

전기에너지 절약을 위한 조명제어시스템

(Light Control System For The Saving of Electric Energy)

한승호* · 김성철** · 최경식*

(Seung-Ho Han, Seong-Cheol Kim, Kyoung-Sik Choi)

* 한전전력연구원 ** (주) 일진전기

Abstract

This paper represents the electric energy saving using light control system. Without Light Control System(LCS), it is very hard to classify the amount of electric energy saving for lighting, since it is determined by the end-user's preference in times. Typical LCS has an fixed algorithm to control each light's intensity by ON/Off Control, Step Control, or Dimming Control. We have studied the electric energy saving effect in a LCS equipped building with natural lighting. The electric power consumption at the peak power consumption time with LCS reduced up to 65% of the non-controlled case.

1. 서론

조명제어란 인공조명기구의 출력 즉, 방사광속 [lm]을 제어하여 밝기를 조절하는 것으로, 공간의 용도에 맞추어 밝기를 조절함으로써 시각환경의 질을 조절하는 기능적/미관적 제어와, 필요한 시간에만 조명을 제공함으로써 불필요한 조명 에너지를 절감하고자 하는 에너지 절약적 제어가 있다. 에너지 절약적 제어는 조명 시스템의 사용전력이나 사용시간을 줄임으로써 에너지와 비용을 절감할 수 있으므로 이들을 상호 유기적으로 결합시켜 조명의 질을 유지하면서 최대절약효과를 얻을 수 있다. 조명제어의 성공적 설치를 위해서는 실내 시작업 환경의 쾌적성 유지와 에너지사용 절약, 배선절약, 시공절약, 설계의 절약 등을 고려해야 한다[1].

한편 국내에 공급되고 있는 전력에너지의 대부분은 해외로부터 수입되고 있는 화석 및 원자력 연료에 의존하고 있다. 또한 최근 점차 높아지는 에너지 위기를 고려할 때 국내의 전력에너지 절약은 경제적인 효과 외에도 국가 에너지안보 측면에서도 매우 중요하다. 그러므로 전력소비자와 한전이 협력하여 전력수요관리(Demand Side Management)를 수행한다.

국내 수요관리 목표량은 지난 2차 전력수급기본계획 상의 높은 수요관리량을 유지하는 수준으로 목표를 설정하였으며, 아울러 에너지 소비절감 차원에서 효율향상에 대한 사업비중을 크게

강화하여 2006년 12.9%에서 2020년 25.3%로 점유비율을 상향 조정할 계획이다[2], [3].

표 1 전력수요관리 목표 (단위: MW)

구 분	2005 (실적)	2010	2015	2017	2020
부하관리 (가스냉방포함)	(4,420)	2,818	4,949	5,932	7,404
효율향상	(735)	1,004	2,334	2,825	3,521
신규개발	(1)	350	540	600	690
계	(5,156)	4,172 (9,328)	7,823 (12,979)	9,357 (14,513)	11,615 (16,771)

* () 내는 총 누계 수요관리 량

통상 항상 가동하는 전력기기가 아닌 경우, 이러한 효율향상 차원의 에너지절감 보다는 불필요한 전력사용을 줄이는 에너지절약 차원의 절감이 더 효과적이다. 본 논문에서는 이러한 관점에서의 조명제어시스템에 대해 살펴보기로 한다.

2. 본론

2.1. 조명제어 방법

외부로부터 자연채광의 변화에 따라 광센서에

의해 인공조명의 출력을 제어하는 방법을 점멸 제어(On/Off Control), 스텝제어(Step Control), 조광제어(Dimming Control) 등으로 구분할 수 있다.

점멸제어의 원리는 제어시스템의 제어부로부터 초기 입력된 조건에 따라 조명기구의 작동을 결정하는 2진(0 또는 1)신호를 받아 조명기구의 입력전원을 점멸(On/Off)한다. 조명점멸제어방법은 설치비용이 저렴하여 가장 경제적이며, 조명제어의 초기 형태로 아직까지 널리 사용되고 있는 조명방법이다. 스텝제어방법은 조명기구의 출력을 사전에 정해진 단계별 입력 신호에 따라 순차적으로 변화시키는 방법이다. 점멸제어방법에 비하여 작업 면에 급격한 조도변화를 일으키지 않는 장점이 있으며, 조광제어방법보다 설치비가 저렴하다는 장점이 있다. 조광제어방법은 제어기로부터 입력된 신호의 크기에 따라 조명기구의 입력전력을 0~100%까지 연속적으로 변화시키는 방법으로 정확한 제어가 가능하여 작업에 필요한 조도를 일정하게 유지할 수 있다. 또한 작업 면에 대한 조도변화를 거의 인식하지 않게 하므로 공간에서의 쾌적성을 유지할 수 있다. 점멸제어나 스텝제어방법보다 구성이 복잡하며, 고가의 가격으로 고급 제어시스템에 국한되어 사용되고 있다.

[그림 1]은 일반적인 제어시스템의 형태를 나타낸 것으로 제어시스템의 구성 요소 중 제어부로부터 제어기로 연결되는 제어신호와 조명기구로 전달되는 전원공급의 형태에 따라 제어방법이 구분된다[1].

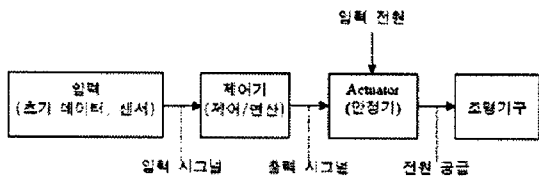


그림 1 일반적인 조명제어시스템의 구성

2.2. 조명제어 실험조건

본 연구에서 대상으로 한 사무공간의 개념도는 [그림 2]와 같으며, 실험실의 크기는 $4.9 \times 6.4 \times 2.4 \text{m}^3$ 이고, 창문크기는 $1.5 \times 4.5 \text{m}^2$ 이며 창문바닥높이는 0.9m, 창의 투과율은 28%이다. 센서는 실 깊이의 2/3 지점(창으로부터 4.3m)의 천장에 설치하였다[4, 5]. 작업면 조도

측정점은 실 중앙부 6점으로 설정하였다.

창의 투과율은 주간에는 외부 수직면조도와 창면 안팎의 수직면 조도를 3회 측정하여 평균값을 기준으로 산출하였으며, 표면 반사율 역시 야간에 수직, 수평면 조도를 3회 측정하여 평균값으로 산출하였다.

본 연구에서 조도계는 8개를 설치(외부조도 1, 작업면 조도 6, 센서조도 1) 하였으며, 작업면 조도는 실 중앙부 6개 지점의 평균값을 기준으로 분석하였다. 실험기간은 2007년 10월 5일~11월 10일까지 약 1개월간 실시하였으며, 일반 작업시간대인 오전9시~오후6시까지 매 60분 단위로 측정하였다.

표 2 실험실의 구성조건

구분	실험조건
규모	$4.9 \times 6.4 \times 2.4 \text{m}^3$
반사율	천장 80%, 벽 50%, 바닥 30%
창문크기	$1.5(\text{h}) \times 4.5(\text{w}) \text{m}^2$, 바닥높이 0.9m
창문투과율	28%
주광센서	4.3m (실 깊이의 2/3 지점)
작업면조도	내측창에서 0.8m 간격으로 중앙부 6개 지점
측정점높이	바닥으로부터 0.8m

다음은 실험실의 개념도 및 구성도이다.

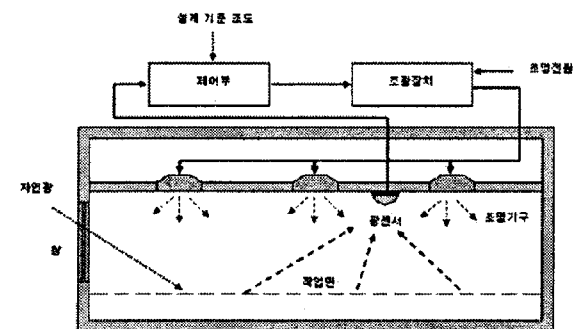


그림 2 실험실 회로로 제어시스템 개념도

실험의 일관성을 유지하기 위하여 [그림 2]에서 보는 바와 같이 광센서에서 평균조도를 유지하

며 일조환경에 따라 조광장치로 조도를 조절하는 방식을 채택하였다.

각 위치의 조도 분포를 계산하기 위해 3차원 입체 시뮬레이션을 하여 등조도선을 조명기구의 치와 함께 [그림 3]에 표현하였다[6].

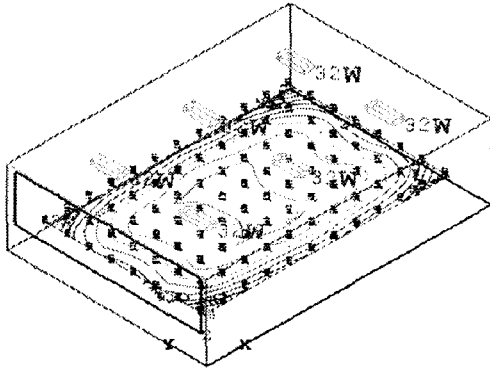


그림 3 시뮬레이션 결과 입체도

2.3. 조명제어를 통한 전력절약

본 실험에서는 위에서 기술한 바와 같은 환경과 조건에서 수행하였다.

[표 3]은 가을철 특정일(10월 11일) 오후2시의 실험치 이다. 동일시간의 실외조도는 53,800[lux]로 부분담천공이었으며, 인공조명을 사용하지 않은 실내의 포인트별 조도는 274[lux]에서 787[lux]로 나타났다. 이를 광센서를 통해 550[lux]인 평균작업면 조도로 유지토록 조광제어 하였을 때 소비전력은 226[W]이었다. 이는 45%의 전력절감률이다.

표 3 10월 11일 14:00의 전력절감률

실외조도 [lux]	53,800					
실내조도 [lux]	274	295	465	501	632	787
전력 [W]	조광제어 전	조광제어 후				절감률
	412 [W]	226 [W]				45%

또한 [표 5-2]는 10월 17일(12.9℃) 오후4시의 실험치이다. 동일시간의 실외조도는 65,100[lux]로 청천공에 해당되었으며, 인공조명을 사용하

지 않은 실내의 포인트별 조도는 310[lux]에서 712[lux]로 나타났다. 이를 광센서를 통해 550[lux]인 평균작업면 조도로 유지토록 조광제어 하였을 때 소비전력은 186[W]이었다. 이는 52%의 전력절감률이다.

표 4 10월 17일 16:00의 전력절감률

실외조도 [lux]	65,100					
실내조도 [lux]	310	328	471	479	631	712
전력 [W]	조광제어 전	조광제어 후				절감률
	389 [W]	186 [W]				52%

다음은 이러한 방식으로 측정된 값들로부터 한달간 시간별 평균사용전력을 각 월에 대해 나타내고 이 그래프를 이용하여 조광제어 전후의 전력사용량을 비교하고자 한다. 여기서 외기조건으로 고려해야 할 것은 맑은 날씨인 청천공과 약간 흐린날씨인 담천공인 날들에 대해 조광제어 효과가 다르게 나타남을 알 수 있다.

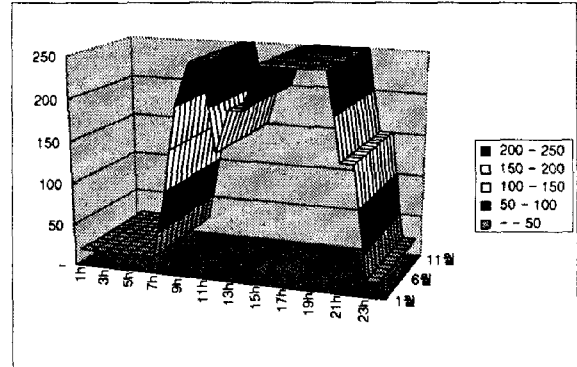


그림 4-1 청천공의 조광제어 없는 경우

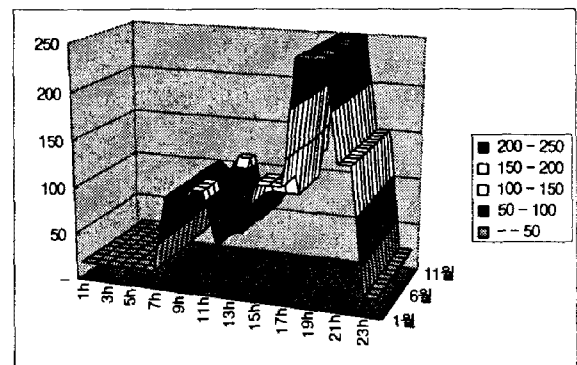


그림 4-2 청천공의 조광제어를 한 경우

그림 4 조광제어 전후의 소비전력비교 1

이상에서 청천공의 기상조건에서 최대부하 시간대에 하절기 60~65.5%, 동절기 51~64%의 조명 소비전력이 줄어든 것을 볼 수 있다.

다음은 부분적으로 호린날들의 조광제어 시 소비전력에 대해 알아보기로 한다.

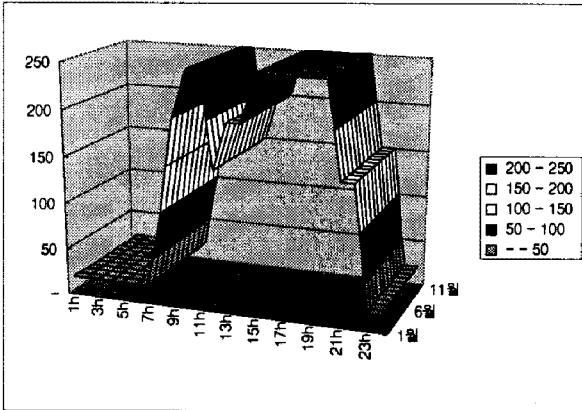


그림 5-1 부분담천공의 조광제어 없는 경우

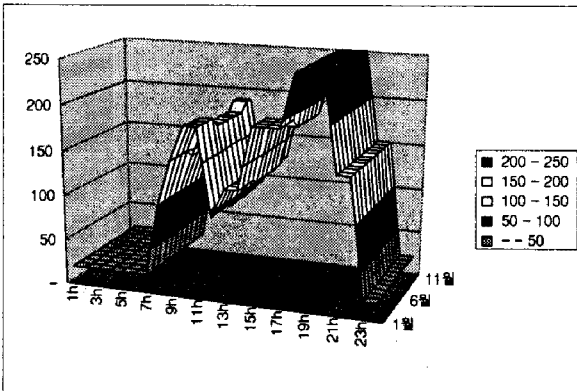


그림 5-2 부분담천공의 조광제어를 한 경우
그림 5 조광제어 전후의 소비전력비교 2

이상에서 부분담천공시 최대부하 시간대에 하절기 27~40%, 동절기 23~38%의 조명 소비전력이 줄어든 것을 볼 수 있다. 그러므로 조명제어를 하였을 경우에 소비전력이 절약량이 통상의 효율향상에 의해 절감되는 수%에 비해 매우 큼을 알 수 있으며 일광까지 이용한 조광제어의 경우는 청천공인 경우에 부분담천공인 경우보다 그 절약효과가 더 큼을 알 수 있다.

3. 결론

이상과 같이 조명제어를 통하여 소비자의 사용전력을 절약하는 경우에 대해 알아보았으며 이러한 전기절약은 전력기기의 효율향상을 통한 전기절감과는 다른 방식으로 진행되지만 불필요한 조명을 억제함으로써 얻는 사용전력 저감이 매우 큰 것을 알 수가 있었다. 사용자 임의로 전력스위치를 조절하여 절약을 하는 경우에는 에너지 절약가능량을 계량화하기가 그리고 지속적으로 수행되기가 매우 어렵고 국가적 지원제도를 만들어 가기도 힘들다. 그러나 이러한 조명제어시스템의 제어알고리즘이 특정 표준에 의해 정의되고 관리된다면 일관된 전력절약의 효과를 이룰 수 있을 것으로 보이며 향후 이러한 사업에 대해 국가적 전력수요관리 차원에서 관심을 가지고 지원할 수도 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] 정우신, "자연채광을 고려한 인공조명 제어시스템 성능평가", 한양대학교 대학원 석사학위 논문, 2006. 2
- [2] 산업자원부, 2007년 전력수요관리사업 운영계획, 2007년 2월.
- [3] 산업자원부, "제3차 전력수급기본계획(2006~2020년)", 2006.12.
- [4] Specifier Report: Photosensors, March 1998, NLRIP (National Lighting Product Information Program)
- [5] 정봉근, 최안섭. "광센서 조광제어시스템의 광센서 최적 방향성과 위치에 관한 실험적 연구", 조명전기설비학회논문지 제17권 제5호, pp. 8-14 2003.
- [6] Lumen-Micro User's Guide, 2000.