

주광이용 조광제어에 필요한 하드웨어의 성능평가

본고에서는 실내의 조광제어 핵심 하드웨어인 광센서와 조광용 안정기의 특성을 소개하고, 실험에 의한 성능분석을 통해 광센서 조광제어시스템의 정확성 향상에 기여하고자 한다.

최 안 섭

세종대학교 건축공학부 (aschoi@sejong.ac.kr)

머리말

실내에서 조명을 제어한다는 의미는 인공광원의 빛을 필요로 하는 공간에 적당한 양만큼 적절한 시간에 공급해주는 것이라 할 수 있다. 실내공간에 적당한 양을 공급하기 위해서는 설치된 조명시스템의 광속량을 변화시켜야 하는데, 과거에는 인공광원을 소등하거나, 또는 2~3 단계적 광속변화를 통해 조명시스템을 제어하였다. 그러나 조명제어의 목적이 공간의 미적창출, 공간의 사용 편리성, 에너지 절감 등으로 다양화됨에 따라 인공광원의 광속을 순차적으로 변화시켜 주는 조광제어(dimming)가 일반화되고 있다. 백열램프는 램프의 특성상 조광제어가 용이하나, 형광램프는 정확한 조광제어를 위해서는 별도의 조광용 안정기가 필요하다.

그린빌딩, 친환경 건축물 등의 필요성이 제기되고 있는 현실에서 주광의 이용은 가장 손쉽게 접근할 수 있는 아이템이다. 실내로 유입되는 주광을 효과적으로 이용하기 위해서는 조명시스템의 조광제어를 통해 주광이용을 극대화 할 수 있다. 광센서 조광제어시스템이라 명명되고 있는 이 시스템은 실내로 유입되는 주광의 양을 광센서로 감지하여 자동으로 인공조명의 밝기를 조절함으로써 미리 설정해 둔 조도값으로 실내조도를 항상 일정하게 유지시켜 주는 인공 지능적인 시스템이다. 이러한 시스템에 의한 에너지 절감량은 공간의 방위 및 형태, 창문의 면적, 위치 및 형태, 유리의 투과율 및 반사율 등 다

양한 요소에 의해 영향을 받는데, 약 30~60%의 조명용 에너지가 절약 가능하다. 특히, 시스템의 효율적인 적용과 운영을 위해서는 유입된 주광량과 그에 따라 계속적으로 조광제어되고 있는 인공광원의 광속량을 정확히 감지할 필요가 있다. 그래서 광센서에서 측정된 주광과 인공광원의 광속량에 의해 형광램프의 적절한 조광비율을 결정하여 공간에서 요구되는 조도를 만족하게 하는 것이다. 광센서의 측광량과 작업면 조도의 비율을 근거로 측광량을 작업면 조도로 환산하여 원하는 작업면 조도가 달성되도록 조광비율을 결정하는 것이다. 시스템을 처음 설치할 때의 보정과정을 통해 광센서의 측광량과 작업면 조도와 비율이 결정되며, 조명제어 기판 별도의 하드웨어나, 또는 제어 알고리즘이 내장된 PC 소프트웨어를 통해 이러한 일련의 비율 결정작업이 수행된다. 결정된 조광비율의 신호는 조광용 안정기로 보내져 원하는 조광제어를 가능하게 하는 것이다.

실내공간으로 유입되는 주광량의 계속적인 변화와 관계없이 원하는 조도를 지속적으로 유지하기 위해서는 공간의 정확한 광량을 측정하는 광센서와 원하는 광속조절을 이룩하기 위한 조광용 안정기의 성능이 결정적인 영향을 미친다. 그래서 본고에서는 실내의 조광제어 핵심 하드웨어인 광센서와 조광용 안정기의 특성을 소개하고, 실험에 의한 성능분석을 통해 광센서 조광제어시스템의 정확성 향상에 기여하고자 한다.

광센서(그림 1, 2)는 빛의 양을 탐지하여 인공조명의 출력값을 조절할 수 있게 하는 전기적 장치로 포토셀, 관련된 회로, 케이스로 이루어져 있다. 포토셀은 silicon photodiode나 silicon photovoltaic cell이 주로 이용되며, 측정된 조도값을 전압으로 변환하여 출력한다. 포토셀의 사양에 따라 측정이 가능한 최대 조도값이 결정되며, 출력전압은 단위 lux의 값으로 표현될 수 있다. 이렇게 출력된 전압은 조명 제어기로 전달되어 필요한 조광비율을 결정하는 것이다. 인간 눈의 시각적인 반응을 포토셀의 스펙트럼 반응으로 만들기 위해 필터를 포함하기도 한다(photopic correction).

조광제어시스템의 목적은 공간 작업면의 적정한 조도를 유지하는 것이기 때문에 광센서의 측광량과 작업면 조도 사이의 관계를 이해하는 것이 매우 중요하다. 가구의 배치, 분할, 표면 반사, 주광이 입사하는 방향, 작업면 조명의 사용, 거주자의 위치 등이 광센서의 측광량과 작업면 조도 사이의 관계에 영향을 미친다.

광센서는 주로 천장에 설치되나, 작업면에서의 조도변화가 광센서의 설치 및 위치선택에 영향을 미치고 있다. 일반적으로, 광센서 제조업자들은 광센서의 위치 및 조준에 대한 사양을 제공한다. 주광의 양을 받는 작업면 위에 광센서를 조준하기도 하며, 직접광 측광 또는 작업면 반사 변화의 영향을 피하기 위해 내부벽으로 향하여 광센서를 조준하기도 한다. 또한, 주광의 직접 노출로부터 광센서를 보호하면서

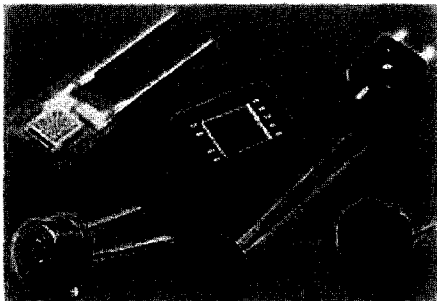
테스트한다. 이러한 여러 사양들이 있지만, 일반적으로 광센서는 광센서에 의해 제어되는 공간의 약 2/3깊이에 주로 설치된다. CEC(california energy commission)는 광센서의 위치가 창문으로부터 5m 이상일 경우, 주광의 유입이 충분하지 않기 때문에 창문에서부터 약 3m의 위치가 가장 합리적이라고 제안하고 있다. 정확한 광센서의 위치선택을 위해서는 인공조명시스템의 배광형태도 종합적으로 고려되어야 한다.

작업면 조도와 광센서 측광량과의 비율을 설정하는 것이 시스템의 보정작업(calibration)인데, 이 작업은 광센서 민감도를 조정하는 작업으로 볼 수 있다. 또한 LLD(lamp lumen depreciation)를 조정하기 위해 인공조명 시스템을 초기에 최고 광속출력에 계획된 작업면 조도보다 더 높게 조도를 제공해야 하며, 민감도는 계획된 작업면 조도가 도달될 때까지 증가시켜야 한다. 이러한 보정작업은 조광시스템에서는 가장 중요한 역할을 하는 것으로, 잘못된 보정은 공간에서 요구되는 조도를 제대로 실행할 수 없는 결과를 초래하여, 시스템 신뢰성에 큰 영향을 미친다.

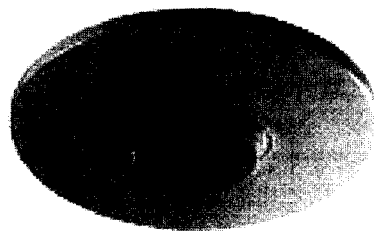
광센서 Spatial(방향성) 반응과 Spectral(스펙트럼 파장) 반응

1) Spatial Response

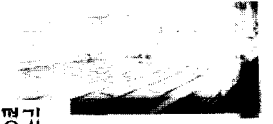
Spatial 반응은 서로 다른 방향으로부터 입사된 복사에너지에 대한 광센서의 민감도를 표시한 것으로



[그림 1] 광센서용 포토셀



[그림 2] 광센서



광센서 측광방향에 대한 민감도를 나타낸다. Spatial 반응은 일정한 광원하에서 서로 다른 수평각과 수직각의 위치에서 출력전압이 측정되어지고, 이를 0과 1의 범위의 상대적인 값으로 표현한다. Spatial 반응은 narrow와 wide 둘 중 하나로 분류되어진다. 반응이 narrow하면 광센서가 측광하는 면의 휘도에 좀더 민감하게 반응하고, 면의 휘도는 면에서 조도와 면에서의 반사 요소에 바로 비례하고 조도 변화를 효과적으로 추적할 수 있다. 특히 측광방향에 따라 측광량의 차이가 많이 발생할 수 있으며, 시각각도는 작아지고 조준된 반사 성질의 변화에 매우 민감하게 된다. wide spatial 반응은 일반적인 조도계의 측정원리에 근거한 것으로 코사인 spatial 반응을 한다. 수직적으로부터 측정된 각의 기능으로써 반응의 중대성 때문에 소위 코사인 각에 바로 비례적이다. wide spatial 반응의 어려움은 천장 조도가 보통 작업면 조도와 일치하지 않는다는 것이며, 작업면과 천장 조도는 인공조명과 주광변화의 비례로 인해서 도 서로 다르게 될 수 있다.

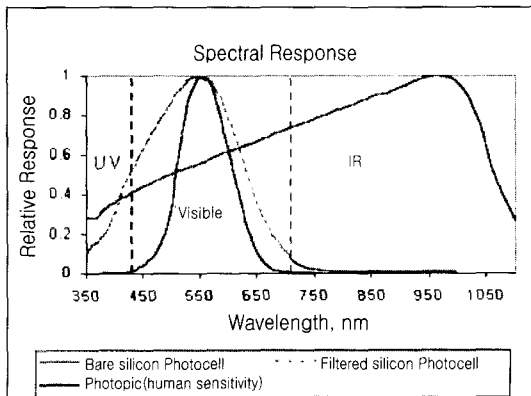
2)Spectral Response

Spectral 반응은 가시광선내 각 파장의 Optical radiation에 대한 광센서의 민감도를 나타낸 것으로 (그림 3) 광센서에 사용된 포토셀은 인간 눈으로 보는 것보다 파장의 Wide range에 민감하다. 주광과 형광램프는 스펙트럼의 구성이 다르다(그림 4). 주광은 비교적 스펙트럼의 자외선, 적외선, 가시광선

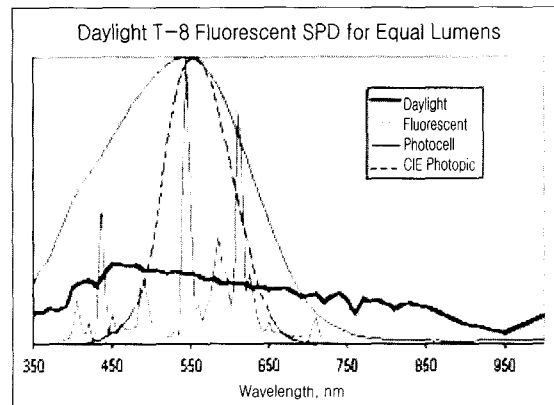
의 지역 에너지가 일정한 분포를 가지므로 정확한 스펙트럼이 주변건물과 나무의 잎에 영향을 받는 것 뿐 만 아니라 날씨조건, 시각, 계절에 의하여 변화하는데 비해, 형광램프는 가시광선의 민감도가 높은 스펙트럼의 지역에서 대부분 출력이 집중되어졌다. 대부분 광센서의 이상적 Spectral 반응보다 더 넓게 결합된 주광의 자외선과 적외선은 형광램프로부터의 빛보다 주광에 훨씬 더 큰 민감도를 보이며, 이것은 광센서가 실제 존재하는 것 보다 더 많은 주광이 존재한다는 것으로 판단하여 많은 인공조명을 조광한다는 것이다. 주광의 상대적 스펙트럼 항목은 외부에서보다 실내에서 차이가 있고 창문의 투과재질과 실내표면의 반사 재질은 내부 주광 스펙트럼에 영향을 줄 수 있다.

광센서의 특징 고찰

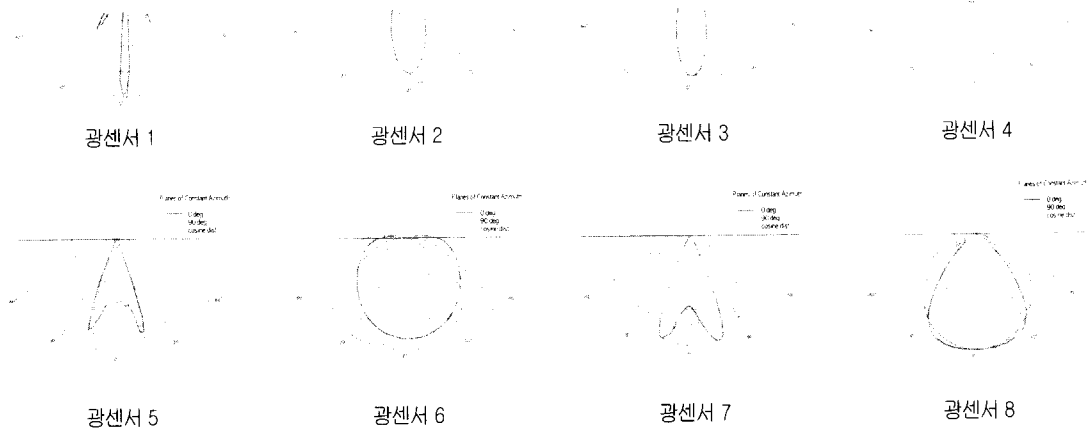
미국의 LRC(lightning research center)에서 서로 다른 8개의 광센서 제품의 Spatial 민감도와 Spectral 반응 특성을 조사하였다. 특정한 방향성에서 광센서의 상대적 민감도는 최고 민감도의 방향성에서 상대적인 값으로 표준화된다. 그림 5의 광센서 1은 독특한 Spatial 민감도를 가지고 있고, 그와 비슷한 좁은 반응은 광센서 2와 3에서 찾아볼 수 있다. 반면, 광센서 5와 7은 Cone-shape반응을 가진다. 광센서 4, 6, 8은 코사인 반응과 비슷한 폭넓은 Spatial 민감도를 가지고 폭넓은 반응을 대표하는 광센서의 민감도를 보여준다. 8개 광센서의 상대적 Spectral반응은



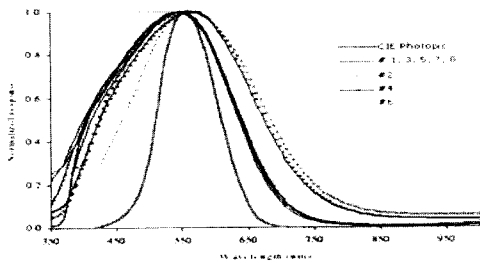
[그림 3] Spectral 반응



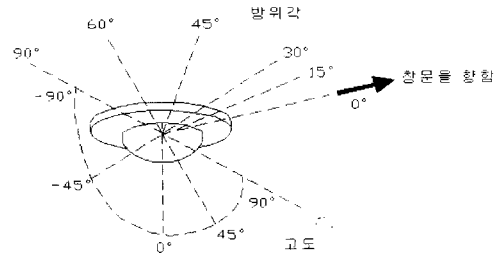
[그림 4] 주광과 형광램프의 spectral 반응



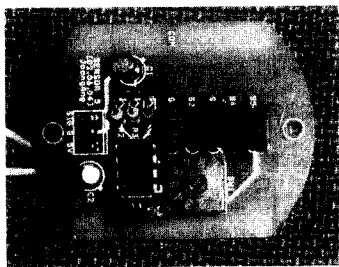
[그림 5] 광센서 spatial 반응



[그림 6] 광센서 spectral 반응



[그림 7] 측정 광센서 모양



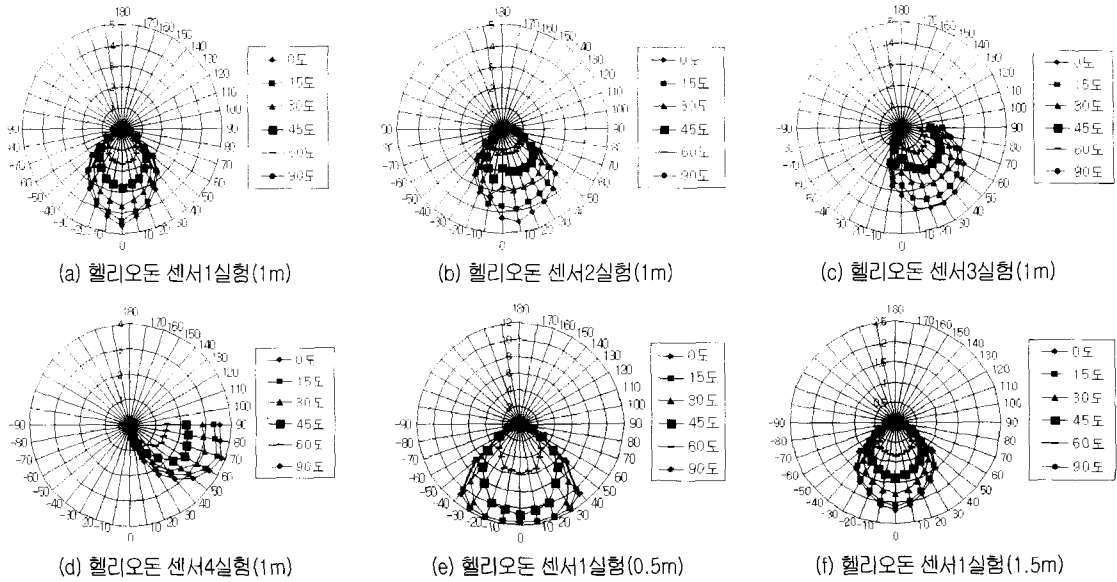
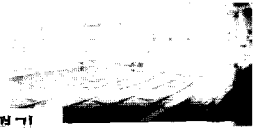
[그림 8] 인버터의 기본구성

그림 6에 나타나 있다. 모든 반응은 광센서 최고의 값에 의해 표준화되어졌고 $V(\lambda)$ 은 인간 눈의 가시광선내의 각 파장별 시각적 반응을 나타내는 것으로 모든 Photometric 측정 단위의 기본이다.

광센서 Spatial 특성 평가를 위한 실험

광센서의 Spatial 특성은 광센서 성능의 정확성에 가장 영향을 미친다. 정확성이란 광센서 본래의 목적에 얼마나 충실한가를 평가하는 것으로, 주로 천장에 설치되는 광센서가 작업면의 조도를 얼마나 정확히 나타내 주는가를 의미한다. 만약 작업면의 조도를 정확히 광센서가 나타내주지 못한다면, 그것은 결론적으로 정확하지 않은 조도가 공간에서 실현되어 시스템 본래의 취지를 상실하게 되는 것이다. 이러한 Spatial 특성의 중요성 때문에 여러 Spatial 분포를 갖는 광센서를 제작하여 각각의 Spatial 특성을 평가하였다 (그림 7, 8).

광센서의 Spatial 반응을 측정하기 위해서는 광센



[그림 9] 광센서의 방향성

서를 헬리오돈 위에 설치하고, 헬리오돈은 수평방향과 수직방향으로 각도를 변화시키면서, 광센서로부터의 반응전압을 측정하고, 그 값들은 최고값을 기준으로 표준화하여 나타내었다. 이를 위해서는 다른 빛의 영향 없이 밤에 빛을 차단하고 0, 30, 60, 90의 방향을 가진 4개의 센서를 이용한 수평, 수직 각도별로 체크하면서 측정하였다. 수직각은 좌우 90도의 범위에서 10도 간격으로, 수평각은 0, 15, 30, 45, 60, 90로 나눠 측정하였고, 램프와 광센서와의 거리는 0.5, 1, 1.5 m로 각각 나눴다(그림 9).

헬리오돈 측정 결과 광센서의 각도가 0도에서 30, 60, 90도로 진행되어 측정되는 과정에서 그 입사하는 광속에 따른 상대적 반응 크기가 0도에서 측광이 수직각 0도를 사이에 두고 비례적 분포를 보이지만 광센서의 각도가 커지면서 그 만큼 한쪽으로 측광이 기울어 가는 모습을 볼 수 있다. 이것은 광센서의 입사광속에 대한 상대적 반응크기가 광센서의 측정 각도에 따라 측광이 달라진다는 것을 알 수 있다. 또한 광센서 거리에 의한 측정에서 1 m보다 가까운 0.5 m의 거리에서 측정한 결과 입사광속의 크기가 측정기구의 범위를 넘어가는 결과값들이 나오는 상황이 발생하여 어느 최대값 이상이면 항상 그 최대값이 나오게

되었다. 그래서 비례적 관계의 그래프가 나오긴 하지만 거리가 1 m일 경우에는 다른 그림이 나오게 되고 거리가 1.5 m일 경우에는 입사광속의 크기값만 다르지 거의 비슷한 비례관계의 그림이 나타났다.

효율적인 광센서 형상에 관한 연구

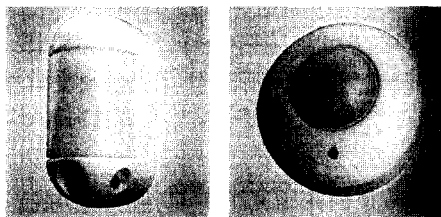
앞에서 언급하였듯이 광센서 조광제어시스템의 신뢰성을 위하여 광센서가 실내로 유입되는 주광의 조도를 정확히 측정하는 것이 중요한 관건이다. 보통 광센서는 천장에 설치되나, 작업면의 조도변화에 따라 광센서 설치 및 위치선정이 달라질 수 있다. 또한, 작업면 조도 측정시 여러 가지 광센서의 조사위치 및 부착위치가 정확한 측정요인으로 작용하기 때문에 이러한 요인들에 대한 능동적인 처리가 가능하도록 광센서 형상에 대한 고려가 필요하다. 뿐만 아니라 대규모 사무소 빌딩들에서 작업의 유동성을 고려하여 오피스 랜드스케이핑 방법을 통하여 재실의 파티션을 나누어 사용하고 있다. 이는 광센서 조광제어시스템의 적용 및 유지관리에 있어서 광센서가 다변적인 재실변화에 대응하여 초기 설치위치의 변화없이 변경된 작업면 조도를 측정할 수 있도록 유동적인 형상으로 디자인 되어야 한다. 즉, 조도의 측

공간의 입구인 정형, 직입관과 같이 고정방향, 조도 주자의 위치변화 등의 요인으로 변경된 작업면을 조사해야 할 필요성이 있기 때문이다. 하지만 기존의 광센서 조광제어시스템에 사용되는 광센서들은 조사방향이 고정되어 있거나 부착면을 기준으로 수직적 움직임만으로 구동하는 형태들이 대부분으로 향후 광센서의 조도 측정시 가변적인 작업면을 조사하기에 여러 가지 문제점을 안고 있다. 이는 유지관리상 부착위치 변경 및 재설치 등의 불가피한 작업을 초래할 수 있다. 그림 10, 11은 기존의 이와 같은 광센서 조광제어시스템에 사용되고 있는 광센서의 형상으로 다변적인 조사방향에 대해 적합하지 못한 형태들이다.

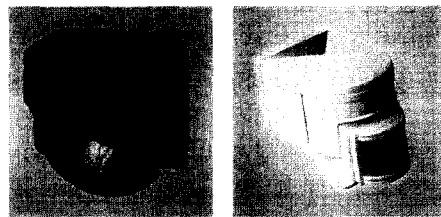
효율적인 광센서의 형상은 광센서의 특정 방향성 및 적용 건물의 시간적 환경변화에 대응하여 조도 측

정범위를 가지고 있는 광센서들과 달리 수직인할 기준으로 광센서의 구체가 수평적 360°, 수직적 90° 폭으로 구동이 가능해야 한다. 그림 12, 13은 이러한 고려사항을 수용한 광센서의 형상을 나타낸 것이다.

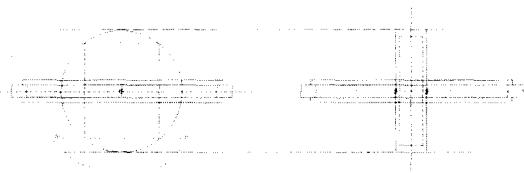
결론적으로 광센서 조광제어시스템의 광센서 형상은 포토셀의 다양한 방향성과 적용될 공간의 시간적 변화에 대응하여 작업면 조도를 정확히 측정해야 한다. 이는 유지관리상 광센서 부착위치의 차후 변경에 대한 대안일 뿐만 아니라 시스템의 정확성 향상을 위하여 광센서의 구동범위가 다 방향적인 특성을 가져야 한다. 또한 광센서 조광제어시스템이 적용될 재질의 향과 면적, 그리고 개구부(창)의 면적에 따라 광센서의 적정 부착위치가 결정되어야 하며 적정 위치가 결정되어지고 나면 작업면에 대한 정확한 조사 각 조정을 위하여 광센서 회전부위 부분에 조사 각



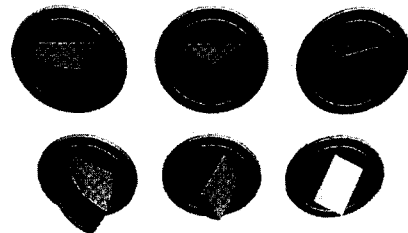
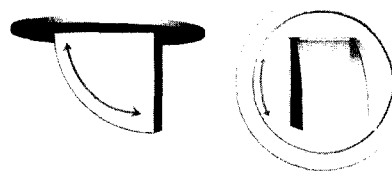
[그림 10] 고정방향 조사 가능한 광센서 형상



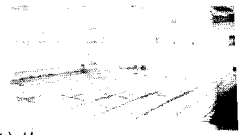
[그림 11] 수직방향만 조사 가능한 광센서 형상



[그림 12] 효율적인 광센서 형상 1



[그림 13] 효율적인 광센서 형상 2



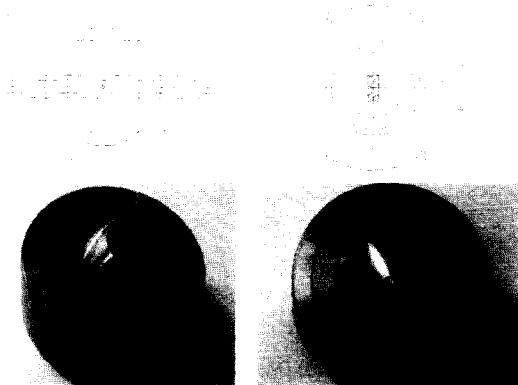
도의 표시 및 일정한 각도에 따른 구동이 함께 이루어져야 한다. 그림 14는 효율적인 광센서 형상의 최종적 대안으로 광센서의 방향성 및 재실 변화에 능동적으로 적용할 수 있도록 계획되어졌다. 즉 광센서 포토셀의 방향성이 협각이나 광각의 특성에 모두 적용될 수 있도록 디자인 되었으며 어떠한 재실의 변화에도 초기 부착위치의 변경없이 간단한 보정을 통해 조도 측정면의 이동이 가능하도록 디자인 되었다. 또한 정확한 측광을 위한 조사각의 표시작업이 다른 디자인에 비하여 용이하며 구성상 간단한 구형과 원판의 결합으로 가공이 간단하다는 장점이 있다. 이는 유지관리시 부품의 교체에도 용이하다. 아울러 광센서가 재실의 천장에 부착되어지는 것인 만큼 재실 감지거나 연기 감지기와 병행하여 매끄러운 반구 돌출형 형태를 취하여 재실자의 시야에 방해가 되지 않도록 디자인 되었다.

조광용 안정기

조광용 안정기의 개요

조광제어시스템을 구동하기 위해서는 기존 형광램프에 사용되는 자기식이나 전자식 안정기와는 별도로 조광전용 전자식 안정기를 사용해야만 한다. 조광용 안정기는 일반 안정기와 달리 램프에 공급되는 전류의 양을 일정한 크기별로 제한하며 그 방법은 다음과 같다.

- 동작 주파수 가변에 의한 램프 전류 조절 방법



[그림 14] 효율적인 광센서 형상 3

- Duty조절에 의한 램프 전류 조절 방법
- 출력단 조절에 의한 램프 전류 조절 방법
- 3선 위상 통제식 방법

조광용 안정기는 안정기와 램프의 결합에 의해 다양한 빛의 출력에서 램프에 공급되어지는 램프전류의 양을 제어할 수 있는 안정기이다. 형광램프에서 조광용 전자식 안정기는 조명시스템에 의해 제공되어지는 조도의 범위를 증가시키고 에너지 절감을 할 수 있다. 대부분 조광용 전자식 안정기는 잡음이 없고 플리커 현상을 일으키지 않음으로써 안정기에 주요한 향상을 가져왔다.

조광용 전자식 안정기에 대한 제어 장치는 자동과 수동 조광기, 주광을 이용할 수 있을 때 램프를 조광하기 위한 광센서, 그리고 밤이나 피크 시간 동안 램프를 조광하기 위한 에너지 관리 시스템을 포함하고 있고, 이 안정기는 직관형 형광램프와 컴팩트 형광램프에 사용된다. 또한 조광용 전자식안정기와 함께 사용되어지는 모든 직관형 램프는 속시시동형 램프의 전형적 두핀 베이스를 가져야 한다. 이는 조광용 전자식안정기는 램프가 시동되고 작동하는 동안 램프전극에 Heating 전압이 공급되기 때문이다.

광센서 조광제어시스템을 위해 조광용 안정기는 광센서로부터 입력을 기초로 전기적 조광레벨을 제어해야한다. 입력 신호의 기능으로써 조광의 총량은 조광반응 기능에 의해 특성화되어지고 많은 조광용 안정기들의 조광반응은 선형이 되어야 한다. 이것은 입력 신호에 비례하여 전기적 조광레벨을 줄이는 것을 의미하지만 조광범위의 활발한 입력은 입력 제어 전압의 특별한 범위보다 보통 적다는 것을 말한다.

작은 전류를 운반하는 2개의 제어전선을 가진 조광용 안정기는 0~10 V 직류제어신호로 작동하도록 되어있다. 그리고 안정기의 조광반응은 특별한 제어전압에 대응하고 있는 램프출력을 결정한다. 또한 함께 전선들을 단락시키는 것은 가장 낮은 램프 출력레벨을 가져온다. 안정기 제어전선에서 전류의 양은 광센서에서 전기회로에 동력을 공급하는데 충분하다.

안정기의 전력소모와 광속조절

조광용 안정기는 광센서의 전체 제어 전압범위에

조광비율에 영향을 미친다. 이것은 안정기 제조사별에 따라 다른 제조업체에서 사용하는 안정기 제조사마다 다른 특성을 나타내며, 이는 결과적으로 소비전류가 결정되는 것이다. 제어되는 전압은 바로 소비전력에 바로 영향을 미치는 것이므로, 결과적으로는 소비되는 전력의 비율과 조광되는 광속의 비율이 상이하게 되는 것이다. 전체적으로 소비전류가 줄어들어 따라 소비전류와 조도변화가 어느 정도는 비례하였으나, 완전한 비례관계는 되지 못하였다. 그 이유는 아주 적은 광속을 얻기 위해서라도 기본적으로 안정기 자체에서 소비되는 절대적 에너지가 필요하였기 때문이다. 또한 소비 전류의 비율과 램프의 광속 비율 값이 정확하게 일치하지 않고 있다. 정확히 말하자면 램프의 광속 비율 값이 소비전류의 비율 값보다 낮게 나타난다.

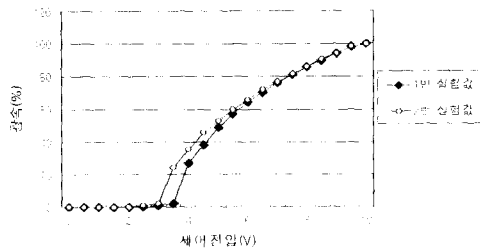
국내외 조광용 안정기의 제어전압과 광속변화의 상관성

광센서 조광제어시스템의 개념은 이미 오래 전에 외국에서 정립되었고, 또한 많은 발전을 이룩한 상태지만 아직 우리나라는 시스템의 정확성, 신뢰성 그리고 기술적인 데이터의 부족으로 인해 많은 적용

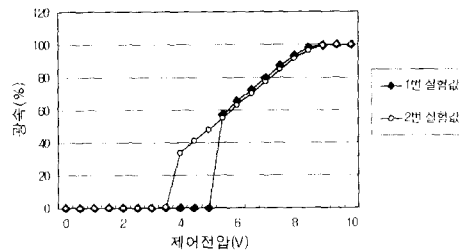
을 못하고 있는 실정이다. 실제로 광센서 측광에 의한 조광비율과 조광용 안정기를 통한 조광비율의 비례관계가 실제 제어되며 자포되 조도가 나타난다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 조광용 안정기의 제어전압 비율과 형광램프의 광속비율 값의 상관성을 실험을 통해 알아보았다. 그래서 그 상관성을 회귀분석을 통해 오차범위를 최대한 줄인 관계식으로 정의를 내리고, 그 수식화 된 관계식을 제어기내의 제어프로그램에 추가함으로써 한층 더 정확성 향상을 추구하고자 하는 것이다.

조광용 안정기에 관한 기존 조사에 따르면 조광용 안정기는 광센서의 전체 제어전압 범위에서 일부 구간에서만 반응을 한다. 이것은 제조사별로 서로 다르게 반응하고 있고 제어되는 전압이 변화됨에 따라 서로 다른 비율의 조광량이 결정되는 것을 보여주었다(그림 15). 실험측정에 따라 나타난 결과는 광속(%)과 제어전압(V)의 관계 그래프를 보이면서 그에 따른 회귀분석을 통해 나타난 결정계수(R²)값과 상관 관계식을 보여주었다.

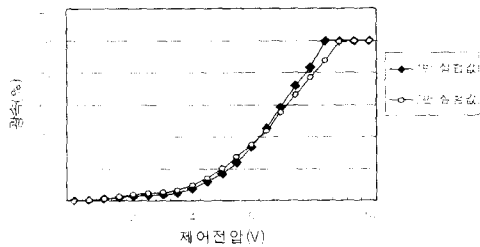
국내 A사의 동일한 성능의 조광용 전자식안정기 2개를 각각 측정하였다. 그 결과 전력공급장치로 전압을 0~10 V, 0.5 V간격으로 전압을 가하면서 형광



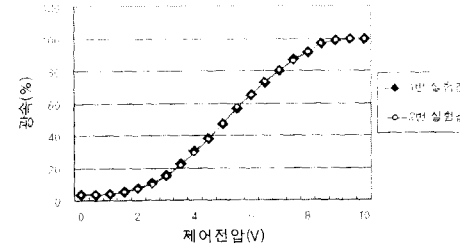
(a) A사 실험 Data



(b) B사 실험 Data



(c) C사 실험 Data



(d) D사 실험 Data

[그림 15] 제어전압과 광속변화 비율의 관계



램프에서 나오는 광속값을 얻었다. 1번 실험에서는 제어전압이 0~2.5 V까지, 2번 실험에서는 제어전압이 0~2 V까지 광속값이 나오지 않고 그 이후로 점차 상승하여 선형적 그래프를 보이고 있다. 이 실험결과로만 판단하면 국내 A사 조광용 안정기의 조광은 거의 2%에서부터 이뤄진다는 것을 알 수 있다. 그리고 A사의 동일한 성능의 안정기는 100% 소비전력인 32 W에 비해 실험 측정시 결과로 나온 값은 32 W 소비전력에 미치지 못하고 있다.

국내 B사 동일한 성능의 조광용 전자식안정기 2개를 각각 측정 한 결과 제어전압 4 V에서부터 조광되고 있는 모습을 볼 수 있다. 이번 안정기는 동일한 성능의 안정기지만 1번 실험 안정기와 2번 실험 안정기가 55%, 30%로 조광비율에 대한 결과는 차이를 보이고 있다. 그리고 100%의 소비전력인 32 W에 B사 조광용 안정기는 만족한 결과가 나타났다.

국내 C사 조광용 전자식안정기 측정을 동일하게 실시한 결과 점점 더 선형적 그래프에 가까워지는 모습을 보이고 있다. 제어전압 1 V에서부터 조광되는 실험결과로 조광비율은 1%부터 이루어진다는 것을 알 수 있다. 국내 A사와 B사를 비교하여 볼 때 성능향상이 약간 이뤄진 모습이다.

4개사 중 유일한 국외제품인 국외 D사 조광용 전자식안정기이다. 동일한 측정방법으로 측정한 결과 국내 C사와 비슷한 형태의 그래프를 나타내고 있다. 조광비율은 거의 3%에서부터 진행되어가고 있고 제어전압 0 V에서부터 조광되고 있는 모습이다.

표 1의 관계식과 결정계수는 최종 실험결과로 그림 15의 그래프에서 역셀의 추세선 분석을 통한 다항차 관계식과 결정계수 R²값을 도출해 냈다. 다음 표 1에서 나타난 결정계수의 값에서 관계식의 적합도를 비교해 본 결과 다음과 같았다. 표 1에서 관계식은 제어전압을 주었을 때 광속값이 1% 미만일 경우는 제외하고 관계식을 세운 것이다. 그래서 결정계수 값이 B사가 가장 좋게 나타난 것이지만 전체를 본다면 C, D사가 A, B사보다 성능이 안정적이라고 할 수 있다.

맺음말

앞에서 광센서와 조광용 안정기의 성능을 평가한 실험결과를 소개하였다. 광센서와 조광용 안정기는 조광제어시스템의 성능을 결정하는 핵심 하드웨어로서, 이것들의 성능향상 없이는 전체 시스템의 정확성을 기대할 수 없다. 광센서의 정확한 측광을 위해 spatial 특성을 파악하였고, 그 광센서들을 실제 공간에 설치하여 광센서의 신호와 작업면 조도와 상관성을 분석하였다. 최종적으로 가장 적합하다고 생각되는 광센서의 기능 및 형상을 제시하였다. 작업면 조도를 정확히 나타낼 수 있는 광센서의 spatial 특성과 광센서의 위치가 시스템 성능 향상에 중요한 역할을 하였다. 조광용 안정기는 제어전압에 따라 형광램프의 광속을 변화시켜 주는데, 각 제조사별로 제어전압의 비율과 광속변화의 비율, 그리고 실현

<표 1> 각 안정기별 관계식과 R² 값

상호	관계식		R ²
A사	1번 관계식	$y = 0.0003x^5 - 0.0139x^4 + 0.2866x^3 - 2.8533x^2 + 13.237x - 13.006x$	R ² = 0.9957
	2번 관계식	$y = 0.0002x^5 - 0.011x^4 + 0.2358x^3 - 2.426x^2 + 11.583x - 11.405x$	R ² = 0.9964
B사	1번 관계식	$y = 0.0195x^5 - 0.7401x^4 + 11.086x^3 - 82.132x^2 + 302.12x - 432.07x$	R ² = 0.9999
	2번 관계식	$y = 0.0052x^5 - 0.1877x^4 + 2.6081x^3 - 17.717x^2 + 59.893x - 71.942x$	R ² = 0.9999
C사	1번 관계식	$y = 0.0021x^5 - 0.0727x^4 + 0.8452x^3 - 3.9073x^2 + 7.4726x - 3.2063x$	R ² = 0.9986
	2번 관계식	$y = -0.0004x^5 + 0.0032x^4 + 0.0085x^3 + 0.1186x^2 - 0.6208x + 2.2348x$	R ² = 0.9995
D사	1번 관계식	$y = -0.0014x^5 + 0.0479x^4 - 0.6541x^3 + 3.9761x^2 - 8.7181x + 9.71x$	R ² = 0.9995
	2번 관계식	$y = -0.0016x^5 + 0.0562x^4 - 0.7613x^3 + 4.6068x^2 - 10.293x + 10.803x$	R ² = 0.9995

있으며, 수식화된 상관성을 제어 알고리즘에 추가하여, 시스템 성능을 향상시켜야 할 것이다.

광센서와 조광용 안정기를 연결하는 것이 조명제어기 또는 조명제어 소프트웨어가 내장된 PC인데, 서로간에는 신호를 교환함으로써 원하는 조광비율을 실현할 수 있다. 그러나 이러한 서로간의 통신교환의 효율성에 대한 문제점들이 제기되고 있다. 안정적이지 못한 신호교환이 시스템 전체의 안정성에 영향을 주기 때문에, 안정성이 검증된 최신 통신기법을 적용해볼 필요가 있다. 또한, 조명제어시스템 적용을 확대하기 위해서는, 먼저 구성요소들의 기술개발을 통해 완벽한 하드웨어를 개발하여야 하겠지만, 시스템을 지역적으로 적용하는데 한계가 있기 때문에 건물의 전체 조명제어시스템에 시스템을 추가하는 방법을 개발하여 종합적인 중앙조명제어시스템이 될 수 있도록 해야 한다.

참 고 문 헌

1. E.S. Lee., D.L. DiBartolomeo., and S.E. Selkowitz., The effect of venetian blinds on daylight photoelectric control performance, Journal of the illuminating engineering society. Winter 1999.
2. Soo-Young Kim and Richard Mistrick., Recommended daylight conditions for photosensor system calibration in a small office, Journal of the illuminating engineering society. Winter 2001.

3. photosensor-controlled electronic dimming system in a small office, Journal of the illuminating engineering society. Winter 2000.
4. Andrew Bierman and Kathryn M. Conway., Characterizing daylight photosensor system performance to help overcome market barriers, Journal of the illuminating engineering society. Winter 2000.
5. Danny H.W.L.i., Joseph C. Lam., Evaluation of lighting performance in office building with daylighting controls, Energy and Buildings 2001.
6. 최안섭, 조광센서 연동제어시스템의 분석을 위한 컴퓨터 수치모델의 개발 및 검증. 대한건축학회 논문집, 1997년 9월호.
7. 최안섭, 시뮬레이션과 현장측정을 통한 조광센서 연동제어시스템의 실행분석 연구. 대한건축학회 논문집, 1997년 10월호.
8. 최안섭 외 2명, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동제어시스템의 개발 연구, 삼성기술연구소.
9. 최안섭 외, 소프트웨어 의해 제어되는 광센서 조광제어시스템의 성능향상과 시제품개발, 2001년도 산업자원부 에너지관리공단 학술진흥사업 1차년도 중간보고서, 2001.
10. <http://lrc.lightingresearch.org>
11. <http://www.stinetinc.com>