여 T_{out} 과 T_c 와의 관계를 도식화하면 그림 3과 같다. 이를 다시 선형 회귀 분석하면 식 (4)의 계수 a 와 b 를 구할 수 있다.

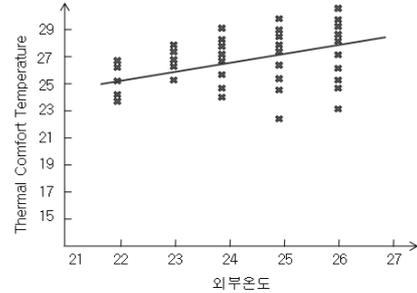


그림 3 외부온도에 따른 Thermal Comfort Temperature
Fig. 3 Thermal Comfort Temperature according to outdoor temperature

즉, T_c 와 T_{out} 의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_c = aT_{out} + b \tag{4}$$

본 논문에서는 이러한 선형 회귀 분석을 통해 가정된 $a=0.152$ 와 $b=22.032$ 값을 이용하였다. 결과적으로 외부온도에 따라 Thermal Comfort Temperature, T_c 값이 달라지며, 전력판매사업자가 소비자에게 피크 시간 동안에 지원금을 지급함으로써 그에 따른 에어컨 설정온도가 증가하게 되며, 이때의 증가된 설정온도 $\Delta\sigma_t$ 는 지원금 γ_t 의 함수로 표현된다. 또한, 외부 온도가 증가함에 따라 실내의 동일한 온도를 1°C 높이는 데 더 많은 지원금을 지급해야 소비자가 반응을 하기 때문에 지원금 γ_t 는 외부온도의 함수로 표현된다. 그로 인해 소비자가 실내에서 느끼는 Thermal Comfort Temperature는 수요반응 이전에 비해 증가하게 된다. 즉, $\Delta\sigma_t = \Delta\sigma_t(\gamma_t(T_{out}))$ 로 표현된다. 결과적으로 t 시간 동안의 외부온도 T_{out} 에 따라 소비자의 증가된 실내 Thermal Comfort Temperature $\delta_t(T_{out})$ 은 원래 소비자가 외부온도 T_{out} 에 따라 느끼는 T_c 에 전력판매사업자가 지급한 지원금으로 인해 증가된 에어컨 설정온도 증가분 $\Delta\sigma_t(\gamma_t)$ 을 더함으로써 나타낼 수 있다. 즉, 수요반응을 통해 지원금에 의해 증가된 소비자의 Thermal Comfort Temperature 표현식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta_t(T_{out}) = T_c(T_{out}) + \Delta\sigma_t(\gamma_t(T_{out})) \tag{5}$$

여기서,
 δ_t : t 시간에 증가된 Thermal Comfort Temperature
 T_c : Thermal Comfort Temperature
 $\Delta\sigma_t(\gamma_t)$: t 시간에 지원금 γ_t 에 따른 에어컨 설정온도의 증가분

단, 여기에서 전력판매사업자가 지급하는 지원금 역시 외부온도에 따라 증가하기 때문에 t 시간 동안의 지원금 γ_t 을 T_{out} 의 함수로 표현할 수 있다.

2.2 Grey Prediction 방법

앞서 언급한 소비자들의 Thermal Comfort Temperature는 고정된 것이 아니라 외부온도의 영향에 따라 변하게 된다. 이러한 점을 고려하기 위해 본 논문에서는 과거의 데이터를 가지고 외부온도를 예측하기 위해 Grey Prediction 방식을 사용했다[7]. Grey Prediction 방식으로 외부온도 값을 예측하는 순서는 다음과 같다. 우선, 첫 번째부터 번째 까지 있는 외부온도의 discrete-time 변수들을 $\{T(k), T(k-1), \dots, T(1)\}$ 로 정의한다.

$$T_a(k) = \sum_{i=1}^k T(i) \tag{6}$$

여기서,

T : 외부온도의 discrete-time sequence 데이터

k : 데이터 집합의 수

$T_a(k)$ 의 inverse accumulated generating sequence는 가 되며, 그에 대한 표현식은 다음과 같다.

$$T(k) = T_a(k) - T_a(k-1) \tag{7}$$

이를 이용하여 $(k+1)$ 번째 단계의 외부온도 값은 다음의 식으로 구해진다.

$$T(k+1) = (1 - e^\alpha) \cdot (T(1) - \frac{\beta}{\alpha}) \cdot e^{-\alpha k} \tag{8}$$

단 여기에서 α 와 β 의 계수는 외부온도의 sequence 데이터를 가지고 최소자승법 (least-square scheme)을 사용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T Y \tag{9}$$

여기에서,

$$Y = [T(2) \ T(3) \ \dots \ T(k)]^T \tag{10}$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} -\frac{T_a(1) + T_a(2)}{2} & 1 \\ -\frac{T_a(2) + T_a(3)}{2} & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{T_a(k-1) + T_a(k)}{2} & 1 \end{bmatrix} \tag{11}$$

2.3 전력판매사업자

전력판매사업자는 전력시장 가격이 가장 높은 시점인 여름철 피크 시간 동안에는 전력시장으로부터 전력을 구매하는 가격이 소비자들에게 판매하는 가격보다 훨씬 높기 때문에 손해를 보고 있는 실정이다. 따라서 전력판매사업자는 이러한 문제를 해결하고자 수요반응 프로그램을 도입할 수 있다. 즉, 여름철 피크 시간 동안의 전력수요량을 줄이기 위해 소비자들에게 지원금을 지불함으로써 수요반응을 유도할 수 있다. 그럼으로써 전력시장 가격을 낮추는 효과가 생기게 되고 그로인해 전력판매사업자는 자신의 손실을 줄일 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 전력판매사업자의 이익을 최대화하는 적정 지원금과 그 때의 부하감축량에 대해 알아본다. 하지만 단순히 전력판매사업자의 이익만을 최대화 하는데 초점을 둔 것이 아니라, 소비자의 Thermal Comfort 까지 고려하여 적정 지원금과 부하감축량을 구한다. 수행절차는 다음에 나와 있는 그림 4와 같다.

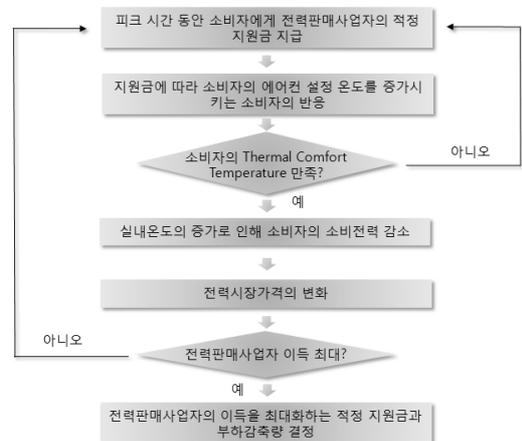


그림 4 전 판매사업자의 수요반응 프로그램 수행절차
Fig. 4 Procedure to implement Demand Response Program

3. 수학적 모델

3.1 목적 함수

앞서 언급한 것처럼 본 논문의 목적함수는 수요반응 프로그램을 수행하는데 있어 전력판매사업자 측면에서 자신의 이익을 최대화하는 것이다. 전력판매사업자의 이익과 관련된 항목들로는 소득 (Income), 전력구매비용(Energy Purchase Cost) 그리고 소비자들에게 지불되는 지원금 (Incentives)이 있다. 따라서 이 세 가지를 이용해 수요반응 프로그램 수행동안 전력판매사업자의 이익은 다음의 식으로 표현할 수 있다.

$$Max. \quad RP(\gamma) = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{24} \alpha_{i,t} \cdot S_{i,t} - \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{24} \beta_t \cdot P_{i,t} - \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{24} \gamma_{i,t} \tag{12}$$

여기에서,

- $S_{i,t}$: 소비자 i 가 t 시간 동안 소비전력량
- $P_{i,t}$: 소비자 i 로 인해 t 시간 동안 구매된 전력량
- $\alpha_{i,t}$: 소비자 i 에게 t 시간 동안 판매하는 가격
- β_t : t 시간의 전력시장가격
- $\gamma_{i,t}$: 소비자 i 에게 t 시간 동안 지불되는 지원금

각 항목에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

3.1.1 소득 (Income)

소득 (Income)에 상응하는 전력판매사업자의 이익함수의 요소는 식 (13)으로 나타낼 수 있다.

$$Income = \sum_{i=1}^{24} \alpha_i \cdot S_i \quad (13)$$

3.1.2 전력구매비용 (Energy Purchase Cost)

전력판매사업자가 시장으로부터 구매하는 전력구매비용 (Energy Purchase Cost)은 식 (14)으로 표현할 수 있다.

$$Energy\ Purchase\ Cost = \sum_{i=1}^{24} \beta_i \cdot P_i \quad (14)$$

여기에서,

$$\beta_i = Max\{P_{t,1}(G_1), P_{t,2}(G_2), \dots, P_{t,i}(G_i)\} \quad (15)$$

즉, 시간의 전력시장가격은 각 발전기의 비용곡선을 이용해 그 가운데 가장 비싼 발전기로 전력시장가격이 결정된다는 것을 의미한다. i 는 전체발전기의 개수를 나타낸다.

3.1.3 지원금 (Incentives)

이 요소는 전력판매사업자가 이득을 최대화하기 위해 소비자들의 반응을 유도하기 위한 하나의 수단이다. 앞서 언급한 것처럼 전력시장가격의 스파이크 현상이 발생할 때 전력판매사업자가 소비자들에게 지원금을 지급함으로써 소비 전력량은 감소하게 될 것이다. 이러한 지원금과 소비전력량을 감소시키기 위한 에어컨 설정 온도의 증가 사이의 관계는 본 논문에서는 Verhlost의 형태를 취하는 것으로 가정한다. 여기서 Verhlost는 다양한 비선형 모델들 가운데 하나이다. 그 식의 형태는 다음과 같다.

$$\Delta\sigma_t(\gamma_t(T_{out})) = \frac{b_1}{1 + b_2 \cdot \exp(-b_3 \cdot \gamma_t(T_{out}))} \quad (16)$$

여기에서,

- T_{out} : 외부온도
- $\gamma_t(T_{out})$: 외부온도에 따른 지원금
- $\Delta\sigma_t(\gamma_t(T_{out}))$: 지원금에 의한 에어컨 설정온도의 증가분

즉 위의 식은 지원금에 따라 에어컨의 설정 온도 증가분이 달라지는 것을 나타낸다. 단, 여기에서 고려해야 할 다른 하나는 외부온도와 지원금 사이의 관계이다. 달리 말하면, 외부온도가 높아지면 높아질수록 소비자의 설정온도를 증가시키는데 따른 비용이 많이 들기 때문에 둘 사이의 관계 역시 고려해야 한다. 본 논문에서는 외부온도와 지원금 사이의 관계는 다음의 식처럼 선형적인 것으로 가정하여 계산한다.

$$\gamma_t(T_{out}) = a_1 T_{out} + a_2 \quad (17)$$

3.2 제약조건

본 논문에서 제시한 전력판매사업자의 순이익을 최대화하는 목적함수를 구하는데 있어 몇 가지 제약조건들이 있다.

$$\sum_{i=1}^n P_{G,i} = \sum_{j=1}^m P_{L,j} \quad (18)$$

위의 식은 n 개의 발전기들의 전체 발전량과 m 개의 부하에서 소비하는 전체량과 동일하다는 것을 의미한다.

$$P_G^{\min} \leq P_G \leq P_G^{\max} \quad (19)$$

$$\delta_t(T_{out}) \geq T_{in} + \Delta\sigma_t(\gamma_t(T_{out})) \quad (20)$$

여기에서,

T_{out} : 외부온도

T_{in} : 실내온도

$\gamma_t(T_{out})$: 외부온도 따른 지원금

$\Delta\sigma_t(\gamma_t(T_{out}))$: 지원금에 의한 에어컨 설정온도의 증가분

$\delta_t(T_{out})$: 증가된 Thermal Comfort Temperature

위의 세 번째 제약조건은 외부온도에 따라 결정된 Thermal Comfort Temperature 범위 이내에서 전력판매사업자의 최대 이득을 결정하는 지원금 γ 를 찾는 것을 의미한다.

4. 사례연구

4.1 모의 계통 구성

본 논문은 국내의 실제계의 특성을 부여하기 위해 다음 그림 5에 있는 것처럼 임의의 모의 계통을 구성하여 사례연구를 수행하였다.

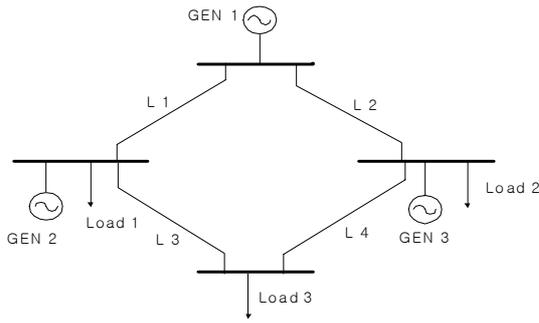


그림 5 모의 계통도
Fig. 5 Test System

또한 본 논문에서 주어지는 부하 데이터와 발전기 데이터, Thermal Comfort 등의 목적함수 해를 찾는 데 있어서 Matlab 프로그램이 사용되었다. 각 발전기들의 발전비용곡선의 제약조건들은 다음과 같다.

표 2 발전기 비용곡선 계수

Table 2 Generator Cost Curve Constants

	PG Cost ($aP_g^2 + bP_g$)	
	a	b
GEN 1	53.875	25.75
GEN 2	54.125	38.25
GEN 3	53.843	27.125

표 3 발전량 제약조건

Table 3 Constraints of generation

	Min. Generation	Max. Generation
GEN 1	1.2 MW	90 MW
GEN 2	1.6 MW	130 MW
GEN 3	1.5 MW	115 MW

본 논문에서 사용한 부하데이터는 서울 지역에 있는 각 용도별 에어컨을 대상으로 하여 2007년 7월 23일부터 2007년 8월 21까지 부하단말장치로 측정된 데이터를 사용하였다. 다음의 그림 6은 본 논문에서 사용된 서울지역의 여름철 일일부하곡선을 나타낸다.

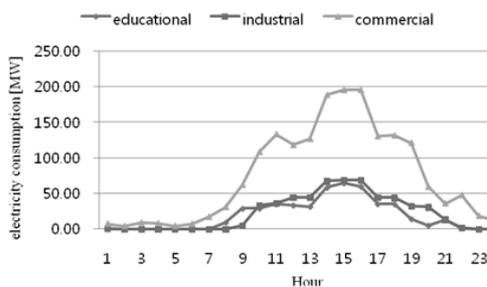


그림 6 용도별 일일부하곡선
Fig. 6 Daily load curves

외부온도와 지원금 사이의 관계를 정립하기 위해 본 논문에서는 KPX에 기록되어 있는 1987년 8월부터 2006년 8월까지

지의 판매 전력량을 토대로 전기요금을 계산하였다.

본 논문에서는 매년 증가하는 외부온도와 전력요금 사이의 관계를 회귀분석을 통해 구할 수 있으며, 여기에서 전력요금은 소비자가 수요반응 프로그램을 수행에 참여할 때 전력판매사업자로부터 지급받아야 하는 최소한의 지원금으로 고려한다. 결과적으로 이러한 관계를 이용해 회귀분석을 하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\gamma(T_{out}) = 2769.279T_{out} - 65563.2 \quad (21)$$

위에서 구한 외부온도와 지원금 사이의 관계 위에 실내 에어컨의 설정온도 증가분 까지 고려하여 그림으로 표현하면 다음과 같은 3차원 형태의 그림을 얻을 수 있다.

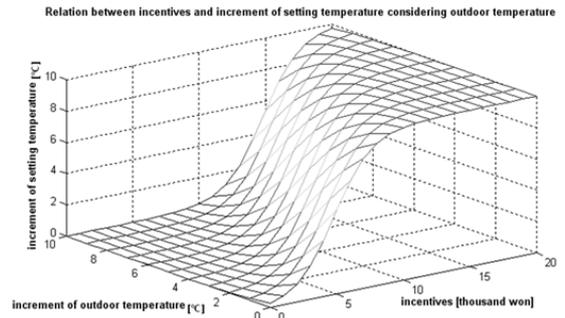


그림 7 외부온도에 따른 지원금과 에어컨 설정온도 사이의 관계

Fig. 7 Relation between incentives and increment of setting temperature considering outdoor temperature

일반적으로 여름철 전력시장가격은 전력사용량이 가장 많은 시점인 14:00에서 16:00 사이에 가장 높다. 이러한 피크 시간대의 높은 전력시장가격을 낮추기 위해 전력판매사업자가 수요반응 프로그램을 도입하는 이유 가운데 하나이다. 이와 같은 사실을 토대로 2008년 예측된 외부온도에 따라 IBP (Incentive-Based Program) 방식을 가지고 피크시간동안 전력판매사업자의 순이익을 최대화시키는 적정 지원금과 그 때의 부하 감축량을 구해보면 다음과 같다.

표 4 예측된 외부온도에 따른 적정지원금과 부하감축량

Table 4 Various values according to predicted outdoor temperatures

	예측된 외부온도[°C]	적정지원금[천원]	부하감축량[MW]
2008.08.01	26.27	8.89	123.25
2008.08.02	27.82	13.32	126.85
2008.08.03	27.67	12.88	126.45
...
2008.08.14	25.03	5.34	120.18
2008.08.15	25.65	7.12	121.57
...
2008.08.28	25.23	5.92	120.45
2008.08.29	26.77	10.31	124.28
2008.08.30	26.50	9.54	123.69

예를 들어 2008년 8월 1일의 경우 앞서 Grey Prediction Method을 이용해 예측된 외부온도 26.27°C에 따른 소비자의 Thermal Comfort Temperature는 식 (4)에 의해서 26.03°C가 된다. 다시 말해 전력판매사업자는 소비자의 수요반응을 유도하는데 있어서 26.03°C 이내에서 자신의 이득을 최대화시켜야 한다. 결과적으로 전력판매사업자는 피크 시간에 자신의 이득을 위해 외부온도에 따라 달라지는 지원금을 지불하게 되고, 지원금을 받은 소비자는 에어컨 설정 온도를 증가시킴으로써 소비전력량이 감소하게 되는 것이다.

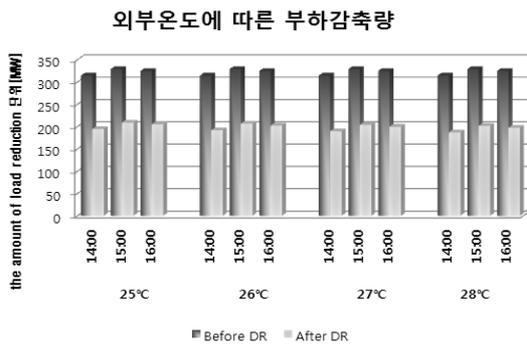


그림 8 외부온도에 따른 부하감축량
Fig. 8 The amount of load reduction according to outdoor temperature

그림 9는 수요반응 프로그램을 통해 전력판매사업자의 순이익을 최대화 했을 시, 그 때의 각각 시간대별 외부온도에 따른 부하감축량을 보여주고 있다. 이와 같은 전력판매사업자의 수요반응 프로그램을 통해 수행하기 전과 후의 일일부하곡선의 형태를 그림을 통해 살펴보면 다음과 같다.

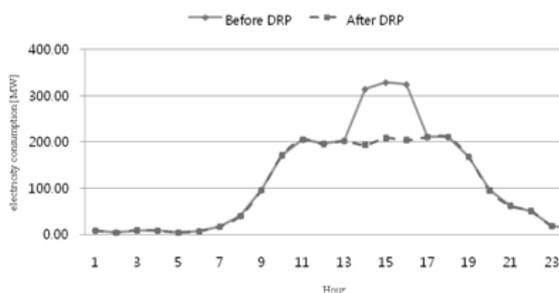


그림 9 수요반응 프로그램 전·후의 일일부하곡선
Fig. 9 Daily load curves before and after DRP

위의 그림을 보면 수요반응 프로그램을 통해 여름철 피크 시간대인 14:00부터 16:00까지 전력소비량이 상당히 감소하는 것을 살펴볼 수 있으며 전력소비량의 감소로 인해 전력 시장가격에서의 스파이크 현상을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.



그림 10 수요반응 전과후 전체이득 비교
Fig. 10 Comparison of Profits with and without DR

또한 전력판매사업자는 여름철 피크 기간 동안에 전력을 시장으로부터 구매해 판매할 때 하루 동안의 전체 이득에서 손해를 보는 것이 아니라 수요반응 프로그램을 통해 이득을 얻는 것을 확인할 수 있다.

5. 결 론

수요반응 프로그램의 수행은 안정적인 전력시장 운영을 위해 선진국의 전력시장 뿐만 아니라 국내에서도 주요 관심사로 떠오르고 있다. 이러한 수요반응 프로그램은 기존의 계통부하에 적용함으로써 피크 시간대의 부하량을 감축시키고 줄어든 피크 부하량 만큼 다른 시간대로 옮겨 전력 소비를 분산시킴으로써 전체 계통의 이용률을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 이처럼 수요반응 프로그램을 통해 다양한 이점들이 존재하지만 본 논문에서는 기존의 논문들이 발전 사업자의 입장을 고려한 것과는 달리, 가장 많은 이득을 얻는 전력판매사업자의 관점에서 생각해 보았다. 해가 거듭될수록 문제가 되고 있는 여름철 냉방 부하에 대해 수요반응 프로그램을 적용하여, 단순한 전력판매사업자의 순이익만을 최대화하는 것이 아니라 end-user의 Thermal Comfort Temperature까지 고려하여 적정 지원금과 부하 감축량을 결정하였다. 이러한 수요반응 프로그램으로 여름철 전력시장에서 발생하게 되는 시장가격의 스파이크 현상을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

앞으로는 수요반응 프로그램으로 인한 기대효과에 대해 전력판매사업자 뿐 아니라 전력시장 참여자들 가운데 발전 사업자와 소비자 등의 좀 더 다양한 입장에서 경제성 평가에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 지경부 지원본부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] J.M. Yusta, I.J. Ramírez-Rosado, J.A. Dominguez-Navarro, J.M. Perez-Vidal, "Optimal electricity price calculation model for retailers in a deregulated market," Electrical Power and Energy

Systems , 2005.

- [2] Steven A. Gabriel, Antonio J. Conejo, Miguel A. Plazas, and S. Balakrishnan, "Optimal Price and Quantity Determination for Retail Electric Power Contracts," IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEM, VOL.21, NO. 1. FEBRUARY 2006.
- [3] M. H. Albadi, and E. F. El-Saadany, "Demand Response in Electricity Markets: An Overview," IEEE, 2007.
- [4] L.Goel, Qiuwei Wu, Peng Wang, "Reliability Enhancement of A Deregulated Power System Considering Demand Response," IEEE, 2006.
- [5] S. Braithwait, K. Eakin, "The role of demand response in electric power market design," Laurits R. Christensen Associates, Prepared for Edison Electric Institute, Madison, October 2002.
- [6] ANSI/ASHRAE Standard 55-1992. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Ventilation and Air-conditioning Engineers Inc.:1996.
- [7] Thananchai Leephakpreeda, "Grey prediction on indoor comfort temperature for HVAC systems," Expert Systems with Applications, 2008.



김진오 (金鎭吾)

1956년 1월 17일생. 1980년 서울대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업. 1991년 Texas A&M Univ. 전기공학과 졸업 (공박). 현재 한양대 전기공학과 정교수

Tel : 02-2220-0347

E-mail : jokim@hanyang.ac.kr

저 자 소 개



김동현 (金東炫)

1981년 2월 18일생. 2007년 전북대 전기공학과 졸업 2009년 한양대학원 전기공학과 졸업(석사).

Tel : 02-2220-0347

E-mail : dong-hyun2000@nate.com



곽형근 (郭炯根)

1979년 11월 29일생. 2006년 한양대 전기공학과 졸업. 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : 02-2220-0347

E-mail : venice53@hanyang.ac.kr