

Badania porównawcze zamienników tradycyjnych żarówek

Streszczenie. W publikacji zaprezentowano dostępne w marketach zamienniki tradycyjnych żarówek. Porównano deklarowane przez producentów moce i strumienie świetlne poszczególnych zamienników, a także wymiary równoważnych źródeł światła. Zbadano również wpływ napięcia zasilającego na prace poszczególnych lamp, czas zapłonu oraz wpływ temperatury otoczenia na właściwości świetlne i elektryczne źródeł światła. Na koniec porównano widma promieniowania oraz temperaturę barwową tradycyjnej żarówki wraz z jej zamiennikami.

Abstract. This paper presents substitutes of conventional incandescent lamps available in supermarkets. Manufacturers' declared wattages and luminous fluxes of the substitutes have been compared, as well as the dimensions of the equipollent light sources. The influence of voltage on individual lamps, starting time, and the influence of the ambient temperature on light and electric properties of the light sources have been researched. Finally, the spectrum of a radiation and the colour temperature of a conventional incandescent lamp with its substitutes have been collated. (**Comparative studies of conventional incandescent lamp substitutes**)

Słowa kluczowe: żarówka tradycyjna, żarówka halogenowa, świetlówka kompaktowa, lampa LED.

Key words: conventional incandescent lamp, tungsten halogen lamp, fluorescent lamp, LED lamp.

Wprowadzenie

Stopniowe wycofywanie ze sprzedaży tradycyjnych żarówek stało się już faktem, zawdzięczamy to uchwalonej Dyrektywie 2005/32/WE [1]. Określa ona wymogi dot. produktów wykorzystujących energię elektryczną. Komisja Europejska zdecydowała o wprowadzeniu zakazu wprowadzania na rynek energooszczędnych produktów oświetleniowych. Wycofywanie tych nieefektywnych źródeł światła – jakimi są tradycyjne żarówki będzie przebiegało etapami, wg określonego w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 244/2009 [2] harmonogramu (tab. 1.)

Tab. 1. Harmonogram wycofywania tradycyjnych żarówek

Etap	Data obowiązywania	Wycofywane żarówki
1	1 września 2009 r.	żarówki matowe (nieprzezroczyste) oraz przezroczyste o mocach 100 W i większych (150 W i 200 W);
2	1 września 2010 r.	żarówki o mocy 75 W
3	1 września 2011 r.	żarówki o mocy 60 W
4	1 września 2012 r.	żarówki o mocy 15 W, 25 W i 40 W

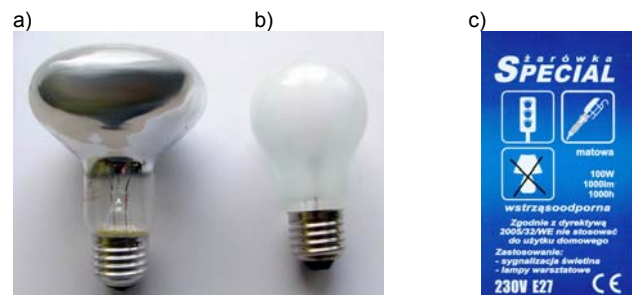
W praktyce oznacza to, że sklepy po upływie wymienionych terminów nie będą już mogły zamawiać żarówek o mocach określonych w harmonogramie, a sprzedaż ich będzie mogła odbywać się wyłącznie do wyczerpania zapasów.

Wymogi te nie dotyczą jednak tzw. lamp kierunkowych oraz lamp do celów specjalnych. W myśl Rozporządzenia Komisji [2] pod pojęciem „lampa kierunkowa” należy rozumieć taką lampę, w której to minimum 80% wysłanego przez nią strumienia świetlnego zawiera się w kącie bryłowym wynoszącym π sr, co odpowiada stożkowi o kącie 120° . Natomiast sformułowanie „lampa do celów specjalnych” wg [2] oznacza lampę nie nadającą się do oświetlania pomieszczeń domowych z powodu jej parametrów technicznych lub zamieszczenia w sposób wyraźny i widoczny na opakowaniu informacji, że lampa nie nadaje się do użytku domowego (rys. 1 c).

Przykłady lampy kierunkowej (żarówki zwierciadlanej z bańką E80) oraz lampy do celów specjalnych o mocy 100 W przedstawiono na rys. 1.

W internecie pojawiły się informacje na temat produkcji (po 1 września 2009 r.) tradycyjnych żarówek o mocy 99 W. Miała by ona zastąpić żarówkę 100 W obchodząc (przez okres jednego roku) przepisy Komisji Europejskiej. Pomysł z wyprodukowaniem takiej żarówki nie łamałby przepisów Komisji, gdyby nie określone w sposób ścisły wymogi doty-

czące maksymalnej mocy znamionowej dla danej wartości strumienia świetlnego.



Rys. 1. Dostępne w sprzedaży żarówki o mocy 100 W po 1 września 2009 r.: a) żarówka kierunkowa, b) żarówka do celów specjalnych, c) widok opakowania żarówki do celów specjalnych

Korzystając z zamieszczonej w Rozporządzeniu [2] zależności analitycznej (1) można obliczyć maksymalną moc P_{max} jaką może pobierać źródło światła dla określonej wartości znamionowej strumienia świetlnego Φ_N .

$$(1) \quad P_{max} = 0,8(0,88\sqrt{\Phi_N} + 0,049\Phi_N)$$

Tak więc każde źródło światła podlegające przepisom Rozporządzenia powinno spełniać warunek

$$(2) \quad P_{max} \geq P_N$$

w którym P_N – znamionowa moc źródła światła.

A zatem tradycyjna „setka”, której strumień znamionowy (podawany przez producentów) wynosi 1340 lm, powinna pobierać wg [2] nie więcej niż 78,298 W. Gdyby identycznych obliczeń dokonać w odniesieniu do żarówek o pozostałych mocach, to w każdym z przypadków P_{max} będzie mniejsza od mocy znamionowej (tab. 2) – czyli warunek (2) nie zostanie spełniony.

Aby uniknąć (z dniem 1 września 2009 r.) zakazu wprowadzania do obrotu wszystkich żarówek tradycyjnych (o mocach od 15 W do 200 W), określono odstępstwa, które zastawiono w tab. 3.

W pierwszym etapie zakaz nie dotyczy źródeł światła które pobierają moc od 10 W do 81 W przy emitowanym strumieniu świetlnym z przedziału 60-950 lm. W drugim etapie nie dotyczy źródeł o mocy od 10 W do 65 W przy

strumieniu świetlnym z przedziału 60÷725 lm, natomiast w trzecim źródeł o mocy od 10 W do 45 W przy strumieniu świetlnym zawierającym się w zakresie 60÷450 lm. A zatem żarówki o mocy 99 W nie spełniły by wymogów Komisji Europejskiej.

Tab. 2. Maksymalne moce jakie powinny pobierać tradycyjne żarówki dla swoich znamionowych wartości strumienia świetlnego

P_N	Φ_N	P_{max}
15 W	120 lm	12,415 W
25 W	220 lm	19,066 W
40 W	415 lm	26,600 W
60 W	710 lm	46,590 W
75 W	930 lm	57,925 W
100 W	1340 lm	78,298 W
150 W	2160 lm	105,166 W
200 W	3000 lm	156,169 W

Tab. 3. Zestawienie odstępstw wg [2]

Etap	Zakres odstępstwa	Maksymalna moc znamionowa
1	$60 \text{ lm} \leq \Phi_N \leq 950 \text{ lm}$	$P_{max} = 1,1(0,88\sqrt{\Phi_N} + 0,049\Phi_N)$
2	$60 \text{ lm} \leq \Phi_N \leq 725 \text{ lm}$	
3	$60 \text{ lm} \leq \Phi_N \leq 450 \text{ lm}$	

Ponieważ żarówki głównego szeregu produkowane są zgodnie ze znormalizowanym szeregiem mocy, tak więc w praktyce oznacza to, że w etapie pierwszym zakaz nie dotyczy żarówek o mocach od 75 W do 15 W, w etapie drugim od 60 W do 15 W, a w etapie trzecim od 40 W do 15 W – tak jak podano w tab. 1.

Dostępne zamienniki tradycyjnej żarówki

Oferta producentów energooszczędnych źródeł światła jest bardzo szeroka. W każdym sklepie możemy znaleźć proponowane zamienniki tradycyjnej żarówki do których głównie należą: żarówki halogenowe oraz zintegrowane świetlówki kompaktowe.

W celu łatwego zorientowania się jakim źródłem można zastąpić wycofywaną żarówkę tradycyjną, producenci energooszczędnych źródeł światła bardzo często, zamiast strumienia świetlnego – jednego z podstawowych parametrów charakteryzujących źródła światła, podają na opakowaniach swoich produktów dwie moce, zapisane jako np. 15 W = 75 W. Pierwsza z nich określa znamionową moc źródła światła, druga zaś informuje dla jakiej mocy żarówki tradycyjnej jest odpowiednikiem pod względem emitowanego strumienia świetlnego.

Ofertę możliwych zamienników (różnych producentów) dla znormalizowanego szeregu mocy tradycyjnych żarówek przedstawiono w tab. 4. natomiast porównanie znamionowych strumieni świetlnych Φ_N zestawiono w tab. 5.

Tab. 4. Oferta możliwych zamienników tradycyjnej żarówki

żarówka tradycyjna	dostępne zamienniki z trzonkiem Edisona		
	żarówka halogenowa	świetlówka kompaktowa	lampa LED
15 W	brak	brak	2 – 3 W
25 W	18 W	5 W	5 W *)
40 W	28 W	7 – 9 W	7 W *)
60 W	42 W	11 – 13 W	brak
75 W	52 W	14 – 15 W	brak
100 W	72 W	18 – 23 W	brak
150 W	105 W	30 W	brak
200 W	brak	55 W	brak

*) - dot. lamp kierunkowych

W zależności od mocy danej żarówki, możemy ją zastąpić albo żarówką halogenową lub też energooszczędną świetlówką kompaktową. Dla przykładu, jeśli mamy oprawę z żarówką o mocy 100 W, to jej zamiennikiem może być

świetlówka energooszczędna o mocy 20 – 21 W (w zależności od wykonania, producenta) lub żarówka halogenowa o mocy 70 W lub 72 W, które będą emitowały zbliżony (lub identyczny) strumień świetlny (tab. 5).

Na rynku pojawiają się już nowe technologie – diody LED. Ale zanim będą one w stanie wyprzeć tradycyjne żarówki i produkowane już od lat świetlówki kompaktowe, nazywane niepoprawnie przez wielu „żarówkami energooszczędnymi”, minie jeszcze kilka lat. Przykładem tego może być fakt, że na chwilę obecną w zasadzie nie ma zamienników tradycyjnych żarówek. Wyjątek jedynie stanowią lampy LED (nazywane potocznie „żarówkami LED”) o mocach 2 i 3 W mogące zastąpić tradycyjną żarówkę o mocy 15 W. Pojawiły się już co prawda źródła LED o większych mocach (5 W i 7 W) których strumień świetlny odpowiada tradycyjnym żarówkom o mocach odpowiednio 40 W i 60 W ale są to źródła kierunkowe i niestety bardzo drogie w porównaniu z ceną tradycyjnej żarówki. Koszt jednego źródła przekracza kwotę 100 zł.

Tab. 5. Zestawienie znamionowych mocy oraz strumieni świetlnych zamienników tradycyjnej żarówki z trzonkiem E27

żarówki tradycyjne głównego szeregu		żarówki halogenowe		świetlówki kompaktowe **)	
P_N	Φ_N	P_N	Φ_N	P_N	Φ_N
15 W	120 lm	brak	-	brak	-
25 W	220 lm	18 W	220 lm	5 W	250 lm 270 lm
40 W	415 lm	20 W*)	370 lm	7 W	360 lm 320 lm
		28 W	345 lm	8 W	400 lm 470 lm
60 W	710 lm	30 W*)	620 lm	11 W	630 lm 660 lm
		42 W	630 lm	13 W	680 lm
75 W	930 lm	52 W	840 lm	14 W	900 lm
				15 W	875 lm
100 W	1340 lm	70 W	1200 lm	18 W	1100 lm 1200 lm
				20 W	1100 lm 1150 lm 1200 lm 1300 lm
		72 W	1220 lm	21 W	1230 lm
				23 W	1375 lm
150 W	2160 lm	105 W	1900 lm	30 W	1900 lm
200 W	3000 lm	brak	-	55 W	3000 lm

*) - dot. żarówek niskonapięciowych (rys. 5.)

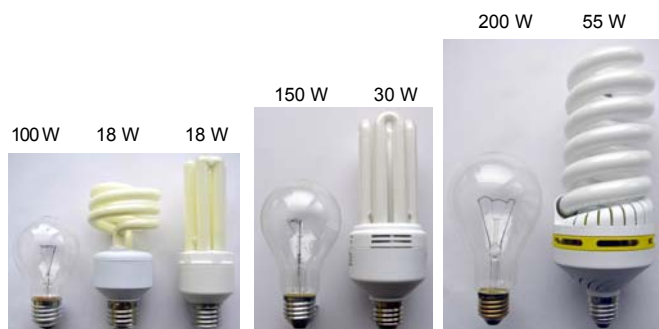
**) - dot. świetlówek z odsłoniętymi rurkami (rys. 3.)

Zdecydowaną większość zamienników tradycyjnych żarówek stanowią zintegrowane świetlówki kompaktowe, produkowane o szerokim wachlarzu mocy. Na uwagę zasługuje rozrzut strumienia świetlnego, który najbardziej widoczny jest dla zamienników tradycyjnej „setki”. Wg informacji zamieszczonych przez producentów świetlówek na opakowaniach swoich wyrobów, odpowiednikiem tradycyjnej żarówki o mocy 100 W mogą być świetlówki o mocach 18 W, 20 W, 21 W i 23 W, których strumień świetlny wynosi od 1100 lm do 1375 lm. Wzrost mocy znamionowej świetlówek kompaktowych nie zawsze musi wiązać się ze zwiększeniem strumienia znamionowego, czego przykładem są świetlówki o mocach 18 W i 20 W o tym samym znamionowym strumieniu świetlnym wynoszącym 1200 lm.

Wymiary liniowe zamienników tradycyjnych żarówek

W chwili obecnej większość zamienników żarówek głównego szeregu, w postaci świetlówek kompaktowych,

ma gabaryty istotnie i zauważalnie większe niż ich żarowe poprzedniki [7]. Do najpopularniejszych kształtów należą świetlówki z osłoniętymi rurkami w kształcie litery U lub w kształcie spirali. Zastosowanie drugiego rozwiązania pozwala na pewnie zmniejszenie wymiarów świetlówki. Na rys. 2. przedstawiono fotografie tradycyjnych żarówek o mocach 100 W, 150 W i 200 W wraz z ich zamiennikami.



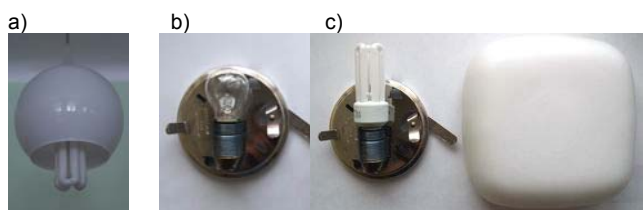
Rys. 2. Zestawienie wymiarów tradycyjnych żarówek z ich odpowiednikami - zintegrowanymi świetlówkami kompaktowymi

Głównymi ograniczeniami zmniejszenia wymiarów świetlówek są problemy termiczne i ograniczona luminancja luminoforu [6]. Z tego powodu wraz ze wzrostem mocy świetlówek obserwujemy wzrost ich wymiarów liniowych. Zwiększa się długość rury a także wymiary obudowy świetlówki (plastikowego trzonu), w której to umieszczony jest elektroniczny układ zasilający (rys. 3.).



Rys. 3. Wymiary zintegrowanych świetlówek kompaktowych o różnych mocach znamionowych

Większe wymiary świetlówek kompaktowych mogą skutkować wystawianiem ich poza klosze (rys. 4a), a w konsekwencji brakiem ochrony oka obserwatora przed bezpośrednim promieniowaniem źródła światła. Natomiast w przypadku opraw zamkniętych (np. plafony) może się zdarzyć, że świetlówka kompaktowa nie zmieści się w jej wnętrzu (rys. 4c). Wówczas takie źródło światła wg [3] nie zasługuje na miano zamiennika, bowiem nie może ono zastąpić tradycyjnej żarówki.



Rys. 4. Oprawy oświetleniowe po zastąpieniu tradycyjnych żarówek o mocy 75 W świetlówkami kompaktowymi 15 W: a) oprawa otwarta, b), c) wewnątrz oprawy zamkniętej – nałożenie klosza w przypadku c) jest niemożliwe

Produkowane są także świetlówki kompaktowe wyglądem zbliżone do żarówki głównego szeregu. Kształt tradycyjnej żarówki uzyskuje się po przez obudowanie spiralnej rurki świetlówki mlecznym kloszem. Ale i w tym przypadku wymiary zewnętrzne części świecącej takich świetlówek o mocach powyżej 11 W niestety są większe od bańki tradycyjnej żarówki. Ta dysproporcja szczególnie jest zauważalna przy świetłowce o mocy 20 W traktowanej jako odpowiednik tradycyjnej „setki” (rys. 5).



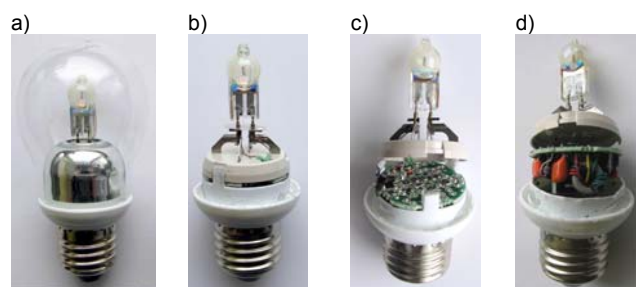
Rys. 5. Zestawienie wymiarów tradycyjnych żarówek ze świetlówkami kompaktowymi o kształcie przypominającym żarówkę

Takich problemów nie ma z żarówkami halogenowymi, których kształt oraz wymiary (w zasadzie bez względu na moc znamionową) są identyczne jak tradycyjnych żarówek głównego szeregu z bańką A55 (rys. 6). W szklanej bańce umieszczono halogenowy żarnik przeznaczony do pracy na napięciu sieciowe. Takie rozwiązanie sprawia, że źródła te mogą być użyte jako bezpośrednie zamienniki tradycyjnych żarówek. Ta zewnętrzna ochronna bańka zabezpiecza silnie nagrzewający się halogenowy żarnik – wykonany ze szkła kwarcowego, przed bezpośrednim jego dotknięciem gołymi rękoma, co jak wiadomo jest szczególnie niepożądane. Pod działaniem potu (zawierającego sole) tworzą się bowiem ośrodki krystalizacji kwarcu o zmiennej rozszerzalności cieplnej co w efekcie może doprowadzić do pęknięcia szkła - z uwagi na to, że szkło kwarcowe charakteryzuje się bardzo małym współczynnikiem rozszerzalności cieplnej.



Rys. 6. Żarówki halogenowe różnych mocy z trzonkiem E27 na napięciu sieciowe

Także w przypadku niskonapięciowych żarówek halogenowych (rys. 7.) z wbudowanym układem elektronicznym obniżającym napięcie sieciowe (do kilku woltów) zostały zachowane identyczne wymiary i kształt tradycyjnej żarówki.



Rys. 7. Żarówka z niskonapięciową kapsułką halogenową: a) widok żarówki, b) konstrukcja żarówki, c) i d) widok elektronicznego układu zasilającego obniżającego napięcie sieciowe