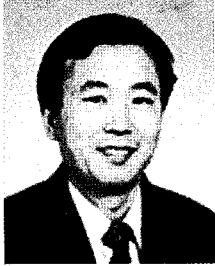


조명광원의 측정 이론 및 방법 (下)

(Measurement theory and method of light sources for illumination)

Engineering handbook I



황명근 선임연구원
(재)한국조명기술연구소
연구개발부
cie-korea@hanmail.net

<지난호에 이어서>

3-8 측정 실행

① 주위 온도는 규정된 값(보통 25°C)으로 조절된다. 표준램프는 적분구에 놓여지고 측정된 값은 Y_N 이다.

② 표준램프를 끈다. 보조램프는 켜고 값을 Y_{EN} 로 준다.

③ 측정되는 광원은 표준램프 위치에 놓는다. 보조램프는 현재 Y_N 값을 기록한다.

④ 보조램프를 끈후, 측정되는 광원의 값을 Y 로 준다.

⑤ 각 측정에 대하여 광원의 안정화 주기가 고려되어야만 한다.

⑥ 측정되는 램프의 광속 \emptyset 는 표준램프의 광속 \emptyset_N 과 다음 식으로 측정된 값으로 계산할 수 있다.

$$\emptyset = \emptyset_N \cdot \frac{Y}{Y_N} \cdot \frac{Y_{HN}}{Y_N} \quad (7)$$

표준램프가 측정되는 광원과 같은 종류와 크기를 갖는다면 보조램프는 무시될 수 있다($Y_{EN} = Y_N$).

비교되는 광원의 분광분포가 동일한 형태라면 구도료의 Selectivity나 $V(\lambda)$ 함수에 대한 Photometer head의 Spectral fit에서의 부정확성은 측정 정밀도에 영향을 주지 않을 것이다. 또한, 비교되는 광원이 주로 동일한 빛 분포를 갖는다면 구 대신에 다른 cavity(상자 같은)를 사용하는 것이 가능하다.

예를들어, 전력손실이 큰 광원을 측정해야만 한다면 주위 온도를 약 24°C로 조절하고 구 광도계의 뚜껑을 열어 램프를 안정시키도록 권고한다. 일단 램프가 안정되면 구의 뚜껑을 닫고 구의 내부 온도가 온도계로 25°C에 도달할 때까지 기다렸다가 온도에서의 값을 적거나 기록한다.

3-9 시험과 보정

3-9-1 적분구 도료의 영향에 대한 보정

구도료에 의하여 야기되는 오류는 보정을 k 로 제거할 수 있다.

$$\emptyset = \emptyset_{meas} \cdot k \quad (8)$$

\emptyset_{meas} : illuminant type Z인 광원의 측정된 광속값

k : illuminant type Z인 광원에 대한 보정율

$$k = \frac{\int_0^\infty S_\lambda(N) \cdot \frac{\rho(\lambda)}{1-\rho(\lambda)} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda(N) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \cdot \frac{\int_0^\infty S_\lambda(N) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda(N) \cdot \frac{\rho(\lambda)}{1-\rho(\lambda)} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (9)$$

S_λ : 측정되는 광원의 분광 분포

$S_\lambda(N)$: 광속 표준램프의 분광 분포

$\rho(\lambda)$: 구도료의 분광 반사율

$V(\lambda)$: 표준 비시감도 (Spectral luminous efficiency)

3-9-2 백열램프 측정을 위한 보정

구도료의 분광학적 반사율의 영향에 대한 보정(Corrections)은 백열구의 경우에 규정된 측정 방향에서 광속뿐만 아니라 광도의 측정에 의하여 얻어질 수 있다. 매우 정확한 $V(\lambda)$ 를 가진 조도계가 측정에 사용되어야만 하고, 램프 동작 전압의 함수로써 수행되어야 한다. 만약 factor $k(U)$ 가

$$k(U) = \emptyset_{meas}(U) / I(U) \quad (10)$$

$\emptyset_{meas}(U)$: 전압 U 에서 측정된 광속값

$I(U)$: 전압 U 에서의 광도

동작전압 U 와 독립적이라면 구도료의 분광학적 반사율의 영향은 무시될 수 있으며, 램프의 동작전압

에 의존한다면 백열등의 측정된 광속값 ϕ_{meas} 는 다음 식에 따라 보정될 수 있다.

$$\phi = \phi_{meas} \cdot k \quad (11)$$

ϕ : 백열등의 광속
 ϕ_{meas} : 전압 U 에서 측정된 광속값
 k : 보정율

여기에서

$$k = \frac{\phi_{meas}(U_0)}{\phi_{meas}(U)} \cdot \frac{I(U)}{I(U_0)} \quad (12)$$

U : 광속이 측정되어야 하는 백열등의 동작 전압
 U_0 : 표준램프의 광속과 같은 분포온도에 대한 백열등의 동작 전압

측정될 백열등이 광속표준으로 사용되는 백열등과 같은 동일한 온도분포를 갖는 전압 U_0 는 이를테면 양쪽램프("blue to red ratio")의 비율온도(ratio temperature) T_r 의 측정에 의하여 결정될 수 있다. 그리고, 보정은 대부분 할로겐 램프가 non-halogen 백열등과 비교하여 시험될 때 요구된다.

3-9-3 형광램프 측정을 위한 보정

구 도료의 분광학적 반사율의 영향에 대한 보정은 형광램프를 측정할 때 어떤 조건하에서 적용될 수 있다.

Illuminant type N인 광속 표준램프(fluorescent luminous flux standard lamp)가 형광등의 광속을 측정하는데 사용된다면 Illuminant type Z인 형광램프에 대하여 측정된 값은 표준램프와 측정된 램프의 광도(조도) 측정(상대적 광속)으로 구해진 보정율(correction factor)로 교정될 수 있다.

이 보정방법은 단지 구 도료의 분광학적 반사율의 영향만을 고려하고 램프 크기나 모양의 차이에 대한 영향은 고려하지 않는다. 형광램프의 광도가 램프 축에 수직인 평면에서는 일정하지 않기 때문에 이 방법은 정밀도가 제한된다.

3-9-4 시간 안정도에 대한 시험

구 광도계의 시간에 따른 안정도(Stability)는 다음에 의하여 영향받을 수 있다:

- ① 구 도료의 분광 반사율(Spectral reflectance)의 시간에 따른 변화
- ② 계속 사용하는 동안의 변화
- ③ UV-광선(노란빛)과 먼지나 오물에 의한 변화
- ④ 구 도료의 분광학적 반사율 $\rho(\lambda)$ 의 온도 의존성
- ⑤ Photometer head의 피로
- ⑥ Photometer head의 온도 의존성
- ⑦ 전기 공급과 측정장치의 시간 의존성

구 광도계의 시간에 따른 안정도는 하루 동안 그리고 그 이상의 운전동안 매우 일정한 광속을 가진 보조램프로 검사할 수 있다.

3-10 오류 원인

구 광도계를 사용하여 광속을 측정할 결과는 다음의 경우에 영향을 받을 수 있다.

- ① 광속 표준(Luminous flux standard)과 측정된 광원의 분광 분포(Spectral distribution)의 차이
- ② 광속표준과 측정된 광원의 공간적 광속분포의 차이
- ③ 광속표준과 측정된 광원의 치수(dimensions)와 흡수성의 차이
- ④ 구 내부벽의 반사율 차이(노화). 지속적인 측정동안 구 내부벽의 반사율은 온도(건조)의 영향 때문에 변한다.

사용하지 않을 때에는 광도측정계의 온도를 유지시키기 위하여 구 내부에 램프를 켜두는 것이 권고되고 있으며, 반사율은 오염으로 변할 수 있으므로 먼지등에 의한 대책이 필요하다. 또한, 먼지의 영향은 보통 위쪽 반구 보다는 아래쪽 반구에서 크므로 항상 청결 상태를 유지시켜야 한다.

3-11 구 광도계의 특성

구 광도계(Sphere Photometers)의 특성을 나타내는데 필요한 데이터는 아래와 같다.

- ① 구 직경
- ② 차폐막과 보조램프의 위치 선정
- ③ 보조램프(type, nominal voltage etc.)에 대한 데이터
- ④ 구 도료의 분광함수 ($\rho(\lambda)/(1-\rho(\lambda))$)
- ⑤ 사용된 조도계의 데이터
- ⑥ 자료 취득과 표시장치에 대한 항목들
- ⑦ 측정 가능한 최소광속(분해능)에 대한 데이터
- ⑧ 기타

4. 일반적인 측정조건

4-1 동작조건

모든 램프는 달리 협의되지 않는 한 적절한 IEC, CIE, IESNA 권고와 국가 표준규격에서 상술한 조건에 따라서 작동되고 측정되어야 한다. 특히 아주 작은 전압, 전류 또는 전력에서 측정되었다면 규정되어야 한다. 이것은 불가피한 측정 불확실성 내에서 다른 위치에서 측정된 값을 결과와 비교할 수 있다는 것을 보증한다.

고정된 양들의 값은 가능한 한 측정 설비와 작동 설비에 의하여 적게 영향을 받아야 하므로 불가피한 영향들은 측정 평가를 고려해야 한다.

Calibration은 국제적으로 공인된 표준과 비교에 의하여 직접 또는 간접적으로 측정된 램프나 측정 장치를 사용하여 수행되어야 할 것이다.

4-2 노화

램프의 작동 Parameter들은 램프의 수명을 Varying degrees로 바꾸는데, 이 변화들은 특히 램프의 초기에 뚜렷하므로 측정반복성의 충분한 정도를 얻기 위하여 램프를 노화(Ageing)시킬 필요가 있다.

노화의 지속기간은 적절한 IEC 권고와 국가 표준규격에서 다른형태의 램프들에 대하여 명시되어 있다.

4-3 Burning Position

광원의 동작위치는 적절한 IEC 권고와 국가 표준규격, 또는 제조사의 설명서와 신청서에 따라야 할 것이고, Burning position은 측정 보고서에서 언급되어야 한다.

4-4 주위 온도

광원은 측정하는 동안 주위 공기의 대류가 영향을 미치지 않도록 통풍이 자유로운 방에서 실행되어야 한다. 광도 측정은 보통 주위 온도가 25°C인 곳에서 실행되어야 하고, 온도에 광속이 심하게 영향받는 광원에 대해서는 온도 허용오차는 $\pm 1^\circ\text{C}$ 이고, 다른 광원에 대해서는 $\pm 3^\circ\text{C}$ 이어야 한다. 만약 다른 온도에서 측정한다면 그 온도를 명시해야 할 것이다.

온도는 적어도 0.1°C의 분해능을 가진 온도계로 측정되어야 하고, 온도 측정은 광원과 거의 같은 높이에서 측정한다.

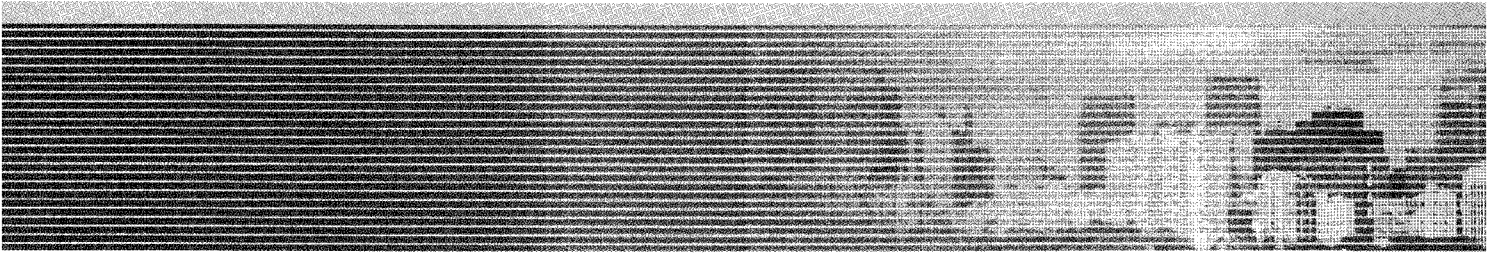
온도 감지기와 광원의 측정되는 광도 측정 중심간의 거리는 광원의 최대 수평거리의 반을 넘어서야 한다. 구 광도계에 대하여 온도 감지기는 구 벽면으로부터 20cm부터 구지름의 1/3까지의 거리에 위치해야 한다. 또한, 온도감지기는 복사(irradiation)로부터 측정되는 방사원(radiation source)까지 차폐되어야 한다.

4-5 진동과 충격

스위치를 켜는 때 램프는 진동(Vibration)에 의하여 10% (4-3,000Hz)를 초과하도록 가속되지 않아야 하거나 위치 변화가 30mm(4Hz까지)를 초과해서는 안 된다. 이런 조건하에서 램프가 충분히 안정되게 작동할 수 있다.

4-6 안정주기

안정주기(Stabilization Period)의 목적은 바로 측정에 중요한 모든 변수들의 안정상태를 얻는 것이다. 안정화되는 동안 동일한 동작조건이 다음 측정동안



적용되어야만 한다. 미약한 전압, 전류, 전압에서 변동을 피하기 위하여 특별한 주의가 주어져야 한다. 필수 안정주기는 광원의 형태와 동작조건에 의존하므로 계속적으로 기록을 검사해야만 한다.

광원은 상응하는 기록들이 더 이상 한 방향으로 나타나지 않는다면 안정된 것으로 간주될 수 있다.

4-7 전기적 측정

4-7-1 측정 불확실성

측정이나 전기적 변수들의 조정에서의 오류에 의하여 광도측정의 결과들이 종종 다르게 나타난다. 전류와 전압(DC 또는 AC)에 대하여 백열등 측정에 대한 불확실성(Measurement Uncertainty)은 0.1%를 초과해서는 안된다. 그런데 방전등의 경우에 AC 전류와 전압에 대한 상응하는 불확실성은 0.2%이다.

Note : 백열등에 대하여 전압1%의 오차는 광속에서 약 4%의 편차를 발생시키고, 전류에서의 동일한 오차는 광속에서 약 8%를 발생시킨다. 따라서 측정되는 변수들(전압, 전류, 전력)이 일정하게 유지되어야만 한다.

4-7-2 전력 종류와 작동 방법

보통 AC보다는 DC로 더 정확하게 측정할 수 있는데, 왜냐하면 AC에 대하여 전기적 측정 장치뿐만이 아니라 광원도 측정량(예를 들면 진동수, 파형, 위상 지연)에 많은 영향을 받기 쉽다. 때때로 전기적 측정장치의 광도측정량에 의존성이 높기 때문에 가능한 한 안정한 AVR 또는 UPS 등 전원공급장치를 사용해야 할 것이다.

4-7-3 배선

전기배선, 안정기, 전기 측정기구는 위치가 정해져야하고 필요하다면 외부의 영향이 미치지 않도록 차단되어야 한다. 만약 어떤 광도측정이 램프전압이나 전력을 결정하도록 요구한다면 측정하는 램프홀더(소켓)의 사용이 권고되어야 한다.

Note : 측정하는 램프홀더는 보통 4개와 접속하는데, 전류공급장치(II)에 2개, 램프소켓에서 직접적으로 램프전압 측정을 위한 2개 등이다.

4-7-4 전기적 측정 실행

전류계, 전압계 또는 전력계를 사용하여 측정할 때, 전압계 또는 전력계의 전압 경로(path)는 광원과 전류계(또는 전류경로)사이

연결되어야만 하는데 장치 자체의 측정전류(전력)가 고려되어야만 한다(see also instructions in the applicable IEC recommendations). 회로의 측정능력은 결과에 영향을 미칠 수도 있다. 특히, 예를 든다면 저압나트륨 램프(Low pressure sodium vapour lamp)에서 더 높은 주파수가 발생한다면 그럴할 것이다. 또한 접지오류는 대체로 측정결과에 영향을 미칠 수 있다.

4-7-5 측정 회로

방전램프의 경우에는 IEC 권고 또는 국가 표준규격에 상응하여 측정되는 광원에 대한 회로를 수행한다.

4-8 안정기

방전램프에 대한 측정은 램프가 전압대신에 전류나 전압에 대해서 제어되지 않는 한 Reference 안정기와 함께 만들어져야 할 것이다. 만약 다른 안정기(예를 들면 등기구에 대한 측정을 위하여)가 사용된다면 사용된 안정기는 측정기록지에 기록되어야만 할 것이다.

4-9 공급 전압

백열등에 대한 측정은 전기측정의 정밀도가 더 높은 이유로 가급적 DC공급장치로 실행되고, 방전등에 대한 측정은 일반적으로 AC공급장치로 실행되고 있다.

Ageing하는 동안 공급전압은 0.5% 이내로 안정되어야만 하고 실제 측정하는 동안에는 0.1% 이내, 그리고 백열등의 Calibration에 대해서는 표준이기 때문에 0.02% 이내여야 한다. 또한, 진동수는 안정기가 설계된 것로부터 많아야 0.1%의 오차를 허용한다.

그리고 AC 공급전원의 총 고조파 Content는 3%를 초과해서는 안된다. 높은 비율의 리액턴스전력을 가진 고압램프의 작동을 위한 전력공급은 필요한 리액턴스전력(Reactive power)이 만족되도록 선택되어야 한다.

총 고조파 Content는 기본파(fundamental wave)를 100%로 하여 개별적 고조파 성분을 실효치(root-mean-square summation)로 정의된다.

Note: 이것은 공급원이 안정기 임피던스와 비교하여 충분히 낮은 임피던스를 가지고 있다는 것을 나타낸다. 그리고 이것이 모든 측정조건하에서 조심스럽게 적용되어야 한다.

5. 참고 문헌

- [1] KS C 8008 조명용어
- [2] CIE 53 (1983) Methods of characterizing the performance of radiometers and photometers
- [3] CIE 69 (1987) Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters
- [4] CIE 34 (1977) Road lighting lantern and installation data-photometrics, classification and performance
- [5] CIE 84 (1989) The measurement of luminous flux
- [6] CIE 30-2 (1982) Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting
- [7] Procedures for the Measurement of Luminous Flux of Discharge Lamps and for their Calibration as Working Standards Publ. CIE No.25 (TC-1,2) 1973
- [8] Proceedings Symposium on Light and Radiation Measurement '81 Hungarian National Committee of CIE, Budapest, 1981
- [9] Methods of Characterizing the Performance of Radiometers and Photometers Publ. CIE No. 53 (TC-2.2) 1982
- [10] Schaefer A New Goniometer for Total Flux Measurements Journal of the IES, July (1974) Mohan pp. 340-353
- [11] J. S. Franklin Automated Universal Distribution Photometer Illum. Eng. Vol. 53, No. 3 (1958) pp. 667-678
- [12] J. Makai Spacial distribution of colorimetric characteristics of metalhalide lamps G. Czibula Proceedings Sump. Light and Radiation meas. '81 pp. 47-50, Hungarian Nat. J. Schanda Committee of CIE, Budapest, 1981
- [13] J. Krochmann ber die Bestimmung des Lichtstroms von Leuchtstofflampen in Beleuchtungsanlagen (in preparaton)
- [14] O. C. Jones The spectroradiometric measurement of light sources NPL Report DES 7, April 1981, J. R. Moore
- [15] The spectroradiometric Measurement of Light Sources Publication CIE 63
- [16] G. Krenzke Die Optimierung der Me anordnung in runden und eckigen Hohlr umen zur Lichtstrombestimmung ausgedehnterz Lichtquellen Lichttechnik 21 (1969) p. 105A-106A
- [17] K. Mahr Photometrie und Farnessung in U-Kugeln mit unterschiedlichem Innenaufbau und Empf ngern CIE Publ. No. 36(1976) pp. 83-91
- [18] G. Geutler ber eine Anordnung zur genauen Messung von Reflexionsgrad und J. Krochmann Transmissionsgrad Optik 54 (1980)pp. 394-408 K. - D. Rei mann K.Steglich
- [19] F. Rotter View into the integrating sphere through the observation window Appl. Opt. 10 (1971) p. 2629-2638
- [20] Kopfleuchten, Richtlinien f r Ausf hrung und Pr fung DIN 22 437(Dez, 1963)
- [21] Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters. Performance, characteristics, and specifications Publ. CIE 69 e