POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ACADEMIC JOURNALS
No 92 Electrical Engineering 2017

DOI 10.21008/j.1897-0737.2017.92.0015

Julita ZABŁOCKA*
Małgorzata ZALESIŃSKA*
Małgorzata GÓRCZEWSKA*

BADANIE ZMIAN PARAMETRÓW EKSPLOATACYJNYCH WYBRANYCH LAMP DO UŻYTKU DOMOWEGO

W laboratorium Zakładu Techniki Świetlnej i Elektrotermii Politechniki Poznańskiej przeprowadzono badania eksploatacyjne wybranych bezkierunkowych lamp do użytku domowego, będących zamiennikami żarówek tradycyjnych 60W. W artykule przedstawione zostały wyniki pomiarów początkowych parametrów fotometrycznych, kolorymetrycznych i elektrycznych, ich ocena zgodnie z wymaganiami odpowiednich rozporządzeń Unii Europejskiej i norm przedmiotowych oraz eksploatacyjne zmiany strumienia świetlnego w zakresie do 3000 godzin świecenia świetlówek kompaktowych i lamp LED oraz do 600 godzin pracy źródeł żarowych.

SŁOWA KLUCZOWE: lampy do użytku domowego, eksploatacyjny spadek strumienia świetlnego lamp LED, trwałość źródeł światła, pomiary fotometryczne, kolorymetryczne i elektryczne lamp

1. WPROWADZENIE

Ze względu na zmiany klimatyczne, powodowane między innymi emisją gazów cieplarnianych, koniecznością ostatnich lat stało się dążenie do oszczędzania energii elektrycznej poprzez opracowanie i wprowadzenie do użytku nowych, energooszczędnych urządzeń i produktów. Proces ten wyraźnie można zaobserwować w obszarze oświetlenia gospodarstw domowych. Począwszy od 1 września 2009 w krajach Unii Europejskiej rozpoczęto wycofywania z rynku mało efektywnych energetycznie źródeł żarowych. Jako pierwsze wycofano żarówki głównego szeregu [1]. W dalszej kolejności przewiduje się wycofanie w 2018 roku także żarówek halogenowych.

W miejsce żarówek tradycyjnych użytkownik oświetlenia domowego ma możliwość zastosowania żarówek halogenowych, świetlówek kompaktowych oraz lamp LED. Obecna oferta handlowa jest bardzo szeroka i zróżnicowana,

* Politechnika Poznańska.

zarówno, co do rodzajów lamp jak i ich ceny. Zwykle użytkownik podczas zakupu lampy kieruje się ceną lampy oraz parametrami podanymi na opakowaniu. Wszystkie parametry znajdujące na opakowaniu produktu są deklaracją producenta i nie zawsze odpowiadają parametrom rzeczywistym. Z jednej strony fakt ten wynika z naturalnego zjawiska jakim jest rozrzut produkcji, i jeżeli parametry mieszczą się w wymaganych zakresach, to jest to dopuszczalne, a z drugiej może to być niewiedza lub nierzetelność producentów lub importerów.

Podstawowe wymagania fotometryczne, kolorymetryczne i elektryczne oraz użytkowe, jakie muszą spełniać lampy do użytku domowego, oraz informacje jakie powinny znaleźć się na opakowaniu produktu, ewentualnie na ogólnodostępnych stronach internetowych, a także sposób ich weryfikacji zawarte są w rozporządzeniach Komisji Wspólnoty Europejskiej [1, 2, 3] oraz normach przedmiotowych [4, 5, 6, 7].

Obecnie obowiązujące wymagania rozporządzeń [1, 2] w zakresie analizowanych w trakcie badań parametrów zestawiono w tabeli 1.1.

Tabela 1.1. Wymagania dotyczące wybranych parametrów użytkowych w odniesieniu do badanych lamp [1, 2]

Lp.	Parametr	Źródło światła		
		Żarówka	Świetlówka kompaktowa	Lampa LED
1	Czas zapłonu	< 0,2s	< 1,5s dla P < 10W < 1,0s dla P ≥ 10W	< 0,5s
2	Czas nagrzewania się lampy do dla 60% Φ dla żarówek i świetlówek i 95% dla lamp LED	≤ 1s dla 60% Φ	< 40s lub < 100s dla świetlówek amalgamatowych	< 2s
3	Współczynnik mocy lampy	≥ 0,95	≥0,55 dla P<25W	> 0,5 dla 5W<P≤25W
4	Wskaźnik oddawania barw	–	≥ 80	≥ 80
5	Wartość strumienia świetlnego lampy odpowiadająca mocy równoważnej 60W żarówki tradycyjnej	702 lm (dla żarówek halogenowych)	741 lm	806 lm

Wymaganie wartości wskaźnika efektywności energetycznej (EEI) dla oceny klasy efektywności energetycznej lamp zestawiono w tabeli 1.2. Szczegółowy sposób wyznaczania wskaźnika efektywności energetycznej zawiera rozporządzenie [3].

Tabela 1.2. Wymagane wartości wskaźnika efektywności energetycznej dla oceny klasy efektywności energetycznej [3]

Klasa efektywności energetycznej	Wskaźnik efektywności energetycznej (EEI) dla lamp bezkierunkowych
A++ (największa efektywność)	$EEI \leq 0{,}11$
A+	$0{,}11 < EEI \leq 0{,}17$
A	$0{,}17 < EEI \leq 0{,}24$
B	$0{,}24 < EEI \leq 0{,}60$
C	$0{,}60 < EEI \leq 0{,}80$
D	$0{,}80 < EEI \leq 0{,}95$
E (najmniejsza efektywność)	$EEI > 0{,}95$

Wymagania norm [4, 5, 6, 7] w odniesieniu do deklarowanej wartości strumienia świetlnego oraz mocy znamionowej podano w tabeli 1.3.

Tabela 1.3. Wymagania norm [4, 5, 6, 7] w odniesieniu do deklarowanej wartości strumienia świetlnego oraz mocy znamionowej

Parametr	Źródło światła			
	Żarówka tradycyjna	Żarówka halogenowa	Świetlówka kompaktowa	Lampa LED
Minimalna wartość strumienia świetlnego w procentach wartości deklarowanej	95	90	90	90
Maksymalna wartość mocy znamionowej w procentach wartości deklarowanej	104	108	115	115

2. TRWAŁOŚĆ I EKSPLOATACYJNY SPADEK STRUMIENIA ŚWIETLNEGO ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Wycofywanie z rynku źródła żarowe charakteryzują się nie tylko niska efektywnością energetyczną, ale także dużo gorszymi parametrami eksploatacyjnymi, takimi jak trwałość i spadek strumienia świetlnego w czasie, w stosunku do pozostałych lamp do użytku domowego. Wymagania dotyczące zmiany parametrów eksploatacyjnych zawarte w rozporządzeniach [1, 2] ograniczają się do sprawdzenia procentowej zmiany strumienia świetlnego dla określonych czasów świecenia zależnych od rodzaju lampy oraz określenia tzw. wskaźnika przedwczesnego końca eksploatacji i współczynnika trwałości po czasie określonym dla danego rodzaju lampy. Wymagania rozporządzeń [1, 2] zestawiono w tabeli 2.1.

Zapisy rozporządzeń [1, 2] odnoszą się jedynie do oceny zmian parametrów eksploatacyjnych w czasie do 6000 godzin. W przypadku lamp LED czas ten jest tylko częścią całkowitego czasu eksploatacji tych źródeł światła, a gwałtowny rozwój technologii produkcji, opracowywanie coraz to nowszych rozwiązań konstrukcyjnych, pozwalających uzyskać coraz to wyższe parametry fotometryczne, kolorymetryczne i użytkowe powoduje, że obecne rozwiązania techniczne nie pozwalają na pełną ocenę parametrów w trakcie dłuższych czasów eksploatacji. Ze względu na bardzo dużą trwałość źródeł ledowych wynoszącą kilkadziesiąt tysięcy godzin opracowana została metoda prognozowania spadku strumienia świetlnego na podstawie pomiarów eksploatacyjnych strumienia świetlnego w przedziale czasowym przynajmniej do 6000 godzin co 1000 godzin i ekstrapolacji uzyskanych wyników odpowiednią krzywą wykładniczą do czasu wynoszącego 6 lub 5,5 krotną w zależności od liczebności badanej próbki. Szczegółowa procedura wyznaczania zmian strumienia świetlnego opisana została w publikacji [8].

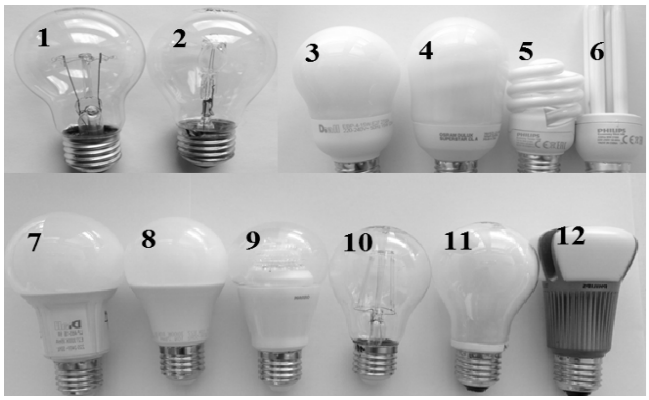
Tabela 2.1. Wymagania dotyczące parametrów eksploatacyjnych źródeł światła do użytku domowego [1, 2].

Lp.	Parametr	Źródło światła		
		Żarówka	Świetlówka kompaktowa	Lampa LED
1	Zachowanie strumienia świetlnego	≥ 85% przy 75% znamionowej trwałości	po 2000 h ≥ 88% (≥0,83 dla świetlówek z drugą bańką) po 6000h ≥70%	po 6000h ≥80%
2	Wskaźnik przedwczesnego końca eksploatacji	≤ 5 % dla 200 h	≤ 2 % dla 400 h	≤ 5 % dla 1000 h
3	Wskaźnik trwałości lamp po 6000 h	–	≥ 0,70	≥0,90

3. PRZEDMIOT I ZAKRES BADAŃ

Obiektem badań były lampy: halogenowa, świetlówki kompaktowe oraz lampy LED, będące zamiennikami tradycyjnej żarówki 60 W. Ponadto dla porównania parametrów przebadano żarówkę wstrząsoodporną 60W (źródło nr 1).

Parametry badanych źródeł światła deklarowane przez producenta i podane na opakowaniu zestawiono w tabeli 3.1. Wygląd badanych źródeł światła pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Wygląd badanych źródeł światła

Tabela 3.1. Podstawowe parametry badanych źródeł światła

Nr źródła światła	U	P	ϕ	T_b	R_a	τ	Klasa efektywności energetycznej	Cena
	[V]	[W]	[lm]	[K]	[–]	[h]		[zł]
1	220–240	60	600	–	100	1 000	E	1,99
2	230	46	700	2 700	100	2 000	D	6,76
3	220–240	15	799	2 700	≥80	10 000	A	18,76
4	220–240	14	740	2 500	>81	10 000	A	25,99
5	220–240	12	741	2 700	81	6 000	A	13,64
6	220–240	14	856	2 700	81	6 000	A	13,64
7	220–240	9	806	3 000	–	25 000	A	29,98
8	220–240	10	806	3 000	–	15 000	A+	7,99
9	220–240	10	806	2 700	80	15 000	A+	29,98
10	220–240	7,5	806	2 700	>80	15 00	A+	41,50
11	220–240	7	806	2 700	>80	10 000	A++	28,18
12	220–240	12	806	2 700	80	25 00	A	176,46

W celu weryfikacji deklaracji producentów źródeł światła, zgodnie z wymaganiami rozporządzeń [1, 2, 3] oraz norm przedmiotowych [4, 5, 6, 7], przeprowadzono badania laboratoryjne wybranych lamp do użytku domowego.

Wszystkie pomiary wykonane zostały w trakcie realizacji pracy dyplomowej inżynierskiej [9].

W pierwszej kolejności sprawdzeniu podlegały następujące parametry: czas nagrzewania się lampy, wartość początkowego strumienia świetlnego, wartość mocy początkowej, prąd lampy, współczynnik mocy, wskaźnik oddawania barw, temperatura barwowa, klasa efektywności energetycznej. Ponadto dla każdego źródła światła wyznaczano charakterystyki rozruchowe strumienia świetlnego, mocy, prądu lampy.

Następnie przystąpiono do pomiarów eksploatacyjnych zmian strumienia świetlnego. Ze względu na dużo niższe trwałości źródeł żarowych pomiary wykonano dla czasów 100, 200, 400 i 600 godzin świecenia, a dla świetlówek kompaktowych i lamp LED, posiadających trwałość przynajmniej kilka lub kilkanaście razy większą, dla 500, 1000, 2000, 3000 godzin pracy.

4. OPIS STANOWISK POMIAROWYCH

4.1. Pomiary parametrów fotometrycznych i elektrycznych

Pomiar parametrów fotometrycznych i elektrycznych wykonano na stanowisku pomiarowym, w skład którego wchodziła kula Ulbrichta, zasilacz PCR 2000M firmy KJKUSUI, analizator mocy Norma 400 firmy Fluke, fotometr LMT PHOTOMETER B510 z ogniwem skorygowanym do V(λ) oraz komputer PC z oprogramowaniem. Wygląd stanowiska pomiarowego pokazano na rys. 2

Na stanowisku pomiarowym wyznaczane były charakterystyki rozruchowe strumienia świetlnego, mocy oraz natężenia prądu lampy oraz pomiary eksploatacyjnych zmian strumienia świetlnego.



Rys. 2. Stanowisko pomiarowe do pomiary parametrów fotometrycznych i elektrycznych

4.2. Pomiary parametrów kolorymetrycznych

Parametry kolorymetryczne i spektrofotometryczne zmierzone zostały spektrofotometrem X4 Light Analyzer firmy Gigahertz – Optik współpracujący z komputerem PC. Pomiary wykonano na ławie fotometrycznej znajdującej się w ciemni fotometrycznej. Do zasilenia źródeł światła użyto zasilacza PCR 500M firmy KJKUSUI. Wygląd stanowiska pomiarowego pokazano na rysunku 3.

Podczas pomiarów spektrofotometrem uzyskano wartości temperatury barwowej i wskaźnika oddawania barw.



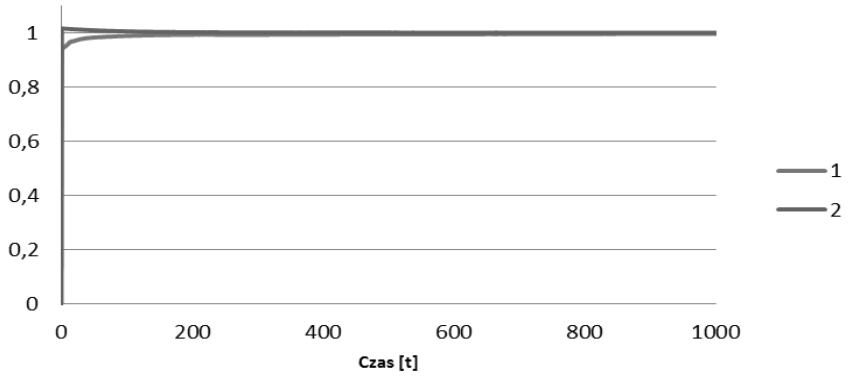
Rys. 3. Wygląd stanowiska pomiarowego

5. WYNIKI POMIARÓW

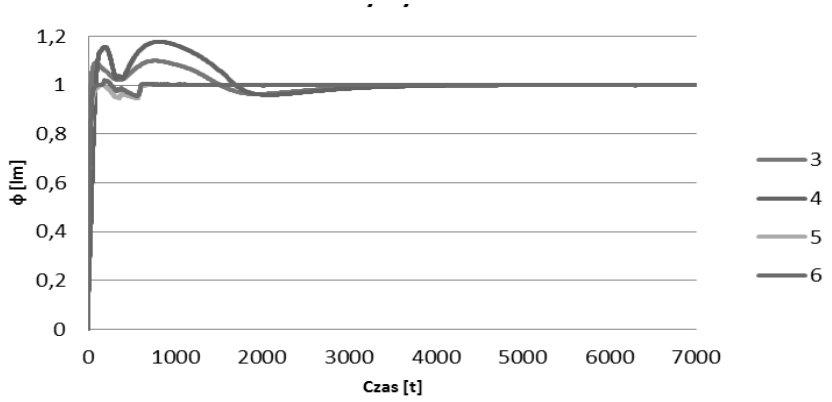
Wyniki pomiarów wartości początkowych strumienia świetlnego (ϕ), mocy czynnej lampy (P), skuteczności świetlnej (η), czasu narastania strumienia świetlnego do 60% w przypadku żarówek i świetlówek kompaktowych, 95% w przypadku lamp diodowych, temperatury barwowej (T_b), wskaźnika oddawania barw (R_a), współczynnika mocy ($\cos\varphi$) oraz klasy efektywności energetycznej umieszczono w tabeli 5.1. Na rys 5–7 przedstawiono względne charakterystyki rozruchowe strumienia świetlnego badanych lamp. Eksploatacyjne zmiany strumienia świetlnego badanych źródeł światła zestawiono w tabeli 5.2. oraz przedstawiono na rysunkach 8 i 9.

Tabela 5.1. Początkowe parametry fotometryczne, kolorymetryczne i elektryczne badanych źródeł światła

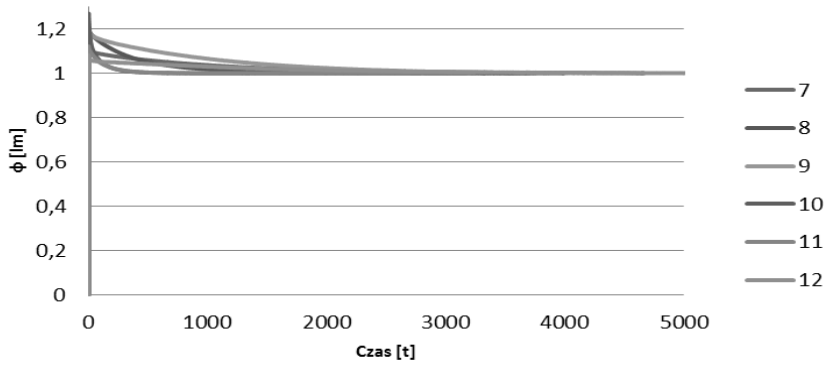
Nr źródła światła	ϕ	P	η	$t_{60\%\phi}$ lub $t_{95\%\phi}$	T_b	R_a	$\cos\varphi$	Klasa efektywności energetycznej
	[lm]	[W]	[lm/W]	[s]	[K]	[–]	[–]	[–]
1	558	59,1	10	0	2 690	99,6	1,00	E
2	749	49,1	15	0	2 840	99,8	1,00	D
3	700	12,9	55	92	2 680	83,8	0,59	A
4	706	13,4	53	44	2 490	82,9	0,60	A
5	827	11,5	73	14	2 790	82,3	0,60	A
6	884	13,7	65	13	2 890	80,3	0,61	A
7	927	8,7	108	0	3 070	84,0	0,59	A+
8	830	9,5	88	0	2 990	82,1	0,54	A+
9	797	9,8	82	0	2 680	81,6	0,60	A+
10	819	7,5	110	0	2 790	81,7	0,61	A+
11	736	6,7	111	0	2 730	81,4	0,57	A+
12	889	10,8	83	0	2 670	80,6	0,76	A+



Rys. 5. Względne charakterystyki rozruchowe strumienia świetlnego badanych żarówek



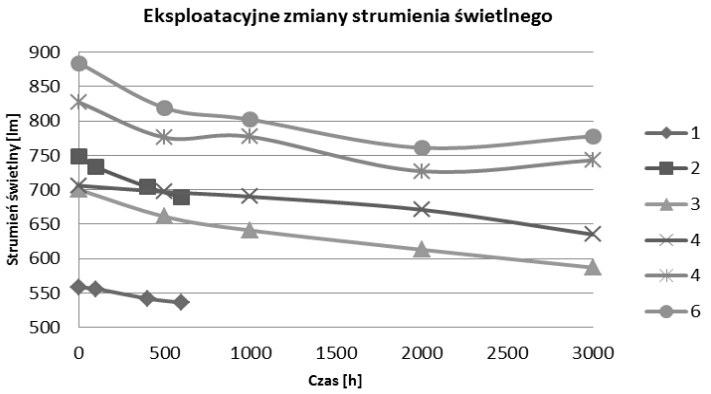
Rys. 6. Względne charakterystyki rozruchowe strumienia świetlnego badanych świetlówek kompaktowych



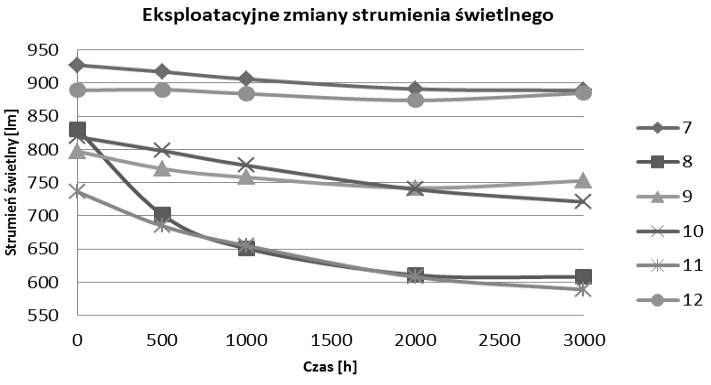
Rys. 7. Względne charakterystyki rozruchowe strumienia świetlnego badanych lamp LED

Tabela 5.2. Eksploatacyjne zmiany strumienia świetlnego badanych źródeł światła

Czas świecenia	Nr źródła światła											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0 h	558	749	700	706	827	884	927	830	797	819	736	889
100 h	556	733	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
400 h	542	704	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
500 h	–	–	661	697	776	819	917	702	771	798	685	890
600 h	536	689	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 000 h	–	–	641	690	777	802	906	651	758	776	655	884
2 000 h	–	–	613	671	727	761	891	611	742	740	608	874
3 000 h	–	–	587	635	743	778	889	608	753	721	589	885



Rys. 8. Charakterystyki eksploatacyjnych zmian strumienia świetlnego badanych żarówek i badanych świetlówek kompaktowych



Rys. 9. Charakterystyki eksploatacyjnych zmian strumienia świetlnego badanych lamp LED

6. ANALIZA I WNIOSKI Z PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Uzyskane parametry początkowe, takie jak moc czynna czy strumień świetlny w większości przypadków były zgodne z deklaracjami producentów. Jedynie żarówka wstrząsoodporna oraz świetlówka kompaktowa nr 3 przy stabilnej pracy posiadała mniejszy początkowy strumień świetlny niż wymaga tego norma [4, 6]. Wszystkie badane źródła światła spełniały wymagania [1, 2] dotyczące wskaźnika oddawania barw oraz współczynnika mocy. Wyznaczone temperatury barwowe także były zgodne z deklaracjami producenta. Maksymalna różnica wynosi ok. 9 %, ale nadal wartość ta odpowiada ciepłej barwie światła. Czasy nagrzewania wszystkich źródeł do określonych wartości strumienia świetlnego, przedstawione w tabeli 5.1., spełniają wartości wymagane przez rozporządzenia [1, 2]. W przypadku świetlówek nr 3 i 4 dłuższy czas spowodowany jest tym, że posiadają one amalgamat, który wydłuża czas narastania strumienia. Także wyznaczone klasy efektywności energetycznej w większości przypadków odpowiadają deklaracjom producentów. Niezgodność występowała w 3 przypadkach (źródła nr 7, 11, 12), ale w dwóch z nich (nr 7 i 12) wyznaczono wyższe wartości niż deklarowane, co jest korzystne dla użytkownika, a tylko dla źródła nr 11 uzyskano w trakcie badań niższą klasę efektywności energetycznej niż deklarował producent.

Na podstawie dotychczasowych pomiarów nie można jeszcze dokonać oceny zmian strumienia świetlnego żarówki halogenowej, świetlówek kompaktowych oraz lamp LED zgodnie z wymaganiami rozporządzenia [1, 2], ani oszacować spadku strumienia świetlnego z godnie z procedura opisana w literaturze [8]. Niemniej jednak, na podstawie tych badań, można już zauważyć eksploatacyjny spadek strumienia świetlnego.

7. PODSUMOWANIE

Żarówki cechują się bardzo małą wydajnością energetyczną, przez co są wycofywane z użytku, a na ich miejsce wprowadza się lampy o większej skuteczności świetlnej. Konsument staje przed problemem, jakim jest wybranie odpowiedniego zamiennika żarówki, w celu oświetlenia wnętrz domowych. Do wyboru ma świetlówki kompaktowe oraz lampy LED. Pomóc w tym mają wiadomości zawarte na opakowaniu produktu lub na stronach internetowych producenta.

Jeżeli chodzi o deklaracje producentów z faktycznymi parametrami, to w większości są one zgodne, jednak nie zawsze wszystkie dane są podane na opakowaniu produktu. W niektórych przypadkach brakowało wartości wskaźnika oddawania barw, temperatury barwowej czy współczynnika mocy.

Wyniki zamieszczone w tabeli 5.2 i 5.3 są początkiem do dalszej, rozbudowanej analizy. Pomiary wykonano dla pierwszych 3 000h pracy świetlówek

kompaktowych oraz lamp diodowych. Aby móc sprawdzić i ekstrapolować spadek strumienia świetlnego, potrzeba dalszych badań, trwających 3 000 h. Dzięki temu można będzie przewidzieć dalsze zachowanie się strumienia świetlnego w czasie użytkowania źródła.

Badania przeprowadzone zostały na pojedynczych egzemplarzach i nie należy na ich podstawie wyciągać wniosków dotyczących całej produkcji. Użyte źródła światła były wyrywkowo wybrane, przez co sprawdzone zostały tylko niektóre lampy dopuszczone do sprzedaży w celu użytku domowego.

LITERATURA

[1] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) Nr 244/2009 z dnia 18 marca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego.

[2] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2009/125/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp kierunkowych, lamp z diodami elektroluminescencyjnymi i powiązanego wyposażenia.

[3] ROZPORZĄDZENIE DELEGOWANE KOMISJI (UE) NR 874/2012 z dnia 12 lipca 2012 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/30/UE w odniesieniu do etykietowania energetycznego lamp elektrycznych i opraw oświetleniowych.

[4] PN – EN 60064:2002: Żarówki z żarnikiem wolframowym do użytku domowego i podobnych ogólnych celów oświetleniowych – Wymagania funkcjonalne.

[5] PN – EN 60357:2003: Żarówki halogenowe (oprócz pojazdowych) – Wymagania funkcjonalne.

[6] PN – EN 60969:2002: Lampy samostatecznikowe do ogólnych celów oświetleniowych. Wymagania funkcjonalne.

[7] PN – EN 62612:2013: Lampy samostatecznikowe LED do ogólnych celów oświetleniowych na napięcie zasilające> 50 V.

[8] IES TM–21–11: Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources, Illuminating Engineering Society of North Amaerica, New York 2011.

[9] Zabłocka J., Ocena parametrów fotometrycznych, elektrycznych oraz eksploatacyjnych bezkierunkowych źródeł światła do użytku domowego, Praca dyplomowa inżynierska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej , Politechnika Poznańska, Poznań, 2017.

STUDY OF CHANGES OF OPERATIONAL PARAMETERS SELECTED LAMPS FOR HOUSEHOLD USE

In the laboratory of the Institute of Electrical Engineering and Electronics of the Poznań University of Technology carried out performance tests of selected non–directional household lamps, which are replacements for traditional 60W incandescent lamps. The article presents the results of measurements of the initial photometric, colorimetric and electrical parameters, its evaluation in accordance with the requirements of the relevant regulations of the European Union and standards and operational changes in the luminous flux in the range of up to 3,000 hours for light compact fluorescent lamps and LED lamps and up to 600 hours for incadescent lamps.

(Received: 03. 02. 2017, revised: 15. 02. 2017)