Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 23, No.4, pp. 8~15 April 2009 논문 23-4-2

# 조광제어를 활용한 전력판매회사 관점의 수요관리자원에 대한 새로운 가치평가 연구

## (A New Economic Evaluation for Demand-Side Resource using Lighting Dimming Control for the Electricity Suppliers in Competitive Electricity Markets)

김진호* · 김성철 · 남영우**
(Jin-Ho Kim · Seong-Cheol Kim · Young-Woo Nam)

## 요 약

본 논문은 전력시장 환경에서 수요관리 자원으로서 조광제어의 잠재량과 가치평가 방안을 제시한다. 일반적으로 수요자원의 경제성 평가를 위해 캘리포니아 테스트가 널리 사용되고 있다. 하지만 전력산업의 규제완화 및 구조개편으로 인한 새로운 시장 환경에서 캘리포니아 테스트를 적용하는데 한계가 있다. 특히 UC 테스트는 수직통합 전력회사에 적합하지만 발, 송, 배전이 분할된 전력회사에는 적합하지 않다.

따라서 본 논문에서는 전력시장 환경에서 전력판매회사 관점에서 수요관리 자원으로서 조광제어의 경제성을 평가하는 새로운 방법을 제시한다. 먼저 조광제어 자원의 잠재적 가치를 분석하고, 2006년 전력시장 데이터를 이용하여 판매회사 관점에서 조광제어의 경제성을 평가한다. 본 논문의 결과는 조광제어 자원이 전력판매회사 관점에서 비용-효과적인 수요관리 자원임을 보여 준다.

## Abstract

In this paper, a new demand-side evaluation for the technical potential of lighting dimming control and its applications in electricity markets have been presented. The California standard practice test has been widely used to estimate the economic value of demand-side resources. However, as the advent of deregulation and restructuring of power industry, the California test has been facing some limitations to adopt in the new market environments. In particular the conventional UC test is appropriate for the traditional vertically integrated utility, not for the restructured unbundled utility.

Thus, this paper presents a new method to evaluate the economic value of demand-side resource, especially of controllable lighting dimming resource in terms of the energy service provider in market environments. We, therefore, first estimate the technical potential of the lighting dimming control and evaluate the value of the lighting dimming control based on the Korean electricity market data in 2006. The study result shows that the lighting dimming control is a cost effective option for the energy service provider.

Key Words : Demand-Side Management, Electricity Markets, Lighting Dimming Control

* 주저자 : 경원대학교 전기공학과 부교수
** 교신저자 : LS산전(주) 자동화연구소 선임연구원
Tel : 031-450-7650, Fax : 031-450-7599, E-mail : ywnan@lsis.biz
접수일자 : 2009년 2월 9일, 1차심사 : 2009년 2월 13일, 2차심사 : 2009년 3월 26일, 심사완료 : 2009년 4월 6일

## 1. 서 론

최근 들어 에너지문제의 심각성이 커지면서 수요관리 자원의 중요도가 높아지고 있다. 효율향상의 측면에서 고효율조명기기 보조금제도, 빙축열 시스템 설치비 지원제도 및 고효율 자판기 보조금 지원제도, 고효율 인버터, 고효율 전동기, 고효율 펌프등에 보조금을 주고 있다. 또한 부하관리 차원에서 휴가보수, 자율절전, 원격에어컨, 직접부하제어 등의 보조금 제도를 운영하고 있다[1].

이에 조광제어를 통한 실내 조명에너지 절감의 관심이 커져가며 그 효과에 대한 검증이 구체화되고 있다. 특히 최근에 주목받고 있는 스마트 그리드에서 앞으로 도입될 것으로 기대되는 실시간 요금제는 단순한 조명에너지 절감의 효과를 배가하는 중요한 변수가 될 것이다.

수요관리자원에 대한 가치평가를 위해서 그간 많은 연구들이 있어왔다. 특히 수요자원 가치평가로 유명한 캘리포니아 테스트가 많이 활용되어 왔다. 캘리포니아 테스트는 '80년대에 개발된 방법으로 기존의 발송배전이 통합된 전통적인 전력회사 관점에서 수요자원의 가치평가를 한다. 그런데 '90년대부터 전 세계적으로 전력산업에 경쟁이 도입되어 발전, 송전, 배전 및 판매 부문이 분리되면서 기존의 캘리포니아 테스트를 그대로 적용하기에는 문제가 있다.

우리나라에서도 발전부문이 분리되면서 한전(KEPCO)은 전력거래소(KPX)로부터 전기를 구매하여 수용가에 판매하는 판매사업자의 역할을 하고 있으므로, 판매사업자 입장에서 수요관리 자원의 가치를 평가하는 방법이 필요하다.

본 논문은 조광제어 자원이 새로운 전력시장 환경에서 수요자원으로서의 가능성과 그 가치를 확인하고자 한다. 이를 위해 조광제어 자원을 캘리포니아 테스트로 검증할 뿐 아니라 추가적으로 판매사업자 입장에서의 테스트를 시도하고자 한다. 이는 본 논문에서 최초로 시도되는 것으로 조광제어에 대한 판매사업자의 참여 가능성을 예측해 볼 수 있다.

구체적으로 본 논문에서는 조광제어 자원의 잠재량을 파악하기 위하여 국가 수요전력 중 일반용 수용가의 사용전력 및 조명전력을 파악하며 적정 사무공간에서 시간과 날씨와 계절 등에 따른 최적 에너지절감을 실제로 평가하였다. 그리고 판매사업자 측면의 경제성평가 검증을 위해 실제 2006년 SMP와 최대수요량 데이터를 이용하여 조광제어 자원의 편익 및 비용을 분석하여 조광제어 자원의 가치를 평가하였다.

**표 1. 실험실 구성조건**
**Table 1. Experiment data**

| 구 분 | 실 험 조 건 |
|---|---|
| 규 모 | 4.9×6.4×2.4[m] |
| 반 사 율 | 천장 80[%], 벽 50[%], 바닥 30[%] |
| 투 과 율 | 28[%] |
| 주광 센서 | 4.3[m](실 깊이의 2/3 지점) |
| 작업면조도 | 내측창에서 0.8[m] 간격으로 중앙부 6개 지점 |
| 측정점높이 | 바닥으로부터 0.8[m] |

## 2. 조광제어 잠재량 추정

### 2.1 실험 조건 및 결과

본 연구에서 대상으로 한 사무공간은 그림 1과 같고, 구성조건은 표 1과 같다. 사무공간의 크기는 4.9×6.4×2.4[m]이고, 창의 크기는 1.5×4.5이며 투과율은 28[%]이다. 센서는 실 깊이의 2/3 지점(창으로부터 4.3[m])의 천장에 설치하였다.

조광제어 시스템의 구성은 그림 2와 같이 실내 빛의 양을 측정하는 광센서와 광센서의 신호를 처리하여 제어 명령 신호로 바꾸어서 조광 장치로 보내는 제어기, 그리고 제어기의 신호를 받아서 조명 기구를 조절하는 조광장치로 구성되어 있다.

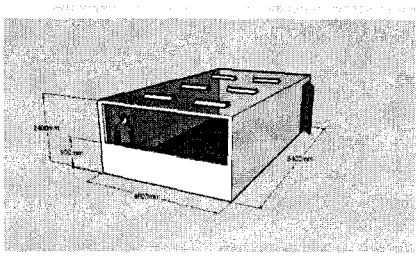

**그림 1. 사무공간**
**Fig. 1. Room dimension**

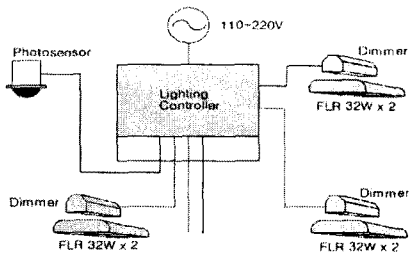


그림 2. 조광제어시스템 구성
Fig. 2. Lighting dimming control system diagram

표 2. 천공 및 시간별 전력절감률 [%]
Table 2. Hourly energy saving rates [%]

| | 청천공 | 부분담천공 | 담천공 |
|---|---|---|---|
| 9시~12시 | 59 | 27 | 17 |
| 12시~3시 | 65 | 39 | 25 |
| 3시~6시 | 56 | 25 | 16 |

작업면 조도 측정점은 실 중앙부 6점으로 설정하였다. 천공에 따른 구분은 태양의 직사성분은 센서에 직접적으로 영향을 미치기 때문에, 각각의 측정자료를 담천공, 부분담천공, 청천공으로 구분하였으며, 참조기준은 다음과 같다[2-3].

$$\text{흐린날 조건 (not sunny)} : \frac{(E_g - E_d)}{\sin\theta} < 20{,}000\ lux$$

$$\text{맑은날 조건 (sunny)} : \frac{(E_g - E_d)}{\sin\theta} > 20{,}000\ lux$$

여기서 $Eg$는 외부 수평면 조도이고, $E_d$는 측정시간의 확산성분이며, $\theta$는 태양의 고도이다.

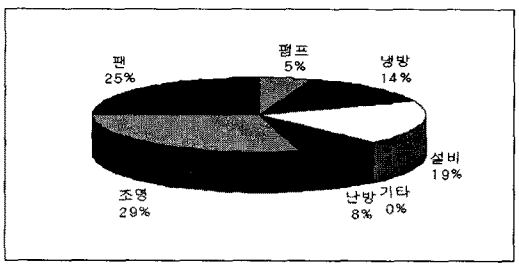


그림 3. 일반용 건물의 전기사용 구성 1
Fig. 3. Electricity usage in commercial buildings 1

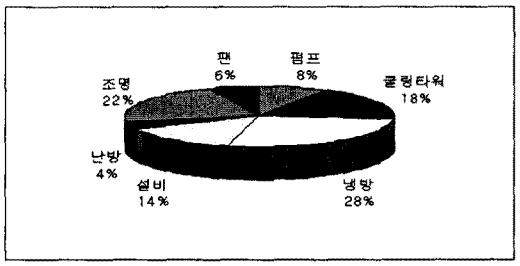


그림 4. 일반용 건물의 전기사용 구성 2
Fig. 4. Electricity usage in commercial buildings 2

표 3. 일반용요금제 수용가의 조명부하 비중
Table 3. Demand profiles of lighting in commercial customers

| | 구 분 | 전력량, 전 력 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 1 | 판매전력량[MWh] | 348,719,371 | 2006년 전력수급 실적 |
| 2 | 평균전력[MW] | 43,514 | |
| 3 | 최대전력[MW] | 58,994 | |
| 4 | 일반용수용가 전력사용량[MWh] | 77,809,152 | |
| 5 | 일반용수용가 조명부하사용량 [MWh] | 15,561,830 | 전체사용량 20[%]추정 |
| 6 | 조명부하 낮 평균전력[MW] | 3,271 | 300일×15시간 |
| 7 | 조명부하 밤 평균전력[MW] | 312 | 300일×9시간 |
| 8 | 조명부하 평균전력[MW] | 2,161 | 300일×24시간 |

상기 기준을 참조하여 흐린날 조건에 해당하는 최대 외부 수평면조도가 약 20,000[lux]이하인 경우를 담천공(Overcast Sky)으로 분류하였다. 일반적으로 부분담천공으로 분류되는 운량비 40~70[%]를 측정된 최대 조도에 대한 비율로 개략화하여 최대조도가 20,000~60,000[lux]인 경우를 부분담천공(Partly Overcast Sky), 60,000[lux] 이상인 경우를 청천공(Clear Sky)으로 본 논문에서는 분류하였다[2-3].

이상의 실험조건에서 2007년 10월 5일에서 11월 10일까지 오전9시에서 오후 6시까지 매시간 측정한 실험 결과, 표 2와 같은 천공에 따른 시간별 전력절감율을 구할 수 있다.

### 2.2 조명부하의 잠재량

다음은 우리나라 일반용전기를 사용하는 수용가를 대상으로 조광제어를 통한 수요관리 잠재량을 파악코자 한다. 일반적으로 대규모 상업건물에서 전력사용량에서 조명부하의 비중은 대략 20~30[%] 수준으로 보고 있다[4]. 본 논문에서는 보수적 관점으로 조명부하의 비중을 20[%]로 가정하면, 일반용 요금제 수용가의 조명부하 비중은 표 3과 같다[5].

다음은 일반용 요금제 건물의 전력사용실태의 실례를 들어보았다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 일반 건물 1의 부분별 전기 사용량 중 조명에 쓰이는 전기가 29[%]로 가장 많으며, 팬(25[%]), 설비(19[%]), 냉방(15[%]), 난방(8[%]), 펌프(4[%])의 순으로 나타났다. 그림 4의 일반 건물 2의 부분별 전기 사용량에서는 조명의 비중이 22[%]이며, 냉방(28[%]), 쿨링타워(18[%]), 설비(14[%]), 펌프(8[%]), 팬(6[%]), 난방(4[%])의 순으로 나타났다[6].

## 3. 조광제어 수요자원의 가치평가

### 3.1 캘리포니아 테스트

일반적으로 국내 대부분의 전력수요관리 프로그램의 설계 및 적정 지원금 산정 등 여러 가지 항목에 대한 평가가 캘리포니아 테스트 지표를 이용하여 검토되어 진다.

**표 4. 캘리포니아 테스트**
**Table 4. California test**

| 구 분 | UC Test | P Test | RIM Test | TRC Test |
|---|---|---|---|---|
| 회피비용(AC) | B(+) | | B(+) | B(+) |
| 전력회사 기기비용(UH) | C(-) | | C(-) | C(-) |
| 참여자 기기비용(PH) | | C(-) | | C(-) |
| 프로그램 추진비용(OC) | C(-) | | C(-) | C(-) |
| 인센티브(I) | C(-) | B(+) | C(-) | |
| 요금수입 감소액(LR) | | B(+) | C(-) | |

수요관리 프로그램의 비용효과분석에 있어서는 '80년대에 미국 캘리포니아에서 개발된 방법 즉, "캘리포니아 표준테스트"(California Standard Practice Test)가 미국을 중심으로 광범위하게 사용되고 있으며, 이밖에도 심사곡선 방법이나 가치테스트(Value Test)기법 등이 일부 활용되고 있다[7].

본 논문에서는 조광제어 수요관리자원의 가치평가를 위해 현재 수요관리 대안의 경제성 평가 방법으로 널리 사용되는 "캘리포니아 표준 테스트"를 사용하고자 한다. 캘리포니아 테스트는 참여자(P, Participant) 테스트, 전력회사 비용(UC, Utility Cost) 테스트, 수용가영향도(RIM, Rate Impact Measure) 테스트, 총자원비용(TRC, Total Resource Cost) 테스트의 4개의 서로 다른 관점에서 수요관리 프로그램을 분석하는 것으로, 각각의 편익 비용은 표 4와 같다.

본 논문에서는 청천공을 기준으로 조광제어 자원에 대한 캘리포니아 테스트를 하였다. 1년 내내 청천공일 수 없지만 본 논문에서 집중적으로 보고자 하는 바는 전력시장 내 판매사업자 입장에서의 테스트이다. 따라서 청천공의 조건이 전력 판매사업자 입장에서는 더 보수적이며 합리적이라고 보기 때문이다.

**표 5. 조광제어에 대한 캘리포니아 테스트**
**Table 5. California test of the Lighting dimming control**

| | UC | P | RIM | TRC |
|---|---|---|---|---|
| AC[원/년] | 16,795 | | 16,795 | 16,795 |
| UH[원] | | | | |
| PH[원] | | 30,000 | | 30,000 |
| I[원] | 10,000 | 10,000 | 10,000 | |
| LR[원/년] | | 15,705 | 15,705 | |
| 총편익[원] | 70,747 | 76,156 | 70,747 | 70,747 |
| 총비용[원] | 10,000 | 30,000 | 76,156 | 30,000 |
| 순편익[원] | 60,747 | 46,156 | (5,409) | 40,747 |
| B/C | 7,07 | 2.54 | 0.93 | 2.36 |

2장의 실측 데이터를 기초로 하여 1,200[kW] 평균 피크전력을 사용하는 15층 정도의 건물에 2,000[sets]의 조광제어 장비를 설치했을 경우를 시뮬레이

션 하였다. 시뮬레이션은 조명디자인 분석 및 설계를 위한 Lumen-Micro 2000을 사용하여 수행하였다.

조광제어를 위해 설치하는 장비는 참여자 비용에 포함되며 FL32[W] 2등용 기준으로 30,000원으로 가정하였다. 장비 수명은 5년이고 할인율은 6[%]로 보았다. 그리고 사용자에게 주어지는 인센티브는 1[set] 당 10,000원으로 보았다.

캘리포니아 테스트에서 사회 전체적으로 수요관리 자원이 얼마만큼의 편익을 제공하는 가를 정확하게 계산하는 것이 우선되어야 하며, 이는 수요관리자원의 회피비용의 정확한 계산을 의미한다. 일반적으로 회피비용은 회피설비비용(발전설비, 송변전설비, 배전설비), 회피발전에너지비용, 회피신뢰도비용, 회피송배전운전비용, 회피손실비용, 회피환경비용, 기타 외부비용 등으로 구성되지만, 본 논문에서는 주로 고려하는 회피발전설비비용, 회피발전에너지비용, 회피송전설비비용, 회피환경비용만 고려하기로 한다[7, 8]. 회피발전설비비용 단가는 첨두발전기(LNG복합화력)의 건설비 및 고정비용을 현가화한 104,531[원/kW-Year]으로 하고, 동시부하율은 56[%]를 가정하였다[7]. 회피발전에너지 비용 단가는 47.3[원/kWh]이며, 회피송전설비비용 단가는 52,000[원/kW-Year]으로 한다[7]. 마지막으로 첨두발전기의 CO2, NOX의 방출량은 각각 181[g/kWh], 1.13[g/kWh]이고 회피환경비용단가는 각각 0.012[원/g], 2.4[원/g] 이다[7]. 시뮬레이션 결과 조광제어에 의한 회피발전에너지와 회피설비용량은 각각 335,612[kWh], 136[kW]이며, 회피비용 계산은 아래와 같다.

1) 회피발전설비비용
   - 104,531[원/kWYear]×0.56×136[kW]/2000 =3,981[원/Year]
2) 회피발전에너지비용
   - 47.3[원/kWh]×355,612[kWh]/2000 =8,410[원/Year]
3) 회피송전설비비용
   - 52,000[원/kWYear]×136[kW]/2000 =3,536[원/Year]
4) 회피환경비용
   - 연간 CO2 회피환경비용 181[g/kWh]×355,612[kWh/Year] ×0.012[원/g]/2000=386.2
   - 연간 NOx 회피환경비용 1.13[g/kWh]×355,612[kWh/Year] ×2.4[원/g]/2000=482.2
   - 연간 총 회피환경비용 : 868[원/Year]

청천공시 조광제어 자원에 대한 캘리포니아 테스트 결과는 표 5와 같다. 결과를 볼 때 수용가영향도(RIM) 테스트를 제외하고는 모두 순편익이 좋은 것으로 나타난다. 이는 현재 국가에서 진행하고 있는 고효율 조명기기와 비슷하며 따라서 충분히 추진할 만한 가치가 있는 효율향상 측면의 수요관리자원이라 볼 수 있다.

### 3.2 판매사업자 입장에서 본 테스트

위에서 언급한 캘리포니아 테스트는 수요자원을 평가하는데 가장 널리 사용되고 있는데, 이 방법론은 수요관리자원의 사전 평가에 따른 적용 타당성을 검토하는데 주로 사용되는 한계점을 가지고 있다.

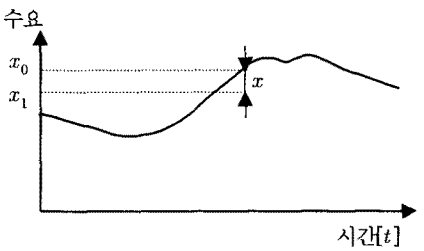


**그림 5. 시간에 대한 전력수요 곡선**
**Fig. 5. Electric power demand vs. time**

기존의 전력회사는 발전, 송전, 배전, 판매를 모두 관리하였으며, 캘리포니아 테스트는 기존 전력회사의 기준으로 하는 테스트이다. 그러나 전력산업 구조개편 및 전력시장 자유화가 도입되면서, 기존 전력회사 기준의 캘리포니아 테스트를 적용하기에 적합하지 않는 경우가 있다. 현재 우리나라에서도 발전부분이 한전에서 분리됨으로써, 한전은 전력거래소에서 전력을 구매하여 수용가에게 판매하는 판매

사업자로 바뀌었다. 따라서 판매사업자인 한전의 입장을 고려하여 캘리포니아 테스트를 할 필요가 있다. 본 논문에서는 기존 캘리포니아 테스트에 판매사업자 테스트를 포함하여 테스트하고자 한다.

판매자 입장에서 비용은 인센티브 지출과 조광제어량 만큼의 요금판매 손실이고, 편익은 전기구매비용의 감소이다. 그림 5에서 $x_0$, $x$, $x_1$는 각각 조광제어전 수요, 조광제어량, 조광제어후 수요를 나타낸다. 여기서 $x_0$, $x$, $x_1$는 시간($t$) 및 날짜($d$)에 대한 변수이나 편의상 생략하였다.

그림 6은 최대수요량과 SMP의 상관관계 그래프이다. 이는 일차함수 $y=ax+b$로 나타낼 수 있다. 이를 통해 최대수요량에 따른 SMP를 추정할 수 있다. 그림 7은 조광제어량과 SMP차이의 상관관계 그래프이다. SMP차이는 일정량 이상의 조광절감을 하였을 때 포화된다. 이를 추세선으로 일차함수화 할 때 $y=cx+d$로 나타낼 수 있다.

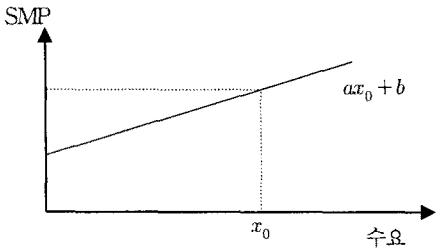


**그림 6. 최대수요량에 대한 SMP**
**Fig. 6. Peak demand vs. SMP**

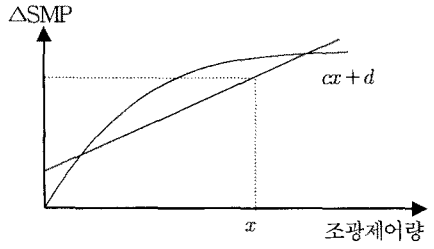


**그림 7. 조광제어량에 대한 SMP 가격차이**
**Fig. 7. Lighting dimming quantity vs ΔSMP**

조광제어에 의한 전력구매비용의 감소액을 산정하기 위해 조광제어 전후의 구매가격 및 구매비용을 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &\text{조광제어前구매가격} = ax_0+b \\ &\text{조광제어前구매비용} = (ax_0+b)x_0 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} &\text{조광제어後구매가격} = (ax_0+b)-(cx+d) \\ &\text{조광제어後구매비용} = [(ax_0+b)-(cx+d)]x_1 \end{aligned} \tag{2}$$

따라서 조광제어를 통해 얻는 판매자의 편익($B(x)$)은 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$B(x) = \sum_d \int_{ts}^{te} \{(ax_0+b)x_0 - [(ax_0+b)-(cx+d)]x_1\}dx \tag{3}$$

여기서 $d$는 날짜, $ts$, $te$는 각각 조광제어 시작 종료시간이다.

다음은 판매자의 비용을 계산하여 보자. 판매자의 비용은 조광제어에 의한 판매량 감소에 판매단가를 곱한 판매량 감소액과 판매자가 지급하는 조광제어 장치 설치에 대한 인센티브의 합으로 결정된다. 판매단가와 인센티브를 각각 $m$, $Z$라 하면, 판매사업자의 비용($C(x)$)는 다음과 같이 산정된다.

$$C(x) = \sum_d \int_{ts}^{te} (mx)dx + Z \tag{4}$$

따라서 판매사업자의 관점에서 B/C 테스트는 다음의 식으로 평가할 수 있다.

$$\frac{B(x)}{C(x)} = \frac{\sum_d \int_{ts}^{te} \{(ax_0+b)x_0 - [(ax_0+b)-(cx+d)]x_1\}dx}{\sum_d \int_{ts}^{te} (mx)dx + Z} \tag{5}$$

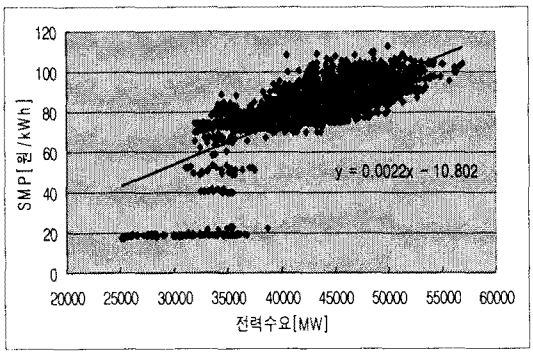


**그림 8. 2006년도 전력수요와 SMP의 관계**
**Fig. 8. Electric power demand vs. SMP in 2006**

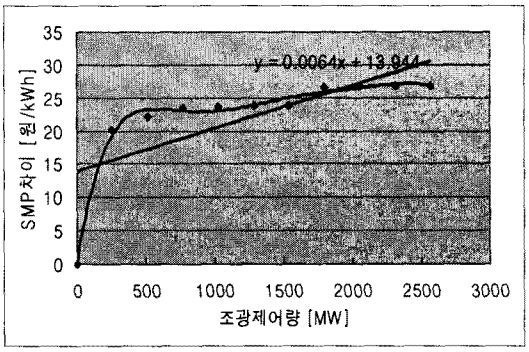


**그림 9. 조광제어량과 SMP차이와의 상관관계**
**Fig. 9. Dimming control quantity vs. delta-SMP**

### 3.3 실데이터를 이용한 테스트 결과

2006년도 실데이터를 이용하여 조광제어 자원의 B/C 분석을 하였다. 그림 8은 2006년 1년간 조광제어가 적용되는 9시에서 18시까지의 최대수요전력과 SMP에 대한 실데이타를 그래프로 나타내었으며, 개략적인 추세선으로 1차 함수를 추정하였다. 대체적으로 $y = 0.0022x - 10.802$ 수식과 같은 곡선을 그리고 있다. 대략적으로 50,000[MW]를 평균적 피크수준으로 보았을 때 청천공시 약 99.2[원/kWh]의 SMP를 추정할 수 있다. 그러면 조광제어전 구입비용은 49억 6천만원이다. 평균 조광시간을 기초로 했으므로 하루 2시간 조광제어를 한다고 가정하였을 때 1년 300일을 기준으로 하면 연간 총구입비용은 2조 9,760억원이다.

그림 9는 1년간 피크치에서 조광제어를 하였을 때 조광제어량에 대한 SMP가격 차이를 나타낸 그래프이다. 이는 피크치 전력값을 부하제어한 연구를 기초로 하였다[9]. 부하제어 연구의 데이터는 계통한계비용에 부하자원 투입시 계통한계비용 저감 및 기동정지계획과 연계한 첨두부하 삭감에 대한 사항을 고려한 것이다. 이는 2005년 실제 발전데이터를 활용하여 계통한계가격을 도출하였으며, 입찰에 참여한 발전기를 대상으로 가격이 낮은 발전기부터 높은 발전기까지 순서대로 정렬하여 입찰곡선을 기초로 부하자원을 투입하여 SMP가 줄어든 것을 추정한 것이다.

**표 6. 일반용수용가의 조광제어 전력절감량**
**Table 6. Electric power reduction of building lighting**

| 천공 조건 | 연평균 절감율[%] | 낮시간절감 평균전력 [MW] | 국가평균 전력 대비 비중[%] | 국가최대 전력 대비 비중[%] |
|---|---|---|---|---|
| 담천공 | 19.4 | 634.6 | 1.46 | 1.07 |
| 부분 담천공 | 31.4 | 1,027.1 | 2.36 | 1.74 |
| 청천공 | 60.3 | 1,972.4 | 4.53 | 3.34 |

표 6은 천공별 조광제어량을 나타낸 것이다. 연평균 절감율은 표 2의 시간별 절감율로부터 계산한 것이고, 낮시간 절감 평균전력은 표 3의 조명부하 낮 평균전력에 연평균 절감율을 곱하여 계산한 것이다. 청천공을 기준으로 볼 때 조광제어를 통해 1,972 [MW]의 전력을 줄일 수 있고, SMP의 차이는 26.6 [원/kWh]임을 알 수 있다. 즉 SMP는 조광제어에 의해 99.2[원/kWh]에서 72.6[원/kWh]으로 떨어진다.

그러면 조광제어 후 구매비용은 34억 9천만원이다. 1년 300일 기준으로 하면 연간 총 구매비용은 2조 940억원이다. 따라서 청전공 시 조광제어에 의한 연간 판매자 편익은 8,820[억원/년]이다.

다음은 판매사업자 입장에서의 비용을 추정해보겠다. 전기요금 낮시간 평균 판매가를 기본요금 포함하여 100[원/kWh]으로 가정하면, 조광제어에 의한 판매 감소량 1,972[MW]에 대한 비용은 연간 1,183[억원/년]이다. 그리고 일반용 전기사용자의 FL32[W] 2등용 형광등을 4천7백만 세트로 보고 세트당 10,000원의 인센티브를 지급하면, 총 4,700억원의 인센티브가 지급된다. 조광제어 장비의 수명은 5년이고 할인율은 6[%]로 가정한다.

표 7은 판매사업자 관점의 B/C 테스트 결과를 나타낸 것이다. 총편익은 구매비용감소액의 현재가치인 37,153억원이며, 총비용은 판매감소액의 현재가치에 인센티브를 합한 9,683억원이 된다.

이상을 볼 때 판매사업자가 조광제어를 통해 얻는 순편익은 조광제어에 참여할 만한 가치가 있음을 알 수 있다. 이는 조광제어를 통해 SMP의 가격차이가 큰 것으로 기인한 구매비용감소가 큰 역할을 하였으며, 이는 인센티브와 매출감소로 인한 이익감소를

넘어섰다. 그러나 여기에는 판매사업자로서의 매출 상승 등의 보이지 않는 요인은 고려하지 않았다.

**표 7. 판매사업자의 입장에서 본 캘리포니아 테스트**
**Table 7. California test of ESP position**

| | 판매사업자 |
|---|---|
| AC [억원/년] | |
| UH [억원] | |
| PH [억원] | |
| I [억원] | 4,700 |
| LR [억원/년] | 1,183 |
| 구매비용감소 [억원/년] | 8,820 |
| 총편익 [억원] | 37,153 |
| 총비용 [억원] | 9,683 |
| 순편익 [억원] | 27,470 |
| B/C | 3.84 |

## 4. 결 론

본 연구에서는 조광제어 자원에 대해 캘리포니아 테스트를 이용하여 가치를 평가하고, 전력시장에 새롭게 출현한 판매사업자 관점에서의 B/C 테스트를 수행하였다. 그 결과 판매사업자 입장에서 조광제어의 가치평가는 양호하게 나타났다. 이는 판매사업자 입장에서 구매비용절감 등 경제성이 있는 것으로 나타났기에 본 논문에서 제시하는 조명수요관리를 적극적으로 나설 수 있다고 본다. 또한 경제성이 허용하는 한도에서 인센티브의 지급도 활성화되면 조광제어 프로그램은 더욱 활성화 될 것이다. 뿐만 아니라 국가의 새로운 수요관리자원으로서 유용하게 사용될 것이다.

본 연구는 우리나라 조명 부하 중 일반용수용가에 해당하는 사무실 조명만을 대상으로 하였지만, 산업용, 교육용도 조광제어에 참여한다면 조광제어 자원은 국가적으로도 큰 역할을 할 것으로 생각된다.

**감사의 글**

본 논문은 2007년도 경원대학교 신임교수 연구비지원 사업에 의해 수행됨.

## References

[1] 김회철, 보조금 지원조건을 고려한 수요관리자원의 효과분석 기법, 건국대학교 대학원 박사학위논문, 2002. 11.
[2] 김한성, 조광제어시스템을 적용한 사무공간에서 조명에너지절감율 예측기법에 관한 연구, 고려대학교 대학원, 박사학위논문, 2004. 2.
[3] R.R. Venderver, F.M.Rubinstein, G.Ward, "Photoelectric Control of Daylight-Following Lighting Systme", Technocal Report(LBL- 24872), EPRI , 1989. 2.
[4] 김한성, 김강수, "소규모 사무공간에서 디밍제어를 이용한 조명에너지 절약에 관한 연구", 조명전기설비학회 논문지, 제 17권, 제5호, pp. 15-21, 2003. 9.
[5] 한국전력거래소, 2007년도판 발전설비현황, 2007. 6.
[6] (On-line) http:\\ www.kemco.or.kr
[7] 에너지관리공단, DSM 프로그램별 M&V 및 경제성평가, 2000. 12.
[8] 건국대학교., 직접부하제어 사업 활성화를 위한 적정지원금 산정방안 연구, 에너지관리공단, 2002. 1.
[9] 김형중, 전력시장 적용을 고려한 부하관리자원의 가치평가 및 발전방안 연구, 건국대학교 대학원, 박사학위논문, 2007. 8.

## ◇ 저자소개 ◇

**김진호** (金眞鎬)
1971년 11월 27일생. 1995년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1997년 서울대학교 대학원 전기공학부 졸업(석사). 2001년 서울대학교 대학원 전기공학부 졸업(박사). 2004년 부산대학교 공과대학 전기공학과 조교수. 현재 경원대학교 공과대학 전기공학과 부교수.

**김성철** (金聖哲)
1970년 9월 30일생. 1994년 동국대학교 공과대학 전기공학부 졸업. 1996년 동국대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년 건국대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 일진전기(주) 에너지그룹 조명 및 ESCO 사업부장.

**남영우** (南瑛祐)
1975년 1월 6일생. 1996년 서울대학교 전기공학부 졸업. 1999년 서울대학교 대학원 전기공학부 졸업(석사). 2006년 서울대학교 대학원 전기공학부 졸업(박사). 현재 LS산전(주) 자동화연구소 선임연구원.