

BADANIA PORÓWNAWCZE WYBRANYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Arkadiusz HULEWICZ

Politechnika Poznańska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej
tel.: +48 61 665 25 46 e-mail: arkadiusz.hulewicz@put.poznan.pl

Streszczenie: Tematyka referatu dotyczy badań podstawowych parametrów powszechnie wykorzystywanych źródeł światła. Omówiono wybrane źródła światła oraz aparaturę pomiarową umożliwiającą określenie podstawowych parametrów. Przedstawiono koncepcję stanowiska laboratoryjnego, omówiono metodykę wykonywanych badań oraz przeprowadzono serię pomiarów. W ramach prac badawczych określono moc pobieraną przez wybrane źródła światła, wartość natężenia oświetlenia oraz ich charakterystyki widmowe. Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzono szczegółową analizę charakterystycznych parametrów.

Słowa kluczowe: źródło światła, moc czynna, natężenie oświetlenia, charakterystyki widmowe.

1. WSTĘP

W dobie intensywnego rozwoju technologicznego oraz wzrastającej liczby dostępnych źródeł światła, ważną rolę w ich doborze pełni wiarygodna i właściwa ocena opisujących je parametrów. Tematyka referatu dotyczy pomiaru wybranych parametrów opisujących najczęściej wykorzystywane źródła światła [1]. Zagadnienie to jest szczególnie ważne w doborze takiego źródła, które zapewni właściwą adaptację oka ludzkiego do oświetlanych pomieszczeń. W zakresie widzialnym promieniowania elektromagnetycznego czułość oka zależy od długości fali oraz energii promieniowania. Przykładowo, w warunkach widzenia fotopowego oko jest dwadzieścia pięć razy czulsze na światło o długości fali 555 nm (żółty), niż dla fali o długości 670 nm (głęboka czerwień) lub 450 nm (fioletowo-niebieski). Z procesem widzenia związana jest krzywa czułości względnej oka, która najczęściej szacowana jest w warunkach widzenia fotopowego oraz skotopowego. Dla widzenia fotopowego i skotopowego maksymalne wartości zostały ustalone na poziomach 555 nm i 507 nm. Wspomniana krzywa czułości względnej ma kluczowe znaczenie w technologii oświetlenia pomieszczeń, gdyż tworzy łącznik pomiędzy radiometrycznymi i fotometrycznymi wielkościami fizycznymi oraz ich jednostkami.

W referacie omówiono wybrane źródła światła, zaprezentowano aparaturę pomiarową umożliwiającą wyznaczenie ich charakterystycznych parametrów oraz przedstawiono koncepcję stanowiska laboratoryjnego, które pozwoliło przeprowadzić badania. W wyniku przeprowadzonych pomiarów możliwa była wiarygodna ocena właściwości badanych źródeł światła.

2. PRZEGLĄD ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Od źródeł światła wymagana jest duża sprawność, przy niskim poborze mocy czynnej oraz charakterystyka widmowa kształtem zbliżona do krzywej czułości względnej oka. Zastosowanie dostępnych źródeł światła, zaprezentowanych w dalszej części rozdziału nie zawsze zapewnia spełnienie tych warunków.

Lampa żarowa była pierwszym elektrycznym źródłem światła [2]. Zbudowana jest ona z bańki szklanej, żarnika wolframowego, przewodów doprowadzających oraz trzonka gwintowanego. Elementem, który odpowiada za przemianę energii z elektrycznej w świetlną jest rozgrzany do temperatury 2700 K drut wolframowy. Światło emitowane przez żarówkę posiada dobry współczynnik oddawania barw oraz jest zbliżone do światła słonecznego. Żarówki posiadają bardzo niską sprawność, gdyż większość energii zamieniana jest na promieniowanie podczerwone, zwane również promieniowaniem cieplnym.

Lampa halogenowa jest udoskonaloną wersją lampy żarowej [2], w której dodatkowo znajduje się specjalny gaz szlachetny z niewielką ilością fluorowca-halogenu. Gaz ten powoduje regenerację włókna wolframowego, przez co znacznie wydłuża się jego żywotność. Pozwala to zwiększyć temperaturę żarnika do 3200 K, dzięki czemu poprawia się sprawność energetyczna lampy oraz wskaźnik oddawania barw.

Wysokoprężna lampa rtęciowa należy do grupy lamp wyladowczych [2], których zasilanie realizowane jest przez dławik ograniczający przepływ prądu. Lampa rtęciowa zbudowana jest z bańki szklanej pokrytej luminoforem, rezystora rozruchowego, żarnika kwarcowego oraz argonu jako gazu pomocniczego. Zadaniem luminoforu jest zamiana szkodliwego promieniowania ultrafioletowego na światło widzialne.

Niskoprężna lampa rtęciowa (świētłówa) jest lampą wyladowczą, której działanie wymaga zastosowania statecznika magnetycznego (dławika) oraz zapłonika (startera) [2]. Lampa ta przyjmuje kształt rury pokrytej od wewnątrz luminoforem odpowiedzialnym za przemianę promieniowania ultrafioletowego na światło widzialne, a jej wnętrze wypełnione jest mieszkanką rtęci i argonu.

Wysokoprężna lampa sodowa (WLS) jest lampą wyladowczą [2], w której światło powstaje w ceramicznym jarzniku, wypełnionym ksenonem, rtęcią oraz sodem. Ksenon jest gazem rozruchowym, a właściwy strumień świetlny wytwarzany jest po odparowaniu sodu i rtęci.

Emitowane światło charakteryzuje się temperaturą barwową wynoszącą 2000 K.

Niskoprężna lampa sodowa jest wydajnym źródłem światła, w którym emitowane światło posiada temperaturę barwową 1800 K oraz niekorzystny współczynnik oddawania barw. Światło wytwarzane jest w szklanej rurze, w której znajduje się mieszanina gazów neonu i argonu. Gazy te są gazami pomocniczymi dla metalicznego sodu.

Lampa metalohalogenkowa jest wysokoprężną lampą wyładowczą, która do poprawnej pracy wymaga statecznika oraz zapłonika [2]. Wyładowanie zachodzi w mieszaninie par rtęci, argonu oraz halogenków metali. Lampa ta posiada bardzo dobry współczynnik oddawania barw, a temperatura barwowa w zależności od mieszaniny gazów wynosi od 3000 K do 20000 K.

Lampa LED jest nowoczesnym źródłem światła, którego budowa oparta jest na umieszczeniu w oprawie pojedynczych diod wraz z układem zasilającym [3]. Temperatura barwowa zależy od zastosowanych diod i zwykle wynosi od 2700 K do 3500 K [4].

3. STANOWISKO POMIAROWE

W artykule porównano określone parametry dla wybranych źródeł światła. Podczas badań określono natężenie oświetlenia generowane przez źródło światła, jego charakterystykę widmową oraz moc czynną pobieraną ze źródła zasilania. W celu przeprowadzenia badań zaprojektowano oraz zbudowano stanowisko pomiarowe, w skład którego weszły: luksomierz Sonopan L100, spektrometr Hamamatsu C9405MC oraz watomierz.

Zbudowane stanowisko (Rys.1) pozwala zrealizować pomiar mocy czynnej zarówno metodą poprawnie mierzonego napięcia, jak i poprawnie mierzonego prądu. Podczas przeprowadzania pomiarów źródło światła zasilane było z autotransformatora, co umożliwiło ustawienie dokładnej wartości napięcia zasilającego.



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe [5]

Podczas badań wykorzystano luksomierz L-100, który jest wysokiej klasy miernikiem całkującym, przeznaczonym do pomiaru natężenia oświetlenia promieniowaniem naturalnym i sztucznym. Posiada on głowicę fotometryczną z stabilną fotodiodą krzemową, skorygowaną widmowo do względnej skuteczności biologicznej widzenia fotopowego. Bardzo dobre dopasowanie czułości spektralnej gwarantuje prawidłowy pomiar natężenia oświetlenia, niezależnie od charakteru promieniowania i nie wymaga stosowania współczynników korekcyjnych dla różnych badanych źródeł światła [6].

Charakterystyka widmowa określona została za pomocą minispektrometru Hamamatsu C9405MC, który jest urządzeniem o szerokim zakresie pomiarowym [7]. Posiada

czujnik obrazu NMOS oraz zintegrowane elementy optyczne i matrycę. Światło, które ma zostać poddane analizie kierowane jest do wejścia światłowodem, a następnie przez specjalną optykę do wbudowanego czujnika. Widmo określone jest przez wbudowany czujnik obrazu i przesyłane drogą cyfrową do komputera PC. Dołączone oprogramowanie „SpecEvaluation” umożliwia pomiar widma w czasie rzeczywistym.

Z dostępnych źródeł światła wybrano siedem, które zdaniem autora są najczęściej wykorzystywane w oświetlaniu pomieszczeń budynków mieszkalnych. Dodatkowo, w doborze starano się, aby podstawowe parametry katalogowe badanych źródeł były do siebie zbliżone. Badanymi źródłami są: lampa żarowa General Electric 60 W, lampa halogenowa Osram 53 W, świetlówka kompaktowa Osram 11 W, świetlówka kompaktowa Philips 18 W, świetlówka kompaktowa Philips 20 W, lampa LED Osram 12 W oraz lampa LED Kanlux 10 W.

Żarówka General Electric Classic jest żarowym źródłem światła o mocy 60 W [8], które generuje strumień świetlny o wartości 660 lm. Żarówka mocowana jest za pomocą gwintu E27 i może być użyta z tyrystorowym ściemniaczem światła.

Lampa halogenowa Osram Halogen ECO Classic A 64544 ECO generuje według danych producenta strumień świetlny o wartości 840 lm, który odpowiada strumieniowi generowanemu przez tradycyjną żarówkę o mocy 70 W [9]. Lampa może być użytkowana wraz ze ściemniaczem, a temperatura barwowa generowanego światła wynosi 2800 K.

Świetlówka kompaktowa Osram Dulux Value 11 W/827 generuje strumień świetlny o wartości 600 lm, który według producenta odpowiada tradycyjnej żarówce o mocy 60 W [10]. Temperatura barwowa generowanego światła wynosi 2700 K i niemożliwe jest sterowanie ściemniaczem.

Zintegrowana świetlówka Philips Genie WW 827 generuje strumień świetlny o wartości 1145 lm [11]. Temperatura barwowa generowanego światła wynosi 2700 K i tak jak poprzednio nie można stosować w zestawie ze ściemniaczem oświetlenia. W celach porównawczych zbadano 10 letnią świetlówkę kompaktową Philips o mocy 20 W i strumieniu świetlnym 1100 lm.

Lampa Osram LED Parathom Pro Classic A 80 pobiera moc 12 W i według producenta generowany strumień świetlny 810 lm odpowiada żarówce o mocy 60 W [12]. Temperatura barwowa generowanego światła wynosi 2700 K. Lampa osiąga swój pełny strumień świetlny natychmiast po zapaleniu i może być używana w połączeniu ze ściemniaczem oświetlenia.

Lampa Kanlux Nesta LED86 pobiera moc 10 W i generuje strumień świetlny 720 lm, który odpowiada tradycyjnej żarówce o mocy 60 W [13]. Temperatura barwowa generowanego światła wynosi 3400 K.

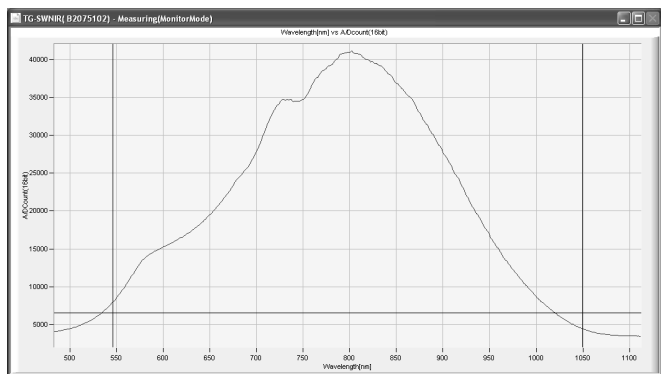
4. WYNIKI BADAŃ

Wszystkie pomiary charakterystycznych parametrów zaprezentowanych źródeł światła przeprowadzono dla wartości skutecznej napięcia 230 V oraz trzech czasów pracy (w momencie ich zaświecenia, po pięciu minutach i po dziesięciu minutach świecenia). Otrzymane dla poszczególnych źródeł wartości natężenia oświetlenia oraz pobieranej mocy czynnej przedstawiono w tabeli 1.

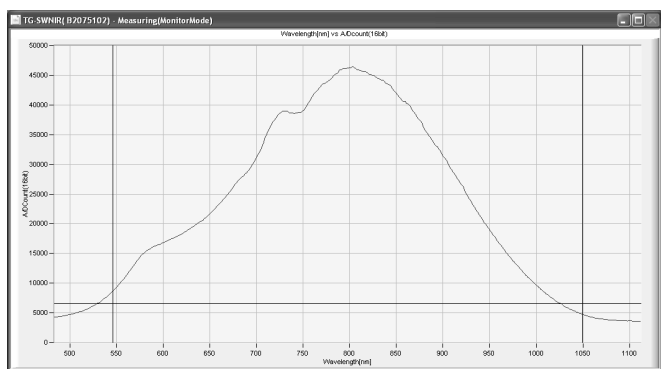
Tabela 1. Wartości natężenia oświetlenia oraz mocy czynnej

Czas świecenia Źródło światła	0 min		5 min		10 min	
	E [lx]	P [W]	E [lx]	P [W]	E [lx]	P [W]
General Electric	387,4	62	391,8	62	393,4	62
Osram 53W	454,2	53	450,6	53	452,1	53
Osram 11W	196,3	10	404,8	11	408,1	11
Philips 18W	315,5	17	665,3	18	709,9	18
Philips 20W	175,4	17	642,1	20	651,8	20
Osram 12W	857,8	14	761,1	14	762,2	14
Kanlux 10W	584,7	11	439,9	10	444,0	10

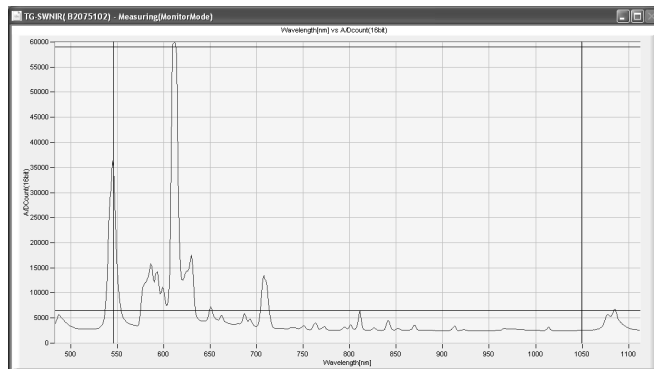
W ramach prowadzonych badań wyznaczono również charakterystyki widmowe badanych źródeł światła. W tym celu wykonano pomiary minispektrometrem Hamamatsu C9405MC w trzech odstępach czasu, określonych jak poprzednio. Ze względu na sposób wykorzystywania źródeł, na kolejnych rysunkach (Rys.2–Rys.8) zaprezentowano charakterystyki określone w dziesiątej minucie świecenia. Charakterystyki te nie ulegały dalszym zmianom przez kolejne minuty świecenia.



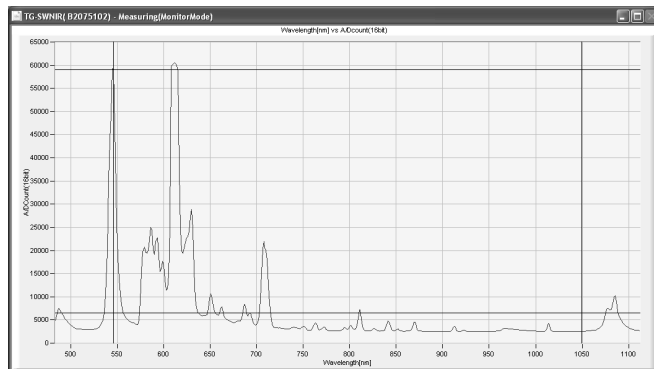
Rys. 2. Charakterystyka widmowa żarówki General Electric 60 W po 10 minutach świecenia [5]



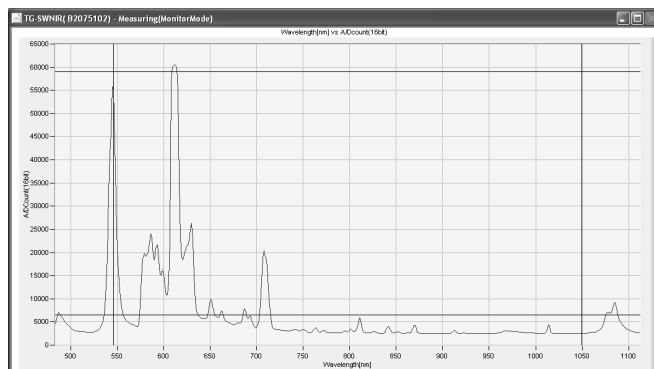
Rys. 3. Charakterystyka widmowa żarówki halogenowej Osram 53 W po 10 minutach świecenia [5]



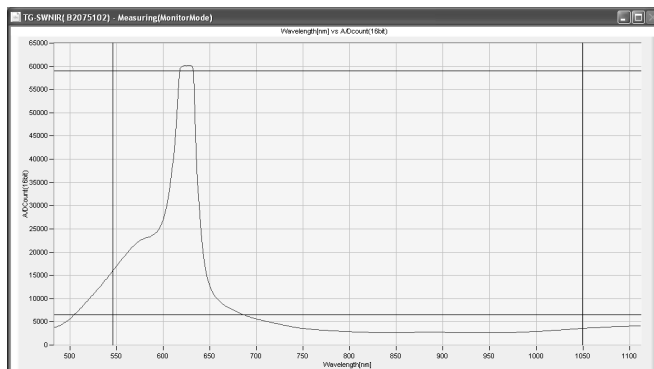
Rys. 4. Charakterystyka widmowa świetlówki kompaktowej Osram 11 W po 10 minutach świecenia [5]



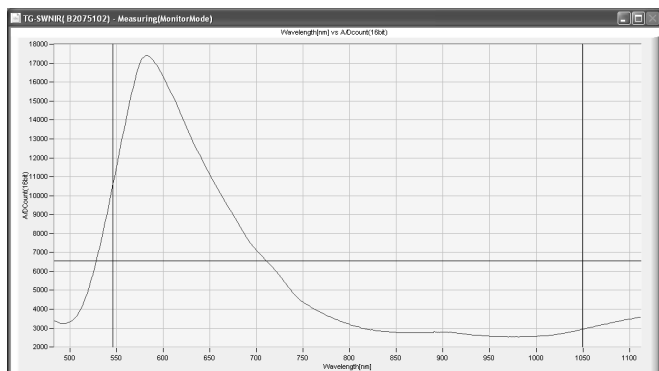
Rys. 5. Charakterystyka widmowa świetlówki kompaktowej Philips 18 W po 10 minutach świecenia [5]



Rys. 6. Charakterystyka widmowa świetlówki kompaktowej Philips 20 W po 10 minutach świecenia [5]



Rys. 7. Charakterystyka widmowa LED Osram 12 W po 10 minutach świecenia [5]



Rys. 8. Charakterystyka widmowa LED Kanlux 10 W po 10 minutach świecenia [5]

Na podstawie zaprezentowanych wyników można stwierdzić, że widmo tradycyjnej żarówki skoncentrowane jest przy długości fali 800 nm, w związku z czym światło widziane przez człowieka stanowi niewielką część promieniowania optycznego generowanego przez tą żarówkę. W przypadku żarówki halogenowej sytuacja ulega tylko minimalnej poprawie; nadal większość energii pochłania promieniowanie podczerwone. Dla świetlówki Osram 11 W w widmie można zauważyć wiele wartości maksymalnych, które największą wartość przyjmują dla dwóch długości fali: 550 nm i 610 nm. Podobna sytuacja zachodzi w przypadku świetlówki Philips 18 W oraz Philips 20 W. W przypadku lampy LED Osram odczytano jedną podstawową długość fali, która przyjmuje wartość 625 nm. Dodatkowo, wartość ta jest niezmienna w czasie. Widmo generowane przez lampę LED Kanlux również posiada jedno maksimum, niezależne od czasu świecenia. Wartość tego maksimum przypada dla długości fali 580 nm.

Ponadto, dla świetlówek zauważalny jest wzrost wartości natężenia oświetlenia wraz z upływającym czasem. Zjawisko to nie zachodzi w przypadku tradycyjnej żarówki, żarówki halogenowej oraz żarówek LED. Podobna zależność, choć już nie tak znacząca występuje w przypadku mocy czynnej pobieranej przez poszczególne źródła światła.

5. PODSUMOWANIE

W artykule zaprezentowano wybrane źródła światła oraz wyznaczono doświadczalnie charakterystyczne parametry z nimi związane. W wyniku prac zbudowano stanowisko laboratoryjne do pomiaru mocy czynnej

pobieranej przez źródło światła, wartości natężenia oświetlenia oraz charakterystyk widmowych.

Przeprowadzona analiza wyników pozwoliła porównać właściwości poszczególnych źródeł światła oraz wykazać zależności między nimi, zarówno w kwestii emitowanego natężenia oświetlenia, jak i również pobieranej mocy. Ze wszystkich badanych źródeł światła najlepsze parametry osiągnęła lampa LED firmy Osram o mocy 12 W. Wartość maksymalnego natężenia oświetlenia była największa ze wszystkich badanych źródeł światła i osiągnięta już w chwili uruchomienia. Moc pobierana przez tę lampę przyjmowała najniższe wartości, a odczytana charakterystyka widmowa świadczy o tym, że emitowane przez tę lampę światło posiada barwę ciepłą, przyjazną dla ludzkiego oka.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Banach M.: Podstawy techniki oświetlenia, PWN, Warszawa 1982.
2. Bąk J.: Technika oświetlania, WNT, Warszawa 1981.
3. PN-EN 62384:2007 – wersja polska. Elektroniczne urządzenia sterujące zasilane prądem stałym lub przemiennym do modułów LED – Wymagania funkcjonalne.
4. PN-EN 62031:2010 – wersja polska. Moduły LED do ogólnych celów oświetleniowych – Wymagania bezpieczeństwa.
5. Teodorczyk D.: Porównawcze badanie wybranych źródeł światła. Praca dyplomowa pod kier. A. Hulewicza, Politechnika Poznańska, 2011.
6. http://www.sonopan.com.pl/l_100.htm (dostęp 02.02.2016)
7. http://sales.hamamatsu.com/assets/pdf/parts_C/c9404mc_c9405mc_kacc1106e10.pdf (dostęp 02.02.2016)
8. http://cemalighting.com/products/display/ge/incandescent_lamps/ge_classic/ (dostęp 02.02.2016)
9. http://catalog.myosram.com/?~language=PL&~country=PL&it_p=4008321403315 (dostęp 02.02.2016)
10. http://catalog.myosram.com/?~language=PL&~country=PL&it_p=4008321363794 (dostęp 02.02.2016)
11. http://download.p4c.philips.com/lfb/f/fp-929689413929/fp-929689413929_pss_en_aa_001.pdf (dostęp 02.02.2016)
12. http://www.osram.de/osram_de/news-und-wissen/news/led/2012/osram-testsieger-bei-stiftung-warentest/index.jsp (dostęp 02.02.2016)
13. <http://www.kanlux.pl/download/karta/08380.pdf> (dostęp 02.02.2016)

THE COMPARATIVE EXAMINATION OF SOME LIGHT SOURCES

The subject of the paper concerns the examination of the basic parameters of commonly used light sources. Some selected light sources and the measurement equipment allowing to define these parameters were described. The concept of the laboratory position was shown, the methodology of carried out tests was discussed and a series of measurements was conducted. As a part of the research work the power consumed by some selected light sources, their illumination and spectral characteristics were specified. On the basis of the obtained results the detailed analysis of characteristic parameters was conducted. In an age of the intense technological development and the increasing number of available light sources, an important role in their choice plays a fully reliable and adequate assessment of parameters describing them. This issue is particularly important in the selection of such source that will provide the proper adaptation of the human eye to the lightened rooms. In addition, the high efficiency at low power and the spectral characteristics similar to the shape of the curve of the relative sensitivity of the eye is required from these sources. The use of available light sources does not always allows to meet these conditions, as shown in the article.

Keywords: light source, active power, illumination, spectral characteristics.