

Zamienniki LED klasycznych żarówek (2)

Streszczenie. Od kilku lat ze sprzedaży detalicznej sukcesywnie wycofywane są żarówki. W ich miejsce coraz częściej oferowane są zamienniki LED. Ich jakość, stałość parametrów, zgodność parametrów z deklaracjami producentów, w niektórych przypadkach budzi duże wątpliwości. W opracowaniu zostaną zaprezentowane wyniki badań, elektrycznych, fotometrycznych i kolorymetrycznych wybranych zamienników LED dla klasycznych żarówek.

Abstract. The conventional incandescent lamps have been consecutively withdrawn from retail last years. LED substitutes instead have been offered more and more frequently. Their quality, parameters stability and conformity declaration are questionable in many cases. In this paper the results of electrical, photometric and colorimetric parameters investigations of the chosen LED substitutes of conventional incandescent lamps are presented. (LED substitutes of conventional incandescent lamps(2))

Słowa kluczowe: technika świetlna, diody elektroluminescencyjne, zamienniki żarówek, pomiary fotometryczne

Keywords: lighting technology, LED, replacement bulbs, photometric measurements

Wprowadzenie

Zgodnie z rozporządzeniem Komisji Europejskiej 244/2009 [1], proces wycofywania żarówek został zakończony we wrześniu 2012r. Celowość ograniczenia zużycia energii w gospodarstwach domowych wydaje się słuszną drogą. Jednakże zakaz sprzedaży żarówek głównego szeregu budzi szereg wątpliwości. Klasyczne żarówki poza szeregiem wad, tj. niska trwałość, energochłonność, posiadają również zalety np.: mają najwyższy, spośród produkowanych źródeł światła, współczynnik oddawania barw $R_a=100$, niskie koszty produkcji – ceny detaliczne sprzed września 2009r. kształtowały się poniżej 1zł, a obecnie przekraczają 3 zł). Stąd nakazowy system wycofywania ich z rynku budzi słuszny sprzeciw u dużej części użytkowników.

Równoległe z procesem wycofywania energochłonnych źródeł światła Unia Europejska promuje wprowadzanie nowoczesnych źródeł światła, a szczególnie tych zbudowanych na półprzewodnikowych elementach, tj. diodach elektroluminescencyjnych oraz organicznych diodach elektroluminescencyjnych. Ma to odzwierciedlenie w dokumencie pt. „Zielona Księga – Oświetlenie Przyszłości” [2]. W dokumencie tym przedstawione są perspektywy rozwoju technologii półprzewodnikowej w oświetleniu, oraz wskazane są działania mające na celu przyspieszenie wdrażania nowoczesnych technologii.

Opisane działania spowodowały pojawienie się na rynku dużej ilości półprzewodnikowych „zamienników” klasycznych żarówek. Natomiast od razu nasuwa się pytanie, czy używanie słowa „zmiennik” w ogóle jest uprawnione. Biorąc pod uwagę parametry LED-ów będących w sprzedaży [3], możemy mówić co najwyżej o „substytucji” klasycznych żarówek, gdyż o pełniej zamienności nie może być mowy (biorąc pod uwagę chociażby uogólniony wskaźnik oddawania barw).

Część parametrów technicznych eksponowanych przez niektórych sprzedawców i producentów, budzą pewne wątpliwości. Informacje, że lampa LED (zwana też ledówką) o mocy 2,5W jest zamiennikiem 40W żarówki w przypadku nieznanego producenta i na obecnym poziomie rozwoju LED, brzmi dość nieprawdopodobnie. Z innych informacji dowiadujemy się, że lampy LED są kilkunastokrotnie bardziej wydajne od klasycznych żarówek, a ich trwałość przekracza 50000h. Poza tym, część z producentów (importerów, sprzedawców) nie podaje strumienia świetlnego lamp LED, a są też przypadki wręcz nieoznakowanych opakowań, co jest nie zgodne z zaleceniami unijnymi. Do tego dochodzi kwestia bardzo wysokiej ceny jednostkowej lamp i pytanie czy warte są swojej ceny?

Przedstawione fakty spowodowały zainteresowanie się

tym tematem przez autora. Zaprezentowane w dalszej części badania są kontynuacją badań przedstawionych wcześniej w literaturze [4]. Wcześniejsze badania dotyczyły „zamienników” ogólnie dostępnych w Polsce w 2012 roku.

Cel przeprowadzonych badań

Celem przeprowadzonych badań było określenie podstawowych parametrów fotometrycznych, kolorymetrycznych oraz elektrycznych lamp LED dostępnych na rynku z trzonkiem E27 będących „zamiennikami” klasycznych żarówek. Ledówki zakupiono w sklepach internetowych oraz stacjonarnych w 2013 roku. Wyniki badań pozwolą określić zgodność parametrów technicznych podawanych przez producentów z uzyskanymi podczas pomiarów oraz czy rzeczywiście badane lampy są w stanie skutecznie zastąpić klasyczne żarówki.

Sposób przeprowadzania pomiarów

Wszystkie badania przeprowadzono w Laboratorium Fotometrii i Kolorymetrii znajdującym się w Zakładzie Techniki Świetlnej Politechniki Warszawskiej. Badania strumienia świetlnego, wykonano metodą obiektywną w kuli całkującej. Mierzono strumień świetlny po włączeniu lampy oraz po 30min. od włączenia.

Badania kolorymetryczne wykonano również w kuli całkującej za pomocą kolorymetru. Podczas badań określano temperaturę barwową najbliższą T_b , oraz współrzędne trójchromatyczne x i y . Sprzęt użyty do badań był wyprodukowany przez niemiecką firmę LMT. Dodatkowo rozkład widmowy określano za pomocą spektrometrii wyprodukowanego przez amerykańską firmę StellarNet.

W przypadku pomiarów elektrycznych, badania przeprowadzono za pomocą analizatora mocy firmy Chroma. Podczas badań określano napięcie zasilania, prąd, moc czynną, bierną i pozorną, współczynniki całkowitych zniekształceń harmonicznych prądu i napięcia oraz współczynnik mocy i prąd rozruchu.

Wybór źródeł światła do badań

Do badań wybrano lampy LED, które według producentów/dystrybutorów miały zastąpić klasyczne żarówki, przy deklarowanych dużych oszczędnościach w zużyciu energii elektrycznej. Stąd wszystkie zamienniki były wyposażone w trzonek E27. Ponieważ ledówki są obecnie dość drogimi źródłami światła, do badań wytypowano głównie te o umiarkowanej cenie, gdyż potencjalni użytkownicy są nimi najbardziej zainteresowani. Jednakże, aby dopełnić przekrój dostępnych źródeł, zdecydowano się na zakup również kilku droższych źródeł światła. Koszt jednostkowy źródła wahał się od ok. 10zł aż do ok. 200zł. Lampy kupiono w detalicznej sieci sprzedaży, zarówno w

dużych marketach handlowych jak i małych sklepikach, w tym również internetowych. Producenci kupionych źródeł to ogromni potentaci na rynku oświetleniowym, jak i firmy w ogóle nie znane na naszym rynku. Co ciekawe w społeczeństwie jest na tyle silne przywiązanie do klasycznych rozwiązań, że praktycznie wszyscy sprzedawcy nazywają ledówki żarówkami energooszczędnymi, co oczywiście jest błędnym określeniem. Do

badań wybrano również kilka kierunkowych źródeł światła, gdyż producenci deklarowali w opisach produktu zamienność z żarówkami (nie informując że chodzi o żarówki kierunkowe lub bezkierunkowe).

W tabelach 1, 2 i 3 zestawiono podstawowe dane techniczne deklarowane przez producentów i sprzedawców lamp LED. Źródła światła zestawiono rosnąco według mocy deklarowanej przez producentów (sprzedawców).

Tabela 1. Podstawowe parametry badanych lamp LED, które podawali producenci – część 1







	Parametry badanych lamp LED podawane przez producentów						
	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6	LED 7
Nazwa wg producenta	AJE-2127W ECO	G60-20SMD3528 120	JDR E27 60SMDS	Ledigo E27 3,8W	THOR-011	430625	7577
Producent	ActiveJET	LedLux	LedLux	Ledigo	THORLED	Lexman	Whitenergy
Zdjęcie							
Ilość LED (typ)	21	20 (SMD3528)	60 (SMD3528)	27 (SMD5050)	31	-	80 (SMD3528)
Strumień świetlny	60lm	100lm	350lm	430lm	470lm	250lm	230lm
Moc znamionowa	1,2W	1,5W	3W	3,8W	3,9W	4W	4W
Odpowiednik żarówki	10W	20W halogenowa	40W	35W (40W)	45W	25W	25W
Temperatura barwowa	3200K (±200)	2800K-3500K	3000	3000K	2900K-3500K	2700K	3000K
Oddawanie barw	70	82			70	80	
Trwałość	30000h	30000h	30000h	50000h	30000h	15000h	30000h
Kąt rozsyłu	15°	120°	120°	270°	360°	-	60
Ilość wł./wył	-	Do 100 000	100 000	-	30 000	-	-
Trzonek	E27	E27	E27	E27	E27	E27	E27
Deklarowana oszczędność energii	-	Klasa A	90%	-	-	-	90%
Gwarancja	36 m-cy	12 m-cy	12 m-cy	24 m-ce	24 m-ce	24 m-ce	24 m-ce
Cena w 2013r	13,5zł	9,99zł	12,99zł	17zł	17,49zł	44,9zł	29,99zł

Tabela 2. Podstawowe parametry badanych lamp LED, które podawali producenci – część 2

Nazwa parametru	Parametry badanych lamp LED podawane przez producentów						
	LED 8	LED 9	LED 10	LED 11	LED 12	LED 13	LED 14
Nazwa	THOR-016	LB35 45SMD 360	THOR-017	WOJ12865	T-44-54 CORN	AJE-HS2827B	Osram LED Star Classic A60 - 10W
Producent	THORLED	LedLux	THORLED	Wojnarowscy	LED Lumen	ActiveJET	Osram
Zdjęcie							
Ilość LED	45	45 (SMD)	48	14	54 (SMD5050)	20	-
Strumień świetlny	580lm	720lm (900lm)	500lm	520lm	985lm	806lm	810lm
Moc znamionowa	5W	6W	6W	7W	9W	10W	10W
Odpowiednik żarówki	60W	70W	50W	50W	100W	60W	60W
Temperatura barwowa	2900K-3500k	3000K	2900K-3500K	3000K	3000K	2700K (±200K)	2700K
Oddawanie barw	70	82	70	80	80	80	80
Trwałość	30 000h	30 000h	30 000h	25 000h	50 000h	25 000	15000h
Kąt rozsyłu	360	360°	360	270°	360°	140°	
Ilość wł./wył	30 000	20 000	30 000	15 000	-	30 000	
Trzonek	E27	E27	E27	E27	E27	E27	E27
Deklarowana oszczędność energii	-	Klasa A	-	Klasa A	Klasa A	Klasa A	Klasa A 80%
Gwarancja	24 m-ce	12 m-cy	24 m-ce	24 m-ce	24 m-ce	36 m-cy	36 m-cy
Cena	23,49zł	29,99zł	18,49zł	27zł	38,92	80,6zł	44zł

Tabela 3. Podstawowe parametry badanych lamp LED, które podawali producenci – część 3

Nazwa parametru	Parametry badanych lamp LED podawane przez producentów				
	LED 15	LED 16	LED 17	LED 18	LED 19
Nazwa	E27-SMD24-A60-WW	10W Garo LEDMCOB10	G95-A	MASTER bulb MV DIMABLE 17W	T-83 CORN
Producent	Bemko (Ecoline)	Kanlux	LED LUMEN	Philips	LED LUMEN
Zdjęcie					
Ilość LED	24 (SMD5630)	6 (MCOB)	4 chip x 30		108szt. SMD5050
Strumień świetlny	840lm	900lm	1450lm	1055lm	1800lm
Moc znamionowa	10W	10W	12,5W	17W	18W
Odpowiednik żarówki	62W	66W	125W	75W	150W
Temperatura barwowa	3000K	4000K-4500K	2800K-3000K	2700K	3000K
Oddawanie barw	-	-	80	80	80
Trwałość	30000h	30 000h	50 000h	25 000h	50000
Kąt rozsyłu	-	120°	160°		360°
Ilość wł./wył	-				
Trzonek	E27	E27	E27	E27	E27
Deklarowana oszczędność energii/ Klasa efektywności	Klasa A	-	Klasa A	80% Klasa A	Do 90%
Gwarancja	24 m-ce	24 m-ce	24 m-ce	24 m-ce	24 m-ce
Cena	46zł	41,35zł	63,25zł	205zł	87,59zł

W tabelach zawarto określenia podawane przez sprzedawców, producentów lub dystrybutorów.

Podczas wyboru lamp LED zwrócono uwagę szczególnie na małe moce zamienników klasycznych żarówek. Należy pamiętać, że najniższa moc żarówki głównego szeregu to 15W, a praktycznie wszyscy w warunkach domowych używali typowych mocy, takich jak 60W, 75W lub 100W, a rzadziej 40W lub 150W. Stąd ciekawie zapowiadały się wyniki badań ledówek o mocy 1,2W, 1,5W czy 3W, gdyż trudno sobie wyobrazić jakie klasyczne żarówki z trzonkiem E27 byłyby w stanie zastąpić, pamiętając jakie żarówki były najczęściej używane. Jeden ze sprzedawców w opisie zaznaczył, że

ledówka 3W może zastąpić żarówkę 40W. Dlatego wyniki badań pozwolą określić, na ile dane podawane przez producentów oraz sprzedawców odpowiadają rzeczywistości.

Wyniki badań lamp LED

W tabeli 4 zestawiono wyniki badań fotometrycznych i kolorymetrycznych, a w tabeli 5 wyniki badań elektrycznych - wszystkich poddanych analizie źródeł światła. W przypadku strumienia świetlnego oraz mocy czynnej obliczono dodatkowo procentowe rozbieżności pomiędzy wartościami zmierzonymi i deklarowanymi.

Tabela 4. Wyniki badań lamp LED oraz obliczeń rozbieżności pomiędzy parametrami zmierzonymi i deklarowanymi przez producentów

Numer lampy	Wyniki badań								Wyniki obliczeń					
	Fotometrycznych			Kolorymetrycznych					Fotometrycznych		Kolorymetrycznych			
	Strumień świetlny			Temperatura barwowa		Wskaźnik oddawania barw		Współrzędne trójkromatyczne		Skuteczność świetlna η	δ_b	α_{bt}	δ_{tb}	δ_{Ra}
zmierzony $t=0s$	zmierzony $t=30min$	deklarowany	zmierzona	deklarowana	zmierzona	deklarowana	x	y	Φ_{zm}/P_{zm}	Φ_{zm}/Φ_{dekl}	$\Phi_{t=30min}/\Phi_{t=0}$	Tb_{zm}/Tb_{dekl}	Ra_{zm}/Ra_{dekl}	
[lm]	[lm]	[lm]	[K]	[K]	[-]	[-]	[-]	[-]	[lm/W]	[%]	[%]	[%]	[%]	
LED 1	73,3	69,4	60	2955	3000-3400	70,4	70	0,4560	0,4386	57,2	115,6	94,6	98,5	100,6
LED 2	75,3	76,0	100	2937	2800-3500	63,3	82	0,4447	0,4119	80,0	76,0	100,9	+	77,2
LED 3	175,1	154,0	350	3154	3000	61	-	0,4324	0,4135	57,4	44,0	87,9	105,1	-
LED 4	189,3	159,6	430	3056	3000	69,3	-	0,4415	0,4208	54,7	37,1	84,3	101,9	-
LED 5	261,0	230,3	470	3043	2900-3500	65,4	70	0,4388	0,4132	74,5	49,0	88,2	+	93,4
LED 6	284,1	265,6	250	2690	2700	82,1	80	0,4607	0,4108	69,2	106,3	93,5	99,6	102,6
LED 7	192,3	165,9	230	2936	3000	73,3	-	0,4473	0,4092	41,4	72,1	86,3	97,9	-
LED 8	391,5	362,8	580	2930	2900-3500	65,3	70	0,4464	0,4166	93,0	62,5	92,7	+	93,3
LED 9	376,7	333,7	900	3019	3000	64,4	82	0,4384	0,4108	74,0	37,1	88,6	100,6	78,5
LED 10	288,8	328,1	500	2945	2900-3500	60,5	70	0,4442	0,4121	89,4	65,6	113,6	+	86,4
LED 11	502,2	456,0	520	2614	3000	82,6	-	0,4653	0,409	75,9	87,7	90,8	87,1	-
LED 12	681,9	614,9	985	3137	3000	71,2	80	0,4327	0,4121	69,8	62,4	90,2	104,6	89,0
LED 13	904,7	798,9	806	2868	2500-2900	72,4	80	0,4509	0,4155	80,7	99,1	88,3	+	90,5

LED 14	968,6	911,9	810	2685	2700	81,8	80	0,4584	0,4061	78,5	112,6	94,1	99,4	102,3
LED 15	729,0	654,2	840	2850	3000	-	-	0,4468	0,4050	67,7	77,9	89,7	95,0	-
LED 16	980,9	895,4	900	3953	4000-4500	75	-	0,3805	0,3700	91,0	99,5	91,3	98,8	-
LED 17	1179,7	1071,8	1450	2900	2800-3000	71,8	80	0,4558	0,4292	90,9	73,9	90,9	+	89,8
LED 18	1327,7	1189,4	1055	2651	2700	80,5	-	0,4623	0,4086	72,5	112,7	89,6	98,2	-
LED 19	1945,1	1771,3	1800	2991	3000	72,7	80	0,4433	0,4162	107,9	98,4	91,1	99,7	90,9

Tabela 5. Wyniki badań elektrycznych lamp LED oraz obliczeń rozbieżności pomiędzy parametrami zmierzonymi i deklarowanymi

Numer lampy	Wyniki badań elektrycznych dla stabilizowanego napięcia zasilania 230V AC										Wyniki obliczeń δ_p	
	Prąd	Moc czynna		Moc bierna	Moc pozorna	Współczynnik mocy PF	Prąd rozruchu I _s	THD _U	THD _I	(P _{zm} / P _{dekl})·100%		
		zmierzona	deklarowana									
		[mA]	[W]								[W]	[Var]
LED 1	22,73	1,2134	1,2	5,08	5,22	0,232	5,16	2,16	30,22	101,1		
LED 2	17,41	0,95	1,5	3,89	4,00	0,237	4,3	2,06	27,6	63,3		
LED 3	35,11	2,68	3	7,62	8,08	0,332	1,2	2,12	33,18	89,3		
LED 4	41,45	2,92	3,8	9,08	9,54	0,306		2,09	31,06	76,8		
LED 5	40,06	3,09	3,9	8,68	9,21	0,335	1,01	2,07	33,88	79,2		
LED 6	29,14	3,84	4	5,49	6,70	0,573		2,26	118,46	96,0		
LED 7	44,96	4,01	4	9,53	10,34	0,388		2,12	42,37	100,3		
LED 8	41,06	3,9	5	8,61	9,45	0,413	4,8	2,06	44,76	78,0		
LED 9	44,13	4,51	6	9,10	10,15	0,444	6,67	2,33	40,89	75,2		
LED 10	32,23	3,67	6	6,44	7,41	0,495		1,96	42,73	61,2		
LED 11	51,58	6,01	7	10,23	11,86	0,507	5,6	2,31	111,28	85,9		
LED 12	49,64	8,81	9	7,26	11,42	0,772		2,37	73,63	97,9		
LED 13	50,86	9,9	10	6,23	11,70	0,846		2,24	49,84	99,0		
LED 14	52,5	11,62	10	3,29	12,08	0,962	3,6	2,25	5,94	116,2		
LED 15	141,4	9,67	10	31,05	32,52	0,297	5,1	2,38	28,17	96,7		
LED 16	93,16	9,84	10	19,03	21,43	0,459		2,16	56,3	98,4		
LED 17	101,6	11,79	12,5	20,18	23,37	0,505	5,8	2,09	145	94,3		
LED 18	93,54	16,41	17	13,91	21,51	0,763	7,8	2,14	80,81	96,5		
LED 19	74,13	16,41	18	4,63	17,05	0,962	3,6	2,46	17,6	91,2		

Analiza wyników badań

Analiza wyników zostanie podzielona na trzy części, tzn. analizę wyników fotometrycznych, kolorymetrycznych i elektrycznych.

Analiza wyników fotometrycznych

Podobnie jak w poprzednich badaniach można stwierdzić, że jeżeli renomowani producenci (na przykład Philips czy Osram) podają strumień świetlny źródła światła to jest on zgodny z rzeczywistością, przy czym zazwyczaj rzeczywisty strumień jest wyższy niż deklarowany. Na 19 przebadanych źródeł światła tylko 4 miały wyższy strumień niż deklarowany (LED 1 (ActiveJet 1,2W), LED 6 (Lexman 4W), LED 14 (Osram 10W) oraz LED 18 (Philips 17W)) Natomiast w przypadku producentów nieznanymi lub o niższej pozycji na rynku, można zaobserwować znaczne rozbieżności. Strumień świetlny zbliżony do deklarowanego miały źródła: LED 13 (Active Jet 10W), LED 16 (Kanlux 10W) oraz LED 19 (LedLumen 18W). W pozostałych przypadkach strumień świetlny był zaniżony od kilkunastu do kilkudziesięciu procent, w odniesieniu do wartości deklarowanej. Najgorzej było w przypadku źródeł: LED 3 (Ledlux 3W), LED 4 (Ledigo 3,8W), LED 5 (Thorled 3,9W) oraz LED 9 (Ledlux 6W), strumień świetlny był poniżej 50% strumienia deklarowanego. W przypadku wymienionych dwóch lamp: LED 4 i LED 9, strumień świetlny zmierzony stanowił 37% strumienia deklarowanego przez sprzedawcę. Czyli w przypadku ledówki nr 4 i nr 9 w pomieszczeniu mielibyśmy tylko 1/3 światła deklarowanego przez sprzedawcę – pomijając i tak bardzo niską moc jednostkową źródła światła.

Skuteczność świetlna zmierzonych źródeł światła również była na różnicowym poziomie. Bardzo dobre wyniki uzyskały lampy 2, 8, 10, 13, 16, 17 i 19, gdzie skuteczność świetlna przekraczała 80lm/W. Liderem okazała się lampa LED 19, gdzie skuteczność świetlna była powyżej 100lm/W i wynosiła prawie 108 lm/W. Co ciekawe w grupie najbardziej wydajnych źródeł światła nie było największych producentów.

Poprawną skuteczność świetlną (powyżej 60lm/W) miały lampy LED 5, 6, 9, 11, 12, 14, 15 oraz 18. Natomiast niską skuteczność świetlną (około 40lm/W) miała tylko jedna lampa, tzn. lampa nr 7 (Whitenergy 4W). W tym przypadku, skuteczność świetlna jest zaledwie trzykrotnie wyższa od skuteczności świetlnej żarówek głównego szeregu. Co ciekawe sprzedawca lampy nr 7 deklarował oszczędności energii do 90%. Pomijając już koszt zakupu można stwierdzić, że dane podane przez tego sprzedawcę są po prostu nieprawdziwe. Porównując otrzymane wyniki do wyników z 2012 roku, można stwierdzić zauważalny wzrost skuteczności świetlnej ledówek (wtedy było aż 5 lamp o skuteczności świetlnej poniżej 40lm/W).

Również analiza deklarowanej zamienności żarówki o danej mocy na ledówkę przyniosła ciekawe rezultaty. Wyniki zestawiono w tabeli 6. W analizie uwzględniono również kilka kierunkowych źródeł światła (LED 1, LED 3 oraz LED 7), gdyż producenci deklarowali w opisach produktu zamienność z żarówkami (nie informując, że chodzi o żarówki kierunkowe lub bezkierunkowe). Druga kolumna tabeli 6 przedstawia żarówki o jakiej mocy mogą być zastąpione daną ledówką, według danych producenta. W kolumnie 3 wyznaczono, na podstawie pomiarów strumienia świetlnego ledówek, rzeczywistą moc żarówki dla której zamiennikiem mogłaby być badana ledówka [1]. W kolumnie czwartej zestawiono moc żarówki którą można by zastąpić ledówką, uwzględniając typoszereg żarówek z trzonkiem E27. Dla przykładu lampa LED 3, według danych producenta powinna zastąpić żarówkę 40W. Na podstawie wyznaczonego strumienia świetlnego ledówki, wyznaczono, posługując się tabelą 7, żarówka o jakiej mocy mogłaby być zastąpiona. Po obliczeniach określono że badana żarówka mogłaby zastąpić żarówkę o mocy 17W. Jednakże biorąc pod uwagę typoszereg typowych żarówek, badana ledówka mogłaby zastąpić żarówkę o mocy 15W.

Tabela 6. Określenie deklarowanej i rzeczywistej zamienności żarówek z trzonkiem E27 na badane ledówki

Numer lampy	Deklarowany zamiennik żarówki [W]	Wyznaczony zamiennik żarówki [W]	Moc żarówki, którą można by zastąpić, uwzględniając typoszereg żarówek na trzonku E27
LED 1	-	8W	-
LED 2	-	8W	-
LED 3	40W	17W	15W
LED 4	40W	17W	15W
LED 5	45W	23W	15W
LED 6	25W	26W	15W
LED 7	25W	18W	15W
LED 8	60W	33W	15W
LED 9	70W	31W	15W
LED 10	50W	30W	15W
LED 11	50W	39W	15W
LED 12	100W	49W	40W
LED 13	60W	60W	60W
LED 14	60W	66W	60W
LED 15	62W	51W	40W
LED 16	66W	65W	60W
LED 17	125W	76W	75W
LED 18	75W	82W	75W
LED 19	150W	113W	100W

Analizując uzyskane wyniki w tabeli 6, można stwierdzić, że tylko w przypadku trzech lamp LED (LED 6, LED 13 oraz LED 18), deklarowana zamienność pod kątem mocy, jest zgodna z rzeczywistością, a nawet przewyższa deklarowane parametry. Dwie z tych trzech ledówek są wytwarzane przez renomowanych producentów, co tylko potwierdza wysoka jakość ich produktów. Również lampa LED 14 ma zgodność deklaracji z rzeczywistością. W pozostałych przypadkach (szesnaście badanych lamp), deklarowana zamienność nie jest zgodna z rzeczywistością. W odniesieniu do LED 1 i LED 2, można stwierdzić, że nie są one w stanie być zamiennikiem dla żadnej produkowanej wcześniej żarówki z trzonkiem E27 (typoszereg żarówek kończył się na 15W). Poza tym równie słabo wypadły lampy LED 3, LED 4, LED 9, LED 12, gdzie ponad dwukrotnie zawyżono deklarowaną zamienność mocy. Niewiele lepsze rezultaty osiągnęły lampy LED 5, LED 8, LED 10, LED 17.

Praktycznie we wszystkich badanych lampach LED strumień świetlny spadał w trakcie stabilizacji warunków pracy lamp – tylko dla lamp LED 2 oraz LED 10 wzrósł. Strumień świetlny w porównaniu do początkowej wartości zmienił się w zakresie od 84,3% (LED 4) do 113,6% (LED 10).

Analiza wyników kolorymetrycznych

W przypadku badań kolorymetrycznych, wszyscy producenci podawali temperaturę barwową najbliższą swoich lamp, przy czym część z nich podawało zakresy temperatur barwowych. Na podstawie analizy uzyskanych wyników można stwierdzić, iż tylko w przypadku lampy LED 11, temperatura barwowa odbiega o kilkanaście procent od deklarowanej. W pozostałych przypadkach różnice te są poniżej 5%. Poza lampami LED 3, LED 4, LED 9 i LED 12, deklarowane wartości temperatury barwowej były wyższe od zmierzonych.

Dodatkowo analizie poddano uogólniony wskaźnik oddawania barw. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż tylko w przypadku trzech źródeł światła (LED 11, LED 14 i LED 18) wskaźnik oddawania barw przekraczał 80. Czyli tak naprawdę tylko 3 źródła spośród 19 badanych, można by zgodnie z normą [5] zastosować do oświetlenia wnętrz, gdzie odbywa się typowa praca

wzrokowa (np. biura, pomieszczenia edukacyjne, obszary ogólne, teatry, kina, miejsca rozrywki, itd.).

Analiza wyników elektrycznych

Moc czynna zmierzona była wyższa od deklarowanej w przypadku tylko 3 lamp, tzn. LED 1, LED 7 oraz LED 14, czyli źródła światła pobierały wyższą moc niż deklarował producent (źródła LED 14 pobierało ponad 16% więcej mocy czynnej). W pozostałych przypadkach pobór mocy czynnej był niższy od deklarowanej od 1% (LED 13) do 37% (LED 2). W tym przypadku znowu najniekorzystniej wypadła lampa nr 2, gdzie producent deklarował 1,5W w rzeczywistości miała moc 0,95W. W tym przypadku to tak jakby proponowano nam zamienić żarówkę 25W żarówką 15W i przekonywano że będzie to rozwiązanie energooszczędne. Zasadniczo rzeczywiście będziemy zużywać mniej energii, niestety kosztem jakości oświetlenia – o czym użytkownicy nie są informowani.

Współczynniki mocy PF, poza dwoma przypadkami (lampa nr 14 i 19) są na niskim lub bardzo niskim, w zasadzie niedopuszczalnym, poziomie. Wyroby o współczynniku mocy poniżej 0,3 (LED 1, LED 2 oraz LED 15) to już skrajny negatywny przypadek. Nawet lampa jednego z renomowanych producentów (LED 18), uzyskała wynik na poziomie 0,76. Świadczy to o średniej lub niskiej jakości układów zasilających lampy LED. Gdyby przedsiębiorca chciał wymienić w hali produkcyjnej dotychczasowe źródła światła na lampy LED, musiałby się liczyć ze znacznymi dodatkowymi kosztami związanymi z koniecznością kompensacji mocy biernej. Co ciekawe w przypadku świetlówek kompaktowych, odpowiednia dyrektywa [1] określa że dla mocy $P < 25W$ współczynnik mocy PF $\geq 0,55$, a dla mocy $P \geq 25W$ współczynnik mocy PF $\geq 0,9$. Natomiast najnowsze rozporządzenie unijne [6] definiuje, że dla mocy ledówek $P < 2W$ brak wymagań, dla mocy $2W < P \leq 5W$ współczynnik mocy PF $> 0,4$, a dla mocy $5W < P \leq 25W$ współczynnik mocy PF $> 0,5$ oraz dla mocy $P \geq 25W$ współczynnik mocy PF $\geq 0,9$. Analizując wyniki pod kątem przytoczonego rozporządzenia, lampy LED 3, 4, 5, 7, 10, 16 nie spełniają wymagań unijnych, a biorąc pod uwagę deklarowaną moc również lampa LED 9 nie spełnia wymagań.

Całkowite napięciowe zniekształcenia harmoniczne nie przekraczały poziomu 3% dla wszystkich badanych lamp. W przypadku całkowitych prądowych zniekształceń harmonicznych poziom aż 100% przekraczają lampy nr 1, 7, 14, przy czym lampa nr 14 generowała zniekształcenia na poziomie przekraczającym 116%. O negatywnych skutkach stosowania tego typu źródeł dla sieci energetycznej nie trzeba nikogo przekonywać, gdyż są one oczywiste.

Również prąd rozruchu lamp (maksymalny pik prądowy) jest bardzo wysoki, np. dla lampy nr 18 wynosił niespełna 8A. Łatwo sobie wyobrazić konsekwencje instalacji wielu tego typu źródeł i efektów podczas jednoczesnego włączania. Jest to niezwykle istotne z punktu prawidłowego działania instalacji zasilającej.

Aspekt ekonomiczny

Biorąc pod uwagę cenę poszczególnych ledówek oraz ich rzeczywisty strumień świetlny, można wyznaczyć koszt jednego lumena. Najlepiej wypadły lampy nr 14 i 19, gdzie koszt 1 lumena kształtował się na poziomie poniżej 5 groszy. Najwyższą cenę za 1 lumen odnotowano w przypadku lamp: LED 1 (19 groszy), LED 6 (17 groszy), LED 7 (18 groszy) oraz LED 18 (17 groszy), czyli o ponad trzykrotnie więcej niż w przypadku wcześniej wymienionych lamp LED 14 i LED 19.

Tabela 7. Dobór zamienników klasycznych żarówek

Znamionowy strumień świetlny lampy Φ [lm]			Deklarowana moc zastępowanej żarówki
Świetłówka kompaktowa	Żarówka halogenowa	LED i inne lamy	
125	119	136	15W
229	217	249	25W
432	410	470	40W
741	702	806	60W
970	920	1055	75W
1398	1326	1521	100W
2253	2137	2452	150W
3172	3009	3452	200W

Podsumowanie

W przypadku lamp LED postępowanie się mocą źródła jako parametrem mówiącym o jego właściwościach świetlnych, tak jak to było w przypadku żarówek, jest niezwykle mylące. Ledówki o tej samej mocy, mogą mieć zastosowane diody o różnej skuteczności świetlnej. Zatem strumień świetlny dwóch lamp LED o tej samej mocy może się znacząco różnić. Dlatego, aby ustrzec się od tego typu problemów można sprawdzić jaki strumień świetlny miały kiedyś klasyczne żarówki – każdy mnie więcej ma pojęcie jak świeciła żarówka o mocy 60W, 100W czy 150W. Stąd zestawiono typowe moce żarówek z ich strumieniem świetlnym (wtedy można sprawdzić jakiej mocy żarówka odpowiada dana lampa LED i podjąć racjonalną decyzję o zakupie, zakładając że dane jakie podaje producent lub sprzedawca są prawdziwe):

- żarówka 100 W – strumień świetlny 1300 ÷ 1400 lm;
- żarówka 75 W – strumień świetlny 920 ÷ 970 lm;
- żarówka 60 W – strumień świetlny 700 ÷ 750 lm;
- żarówka 40 W – strumień świetlny 410 ÷ 430 lm;
- żarówka 25 W – strumień świetlny 220 ÷ 230 lm.

Gdy sprzedawca oferuje źródło światła o strumieniu świetlnym, np. 580lm (lampa LED 8 o rzeczywistym strumieniu świetlnym 363lm) i twierdzi, że jest to odpowiednik żarówki 60W to w oczywisty sposób wprowadza nabywcę w błąd i takiego źródła światła nie należy kupować.

Dodatkowo, w tabeli 5 zestawiono przykładowe przeliczniki pomiędzy mocami i strumieniem świetlnym różnych lamp i żarówek – zgodnie z literaturą [1].

W przypadku gdy wartość strumienia jest pomiędzy wskazanymi w tabeli wartościami to wartość mocy należy interpolować w zaokrągleniu do 1W.

Wprowadzanie konsumentów w błąd podając nieprawdziwe dane techniczne sprzedawanej lampy, mogą spowodować niechęć do nowych technologii. Ktoś kto kupi 4W (lampa LED 8 o rzeczywistej mocy 3,9W) zamiennik żarówki 60W na długi czas zniechęci się do nowych technologii, mając wrażenie że wszystkie lampy LED nie dają takich efektów świetlnych jak klasyczne żarówki.

Wszelkie próby zamiany klasycznych żarówek LED-owymi zamiennikami nie mogą odbywać się kosztem jakości oświetlenia. Poza tym należy dążyć do produkowania ledówek o lepszej jakości jeśli chodzi o parametry elektryczne (współczynniki mocy i poziom zniekształceń harmonicznych) – w zasadzie wszystkie badane lampy miały słabej jakości układy zasilające. Poza tym prawie połowa lamp miała współczynnik mocy poniżej wymaganego przez odpowiednie rozporządzenie unijne – czyli powinny od razu zostać wycofane ze sprzedaży.

Dodatkowo używając słowa zamiennik żarówki, należy to rozumieć że wszystkie parametry ledówek są nie gorsze niż żarówek. Analiza samego uogólnionego współczynnika oddawania barw, gdzie najlepszy wynik to 83 a najgorszy 61, świadczy o niemożliwym do zrealizowania zastąpieniu żarówki o współczynniku oddawania barw bliskim bądź

równym 100. Stąd wniosek, że w przypadku badanych ledówek nie można mówić o odpowiednikach, a co najwyżej o substytutach klasycznych żarówek. Co ciekawe, w przypadku świetlówek kompaktowych, według wymagań europejskich [1], obecnie mogą być produkowane świetłówki o $R_a \geq 80$. Dostrzega się brak tego typu uwarunkowań w przypadku ledówek.

Analizując wyniki badań z poprzedniego roku [4] należy zauważyć ogólną poprawę poszczególnych parametrów ledówek. Świadczy to o coraz lepszej jakości diod elektroluminescencyjnych stosowanych w badanych lampach LED. Należy uznać to za zjawisko pozytywne.

Oczywiście uzyskane wyniki dotyczą tylko jednostkowych egzemplarzy ledówek, wybranych losowo spośród szerokiej oferty rynkowej. Również niska cena poszczególnych lamp mogła wpłynąć na jakość produktów. Dlatego do testów wybrano również kilka markowych ledówek. Z drugiej strony tanie produkty są najchętniej wybierane przez konsumentów, stąd właśnie tanie lampy LED, wybrano głównie do badań.

Otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że tylko w przypadku czterech lamp (w tym dwóch markowych), z dziesiętnastu badanych, parametry deklarowane przez producenta, zgadzają się z danymi zmierzonymi w rzeczywistości.

Podsumowując, należy mieć nadzieję, że organy odpowiedzialne za kontrole wyrobów sprzedawanych w naszym kraju, będą eliminowały produkty niezgodne z opisem producenta (wiele źródeł powinno być od razu wycofanych ze sprzedaży, np. ze względu na niski współczynnik mocy). Dzięki temu użytkownicy chętniej będą korzystali z nowych technologii, bez ryzyka zakupu produktu niezgodnego z opisem. Dodatkowo korzystając z materiałów zawartych w niniejszym opracowaniu, każdy samodzielnie może dobrać odpowiedni zamiennik LED dla klasycznej żarówki. Generalnie głównym kryterium wyboru ledówki powinien być strumień świetlny, a uzupełniającym wskaźnik oddawania barw (im wyższy tym lepiej).

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 244/2009 z dnia 18 marca 2009r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego. Bruksela 2009.
- [2] Komisja Europejska: Zielona Księga, Oświetlenie przyszłości, Przyspieszenie wdrażania innowacyjnych technologii oświetlenia. Bruksela 2011 r.
- [3] Żagan W.: Rzeczelnie i rozważnie o LED-ach - ocena obecnych i prognoza przyszłych aplikacji oświetleniowych diod elektroluminescencyjnych; Przegląd Elektrotechniczny nr 1/2008, ISSN 0033-2097.
- [4] Czyżewski D.: „Zamienniki LED klasycznych żarówek”, Przegląd Elektrotechniczny, 88, ISSN 0033-2097, pp. 123-127, 11a.
- [5] PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy - Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach
- [6] 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.. Bruksela 2012.

Autor: Dariusz Czyżewski, dr inż., Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, Zakład Techniki Świetlnej, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, e-mail: dariusz.czyzewski@ien.pw.edu.pl