

사무소 건물의 조광제어를 통한 수요관리자원 발굴 및 전력시장에서의 활용방안에 관한 연구

(A Demand-side Valuation and Application of Office Lighting Dimming Control in Electricity Markets)

김진호* · 김성철 · 박종배**

(Jin-Ho Kim · Seong-Cheol Kim · Jong-Bae Park)

요 약

본 논문에서는 새로운 수요관리 자원으로 대두되고 있는 조광제어의 잠재량과 가치평가, 활용방안을 제시하고자 한다. 현재 전력IT 기술이 발전하고 있으며, 이는 수요관리 분야에도 많은 기회를 제공하고 있다. 특히 조광제어는 실시간 요금ی 변하는 전력시장에서 전력IT 기술을 통해 그 가치를 드러내고 있다. 또한 본 논문에서는 조광자원이 변화하고 있는 전력산업 환경에서, 효율향상뿐 아니라 부하관리 측면에서도 매우 효과적인 수요자원임을 검증코자 한다.

Abstract

In this paper, the new demand-side evaluation of the technical potential of lighting dimming control and its applications in electricity markets have been presented. Currently, advanced power information technologies(IT) has been developed and the variations of power information technologies have widely provided the new research and business opportunities. In particular, the dimming control for the lighting devices with time-varying prices and advanced controls has its economically significant values in electricity markets. Therefore, in this paper, the authors have explored the usefulness of lighting dimming control in load management fields as well as energy efficiency fields under the changing competitive electricity market environments.

Key Words : Demand-side management, Electricity markets, Lighting dimming control, Power IT

1. 서 론

경제성장과 더불어 전력의 수요는 급격히 늘어나고 있다. 이에 대해 전원확보를 통한 공급이 뒷받침되어 주어야 하나 경제적인 입지 취득의 곤란, NIMBY 현상으로 인한 비용의 급증, 전원설비 인근 주민에 대한 불편 보상 문제가 이를 가로막고 있다.

* 주저자 : 경원대학교 전기공학과 조교수
** 교신저자 : 건국대학교 전기공학부 부교수
Tel : 02-450-3483, Fax : 02-447-9186
E-mail : jbaepark@konkuk.ac.kr
접수일자 : 2007년 11월 13일
1차심사 : 2007년 11월 16일
심사완료 : 2007년 11월 27일

이에 따라 사회적 비용을 최소화하며 전력공급을 확보하기 위해서는 공급측 자원과 더불어 수요측 자원(전력수요관리)의 중요성이 강조되어 오고 있다.

이러한 취지에서 국내에서도 많은 수요관리 프로그램을 추진하고 있다. 효율향상의 측면에서 고효율 조명기기 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[1-2].

현재도 물론 향후 전력산업구조개편 등 전력시장의 단계적 개방화로 가면서 시간과 계절에 따른 차등 전기요금, 실시간 요금변화등은 무시할 수 없는 중요한 변수가 되었다. 에너지 절감은 결국 전기요금 절감을 말하며 시간과 계절에 따른 차등 전기요금을 생각지 않고서는 원하는 에너지 절감을 얻을 수 없다.

본 논문은 조광제어 자원의 시계별 차이가 있는 특성과 이를 뒷받침할 수 있는 전력IT의 실시간 모니터링, 제어의 기술을 통해 전력시장 환경에서 새로운 수요자원의 발굴가능성과 그 가치를 확인코자 한다. 또한 본 논문에서는 조광자원이 변화하고 있는 전력산업 환경에서, 효율향상뿐 아니라 부하관리 측면에서도 매우 효과적인 수요자원임을 검증코자 한다.

2. 조광제어 잠재량 추정

2.1 실험 조건 및 결과

본 연구에서 대상으로 한 사무공간의 규모는 표 2.1과 같다. 창의 크기는 4.9×6.4×2.4[m]이고, 창의 투과율은 0.28이다. 센서는 실 깊이의 2/3 지점(창으로부터 4.3[m])의 천장에 설치하였다[3]. 작업면 조도 측정점은 실 중앙부 6점으로 설정하였다. 건물은 남향이고, 대상공간의 실내 표면 반사율은 표 1과 같다.

천공에 따른 구분은 태양의 직사성분은 센서에 직접적으로 영향을 미치지 때문에, 각각의 측정 자료를 담천공, 부분담천공, 청천공으로 구분하였으며, 참조기준은 다음과 같다.

표 1. 실험실 구성조건
Table 1. Experiment data

구분	실험조건
규모	4.9×6.4×2.4[m]
반사율	천장 80[%], 벽 50[%], 바닥 30[%]
투과율	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]

$$\text{흐린날 조건(cloudy): } \frac{(E_g - E_d)}{\sin \theta} < 20,000 \text{ lux} \quad (1)$$

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

여기서 E_g 는 외부 수평면 조도이고, E_d 는 측정시간의 확산성분이며, θ 는 태양의 고도이다.

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 연구에서는 분류하였다[4-5].

표 2는 2007년 10월 5일에서 11월 10일까지, 오전 9시에서 오후 6시까지 매시간 측정된 실험결과에 대한 요약이다.

2.2 조명부하의 특징 및 잠재량

일반적으로 수요관리는 효율향상과 부하관리로 나눌 수 있다. 효율향상은 제품의 효율이 좋아서 에너지 절감을 하며 국가적으로도 전력사용량을 줄일 수 있는 경우를 가리키며, 부하관리는 사용자의 불편을 최소화하면서 에너지 사용을 줄이므로 국가적으로 전력사용량을 줄이는 경우를 가리킨다. 예를 들어 고효율조명, 고효율인버터, 고효율전동기 등을 사용하는 것이 효율향상이며, 부하이전, 직접부하제

어와 같이 필요에 따라 수요를 억제하는 것이 부하 관리이다. 그런데 조광제어는 그림 1과 같이 두 가지를 모두 할 수 있는 수요관리자원이다.

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

	하절기(5~10월)			동절기(11월~4월)		
	청천공	부분담천공	담천공	청천공	부분담천공	담천공
9시~12시	62[%]	29[%]	19[%]	56[%]	25[%]	15[%]
12시~3시	65.5[%]	40[%]	24[%]	64[%]	38[%]	25[%]
3시~6시	60[%]	27[%]	17[%]	51[%]	23[%]	14[%]

자연채광을 활용하여 법정적정조도를 유지하므로 수요를 관리할 수 있으며, 예비전력이 부족한 등 국가 비상시 법정최소조도로 낮추므로 수요를 관리할 수 있다.

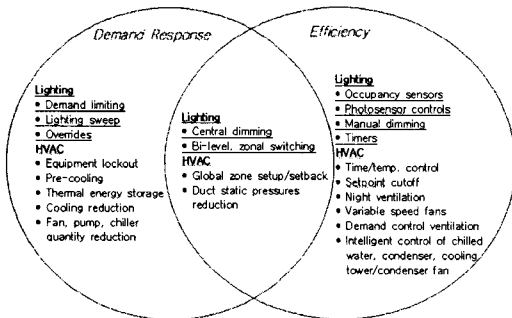


그림 1. 조명의 수요관리 가능영역
Fig. 1. Demand-side applications of lighting

그림 1과 같이 조광제어 수요자원은 효율과 부하 관리에 효과적인 자원임을 알 수 있다.

다음은 우리나라 일반용전기를 사용하는 수용가를 대상으로 조광제어를 통한 수요관리 잠재량을 파악하고자 한다.

일반적으로 우리나라 전력에서 조명의 비중을 20[%]로 보고 있다. 또한 일반용요금을 사용하는 수용가의 조명부하를 25[%]로 보고 있다. 그러나 본 논문에서는 보수적으로 20[%]로 보았다.

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

	구분	전력량, 전력	비고
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

다음은 일반용요금제의 건물의 전력사용실태의 실례를 들어보았다. 일반 건물의 부분별 전기 사용량 중 조명에 쓰이는 전기가 29[%]로 가장 많으며, 각각 조명(29[%]), 팬(25[%]), 기기전력(19[%]), 냉동기(15[%]), 냉각탑(8[%]), 펌프(4[%])의 순으로 나타났다[6].

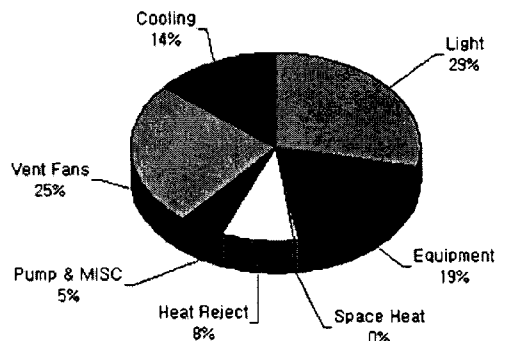


그림 2. 일반용 건물의 전기사용량
Fig. 2. Electricity usage in commercial buildings

3. 조광자원 효과 및 활용방안

3.1 요금제에 따른 디MAND 자원의 효과

표 4는 이상을 기초로 15층 정도의 일반용전기요금을 내는 사무실건물의 조명사용 스케줄을 표와 같이 시뮬레이션 해본 것이다. 사용부하는 FLR 32[W] 3,000sets 형광등이 주력이다.

표 4에 구분해 놓은 색은 전기요금 기준으로 연두색은 경부하시, 노란색은 중간부하, 주황색은 최대부하 시간대를 나타내고 있다. 시간별 사용전력은 같게 보았으며 월별 전력량은 평일기준으로 25일을 보았다.

본 논문에서는 조광제어를 단순한 전력절감으로만 보기보다 요금제를 통한 실제적 효과측면에서 바라보았다. 표 5는 실험결과에 의한 절감률만큼의 조명전력절감요금을 보여준다. 친경별로 절감률은 다르지만 본 논문에서는 부분담천공을 기준으로 비교 평가해보고자 한다.

조광제어 전 건물의 조명전력 사용패턴은 전날 밤 11시에서 다음날 7시까지는 20[kW], 8시부터 출근 하여 오전 10, 11시, 그리고 오후 3시에서 8시까지 250[kW], 퇴근후 잔업시간인 9, 10시는 150[kW], 낮 시간 일부를 200[kW]로 보았다.

표 4를 기준으로 볼 때 일반용(갑) 고압의 전기요금을 적용할 때 사용요금은 표 5와 같다. 요금제는 계절별로는 구분되어있지만 큰 차이는 없으며 시간별로는 구분되지 않는 단순한 요금제이다.

표 4. 부분담천공사 조명전력 절감
Table 4. Lighting Demand reduction in partly overcast sky days

	[단위: kW]											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
2h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
4h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
6h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
7h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
8h	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9h	150	150	150	142	142	142	142	142	142	142	142	150
10h	188	188	188	178	178	178	178	178	178	178	188	188
11h	188	188	188	178	178	178	178	178	178	178	188	188
12h	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
13h	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
14h	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
15h	193	193	193	183	183	183	183	183	183	183	193	193
16h	193	193	193	183	183	183	183	183	183	183	193	193
17h	193	193	193	183	183	183	183	183	183	183	193	193
18h	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
19h	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
20h	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
21h	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22h	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
24h	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
계	63,336	63,336	63,336	63,336	67,619	67,619	67,619	67,619	67,619	67,619	63,336	63,336

표 5. 일반용(갑) 요금제를 적용한 사용량요금
Table 5. (kWh) charge for commercial(A)

	[단위: 원]											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
2h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
3h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
4h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
5h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
6h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
7h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
8h	6,300	6,300	6,300	6,250	6,250	6,250	6,200	6,200	6,300	6,300	6,300	6,300
9h	10,440	10,440	9,375	9,375	9,375	9,375	9,324	9,324	9,375	9,375	10,440	10,440
10h	13,920	13,920	11,719	11,719	11,719	11,668	11,668	11,719	11,719	11,719	13,920	13,920
11h	13,920	13,920	11,719	11,719	11,719	11,668	11,668	11,719	11,719	11,719	13,920	13,920
12h	4,473	4,473	5,913	5,913	5,913	5,925	5,925	5,913	5,925	5,925	4,473	4,473
13h	6,630	6,630	7,750	7,750	7,750	7,760	7,760	7,750	7,760	7,760	6,630	6,630
14h	6,630	6,630	7,750	7,750	7,750	7,760	7,760	7,750	7,760	7,760	6,630	6,630
15h	13,920	13,920	12,281	12,281	12,281	12,230	12,230	12,281	12,281	12,281	13,920	13,920
16h	13,920	13,920	12,281	12,281	12,281	12,230	12,230	12,281	12,281	12,281	13,920	13,920
17h	13,920	13,920	12,281	12,281	12,281	12,230	12,230	12,281	12,281	12,281	13,920	13,920
18h	17,400	17,400	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	17,400	17,400
19h	17,400	17,400	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	17,400	17,400
20h	17,400	17,400	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	17,400	17,400
21h	10,440	10,440	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	10,440	10,440
22h	10,440	10,440	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	10,440	10,440
23h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
24h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
계	4,025,080	4,025,080	4,333,594	4,333,594	4,225,781	4,225,781	4,346,814	4,346,814	4,225,781	4,225,781	4,025,080	4,025,080

표 6은 국가적인 차원에서 부하의 경중에 따라 시간별로 요금제가 다른 일반용(을)의 전기요금이다. 다음은 전력시장 초기 모델인 CPP요금제에 대한 전기요금을 검토하고자 한다. 본 논문에서는 가장 가능성이 많은 형태의 CPP요금제를 가정하여 보았다.

표 6. 일반용(을)고압요금제를 적용한 사용량요금
Table 6. (kWh) charge for commercial(B)

	[단위: 원]											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
2h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
3h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
4h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
5h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
6h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
7h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
8h	6,300	6,300	6,250	6,250	6,250	6,250	6,200	6,200	6,300	6,300	6,300	6,300
9h	10,440	10,440	9,375	9,375	9,375	9,375	9,324	9,324	9,375	9,375	10,440	10,440
10h	13,920	13,920	11,719	11,719	11,719	11,668	11,668	11,719	11,719	11,719	13,920	13,920
11h	13,920	13,920	11,719	11,719	11,719	11,668	11,668	11,719	11,719	11,719	13,920	13,920
12h	4,473	4,473	5,913	5,913	5,913	5,925	5,925	5,913	5,925	5,925	4,473	4,473
13h	6,630	6,630	7,750	7,750	7,750	7,760	7,760	7,750	7,760	7,760	6,630	6,630
14h	6,630	6,630	7,750	7,750	7,750	7,760	7,760	7,750	7,760	7,760	6,630	6,630
15h	13,920	13,920	12,281	12,281	12,281	12,230	12,230	12,281	12,281	12,281	13,920	13,920
16h	13,920	13,920	12,281	12,281	12,281	12,230	12,230	12,281	12,281	12,281	13,920	13,920
17h	13,920	13,920	12,281	12,281	12,281	12,230	12,230	12,281	12,281	12,281	13,920	13,920
18h	17,400	17,400	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	17,400	17,400
19h	17,400	17,400	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	17,400	17,400
20h	17,400	17,400	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	17,400	17,400
21h	10,440	10,440	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	10,440	10,440
22h	10,440	10,440	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	9,375	10,440	10,440
23h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
24h	1,302	1,302	1,302	1,290	1,290	1,290	1,278	1,278	1,290	1,290	1,302	1,302
계	4,025,080	4,025,080	4,333,594	4,333,594	4,225,781	4,225,781	4,346,814	4,346,814	4,225,781	4,225,781	4,025,080	4,025,080

피크요금제(CPP)는 현행 TOU 요금제와 유사하나, 피크시간대 매우 높은 요금을 부과하므로 피크 시간대 사용량을 분산시키는 목적이 있다. 피크시간에 규정된 높은 사용요금을 전력회사에서 최대 피크 기간을 정의한 기간 동안에만 적용한다. 이러한 CPP 이벤트는 전력 계통 상정사고 또는 도매 전력시장에서 전력을 판매하는 전력회사가 높은가격에 직면할 경우 발생된다. 현행 TOU 요금제와 달리 CPP에서는 최대피크가 발생하면 날을 요금계약 시 미리 정

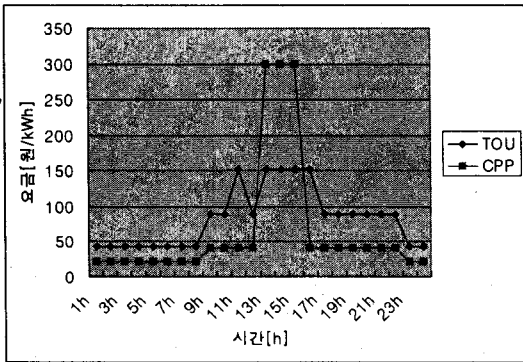


그림 3. 일반용(을) 고압A-1과 CPP 요금제 비교
Fig. 3. CPP and Commercial(B) TOU rates

표 7. CPP요금제를 적용한 사용량요금
Table 7. (kWh) charge for CPP

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7, 8월	cpp	9월	10월	11월	12월	(단위: 원)
1h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
2h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
3h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
4h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
5h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
6h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
7h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
8h	4,250	4,250	4,250	4,250	4,250	4,250	4,250	2,300	4,250	4,250	4,250	4,250	4,250
9h	12,405	12,405	9,300	9,300	9,372	9,372	12,596	5,964	9,372	9,372	12,405	12,405	12,405
10h	15,506	15,506	12,375	12,375	11,715	11,715	15,744	7,455	11,715	11,715	15,506	15,506	15,506
11h	15,506	15,506	16,631	16,631	16,784	16,784	27,009	7,455	25,784	25,784	15,506	15,506	15,506
12h	7,681	7,681	6,130	6,130	5,940	5,940	7,383	3,780	5,940	5,940	7,681	7,681	7,681
13h	11,255	11,255	10,583	10,583	10,644	10,644	16,226	30,909	16,644	16,644	11,255	11,255	11,255
14h	11,255	11,255	10,980	10,980	10,644	10,644	16,226	30,909	10,644	10,644	11,255	11,255	11,255
15h	15,920	15,920	17,075	17,075	16,180	16,180	27,795	54,795	16,180	16,180	15,920	15,920	15,920
16h	15,920	15,920	17,075	17,075	16,180	16,180	27,795	7,985	16,180	16,180	15,920	15,920	15,920
17h	15,920	15,920	12,705	12,705	12,045	12,045	16,180	7,685	12,045	12,045	15,920	15,920	15,920
18h	20,675	20,675	16,500	16,500	16,500	16,500	22,175	10,500	16,500	16,500	20,675	20,675	20,675
19h	27,775	27,775	16,500	16,500	16,500	16,500	22,175	10,500	16,500	16,500	27,775	27,775	27,775
20h	27,775	27,775	16,500	16,500	16,500	16,500	22,175	10,500	16,500	16,500	27,775	27,775	27,775
21h	16,685	16,685	9,300	9,300	9,300	9,300	13,305	6,300	9,300	9,300	16,685	16,685	16,685
22h	16,685	16,685	9,300	9,300	9,300	9,300	13,305	6,300	9,300	9,300	16,685	16,685	16,685
23h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
24h	850	850	850	850	850	850	850	440	850	850	850	850	850
계	6,022,911	6,022,911	4,977,403	4,977,403	4,741,354	4,741,354	8,301,685	4,329,900	4,741,354	4,741,354	6,022,911	6,022,911	6,022,911

하지 않는다. 다만 연간 CPP 이벤트 해당 일을 제한하고, 비교적 이벤트가 발생하기 단기간 전에 통보한다.

그림 3은 CPP요금제이다. 전술한 바와 같이 CPP 요금제는 기존 TOU요금과 조합되어 있는 요금제이다. 표 7은 TOU 일반용(을) 고압A-1 경우의 CPP요금제이다.

표 8은 각 요금제에 대한 조광제어 적용 시 전력량 요금의 절감을 비교한 것이다. 이상을 통해 볼 때 일률적인 전기요금제보다 현실적인 시계별차이의 전기요금제로 갈수록 조광제어 자원은 더 효과적임을 볼 수 있다. 향후 전력시장 상황에서는 피크요금제(CPP)요금에서 더 진화한 실시간요금제(RTP)로 가

게된다. 이는 원가에 기초한 합리적인 요금제이며 조광제어 자원의 가치를 더 드러내주는 요금제이다.

3.2 부하관리로서의 조광자원의 효과

사무실 KS기준 적정조도는 400[lux]이다. 최저 300[lux]에서 최고 600[lux]까지 허용된다. 본 논문에서는 500[lux]를 기준으로 실험 및 시뮬레이션하였다.

상시 주광을 활용한 조광제어를 실시할 때는 국가적 평균전력, 최대전력을 줄이는 효과가 있었다. 이는 발전소 건설 및 발전비용절감에도 국가적 활용도가 크다고 하겠다. 이에 더 나아가 사무실 쾌적조도에서 최저 기준조도로 낮추므로 추가적인 전력절감을 생각할 수 있다. 이는 사용자의 쾌적성을 고려할 때 상시 적용하는 것은 곤란하나 국가 전력비상 시에는 충분히 활용할만한 가치가 있다고 본다.

표 8. 요금제에 따른 디밍제어의 효과
Table 8. Dimming control effects comparisons

	조광前	조광後	차이
일반용 (갑) 고압	86,469,900	74,011,500	12,458,400
일반용 (을) 고압	98,800,000	83,082,045	15,717,955
CPP	97,727,700	81,887,522	15,840,178

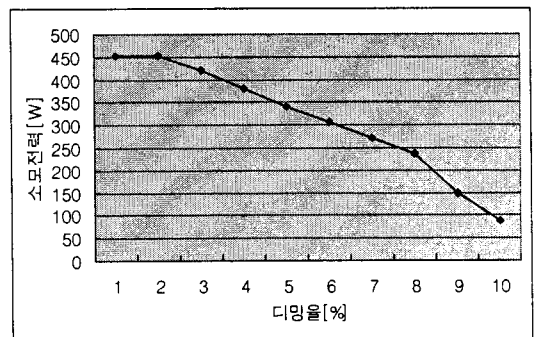


그림 4. 조광률에 따른 소모전력 측정그래프
Fig. 4. Power consumption rates vs. dimming rate

사무소 건물의 조광제어를 통한 수요관리자원 발굴 및 전력시장에서의 활용방안에 관한 연구

위 그림 4는 조도제어에 따른 디밍률의 실험치를 나타낸다. 조광률에 따른 실내조도 측정을 하였을 때 500[lux]에서 350[lux]로 150[lux]를 제어하는 데, 소모전력이 약 340[W]에서 280[W]로 감소하여 전력 절감률이 약 17.7[%]이다. 이를 볼 때 본 논문에서 제안된 상시 조명제어 절감률에 비상시 적정최저조도를 유지하면서 약 17.7[%] 추가 에너지 절감이 가능함을 알 수 있다.

3.3 디밍자원의 가치와 활용방안

3.3.1 효율향상 자원으로로서의 가치평가

일반적으로 국내 대부분의 전력수요관리 프로그램의 설계 및 적정 지원금 산정 등 여러 가지 항목에 대한 평가가 캘리포니아 테스트 지표를 이용하여 검토되어 진다. 수요관리 프로그램의 비용효과분석에 있어서는 '80년대에 들어 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.

본 논문에서는 조광제어 수요관리자원의 가치평가를 현재 수요관리 대안의 경제성 평가 방법으로 널리 사용되는 "캘리포니아 표준평가방법" 또는 "캘리포니아 테스트"를 통해 하고자 한다. 캘리포니아 테스트는 4개의 서로 다른 관점에서 수요관리 프로그램을 분석한다[9].

본 논문에서는 부분담천공을 기준으로 캘리포니아 테스트를 하였다. 1년을 평균 부분담천공으로 본 것은 보수적인 입장이다. 캘리포니아 테스트에서 사회 전체적으로 수요관리 프로그램이 얼마만큼의 편익을 제공하는 가를 정확하게 계산하는 것이 우선되어야 하며, 이는 수요관리 프로그램의 회피비용의 정확한 계산을 의미한다. 일반적으로 회피비용은 회피설비비용(발전설비, 송변전설비, 배전설비), 회피발전에너지비용, 회피신뢰도비용, 회피송배전운전비용, 회피손실비용, 회피환경비용, 기타 외부비용 등으로 구성되지만, 본 논문에서는 주로 고려하는 회피발전설비 비용, 회피발전에너지 비용, 회피송전설비 비용, 회피환경비용만 고려키

표 9. 캘리포니아 테스트
Table 9. California test overview

구분	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(-)	

표 10. 조광제어에 대한 캘리포니아 테스트
Table 10. California test for dimming control

	UC	P	RIM	TRC
AC[원/년]	7,236		7,236	7,236
UH[원]				
PH[원]		30,000		30,000
I[원]	10,000	10,000	10,000	
LR[원/년]		7,859	7,859	
총편익[원]	30,481	43,105	30,481	30,481
총비용[원]	10,000	30,000	43,105	30,000
순편익[원]	20,481	13,105	(12,624)	481
B/C	3.05	1.44	0.71	1.02

로 한다. 조광제어를 위해 설치하는 장비는 사용자 비용에 들어있고 FLR 32[W] 2등용 기준이며 30,000원으로 보았으며, 장비 수명은 5년이고 할인율은 6[%]로 보았다. 본 테스트를 위해 시뮬레이션한 1,200[kW] 평균Peak전력을 사용하는 15층 정도의 건물에 디밍제어장치를 설치했을 경우를 가정하였다. 사용자에게 주어지는 인센티브는 1set당 10,000원으로 보았다.

결과를 볼 때 사회적 영향도(RIM) 테스트 비용을 제외하고는 모두 순편익이 좋은 것으로 나타났다. 현재 국가에서 진행하고 있는 고효율 조명기기와 같은 수준으로 효율향상 측면의 효과적인 수요관리자원으로 평가될 수 있다.

3.3.2 부하관리 자원으로서의 가치평가

2006년 8월 16일은 부분담천공이며 일반용 계약사용자가 12시에서 13시 사이에 상시 조광제어를 하였다면 40[%]의 조명에너지 절감을 이룰 수 있다. 또한 비상시 상황으로 파악 국가적으로 일반용 계약사용자에게 최저조도 제어를 요청하였다면 추가적으로 적어도 17.7[%]의 전력 Peak값을 줄일 수 있다. 이를 아래의 표 11과 같이 정리한다. 일반용 건물사용자 만을 통해 위와 같은 최대수요전력을 줄일 수 있다는 것은 국가적으로도 큰 의미가 있다.

표 11. 조광제어를 통한 부하관리량
Table 11. Demand reduction in dimming control

	디밍 제어 전	상시 디밍제어 후	비상시 디밍제어 후
최대전력[MW]	58,994	57,685.6	57,106.7
전력절감[MW]	0	1,308.4	578.9
절감률[%]	0	2.22	0.98

4. 결 론

본 연구를 통해 조광제어 자원이 단순히 전력절감을 하는 수준의 자원이 아닌 효율향상과 부하관리의 중요 수요관리 자원임을 보았다. 사용자입장에서 경제성이 나오며 에너지절감을 할 수 있는 자원이었다. 또한 국가적으로도 비상시 비상절전을 할 수 있는 자원이었다. 무엇보다 쾌적환경성 측면에서 불 때 허용조도기준 안에서 작업환경에 영향을 끼치지 않는다는 측면은 큰 장점이라 볼 수 있다. 본 연구가 우리나라 사무실 건물의 일반용전기요금을 내는 수용가를 중심으로 하였지만, 산업용과 교육용 형광등을 사용하는 수용가로 확산시킬 때 더 큰 자원이 될 수 있다고 본다.

그러나 조광제어를 우선 일반용 계약자들을 중심으로 보급하는 것이 중요하며, 이를 위한 설치리베이트 사업 및 비상시 조도제어를 통한 인센티브 제도를 검토할 필요가 있다. 이에 대한 적정 리베이트 금액 및 인센티브 수준에 대한 추가적인 연구가 뒤따라야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 "산업자원부 전력IT기술개발사업(R-2005-1-396-001-01)"의 지원으로 수행되었으며, 관계부처에 감사드립니다.

References

- (1) 직접부하제어 사업 활성화를 위한 적정지원금 산정방안 연구(최종보고서) 2002. 1. 건국대학교, 에너지관리공단.
- (2) 전력시장 적용을 고려한 부하관리자원의 가치평가 및 발전방안 연구, 건국대학교, 김형중, 2007.8.
- (3) 최안섭, 성민기, "광센서를 이용한 인공조명 자동제어시스템의 개발 및 성능평가 연구", 대한건축학회논문집 15 권 9호, 1999.9.
- (4) 디밍제어시스템을 적용한 사무공간에서 조명에너지절감율 예측기법에 관한 연구, 고려대학교 건축공학과, 2004년 김한성.
- (5) R.R. Venderver, F.MRubinstein, G.Ward, "Photoelectric Control of Daylight-Following Lighting Systeme", LBL 24872, 1989.
- (6) <http://www.kemco.or.kr>.
- (7) U.S Department of Energy, Benefit of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving them, February 2006.
- (8) MBodart, A. De Herde, "Global energy savings in office buildings by the use of daylighting", Energy and Buildings 34, 2002.
- (9) DSM 프로그램별 M&V 및 경제성평가, 에너지관리공단, 2000.12.

◇ 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 조교수.

김성철 (金聖哲)

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

박종배 (朴宗培)

1963년 11월 24일생. 1987년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 건국대학교 공과대학 전기공학과 부교수.