

Joanna RATAJCZAK*
Grzegorz WICZYŃSKI*
Konrad DOMKE*

STANOWISKO DO POMIARU ROZKŁADU WIDMOWEGO PROMIENIOWANIA LAMP KSENONOWYCH

Źródłami promieniowania najczęściej stosowanymi w budowie symulatorów promieniowania słonecznego są lampy: halogenowe, metalohalogenkowe, ksenonowe oraz siarkowe. Znajomość widm promieniowania tych lamp jest warunkiem koniecznym dla poprawnego projektowania symulatora promieniowania słonecznego. Lampy ksenonowe charakteryzują się ciągłym widmem promieniowania w zakresie od 200 – 3000 nm, choć dokładny jego przebieg nie jest zawsze prezentowany przez wytwórców. W artykule opisane zostanie stanowisko pomiarowe do wyznaczania rozkładów widmowych lamp w zakresie od ultrafioletu do podczerwieni. Przedstawiona zostanie również procedura pomiaru widma optycznego spektrometrem. Omówione zostaną rozkłady widmowe lamp ksenonowych różnej mocy wyznaczone doświadczalnie i porównane zostaną z krzywymi przedstawianymi przez producentów w katalogach.

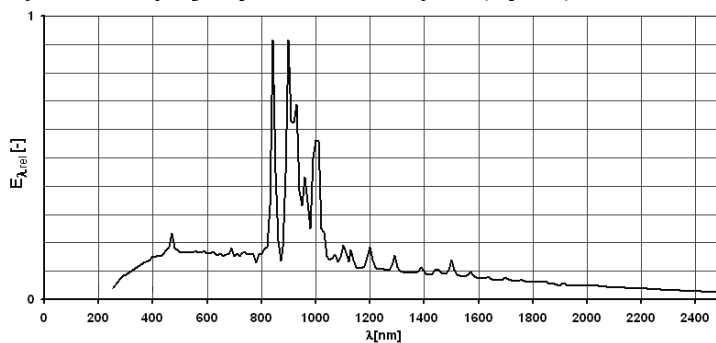
1. WPROWADZENIE

Lampa ksenonowa charakteryzuje się ciągłym widmem promieniowania w zakresie od 250 – 2450 nm i średnią trwałością 2400 h. Posiada temperaturę barwową zbliżoną do światła dziennego ok. 6000 K oraz wysoki współczynnik oddawania barw $R_a > 95$. Zakres osiągalnych mocy lamp ksenonowych wynosi 12000W. Niezależnie od typu lampy i mocy barwa światła jest stała. Stosowana jest w klasycznej projekcji filmowej, cyfrowej projekcji filmowej i projekcji wideo, oświetleniu obiektów architektonicznych, i uzyskiwaniu efektów świetlnych oraz symulacji światła słonecznego.[1, 2, 5, 10] W literaturze [4, 8, 9] lampy ksenonowe zalicza się również do lamp wyładowczych. Budowę i rozkład widmowy wybranej lampy ksenonowej przedstawiono na rysunku 1 i 2.

Ze względu na wysoką luminancję, emisję promieniowania nadfioletowego, wysokie ciśnienie wewnątrz lampy, zarówno w stanie zimnym, jak i gorącym, lampy te mogą pracować jedynie w szczelnie zamkniętych i specjalnie przeznaczonych do tego celu oprawach oświetleniowych. W czasie wszelkich manipulacji lampy muszą znajdować się w specjalnej osłonie (Rys. 2). Przy pracy

* Politechnika Poznańska.

na otwartych lampach konieczne jest stosowanie ochronnych: okularów, maski na twarz oraz rękawic ze specjalnymi osłonami tętnic (Rys. 2).



Rys. 1. Względny rozkład widmowy przykładowej lampy ksenonowej XBO 1600 W OFR [dzięki uprzejmości firmy Osram]



Rys. 2. Lampa ksenonowa w specjalnie przeznaczonej do badań oprawie oświetleniowej oraz specjalne środki ochrony w postaci maski i rękawic ochronnych

2. STANOWISKO POMIAROWE

Pomiary widma lampy ksenonowej wykonano w laboratorium Zakładu Metrologii i Optoelektroniki Instytutu Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej.

Stanowisko do badań eksperymentalnych składało się z:

1. badanej lampy ksenonowej umieszczonej w specjalnej oprawie,
2. kuli całkującej połączonej światłowodem pomiarowym ze spektrometrami,
3. wzorcowego źródła promieniowania o znanej irradiancji spektralnej,
4. komputera z odpowiednim oprogramowaniem do spektrometrów
5. zasilaczy.

Do pomiarów użyto spektrometru Maya (firmy Ocean Optics) z zakresem pomiarowym 200 – 1100 nm i spektrometru TGNIR (firmy Hamamatsu) z zakresem pomiarowym 900 - 1700 nm.



Rys. 3. Widok stanowiska pomiarowego zbudowanego w laboratorium Zakładu Metrologii i Optoelektroniki



Rys. 4. Spektrometr TGNIR firmy Hamamatsu oraz Maya firmy Oceans Optics [6, 7]



Rys. 5. Lampa halogenowa HLX 64656 275W/24V firmy OSRAM [5]

Zastosowane wzorcowe źródło promieniowania to lampa halogenowa OSRAM HLX 64656 275W/24V. Skalowania dokonano w układzie pomiarowym używając kuli całkującej połączonej światłowodami pomiarowymi ze spektrometrami, komputera z odpowiednim oprogramowaniem do spektrometrów oraz zasilacza. Charakterystyki widmowe użytych światłowodów dostosowano do zakresów pomiarowych spektrometrów.

3. METODOLOGIA POMIARU

Wzorcowanie toru pomiarowego spektrometru

1. Pomiar sygnału przy załączonym wzorcowym źródle promieniowania („prąd jasny”+ „prąd ciemny”)

$$I_{\text{PHDR}} = f(\lambda) \text{ [LSB]} \quad (1)$$

2. Pomiar sygnału przy wyłączonym wzorcowym źródle promieniowania („prąd ciemny”)

$$I_{\text{DR}} = f(\lambda) \text{ [LSB]} \quad (2)$$

3. Obliczenie sygnału skorygowanego dla wzorcowego źródła promieniowania

$$I_{\text{PHR}}(\lambda) = I_{\text{PHDR}}(\lambda) - I_{\text{DR}}(\lambda) \text{ [LSB]} \quad (3)$$

4. Obliczenie współczynnika $W(\lambda)$

$$W(\lambda) = \frac{E_{\text{SR}}(\lambda) \cdot \left(\frac{r_R}{r_2}\right)^2 \cdot \left(\frac{T_{\text{IR}}}{T_I}\right)}{I_{\text{PHR}}(\lambda)} \left[\frac{\text{mW} / \text{m}^2 / \text{nm}}{\text{LSB}} \right] \quad (4)$$

gdzie: $E_{\text{SR}}(\lambda)$ – Spektralne natężenie promieniowania optycznego (irradiacja spektralna) wzorcowego źródła promieniowania w odległości r_R [$\text{W}/\text{m}^2/\text{nm}$], $r_R = 500\text{mm}$ – odległość wzorcowego źródła promieniowania do powierzchni czołowej czujnika pomiarowego w trakcie wyznaczania charakterystyki $E_{\text{SR}}(\lambda)$, r_2 – odległość wzorcowego źródła promieniowania do powierzchni czołowej czujnika pomiarowego w trakcie wzorcowania toru pomiarowego spektrometru, T_{IR} – czas integracji spektrometru w trakcie pomiarów $I_{\text{PHDR}} = f(\lambda)$ i $I_{\text{DR}} = f(\lambda)$, T_I – czas integracji spektrometru w trakcie pomiarów $I_{\text{PHD}} = f(\lambda)$ i $I_D = f(\lambda)$.

Pomiar spektralnego natężenia promieniowania spektrometrem

5. Pomiar sygnału przy załączonym badanym źródle promieniowania („prąd jasny”+ „prąd ciemny”)

$$I_{\text{PHD}} = f(\lambda) \text{ [LSB]} \quad (5)$$

6. Pomiar sygnału przy wyłączonym badanym źródle promieniowania („prąd ciemny”)

$$I_D = f(\lambda) \text{ [LSB]} \quad (6)$$

7. Obliczenie sygnału skorygowanego dla badanego źródła promieniowania

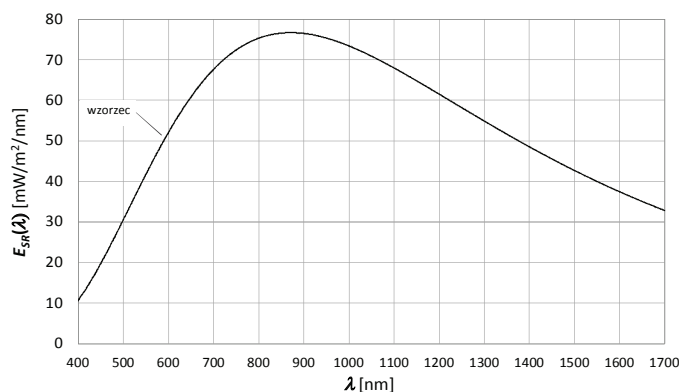
$$I_{PH}(\lambda) = I_{PHD}(\lambda) - I_D(\lambda) \text{ [LSB]} \quad (7)$$

8. Obliczenie spektralnego natężenia promieniowania (irradiacji spektralnej) $E_S(\lambda)$ badanego źródła promieniowania

$$E_S(\lambda) = I_{PH}(\lambda) \cdot W(\lambda) = [I_{PHD}(\lambda) - I_D(\lambda)] \cdot W(\lambda) \text{ [mW/m}^2/\text{nm]} \quad (8)$$

Wyznaczanie spektralnego natężenia $E_{SR}(\lambda)$ promieniowania optycznego (irradiacji spektralnej) wzorcowego źródła promieniowania

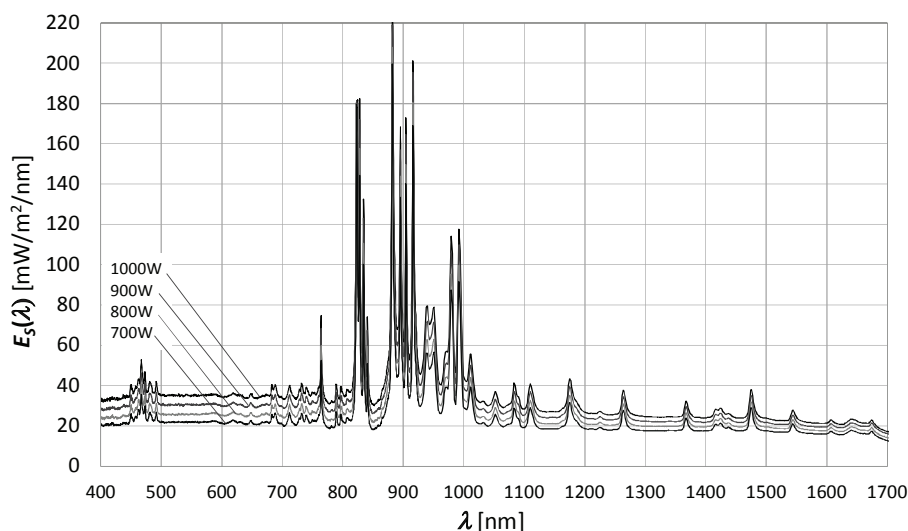
9. W przypadku zastosowania żarówki halogenowej jako wzorcowego źródła promieniowania optycznego możliwe jest wykorzystanie rozkładu Plancka lub równania wielomianowego do wyznaczenia E_{SR} dla danej wartości λ .
10. W przypadku wykorzystania rozkładu Plancka temperatura emitera jest tak dobierana, żeby aproksymowana charakterystyka przebiegała przez wyznaczone laboratoryjnie punkty $E_{SR} = f(\lambda)$. Do aproksymacji $E_{SR} = f(\lambda)$ przyjmowane są długości fali λ równe wartościom występującym w wynikach pomiaru użytego spektrometru.



Rys. 6 Charakterystyka $E_{SR}=f(\lambda)$ halogenowego wzorcowego źródła promieniowania

11. W przypadku wykorzystania równania wielomianowego jego rząd i współczynniki są tak dobierane, żeby aproksymowana charakterystyka przebiegała przez wyznaczone laboratoryjnie punkty $E_{SR} = f(\lambda)$. Do aproksymacji $E_{SR} = f(\lambda)$ przyjmowane są długości fali λ równe wartościom występującym w wynikach pomiaru użytego spektrometru.
12. Dla użytej żarówki halogenowej uzyskano $E_{SR} = f(\lambda)$ umożliwiające wiarygodne wzorcowanie toru pomiarowego spektrometru od $\lambda = 400\text{nm}$ do $\lambda = 1700\text{nm}$.

4. OTRZYMANE ROZKŁADY WIDMOWE PROMIENIOWANIA LAMP KSENONOWYCH



Rys. 7 Eksperymentalnie wyznaczone rozkłady widmowe promieniowania lamp ksenonowych o następujących mocach znamionowych: 700, 800, 900 i 1000 W

5. UWAGI KOŃCOWE

- Pomiarów dokonano w celu uzupełnienia danych dotyczących charakterystyk widmowych badanych lamp ksenonowych.
- Prezentowane stanowisko umożliwiło badanie widma lamp wyładowczych w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni. Dzięki temu uzyskano charakterystyki widmowe w szerszym zakresie (od $\lambda = 400\text{nm}$ do $\lambda = 1700\text{nm}$) niż występujące w katalogach wytwórców.
- W porównywalnych zakresach otrzymane rozkłady widmowe promieniowania lamp ksenonowych różnej mocy są z zgodne z krzywymi przedstawianymi przez producentów w katalogach.
- Poważnym problemem podczas wykonywania pomiarów okazała się niestabilność termiczna jednego z użytych spektrometrów. Zaobserwowana niestabilność znacząco utrudniła wykonywanie pomiarów o oczekiwanej dokładności.
- Uzyskane dane pozwalają na kontynuację obliczeń i badań eksperymentalnych. Następnym krokiem jest wykonanie badań rozkładów widmowych promieniowania dwóch różnych typów źródeł.

LITERATURA

- [1] Domke K., Ratajczak J. "Spectrum analysis of the usefulness of the light sources for building the sun simulators" *Przegląd Elektrotechniczny* 10/2010.
- [2] Domke K., Ratajczak J. "The review of the light sources helpful for building the sun simulators" *Poznan University of Technology Academic Journals Electrical Engineering* 62/2010, Wyd. Pol. Pozn., Poznań.
- [3] Domke K. "Modelowanie odbicia promieniowania optycznego" Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2012.
- [4] <http://www.lighting.philips.com> [dostęp: styczeń 2010].
- [5] http://www.osram.pl/osram_pl/ [dostęp: styczeń 2010].
- [6] <http://www.oceanoptics.com/Products/maya.asp> [dostęp: listopad 2012].
- [7] http://jp.hamamatsu.com/products/sensor-ssd/pd186/index_en.html [dostęp: listopad 2012].
- [8] PN – 90/E – 01005 Technika Świetlna. Terminologia.
- [9] Praca zbiorowa członków Polskiego Komitetu Oświetleniowego SEP „Technika Świetlna ’09 Poradnik – Informator t. 1”, Zakład Wyd. Lester Quality W-wa 2009.
- [10] Ratajczak J. Domke K. "Spectral distributions of halogen lamps of different power " Materiały konferencyjne Intertech 2012, Poznań, 16 – 18.05.2012.

MEASURING STATION FOR EXAMINATION OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF XENON LAMPS

Radiation sources typically used in solar simulators include: halogen lamps, metal halide lamps, xenon lamps, and sulfur lamps. Knowledge of spectral characteristics of these lamps is a necessary condition for the correct design of solar simulator. Xenon lamps are characterized by a continuous radiation spectrum in the range of 200 - 3000 nm, although the exact course of its is not always presented by the manufacturers. The paper described measuring position to determine the spectral distribution of the lamp from the ultraviolet to the infrared. The paper also presented a procedure for measuring the optical spectrum using the spectrometer. Spectral distributions of xenon lamps of different power, set experimentally, are discussed and compared with the curves presented by the producers in catalogs.