

# Nghiên cứu phương pháp thiết lập thang độ nhạy độ rọi dùng để thiết lập chuẩn đo lường quốc gia về cường độ sáng

Cao Xuân Quân\*, Hoàng Ngọc Dũng, Lê Ngọc Hiếu,

Lê Thị Thu Thủy, Nguyễn Thị Huyền

*Viện Đo lường Việt Nam (VMI)*

Ngày nhận bài 26/12/2016, ngày chuyển phản biện 30/12/2016, ngày nhận phản biện 23/1/2017, ngày chấp nhận đăng 25/1/2017

Trong lĩnh vực đo lường, việc thiết lập các đơn vị cơ bản trong hệ SI tại các Viện Đo lường Quốc gia là đặc biệt quan trọng. Đối với lĩnh vực đo lường quang, đơn vị đo thang độ nhạy độ rọi ( $A/lx$ ) rất quan trọng, đơn vị này được sử dụng để thiết lập đơn vị cường độ sáng candela, quang thông và độ rọi [1-3]. Trong đó, candela là 1 trong 7 đơn vị cơ bản quan trọng. Hiện nay, có hai phương pháp được sử dụng để thiết lập đơn vị thang độ nhạy độ rọi, đó là phương pháp sử dụng thang độ nhạy của quang kế chuẩn đã biết giá trị độ nhạy độ rọi và phương pháp sử dụng nguồn chuẩn đã biết giá trị cường độ sáng. Các phương pháp sử dụng để thiết lập thang độ nhạy độ rọi nhằm mục tiêu có độ không đảm bảo đo nhỏ.

Trong bài báo này, các tác giả nghiên cứu phát triển hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi để thiết lập đơn vị độ nhạy độ rọi trên cơ sở phương pháp sử dụng thang độ nhạy của quang kế chuẩn đã biết giá trị độ nhạy độ rọi. Hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi được nghiên cứu phát triển (VMI-PR-006) đã được sử dụng để thiết lập đơn vị thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622; Hãng LMT - Đức) có độ không đảm bảo đo ước lượng khoảng 0,62%. Kết quả đã xác định được thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006.

**Từ khóa:** cường độ sáng, độ nhạy độ rọi ( $A/lx$ ), đơn vị SI, quang kế chuẩn.

**Chỉ số phân loại:** 1.3

## Mở đầu

Thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn có vai trò đặc biệt quan trọng, dùng để thiết lập đơn vị cường độ sáng (cd), quang thông (lm), độ rọi (lx) [1, 3, 4]. Đặc biệt, theo Thông tư số 23/2013/TT-BKHCN ngày 26/9/2013 của Bộ Khoa học và Công nghệ quy định về đo lường đối với phương tiện đo nhóm 2, thì phương tiện đo độ rọi thuộc danh mục được sử dụng để bảo vệ sức khỏe cộng đồng, bảo vệ môi trường, phục vụ thanh tra, kiểm tra và trong các hoạt động công vụ khác được kiểm soát theo yêu cầu kỹ thuật đo lường quy định tại văn bản kỹ thuật đo lường Việt Nam (ĐLVN 257) đã ban hành. Trong nội dung ĐLVN 257, yêu cầu kỹ thuật đối với quang kế chuẩn dùng để kiểm định phương tiện đo độ rọi được dẫn xuất từ thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn với độ không đảm bảo đo mở rộng  $U \leq 1,0\%$  ( $k=2$ ) [4].

Hiện nay, hầu hết các Phòng đo lường quang học tại các Viện Đo lường Quốc gia (NMIs - National Institute of Metrology) trong khu vực và trên thế giới đã nghiên

cứu phát triển hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi trên cơ sở phương pháp so sánh với quang kế chuẩn đã biết thang độ nhạy độ rọi. Trong phương pháp này, thang độ nhạy độ rọi chuẩn của quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn được xác định dựa trên thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn đã biết. Thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn được tính theo công thức sau [5]:

$$s_v^T = \frac{y^T}{E_v} = \frac{y^T \cdot s_v^R}{y^R \cdot CCF^R} \quad (1)$$

Trong đó,  $s_v^T$ ,  $s_v^R$  tương ứng là độ nhạy độ rọi của quang kế cần hiệu chuẩn và quang kế chuẩn ( $A/lx$ );  $y^T$ ,  $y^R$  tương ứng là dòng quang đo được từ quang kế cần hiệu chuẩn và quang kế chuẩn (A);  $E_v$  là độ rọi chuẩn được xác định từ quang kế chuẩn;  $CCF^R$  là hệ số hiệu chỉnh màu và được tính theo công thức:

$$CCF = \frac{\int e_s(\lambda) S_{rel}(\lambda) d\lambda \int e_t(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int e_s(\lambda) V(\lambda) d\lambda \int e_t(\lambda) S_{rel}(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

\*Tác giả liên hệ: Email: quancx@vmi.gov.vn

## Study on the illuminance responsivity scale realization for the national measurement standard realization of luminous intensity

### Summary

In the National Measurement Institutes, establishing the basic SI units is especially important. And the illuminance responsivity scale ( $A/lx$ ) unit plays a vital role in the optical measurement. This unit is used to constitute luminous intensity (candela), luminous flux (lm), and illuminance (lx) units. Among them, the candela is one of the basic SI units. Currently, there are two methods used to develop the standardized illumination sensitivity system: using a standard light source and using a standard photometer with a given illuminance responsivity scale.

To increase the accuracy of the measurement system, in this study, the authors developed the standard illuminance responsivity scale to set up illuminance responsivity units on the basis of using a standard photometer with a given illuminance responsivity scale. The developed standard illuminance responsivity scale system (VMI-PR-006) was used to set up the illuminance responsivity scales of the standard photometer (P30SCT; S/N: 09B622; LMT-Germany company) with an uncertainty of measurement  $U$  estimated about 0.62%. As the results, the illuminance responsivity scales of the standard photometer on the VMI-PR-006 system were determined.

**Keywords:** illuminance responsivity scale ( $A/lx$ ), luminous intensity, SI unit, standard photometer.

**Classification number:** 1.3

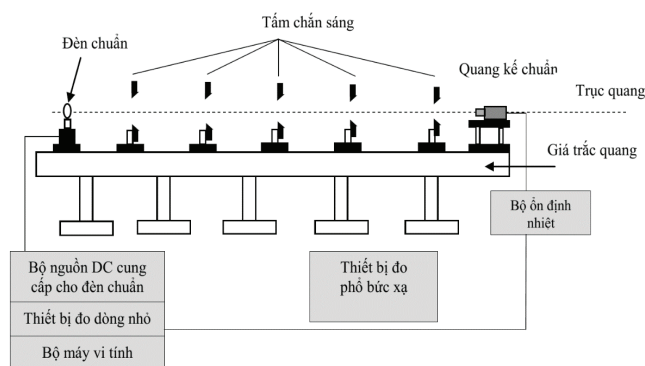
Trong đó,  $e_s$  là phân bố phổ nguồn sáng A (CIE illuminant A),  $e_l$  là phân bố phổ nguồn sáng dùng cho hiệu chuẩn độ nhạy độ rọi đo bằng thiết bị đo phổ bức xạ,  $S_{rel}$  là độ nhạy phổ tương đối của quang kế chuẩn,  $V(\lambda)$  là hàm độ nhạy phổ mắt người.

Trong công trình này, chúng tôi nghiên cứu phát triển hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi trên cơ sở phương pháp so sánh với quang kế chuẩn đã biết trước giá trị thang độ nhạy độ rọi ( $s_v^R$ ). Chúng tôi sử dụng hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi đã được nghiên cứu phát triển (VMI-PR-006) để tiến hành hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn (model: P30SCT; S/N: 09B622) và có tính đến chỉ số  $E_n$  - là chỉ số đánh giá tương quan khả năng thực hiện hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn giữa hai phòng thí nghiệm.

### Thực nghiệm

Chúng tôi đã sử dụng hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi (VMI-PR-006) được nghiên cứu phát triển tại Viện Đo lường Việt Nam để tiến hành thực nghiệm hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn. Trong phần thực nghiệm này, quang kế chuẩn (model: P30SCT; S/N: 01B1042;  $U = 0,4\%$ ) đã biết trước giá trị thang độ nhạy độ rọi ( $s_v^R$ ) được sử dụng làm chuẩn quang kế chuẩn (model: P30SCT; S/N: 09B622) là quang kế cần hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi ( $s_v^T$ ).

Ngoài ra, chúng tôi sử dụng thiết bị đo dòng nhỏ (Pico-ammeter 6485 Keithley) để xác định các dòng quang ( $y^T$ ,  $y^R$ ). Sơ đồ hệ thống chuẩn (VMI-PR-006) được biểu diễn trên hình 1.



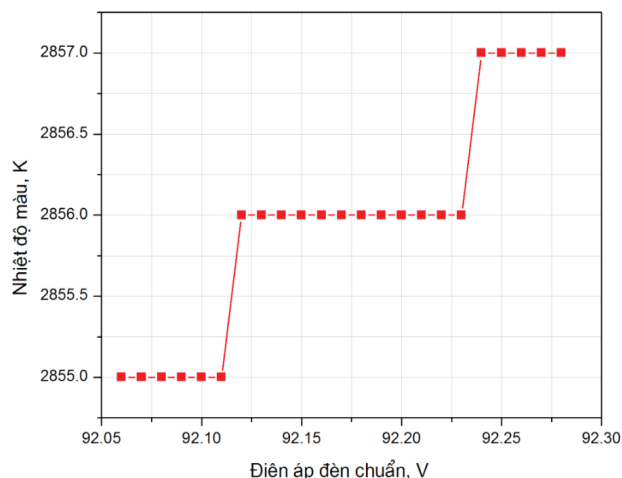
Hình 1: sơ đồ hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi (VMI-PR-006)

Trong quá trình thực nghiệm, đèn chuẩn Tungsten halogen ( $P = 1 \text{ kW}$ , FEL) được lắp đặt trên giá trắc quang và căn chỉnh thông qua thiết bị định tâm bằng laser. Điều kiện làm việc của đèn chuẩn với nhiệt độ màu từ 2700 K đến 3200 K được xác định thông qua thiết bị đo phổ bức xạ CS-2000A (Konica Minolta, Japan).

### Kết quả và thảo luận

#### Khảo sát ảnh hưởng của điện áp đến nhiệt độ màu đặc trưng của đèn

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành tăng dòng nuôi cho đèn chuẩn đến khi đèn chuẩn phát xạ ra nhiệt độ màu đặc trưng ( $CT = 2856\text{K}$ ), thời gian thực hiện tăng dòng nuôi khoảng 2 phút. Đồ thị sự phụ thuộc nhiệt độ màu của đèn chuẩn vào điện áp được biểu diễn trên hình 2.



Hình 2: đồ thị phụ thuộc của nhiệt độ màu vào điện áp của đèn chuẩn

Từ kết quả thu được trên hình 2, chúng ta có thể xác định được điều kiện làm việc của đèn chuẩn. Có thể thấy, điện áp cấp cho đèn chuẩn phát ra bức xạ có nhiệt độ màu đặc trưng 2856 K có giá trị trong khoảng từ 92,12 V đến 92,23 V được xem là vùng điện áp làm việc của đèn chuẩn.

#### Đánh giá mức độ tin cậy của hệ thống chuẩn VMI-PR-006

Để đánh giá mức độ tin cậy của hệ thống chuẩn dùng để hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn, chúng tôi tiến hành hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006 (VMI). Kết

quả thu được được tổng hợp trong bảng 1 và 2.

Bảng 1: kết quả hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006

| TT | Mức độ rọi chuẩn (lx) | Dòng quang (nA) | Giá trị độ nhạy được xác định trên hệ VMI-PR-006 Sv, (nA/lx) |
|----|-----------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------|
| 1  | 73,05                 | 986,9           | 13,51                                                        |

Bảng 2: ước lượng độ không đảm bảo đo phép hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) [5, 6]

| Ký hiệu các thành phần độ không đảm bảo đo của phép hiệu chuẩn | Mô tả                                                    | Độ không đảm bảo đo chuẩn thành phần tương đối $u_r(y)$ [%] | Hệ số nhạy $c_i$ | $c_i u_r(y)$ % |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|----------------|
| $u_r(y^R)_{rep}$                                               | Gây ra bởi các phép đo lặp quang kế chuẩn                | 0,03                                                        | 1                | 0,03           |
| $u_r(y^R)_{align}$                                             | Gây ra bởi việc lắp đặt quang kế chuẩn                   | 0,05                                                        | 1                | 0,05           |
| $u_r(y^R)_{instrument}$                                        | Gây ra bởi dòng nuôi đèn chuẩn                           | 0,01                                                        | 8                | 0,10           |
| $u_r(y^R)_{straylight}$                                        | Gây ra bởi ánh sáng phản                                 | 0,08                                                        | 1                | 0,08           |
| $u_r(S_v^R)_{cal}$                                             | Độ không đảm bảo đo quang kế chuẩn                       | 0,20                                                        | 1                | 0,20           |
| $u_r(y^T)_{rep}$                                               | Gây ra bởi các phép đo lặp quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn | 0,02                                                        | 1                | 0,02           |
| $u_r(y^T)_{straylight}$                                        | Gây ra bởi ánh sáng phản                                 | 0,08                                                        | 1                | 0,08           |
| $u_r(y^T)_{instrument}$                                        | Gây ra bởi dòng nuôi đèn chuẩn                           | 0,01                                                        | 10               | 0,10           |
| $u_r(y^T)_{align}$                                             | Gây ra bởi việc lắp đặt quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn    | 0,05                                                        | 1                | 0,05           |
| $u_{repro}$                                                    | Độ tái lập hệ thống chuẩn                                | 0,12                                                        | 1                | 0,12           |
| $u_{r,c}(S_v^T)$                                               | Độ không đảm bảo đo tổng hợp                             |                                                             |                  | 0,31           |
| $U_r(S_v^T)_{k=2}$                                             | Độ không đảm bảo đo mở rộng                              |                                                             |                  | 0,62           |

Độ không đảm bảo đo mở rộng thu được khi hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006 có giá trị là  $U = 0,62\%$ , với hệ số phủ  $k = 2$ . Để đánh giá mức độ tin cậy của hệ thống chuẩn, chúng tôi tiến hành thực nghiệm xác định kết quả hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn trên hai hệ thống chuẩn VMI-PR-006 (VMI) và LMT (sản xuất tại Đức). Kết quả so sánh được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3: kết quả so sánh phép hiệu chuẩn độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn giữa hai hệ đo VMI-PR-006 và LMT [7]

| Mức độ rọi (lx) | Độ nhạy độ rọi Sv(nA/lx) |       | Sai lệch tuyệt đối Sv(nA/lx) |
|-----------------|--------------------------|-------|------------------------------|
|                 | VMI-PR-006               | LMT   | (VMI-PR-006 / LMT) - 1       |
| 100             | 13,51                    | 13,54 | 0,0024                       |

Từ bảng 3 dễ dàng nhận thấy, chênh lệch độ nhạy độ rọi trung bình tại các mức độ rọi [(VMI-PR-006/LMT) -1] là:  $0,0024 \text{ (nA/lx)} \sim 0,24\%$ .

Với kết quả hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) được thực hiện trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006 (VMI) và hệ thống chuẩn của (LMT - Đức), chỉ số En đã được tính có giá trị  $En = 0,23 < 1$ . Kết quả cho thấy, hệ thống chuẩn VMI-PR-006 đã được nghiên cứu chế tạo có độ chính xác cao tương đương với các hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi trong khu vực.

### Kết luận

Chúng tôi đã tiến hành hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn bằng hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi VMI-PR-006 đã được nghiên cứu và xây dựng tại Viện Đo lường Việt Nam. Kết quả cho thấy thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) đạt được độ không đảm bảo đo mở rộng ước lượng khoảng  $0,62\%$  ( $k = 2$ ).

Đã tiến hành so sánh kết quả hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006 (VMI) và hệ thống chuẩn của LMT (Đức), với chỉ số En đã được tính có giá trị  $En = 0,23 < 1$ .

Có thể kết luận rằng, hệ thống chuẩn VMI-PR-006 xây dựng trên cơ sở phương pháp so sánh với quang kế chuẩn đã biết thang độ nhạy độ rọi ( $A/lx$ ) có độ chính xác cao tương đương với hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi của các Viện Đo lường Quốc gia trong khu vực và các hãng sản xuất trên thế giới.

### Tài liệu tham khảo

- [1] CasimerDeCusatis (1998), *Handbook of Applied photometry*, Springer.
- [2] Yoshihiro Ohno (1997), "NIST measurement services: Photometric calibrations", *NIST Special Publication 250-37*, pp.13-14.
- [3] KRISS (2010), *Illuminance Responsivity, Tungsten source, illuminance meter (CMC 1.2.1): Center for Temperature and Light*, Division of Physical Metrology.
- [4] Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng (2014), *Phương tiện đo độ rọi - Quy trình kiểm định: ĐLVN 257:2014*.
- [5] Cao Xuân Quân, *Độ nhạy độ rọi - Quy trình hiệu chuẩn*, V11.M-01.10.
- [6] Hướng dẫn đánh giá và trình bày độ không đảm bảo đo, ĐLVN 131:2004.
- [7] LMT (2016), *Certificate of Calibration for photometer head P30SCT; S/N: 09B622*.