

광센서 조광제어시스템의 제어기율기 선정방법에 관한 연구

(A Study on Selection of a Control Slope for Daylight Responsive Dimming Systems)

주근탁* · 최안섭**

(*세종대학교 건축공학과 석사과정 · **세종대학교 건축공학과 교수)

(Keun-Tak Joo · An-Seop Choi)

Abstract

The daylight responsive dimming systems, which use daylight and automatically controls the brightness of electric lighting, according to the amount of daylight coming into the indoor, as well as always maintains target illuminance, is an energy saving type system. The control slope that decide the dimming percent for dimming ballast to run this system efficiently should be decided exactly. This research ran performance assessment applying daylight responsive dimming systems to actual space, and supplemented control slope in the sky condition for the elevation of system. Also we reevaluated a system by modified control slope and compiled valid propriety and alternative for the elevation system.

1. 서 론

1.1 연구의 배경

일반적으로 대규모 사무소 건물에서 실내를 조명할 때 30~50% 정도의 많은 양의 전기 에너지를 사용한다 [1]. 이와 같이 많은 양의 전기 에너지 소비는 에너지원의 가격 상승 원인 및 환경 문제에 영향을 주어 사회적, 경제적으로 화두가 되고 있는 에너지 절약 차원에서 큰 문제가 되고 있다. 이러한 에너지 절약을 해결방안으로써 사무소 건물 내에서 주광(Daylight)을 이용한 다양한 실내 조명방식을 통해 많은 양의 에너지를 절감하고 보다 나은 실내 환경을 조성할 수 있도록 여러 가지 방법들이 검토되고 있다. 그 중에서도 광센서 조광제어시스템은 주광을 이용하여 에너지 절감을 극대화하고 공간 내의 채실자로 하여금 최적의 시환경을 제공할 수 있는 시스템으로 고려되고 있다.

광센서 조광제어시스템은 실내로 유입되는 주광의 양만큼 작업면 직정도에 맞춰 인공조명을 제어함으로써 소비 에너지를 절약하는 시스템이다. 즉, 광센서를 이용하여 주광을 적극적으로 활용하고 인공조명의 에너지 부하를 최소화하여 주광과 인공조명에 의한 작업면조도가 항상 설정한 목표조도를 유지할 수 있도록 하는 시스템이다[2]. 이러한 시스템은 형광램프를 주 광원으로 사용하며 보조적으로 주광을 활용할 수 있는 곳이라면 어디든지 적용 가능하다. 특히, 많은 형광램프가 사용되며 주광이 잘 들어오는 도심의 고층 사무소 건물에 적용하게 되면 더욱 큰 에너지 절약효과를 기대할 수 있다.

현재 이러한 광센서 조광제어시스템을 적용하여 시스템의 연동 및 성능평가에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 기존 및 신축 건축물의 조명환경에 적절히 적용할 수 있는 구체적인 기술적 연구가 함께 진행되고 있다. 이는 에너지 절약의 방편일 뿐만 아니라 건축적으로도 친환경적인 작업공간 창출이라는 새로운 디자인적 접근으로써 효율적인 실내 조명환경 개선이라는 장점이 있다

1.2 연구의 목적

광센서 조광제어시스템은 주광을 최대한 활용하여 인공조명과 적절히 조화를 통해 소비 전기에너지의 절약뿐만 아니라 쾌적한 시환경을 제공하는데 주 목적이 있다. 이를 위해서는 실제 시스템을 적용하였을 때 주광을 고려한 작업면조도가 설정한 목표조도에 일정한 수준으로 유지되어야 하며, 시스템을 제어하는데 있어서 정확한 보정 및 제어기율기를 통한 조광이 가능하여야 한다. 본 연구에서는 실제 시스템 적용시 발생할 수 있는 안정성의 문제점을 고찰하고 시스템을 수정·보완하여 최종의 목표인 최적의 광센서 조광제어시스템이 구동될 수 있도록 시스템을 조율하고자 한다.

1.3 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 광센서 조광제어시스템을 실제 공간에 적용하여 시스템의 성능평가를 진행하였다. 시스템 성능평가는 안정성 평가와 경제성 평가로 나누어 시스템을 구동할 때 얼마만큼 목표조도를 정확히 유지하며 주광의 유입에 따라 변화하는 실내조도에 능동적으로 반

응하는지 알아보았다.

본 연구의 절차로써는 우선 작업면조도와 센서 시그널과의 상관성이 가장 좋은 청천공의 천공상태에서 시스템을 보정하여 구동하였다. 이는 시스템의 구성상 측정된 센서값과 이를 근거로 제어기출기를 결정하는 관계에서 센서 시그널의 상관성이 가장 좋은 천공상태에서 시스템을 보정하고 구동시켜 그 때의 발생하는 문제점을 수정·보완함으로써 최적의 시스템을 구축하고자 하였기 때문이다.

본 연구에서는 실제 실험공간에 고정된 하드웨어 구성요소의 수정을 통한 방법이 아닌 소프트웨어의 제어기출기를 보정하여 목표조도를 적절히 유지할 수 있는 안정적인 시스템 운용방안을 모색하였다. 또한 청천공의 상태에서 시스템을 보정하여 절약된 전기 에너지량과 수정·보완된 제어기출기에 의해 구동된 시스템의 전기 에너지 절약량을 비교·분석하여 경제성 평가를 실시하였다.

2. 이론적 배경

2.1 광센서 조광제어시스템의 구성

광센서 조광제어시스템은 크게 시스템의 물리적인 기능을 담당하는 하드웨어와 시스템을 구동시키는 소프트웨어로 구분할 수 있다. 하드웨어 측면에서의 시스템 구성은 실내로 유입되는 주광을 측정하는 광센서부와 조명제어의 핵심을 이루는 조명 제어관리시스템(Main Computer) 및 데이터를 주고받을 수 있는 제어기들로 이루어져 있다. 이 때, 광센서의 센서값 전송과 메인 시스템에서 오는 조광값 및 각종 데이터 처리를 위한 그룹 제어기, 그리고 그룹 제어기에서 보내는 디지털 신호의 조광값을 변환하여 조광용 안정기를 구동하기 위한 변환기들이 시스템의 주요 하드웨어 구성요소들이다.

소프트웨어 측면에서의 시스템 구성은 실내로 유입되는 주광에 따른 인공조명의 조광율을 결정하는 제어 알고리즘과 시스템을 효율적으로 모니터링하며 제어기능을 하는 제어 소프트웨어로 이루어진다. 제어 알고리즘은 광센서에서 감지한 센서 시그널값을 기초로 제어되는 물리량을 정확하게 결정하여 조광용 안정기로 출력값을 보내는 역할을 수행한다. 일반적으로 사용되는 기본 제어 알고리즘으로는 적분제어(Integral control), 오픈루프 비례제어(Open loop proportional), 크로즈드루프 비례제어(Closed-loop proportional)가 있으며, 본 연구에서는 크로즈드루프 비례제어방식을 시스템에 적용하여 성능평가를 수행하였다. 보통 크로즈드루프 비례제어방식은 광센서가 주광과 인공조명의 광량을 동시에 감지하기 때문에 센서 시그널이 항상 일정하지 않아 주광이 없는 야간에 보정을 실시한다. 또한 작업면조도와

광센서에 의해 감지되는 조도의 합이 미리 설정한 목표 조도값과 같아질 때까지 보정을 통하여 결정된 제어기출기에 의해 조절된다. 여기서 미리 설정한 목표 조도는 야간에 인공조명의 100% 출력에 해당하는 값을 의미한다[3]. 그림 1은 크로즈드루프 비례제어방식의 제어 알고리즘을 나타낸다.

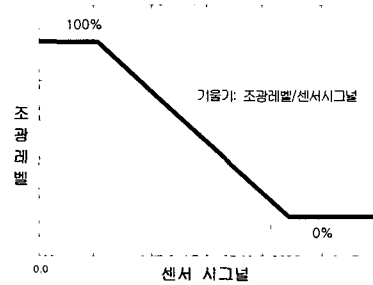


그림 1. 크로즈드루프 비례제어방식
Fig. 1. Closed-loop proportional control

제어 소프트웨어는 정확한 시스템 유지를 위한 보정 및 스케줄링이 가능하며, 각 제어 유닛간 신호통신을 모니터링 하여 그룹 제어기의 조광율을 조절할 수 있는 기능을 가진다. 그림 2는 본 연구에서 개발한 제어 소프트웨어로써 그룹제어기를 모니터링 하는 시스템 관리부의 모습을 나타낸다[4].

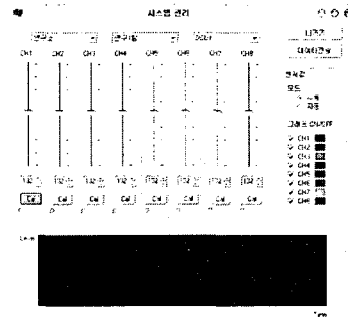


그림 2. 제어 소프트웨어의 시스템 관리부
Fig. 2. System management of control software

2.2 시스템 보정

크로즈드루프 비례제어에 의한 시스템에서 작업면조도를 광센서의 반응으로 측정된 조도는 미리 설정해 놓은 목표조도와 같은 크기가 될 때까지 제어기출기에 의해 조절된다. 미리 설정한 목표조도를 정하는 방법으로는 앞 절에서 언급한 것처럼 야간에 인공조명이 100% 출력될 때의 작업면조도값으로 설정한다. 만약에 광센서가 인공조명을 제외한 주광만을 측정한다면 오픈루프 비례 컨트롤을 적용해야 하는데, 이 경우 실내로 입사

되는 주광의 양이 일정하지 않기 때문에 시시각각 변화하는 제어기술기에 의해 재실자들이 시각적 불편감을 느낄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 재실자에게 직접적인 영향을 미치는 작업면조도를 고려한 크로즈드루프 비레 컨트롤을 적용하였다.

본 연구에서 제어기술기(Mcl)를 구하는 식은 다음과 같다.

$$Mcl = \frac{-Ed}{(Eem - Ed) \times Sem + Eem \times (Sd - Sem)} \quad (\text{식 1})$$

- Sd = 보정시 센서 시그널값
- Ed = 보정시 주광에 의한 작업면조도값
- Eem = 야간 조명기구 100% 출력시 작업면조도값
- Sem = 야간에 조명기구 100% 출력시 센서 시그널값
- Mcl = 제어기술기

위의 과정으로 제어기술기를 구하면 시스템이 설정된 기술기에 맞춰 조광제어를 하게 되는데, 이 때 얼마만큼 조광제어를 하여야 하는지를 나타내는 조광레벨(δcl)을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\delta cl = Mcl \times (St - Sem) + 1 \quad (\text{식 2})$$

- δcl = 조광레벨
- St = 현재 센서시그널값

3. 시스템 성능평가

3.1 시스템 성능평가 방법

본 연구에서는 실제공간에 크로즈드루프 비레 제어 알고리즘에 의해 제어되는 광센서 조광제어시스템을 적용하여 안정성 평가와 경제성 평가를 실시하였다. 안정성 평가방법으로는 주광을 배제한 야간 인공조명 100%의 작업면조도를 목표조도로 설정하고 시스템 구동시 이 값을 얼마만큼 잘 유지하는지 분석·평가하였다. 이 때 측정에 적용된 광센서 포도셀이 0°, 즉 센서 직하부에서 100lx의 조도대비 센서 시그널 1의 범위를 갖기 때문에 이것을 고려하여 목표조도(765lx)의 약 ±10%를 유지할 때 시스템이 안정적으로 구동된다고 평가하였다. 이는 사람의 시각특성 중 기준조도 20% 이내의 변화를 잘 인식하지 못한다는 것을 감안할 때 시스템이 설치된 공간의 재실자들에게 시각적인 불편감을 주지 않는 목표조도의 약 ±10%(전체 20%)의 선정이 타당하다고 할 수 있다[5].

본 연구에서는 야간의 목표조도를 100%로 설정한 후 수동으로 인공조명에 의한 작업면조도와 해당하는 조광율을 측정하여 작업면조도가 목표조도와 차이가 있을

때 이를 바탕으로 시스템의 안정성을 비교·평가하였다. 그림 3은 인공조명을 수동으로 설정하여 변화하는 조광율과 그 때의 작업면조도를 나타낸 그래프이다.

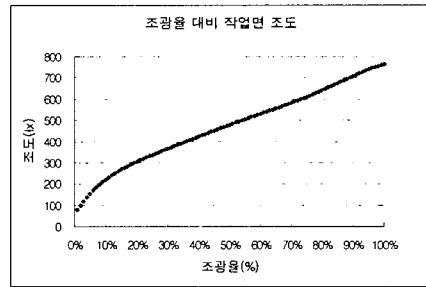


그림 3. 조광율 대비 작업면조도
Fig. 3. Illuminance of workplane to dimming percent

경제성 평가방법으로써는 시스템이 작동하고 있을 때의 소모 전력을 실내 분전반(EPS)에 전력계를 설치하여 데이터를 저장하고 이를 분석하여 절약된 전기 에너지를 산출하였다.

시스템 성능평가는 S대학교 내의 조명실험실에서 실시하였다. 측정공간은 9.6m×9m로 북향으로 개구부(창)가 조성되어있으며(반사율: 89%), 이 개구부를 제외한 나머지 벽면이 동일한 반사율을 갖도록 실험환경을 조성하였다. 조명기구는 알루미늄 반사갓을 갖는 32W 2등용 형광등기구로 실 전체에 12개의 기구가 균등하게 배열되어 있으며, 측정시 실내쪽 2열(6개 조명기구)만 점등하여 시스템을 구동하였다. 광센서는 조명기구의 배광에 직접적으로 노출되지 않도록 중앙지점으로부터 0.5m 떨어진 천장에 설치하였다. 그림 4는 시스템 성능평가가 실시된 측정공간의 평면을 나타낸다.

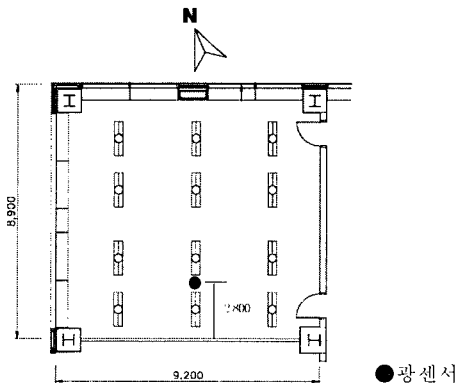


그림 4. 시스템 측정공간 평면도
Fig. 4. Plane for measurement space

실의 조도 데이터는 천장에 부착된 광센서와 동일 평면으로 일반적인 작업면 높이(바닥면 위 85cm)에서 조도센서로 측정하였으며, 이 측정값은 데이터로거에 의

해 5초 간격 측정, 5분 동안의 평균값으로 저장하였다. 측정시간은 오전 6시부터 오후 21시까지 실시하였으며, 이 때 조광용 안정기에 의해 제어되는 조광레벨(0~255 단계)과 센서 시그널 데이터를 메인 컴퓨터로 저장하였다. 실의 전력량 데이터는 정확한 측정을 위해 전력을 담당하는 실내 분전반에서 전력계를 직접적인 노드에 연결하여 5분 동안 평균값으로 저장하였다.

3.2 시스템 보정

광센서 조광제어시스템은 광센서에 의해 실내 작업면조도를 측정하고 초기 설정한 목표조도에 상응하여 실내 조명기구의 조광을 제어하는 인공지능적인 시스템이다. 이 때 목표조도에 상응하여 조광량을 결정하기 위해 시스템 보정에 의한 제어기율기의 크기가 결정되어야 하는데, 이는 천공상태에 따라 다른 값을 갖게 된다. 선행연구에서 시뮬레이션에 의한 제어기율기의 상관성이 보정시기의 천공상태와 같은 천공의 조건을 가질 때 가장 좋은 것으로 나타났고, 다른 천공 상태였을 경우 청천공 > 부분담천공 > 담천공의 순으로 상관성이 높았다[6]. 이는 시스템을 보정할 때 청천공의 상태에서 제어기율기를 결정하는 것이 시스템 운용상 가장 좋다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 이를 근거로 제어기율기의 상관성이 가장 높은 청천공의 상태에서 보정하여 시스템을 구동하였다. 이는 상관성이 가장 좋은 천공상태에서 보정하고 시스템을 구동시켜 그 때의 발생하는 문제점을 수정·보완함으로써 최적의 시스템으로 구축하고자 하였기 때문이다. 표 1은 청천공 상태에서의 시스템 보정값을 나타낸다.

표 1. 청천공 상태에서의 시스템 보정값
Table 1. Calibration values of sky condition

천공상태	보정값			
	Sd	Ed	Sem	Eem
청천공	56	356	56	747

3.3 천공상태에 따른 성능평가

본 연구에서는 2005년 10월 5일(오후 12시) 청천공의 천공상태에서 시스템 보정을 실시한 뒤 작업면조도와 센서 시그널을 측정하여 성능평가를 수행하였다. 조광율 0%는 안정기에 최소전압이 공급되어 형광램프가 거의 점멸된 상태를 의미하며, 조도는 목표조도를 기본으로 각각 범위를 갖는다. 그림 5~6은 보정 후 시스템 조광율과 조도를 측정시간으로 나타낸 그래프이다.

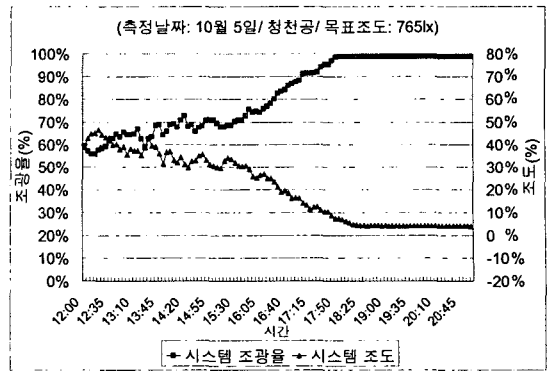


그림 5. 측정 데이터 1
Fig. 5. Measurement of Data 1

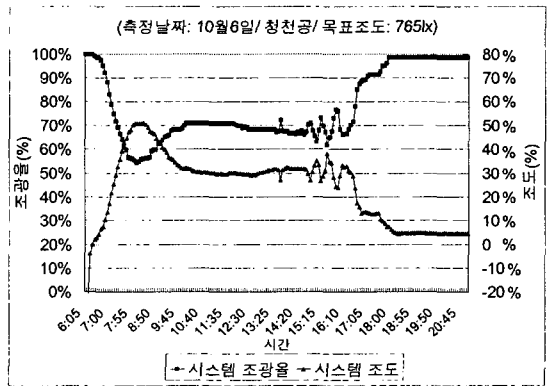


그림 6. 측정 데이터 2
Fig. 6. Measurement of Data 2

시스템 안정성 평가로는 작업면조도가 전체 측정시간 동안 목표조도(765lx)보다 높은 값인 평균 937lx를 선회하고 있음을 알 수 있다. 이는 전체 측정시간 동안 주광과 인공조명에 의한 작업면조도를 평균 937lx로 가정하면 목표조도와 차(937-765)인 172lx가 순수 주광에 의한 최소 조도임을 추산할 수 있다. 역으로 목표조도에서 주광에 의한 최소 평균조도와 차이를 감안 593lx가 최대 인공조명만의 출력범위(0~593lx)라고 할 수 있다. 이 출력범위는 그림 3에 의해 0~55%의 조광율을 나타내는데, 전체 측정시간동안의 평균 조광율이 79%이므로 최소 24% 이상이 더욱 조광되어야 함을 알 수 있다. 또한 조도센서가 놓인 위치가 실내쪽으로 깊이 들여진 곳임에도 불구하고 일몰 전까지 목표조도의 10% 이상을 선회하고 있고 일몰 후에 목표조도에 상응하는 것을 볼 때 시스템이 주간에 인공조명을 적절히 제어하지 못하고 있다는 것을 알 수 있다.

경제성 평가에 있어서는 목표조도를 기준으로 하루 평균 조광에 의한 전기 에너지 절약량을 산출하였는데, 전체 측정시간동안 평균 13%(전체 384W 중 평균 334W

사용)의 소비전력을 절약하였다. 이는 시스템의 수정·보완을 통하여 최소 24% 이상을 조광하게 되면 더욱 많은 양의 소비전력을 절약할 수 있다.

4. 시스템 성능향상을 위한 제어기율기 수정

4.1 시스템 보정에 의한 제어기율기 오차

본 연구에서는 청천공 상태에서 시스템 보정을 한 후 결정된 제어기율기로 조광을 실시하였으며, 그 결과 3장의 성능평가를 통해 시스템이 주간에 인공조명을 적절히 제어하지 못하고 있다는 것을 알 수 있었다. 이는 동일한 작업면조도에 해당하는 주광에 의한 센서 시그널(Sd)과 인공조명에 의한 센서 시그널(Sem)이 일치하지 않기 때문에 이 값들을 통해 제어기율기를 구할 때(식 1) 그 차이만큼 기율기에 오차가 발생한 것이다. 즉, 제어기율기를 결정하는 수식은 주광 및 인공조명에 의한 센서 시그널이 한 기율기 선상에 있다는 논리로 전개되었는데 실제로 다른 기율기를 갖기 때문에 시스템 구동을 위해 정확한 제어기율기가 결정되지 못한다. 이는 센서가 주광에 의해 직접적으로 반응하는 것과 인공조명의 반사값에 의해 바닥면에 반사된 빛에 간접적으로 반응하는 민감도가 다르기 때문에 발생한다. 이를 보완하기 위해서 각각 다른 기율기를 갖고 있는 센서 시그널이 일치 할 수 있도록 수식에 보정을 해주거나, 시스템의 원리를 이용하여 입사되는 주광과 인공조명과 합이 목표조도를 항상 만족하도록 제어기율기를 임의로 수정해주는 방법이 있다. 본 연구에서는 제어기율기를 임의로 수정하여 작업면조도가 항상 목표조도를 만족할 수 있도록 시스템을 최적화 하였다. 그림 7은 같은 작업면조도시 주광에 의한 센서값과 인공조명에 의한 센서값을 비교한 것이다.

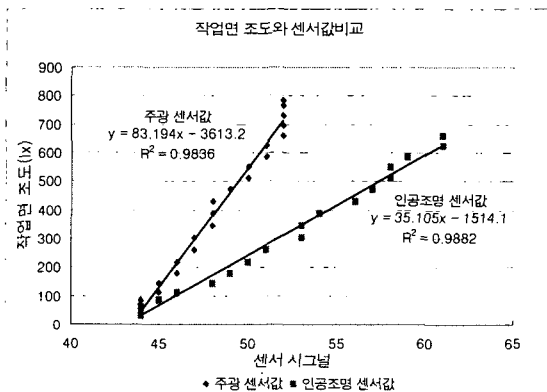


그림 7. 주광 및 인공조명에 의한 센서값 비교
Fig. 7. Sensor signal by daylight and artificial lighting

4.2 제어기율기 수정방법

같은 작업면조도에 대한 주광과 인공조명에 의한 센서 시그널 값이 다른 광센서의 하드웨어적인 문제가 시스템 보정을 통한 제어기율기 결정에 있어서 오차를 발생시켜 능동적인 조광이 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 설치된 시스템의 하드웨어적인 수정·보완이 아닌 제어기율기의 수정을 통하여 시스템의 안정성을 향상 시키고자 하였다. 그림 8은 시스템 성능향상을 위한 제어기율기의 수정과정을 나타내며, 그림 9는 이 과정을 통하여 수정·보완된 제어기율기를 나타낸다. 이 때 1차로 표시한 수정 후 제어기율기를 상관성이 높은 6차 함수로 나타내어 좀 더 정확한 제어기율기를 선정하고자 하였다.

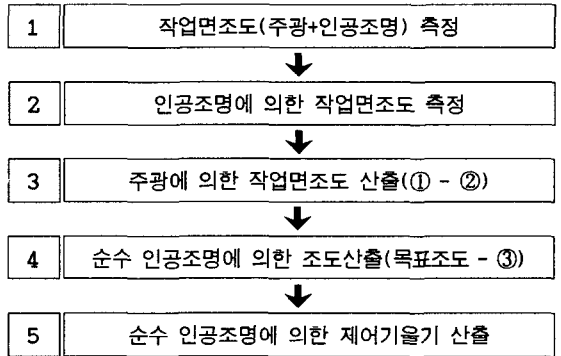


그림 8. 제어기율기 수정과정
Fig. 8. Process of control slope

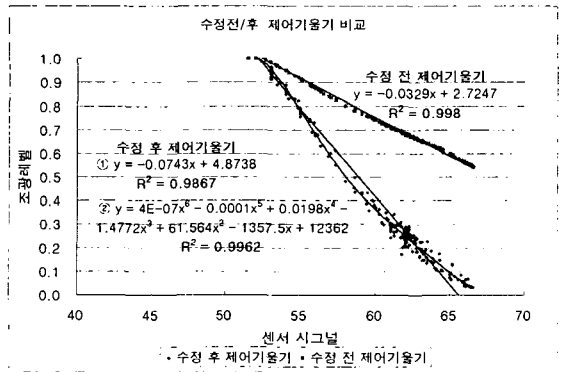


그림 9. 수정 전, 후의 제어기율기 비교
Fig. 9. Comparison of control slopes

4.3 수정·보완된 제어기율기 적용

본 연구에서는 그림 8의 제어기율기 수정과정을 통하여 산출된 값을 적용하여 시스템을 구동하였다. 먼저 안정성 평가에 있어서 그림 10에서와 같이 측정시간 동안의 작업면조도가 한 낮을 제외하고 목표조도의 ±10%

를 만족하고 있다는 것을 볼 수 있다. 이는 측정시간 동안 천공상태가 담천공이지만 기본적으로 천공에 의해 반사되는 빛이 실내로 유입되는 것을 고려할 때 목표조도를 적절히 유지하고 있으며, 시스템 조광율도 최저값 범위를 유지하고 있기 때문에 시스템의 조광이 적절히 이루어지고 있다고 할 수 있다. 또한 일몰 후 작업면조도가 목표조도를 일정하게 유지하고 있기 때문에 제어기율기 수정 후 시스템이 더욱 안정적으로 구동되고 있음을 알 수 있다.

제어기율기 수정 후 경제성 평가에 있어서 목표조도를 기준으로 측정시간동안 평균 20%(전체 384W 중 평균 311W)의 전기에너지를 절약하였다. 이는 천공상태가 담천공에서 청천공으로 변하여 주광의 유입량이 증가하게 되면 시스템을 통해 더욱 많은 에너지 절약을 기대할 수 있다. 그림 10은 수정된 제어기율기를 적용하여 시스템을 구동시킨 그래프이다.

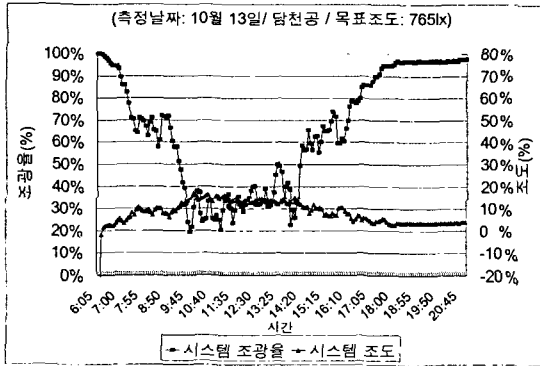


그림 10. 제어기율기 수정후 측정 데이터
Fig. 10. Measurement of data after modification

5. 결론 및 향후연구

광센서 조광제어시스템에서 조광율을 결정하는 제어기율기는 관계식에 의해 주간의 주광에 의한 작업면조도(E_d)와 센서시그널(S_d), 야간의 최대 인공조명에 의한 작업면조도(E_{em})와 센서시그널(S_{em})에 의해 결정되어진다. 이 때, 주간의 주광에 의한 작업면조도와 센서시그널은 측정시간마다 그 값이 달라져 다른 제어기율기를 결정하게 된다. 본 연구에서는 측정시간마다 달라지는 주광에 의한 조도와 센서 시그널에 의해 결정되는 제어기율기를 최적화하기 위해 시스템의 원리를 이용하여 목표조도를 기준으로 순수 인공조명만의 필요량을 산출하였다. 또한 이 값을 근거로 순수 인공조명의 필요량에 부합하는 제어기율기를 선정하여 시스템을 구동한 후 성능평가를 수행하였다. 표 2는 제어기율기의 수

정 전, 후의 시스템 성능평가를 나타낸 것이다.

표 2. 제어기율기 수정 전, 후의 성능평가
Table 2. Evaluation of modified control slope

비 고	수정 전	수정 후
안정성	목표조도 $\pm 10\%$ 이상	목표조도 $\pm 10\%$ 이하
경제성	소비전력 13% 절약	소비전력 20% 절약

향후에는 제어기율기에 영향을 주는 광센서의 민감도를 고려하여 제어기율기를 결정하는 관계식을 보완할 것이며, 도출한 제어기율기를 다양한 천공상태별로 적용한 후 성능평가와 수정·보완 과정을 통하여 시스템을 최적화할 수 있도록 연구를 진행할 것이다.

감사의 글

본 연구는 에너지관리공단 2003년 에너지자원기술개발 사업 연구비에 의하여 연구되었음.

(과제번호: 2003-E-EL01-P-04)

참 고 문 헌

- (1) 육정원, 사무소 건물의 에너지 절약적 조명설계 및 제어, 한양대학교 석사논문, 1998.12.
- (2) 최안섭 외, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동 제어 시스템의 개발연구, 삼성물산(주) 건설부문 기술 연구소, 1998.12.
- (3) O'Connor, J. Tips for Daylighting with Windows, 1997.
- (4) 황민구, 광센서 조광제어시스템의 성능향상을 위한 소프트웨어 개발, 한국조명설비학회학술발표논문집, 2005.5.
- (5) Yukio Akashi and Jason Neches, Detectability and Acceptability of Illuminance Reduction for Load Shedding, JOURNAL of Illuminating Engineering Society, pp.3-13, winter 2004
- (6) 정근영, 광센서 조광제어시스템의 광센서 방향성과 위치에 관한 시뮬레이션 연구, 세종대학교 대학원 석사논문, 2003.2.