

적분구를 이용한 PLS 광속측정의 보정계수 산출 및 적용

(Calculation of correction factor in PLS luminous flux measurement with integrating sphere)

이정욱* · 박경훈 · 유재규

(Jung-Wook Lee · Kyung-Hoon Park · Jae-Kyu Yoo)

Abstract

This paper describes the problem generated in PLS luminous flux measurement with integrating sphere. In PLS case, we don't use the center position of the sphere but side position for flux test. The difference of the lamp position makes the luminous flux difference of same light source. We confirmed the phenomenon with three other kinds of lamps and ensured the repeatability and reliability of this work at two laboratories. Finally, the correction factor which should be applied for the PLS test at Side position was calculated.

1. 서론

새로운 기술을 적용한 신제품의 출현과 더불어 발전하는 것들로 기술 자체는 물론이며 표준, 법규, 시장 등을 들 수 있으며, 큰 범주에서 인간의 생활과 사고 또한 그러하다. 그리고 신기술의 성능을 객관적으로 증명시켜주는 측정술은 기술의 범주에 포함되는 중요 요소로 꼽을 수 있다.

계측장비를 기준으로 광속측정법 구분하면 크게 배광측정기(Goniophotometer)를 이용하는 방식과 적분구(Integrating sphere)를 이용하는 방식으로 나눌 수 있다. 두 방식 모두 나름의 정확도를 보이며 각각의 장점이 있으나, 장비의 설치 및 유지비용이 상대적으로 낮은 적분구의 활용도가 높은 편이다.

적분구를 이용한 광속측정은 구에 설치된 Photometer로 측정된 값과 광속값을 알고 있는 표준광원의 측정값을 비교해서 시료광원의 광속을 결정하는 개념을 기본으로 한다. 그리고 측정광원과 표준광원 사이에는 아래와 같은 관계가 형성돼야 오차가 발생하지 않는다.

- 동일한 치수 및 형상
- 동일한 분광분포
- 동일한 램프배광분포

위 원칙이 지켜지지 않으면 측정값의 오차가 발생하는데, 다양각색의 광원이 존재하기 때문에 일반적으로 백열램프와 할로겐램프를 표준광원으로 사용하고 있는 상황에서는 위 원칙이 모두 지켜지기는 사실상 어려우며 그런 경우에는 적절한 조치를 통해서 오차의 발생을 보정해 주는 절차를 밟고 있다.

본 논문에서는 측정의 편의를 위해 적분구 Side에서 광속측정을 행하고 있는 PLS Light source module의 측정방식을 Center 측정법과 비교해 보고, 발생하는 문제점을 분석, 해결해 보았다.

2. 본론

2.1. 측정대상

적분구 Center/Side 간의 광속측정값의 차이를 정확히 알아보기 위해서 Tungsten-Halogen 1[kW] 표준광원(이하 TH1000), MH 400[W] 부표준광원(이하 MH400), PLS 700[W](이하 PLS700) 각 1대로 측정을 진행했다.

표 1. 측정에 사용한 램프특성

Table 1. Lamp specifications using in measurement

광원	광속 [lm]	제조사	Certified
TH1000	23,500	Optronics	NMI
MH400	36,200	GE	KILT
PLS700	-	LG	-

*PLS700은 표준화된 안정광원이 아님

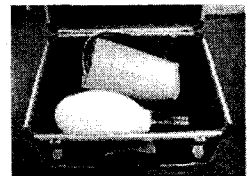
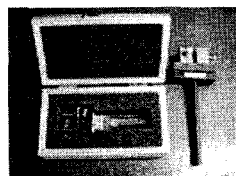


그림 1. TH1000, MH400 표준광원

Fig 1. TH1000 and MH400 std. lamp

2.2. 측정방법

각 광원의 측정방법은 아래와 같다.

- 1) TH1000로 적분구 시스템 Calibration
- 2) 측정시료 광속 Center / Side에서 광속측정 (각 시료 당 3~5회 반복 측정)
- 3) 광속비교 및 보정계수 산출(평균값 이용)
- 4) Calibration에 적용

각 측정은 CIE 지침을 충실히 따랐으며 동일 측정을 PLS 및 사외측정기관에서 시행해서 반복성과 재현성을 확인하였다. 측정에 쓰인 적분구 시스템의 불확도는 PLS $\pm 4\%$ ($k=2$), 사외기관 $\pm 3\%$ ($k=2$) 이고, 사외기관에서의 측정방법은 동일하나 그 기관의 표준광원으로 Calibration된 적분구 시스템을 이용하여 측정하였다.

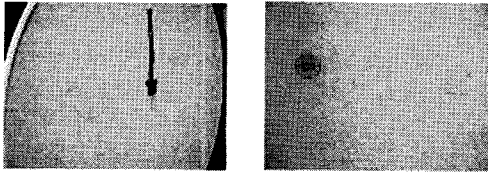


그림 2. TH1000의 Center/Side 광속 측정 모습
Fig 2.Center/Side Luminous flux measurement with TH1000

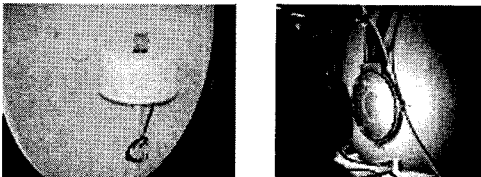


그림 3. PLS700의 Center/Side 광속 측정 모습
Fig 3.Center/Side Luminous flux measurement with PLS700

2.3. 측정결과

PLS에서의 측정결과, 각 시료광원 모두 Center/Side 간의 광속차이를 나타냈으며 그 비율은 광원에 따라 다소 차이를 보였다.

표 2. Center/Side 시험결과(평균) - PLS
Table 2. Center/Side Test result at PLS (avg.)

광원	Center 광속[lm]	Side 광속[lm]	보정계수 [Center/Side]
TH1000	23,500	20,800	1.13
MH400	36,200	31,600	1.14
PLS700	60,200	55,200	1.09

시료광원의 위치변동이 Center/Side 간 광속차를 발생시키는 가장 큰 요인으로 판단되는데, 위치변동에 따라 아래와 같은 현상이 발생하여 Photometer로 입사하는 광량이 변하기 때문이다.

- 광원과 Photometer 간의 거리 변화
- Baffle그림자와 Photometer의 상호위치 변동
- Inner diffuse reflection의 상태 변화

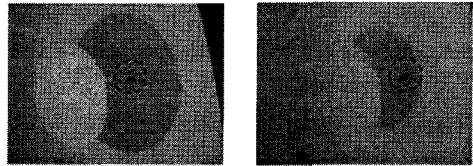


그림 4. Center/Side 측정의 Baffle 그림자 비교
Fig 4. Comparison of baffle shadow in Center/Side test

사외기관에서의 측정결과도 비슷한 양상을 나타냈으나, Center/Side 광속 비율, 즉 보정계수는 다른 값을 보였다. 이는 두 적분구 시스템의 재원 및 구조에 차이가 있으며, Side port의 위치 또한 다르기 때문인데, 이와 같은 현상은 각 측정기관에서 동일하게 발생할 수 있다. 따라서 Side방식으로 PLS 광속값을 측정하는 경우에는 각 기관별 Center/Side 보정계수를 산출하여 적용해야 한다. (보정계수를 산출하여 적용하는 것과 Side에서 직접 Calibration하는 것은 동일한 결과를 나타낸다.)

표 3. Center/Side 시험결과(평균) - 사외기관
Table 3. Center/Side Test result at an institute (avg.)

광원	Center 광속[lm]	Side 광속[lm]	보정계수 [Center/Side]
TH1000	23,900	-	-
MH400	36,200	30,700	1.18
PLS700	64,000	53,400	1.20

표 4. 측정특성(시료광원) - PLS
Table 4. Measurement specifications at PLS (Test lamp)

시료광원	광속 [lm]	전류 [A]	전압 [V]	aging time [m]
TH1000 Center	23,500	8.0	115.9	15
TH1000 Side	20,800			
MH400 Center	36,200	1.97	218.0	15
MH400 Side	31,600			
PLS700 Center	60,200	3.5	220	5
PLS700 Side	55,200			

표 5. 측정특성(보조램프) - PLS
 Table 5. Measurement specifications at PLS
 (Auxiliary lamp)

시료광원	Photocurrent [nA]	전류 [mA]	aging time [m]
TH1000 Center	1005.0	2720	4
TH1000 Side	1042.0		
MH400 Center	1001.6	2720	
MH400 Side	1011.5		
PLS700 Center	881.98	2720	
PLS700 Side	1039.02		

3. 결 론

적분구에서 광원의 광속을 측정할 때, 통상적인 측정환경의 변화는 보조램프를 사용하여 그 차이를 보정할 수 있다. 그러나, PLS와 같이 표준광원과 시료광원의 위치가 크게 다를 경우에는 그에 따른 광속변화를 직접 측정하고 보정계수를 산출·반영하거나 시료광원과 측정위치와 동일한 위치에서 Calibration을 시행해야 한다.

참 고 문 헌

- (1) QE Technical Report No.84, The Measurement of Luminous Flux
- (2) QE Technical Report No.149 The Use of Tungsten Filament lamps as secondary standard sources
- (3) William Ross McCluney, Introduction to Radiometry and Photometry, Artech House,