

Krzysztof WANDACHOWICZ*
Natalia MICHAŁOWSKA*
Michalina TAISNER*

ZALETY STOSOWANIA DIOD ŚWIECĄCYCH W LAMPACH DO UŻYTKU DOMOWEGO ORAZ W OPRAWACH OŚWIETLIENIOWYCH

W artykule przedstawiono badania właściwości elektrycznych oraz fotometrycznych wybranych lamp do użytku domowego oraz opraw oświetleniowych. Lamy do użytku domowego zostały tak dobrane, iż są zamiennikami żarówki o mocy 60 W. Badane lampy zostały poddane ocenie pod względem wymagań normatywnych. Analiza porównawcza pozwala określić ich przydatność, funkcjonalność oraz korzyści płynące ze stosowania zamienników tradycyjnej żarówki. Przedstawiono również porównanie, pod względem fotometrycznym i elektrycznym, opraw oświetleniowych biurowych wyposażonych w świetlówki T5 z możliwością wymiany tych źródeł na moduły diodowe.

SŁOWA KLUCZOWE: lampy do użytku domowego, oprawy oświetleniowe, moduły diodowe, świetlówki liniowe

1. WSTĘP

Pierwsze elektryczne źródło światła – żarówka, odchodzi w zapomnienie, ze względu na małą skuteczność świetlną oraz konkurencję w postaci droższych, ale nowocześniejszych i efektywniejszych alternatyw w postaci świetlówek kompaktowych oraz lamp LED. Pozostaje więc wybór pomiędzy wspomnianymi zamiennikami. Jako wady fluorescencyjnych lamp można wyróżnić zawartość rtęci – i co za tym idzie konieczność organizowania punktów zbiórki zużytych źródeł, dynamiczne parametry elektryczne oraz fotometryczne w fazie rozruchu. Wad tych nie posiadają lampy LED. Pomimo lepszych parametrów, którymi charakteryzują się diody świecące, najpowszechniejszymi źródłami są świetlówki. Znajdują się one dłużej na rynku, a główną ich zaletą jest niższa cena w stosunku do lamp diodowych. Są one średnio o połowę tańsze, co przy zakupie większej liczby źródeł przekłada się na dużo mniejsze kwoty. Jednak mimo to koszty eksploatacyjne w dłuższej perspektywie mogą okazać się niższe

* Politechnika Poznańska.

przy użyciu źródeł opartych o diody elektroluminescencyjne, co ma niebagatelne znaczenie w przypadku oświetlania pomieszczeń o dużych wymiarach, takich jak miejsca użyteczności publicznej. Kryterium ekonomiczne jest jednym z podstawowych kryteriów doboru źródeł światła do takich miejsc.

2. LAMPY DO UŻYTKU DOMOWEGO

2.1. Wprowadzenie

Z dniem 1 września 2013 roku wszedł w życie 5 etap spełniania wymogów dotyczących ekoprojektu, które są zamieszczone w Rozporządzeniu komisji (WE) NR 244/2009 w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego [1]. Rozporządzenie to ma na celu zwrócić uwagę na takie aspekty środowiskowe jak pobór energii elektrycznej podczas użytkowania lamp oraz zawartość rtęci i jej emisja. Zużycie energii elektrycznej przekłada się na emisję dwutlenku węgla, którą należy znacznie zredukować. W tym celu stopniowo zostały wycofywane z rynku żarówki, aż w roku 2012 zostały rewokowane żarówki głównego szeregu (do 2016 roku dopuszczono możliwość wprowadzania na rynek żarówek halogenowych). W rozporządzeniu [1] znajdują się wymogi w zakresie funkcjonalności bezkierunkowych lamp do użytku domowego m. in. fluorescencyjnych lamp kompaktowych. Przed wymienionymi źródłami stawiane są również wymagania normatywne stanowiące ochronę nie tylko konsumentów, ale również rzetelnych producentów. Istotnymi publikacjami są normy [2, 3], w których przedstawia się m.in. wymagania dotyczące początkowych wartości mocy, strumienia świetlnego oraz wskaźnik oddawania barw.

Wskaźnik efektywności energetycznej EEI informuje użytkownika o stopniu energooszczędności w stosunku do innych produktów występujących na rynku. Od 2013 roku obowiązuje rozporządzenie wprowadzające dwie dodatkowe klasy A+ oraz A++ [4].

2.2. Badane źródła

Do badań zostały wybrane świetlówki kompaktowe z prostymi i skręconymi spiralnie (twist) rurkami jarznika oraz lampy LED, których deklarowana moc równoważnej żarówki głównego szeregu wynosi 60 W. W każdej grupie znajduje się lampa producenta mniej popularnej marki.

2.3. Pomiary

Pomiarów dokonano na trzech stanowiskach pomiarowych. W lumenomierzu kulistym mierzono takie parametry jak prąd fotoelektryczny Δx (który jest wprost proporcjonalny do strumienia świetlnego – dzięki

wzorcowaniu układu możliwe było wyznaczenie rzeczywistych wartości strumienia świetlnego (Φ) oraz moc lampy P. Na fotometrze ramiennym wyznaczono krzywe światłości badanych lamp oraz oprawy z odbłyśnikiem półsferycznym z wybranymi lampami. Pomiary spektrofotometrem umożliwiły wyznaczenie wskaźnika oddawania barw Ra oraz temperatury barwowej.

2.4. Wyniki pomiarów

W tabelach 2.1 – 2.3 przedstawiono wyniki pomiarów wraz z porównaniem z wymaganiami normatywnymi. Wszystkie lampy spełniają wymagania w zakresie deklarowanej mocy, strumienia świetlnego i efektywności energetycznej. Producenci lamp zadeklarowali, że są one zamiennikami żarówek o mocy 60 W. W przypadku lampy diodowej ENAN deklaracja ta nie jest zgodna z wymaganiami [1] gdyż deklarowany strumień ma wartość 470 lm i spełnia wymagania w zakresie deklarowanej mocy równoważnej żarówki o wartości 40 W.

Tabela 2.1. Zestawienie zmierzonych mocy początkowych i porównanie z wymaganiami

Lampa		Moc deklarowana	Zmierzona moc	Wymóg normy	Wynik	Zgodność	
		W	W	%	%	tak/nie	
Świetlówka	Prost ^a	Osram	14	13,8	< 115	98	tak
		ANS - Centrum	15	14,4		103	tak
	Twist	Osram	14	11,6		96	tak
		Philips	12	13,8		92	tak
		SANICO	11	10,7		97	tak
LED	Philips	10	9,6	< 110	101	tak	
	Samsung	11	10,3		95	tak	
	ENAN S.A	6	6,5		109	tak	

Tabela 2.2. Zestawienie zmierzonych strumieni świetlnych i porównanie z wymaganiami

Lampa		Strumień deklarowany	Zmierzony strumień	Wymóg normy	Wynik	Zgodność	
		lm	lm	%	%	tak/nie	
Świetlówka	Prost ^a	Osram	740	778	> 90	105	tak
		ANS - Centrum	800	968		131	tak
	Twist	Osram	740	824		111	tak
		Philips	741	848		106	tak
		SANICO	740	688		93	tak
LED	Philips	806	770	> 90	96	tak	
	Samsung	810	837		103	tak	
	ENAN S.A	470	482		102	tak	

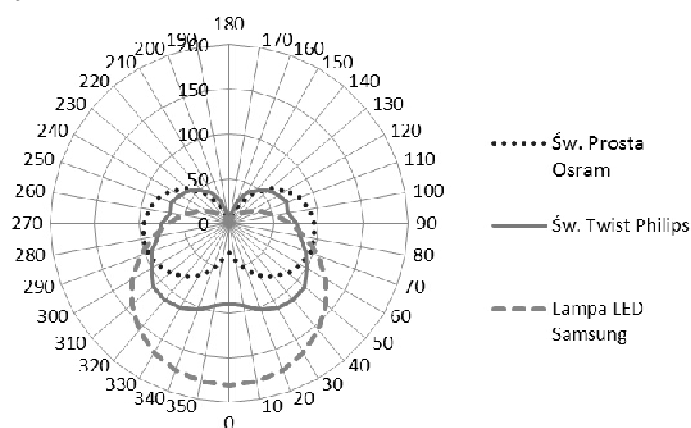
Tabela 2.3. Skuteczność świetlna i wskaźnik efektywności energetycznej

Lampa		Skut. świetlna	Deklarowany wskaźnik EEI	Obliczony wskaźnik EEI	Zgodność	
		lm / W	-	-	tak/nie	
Świetlówka	Prosta ^a	Osram	56	A	A	tak
		ANS - Centrum	67	A	A	tak
	Twist	Osram	71	A	A	tak
		Philips	61	A	A	tak
		SANICO	64	A	A	tak
LED	Philips	80	A +	A +	tak	
	Samsung	81	A	A +	tak	
	ENAN S.A	74	A +	A +	tak	

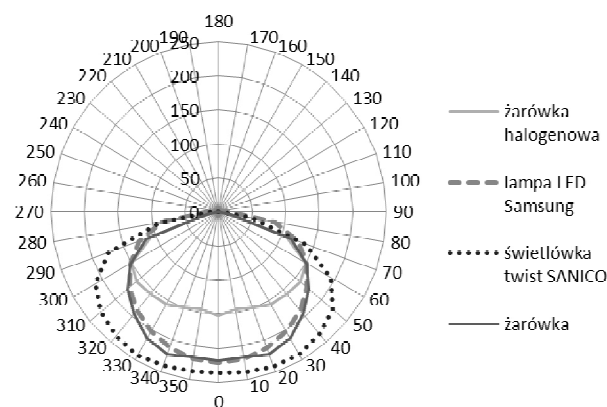
Skuteczności świetlne lamp diodowych są o około 10 lm/W większe od skuteczności świetlówek. Pozwala to lampom diodowym uzyskać wyższy wskaźnik efektywności energetycznej (klasa A+).

Na rysunku 2.1 przedstawiono krzywe światłości świetlówek kompaktowych z rurkami prostymi i twist oraz lampy diodowej, a na rysunku 2.2 krzywe światłości oprawy z odbłyśnikiem półsferycznym z żarówką, żarówką halogenową, świetlówką twist oraz lampą LED.

Lampy posiadają różne kształty krzywych światłości. Po zamontowaniu lamp w oprawie oświetleniowej z rozpraszającym odbłyśnikiem krzywe światłości nadal różnią się między sobą. Jeżeli efektem ma być uzyskanie odpowiedniej wartości natężenia oświetlenia na powierzchni poziomej pod oprawą to największe wartości można uzyskać przy zastosowaniu lamp diodowych i świetlówek z rurkami typu twist, a najmniejsze przy żarówkach halogenowych.



Rys. 2.1. Krzywe światłości lamp w przeliczeniu na 1000 lm



Rys. 2.2. Krzywe światłości różnych typów źródeł w jednej oprawie

Jak wynika z przeprowadzonych badań lampy do użytku domowego spełniają wymagania [2, 3] w zakresie objętym wykonanymi pomiarami. Należy jednak zaznaczyć, że nie badano m.in. trwałości i spadku strumienia w trakcie eksploatacji, a badania wykonano dla pojedynczych egzemplarzy lamp. Istotnym wnioskiem jest również to, że pomimo porównywalnych wartości strumieni świetlnych badane lampy (pracując w oprawach oświetleniowych) nie zawsze będą gwarantowały uzyskanie porównywalnego efektu oświetleniowego.

3. OPRAWY OŚWIETLENIOWE BIUROWE

3.1. Świetlówki liniowe T5 i moduły diodowe Fortimo LED Lines

Obecnie w oświetleniu biurowym przodują, przedstawione w 1995r. przez czołówkę światowego przemysłu oświetleniowego, świetlówki liniowe o oznaczeniu T5. Niewielka 16 mm średnica rury pozwala na łatwe ukierunkowanie światłości za pomocą odbłyśnika oraz na zmniejszenie wysokości opraw. Obecnie rozróżnia się dwa typy tych lamp – o oznaczeniu HO (ang. high output) które posiadają większą moc przypadającą na jednostkę długości oraz HE (ang. high efficiency) – o podwyższonej skuteczności świetlnej. Maksymalny strumień świetlny występuje w temperaturze otoczenia 35° C. Trwałość użytkowa lamp wynosi 20 000 h.

W 2012r. firma Philips wprowadziła na rynek moduły LED o katalogowej nazwie Fortimo LED Lines, które zarekomendowała jako idealne rozwiązanie dla opraw standardowo wyposażonych w świetlówki T5. Producent oferuje dwie podstawowe kategorie produktu Fortimo LED Lines 1R wyposażone w jeden pas diod LED oraz Fortimo LED Lines 3R wyposażone w trzy pasy diod LED. Moduły wyposażone w jeden pas, według sugestii producenta, sprawdzą się

zastępując świetlówkę T5 HO natomiast te wyposażone w trzy pasy zastępując świetlówkę T5 HE w oświetleniu biurowym [5]. Wraz z wdrożeniem nowej technologii, na rynku pojawił się dedykowany system zasilaczy o handlowej nazwie Xitanium. Zasilacze te są stałoprądowe, wysokowydajne i programowalne, dzięki czemu mogą być ustawiane zgodnie ze zróżnicowanymi wymaganiami klientów.

Badane moduły zostały odpowiednio dobrane pod względem parametrów jako zamienniki świetlówek. Zamiennikiem świetlówki 54W są dwa moduły 2ft 2200 Lm 840 1R HV2, gdzie 2ft oznacza długość modułu, w tym przypadku 560mm, 840 to oznaczenie wskaźnika oddawania barw równego 80 i temperatury barwowej równej 4000K, 1R oznacza jeden pas diod, HV2 oznacza I klasę ochronności i drugą generację modułu. Zamiennikiem dwóch świetlówek (montowanych równolegle) są dwa moduły 2ft 4000 Lm 840 1R HV1. Dane katalogowe świetlówek T5 oraz opisanych modułów zestawiono w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Dane katalogowe świetlówek T5 i modułów Fortimo LED Lines

Lp	Nazwa	Strumień [lm]	Skuteczność świetlna [lm/W]	Moc [W]	Wskaźnik oddawania barw Ra
1	Lumilux T5 54W	5000	93	54	80
2	2ft 2200 Lm 840 1R HV2	2225	137	16,2	80
3	2ft 4000 Lm 840 1R HV1	4005	130	30,8	80

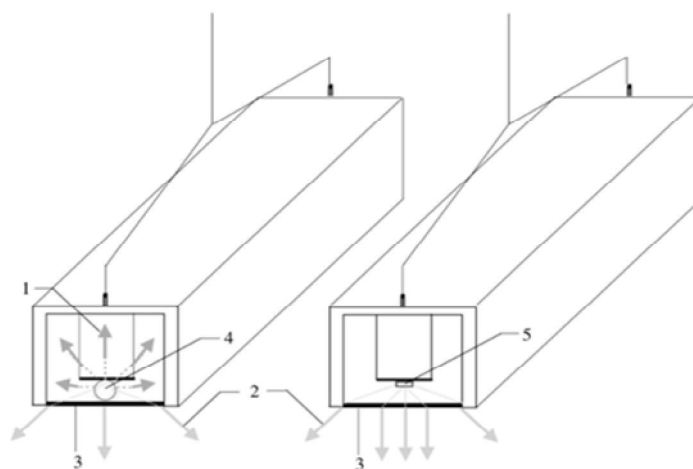
Zastosowany zasilacz ogranicza natężenie prądu modułu 2ft 4000 Lm 840 1R HV1, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia strumienia świetlnego do wartości 3500 lm.

3.2. Badane oprawy

Badania przeprowadzono dla dwóch rodzajów opraw oznaczonych jako Limit oraz Design, które posiadają pierwszą klasę oświetleniową. Oprawy serii Limit przeznaczone są do pracy z jedną świetlówką T5 i mają następujące wymiary: długość 1190 mm, szerokość 47 mm i wysokość 50 mm. Oprawy serii Design przeznaczone są do pracy z jedną lub dwiema świetlówkami T5 i mają następujące wymiary: długość 1190 mm, szerokość 80 mm i wysokość 90 mm. Oprawy mogą być wyposażone w następujące układy optyczne: zintegrowany raster z odbłyśnikiem BAP, klosz mleczny PMO, klosze pryzmatyczne CDP, LDP oraz EDP.

Oprawy te są minimalistyczne, o nowoczesnym wyglądzie, dzięki czemu są bardzo uniwersalne w użytku. Jednak montując w nich wkład ze świetlówką, która świeci z całej cylindrycznej powierzchni, część strumienia pozostanie

niewykorzystana. Wynika to z budowy opraw, ponieważ ze względu na niewielkie wymiary nie zostały one wyposażone wewnątrz w odbłyśnik, który pozwoliłby na ukierunkowanie strumienia świetlówki (rys.3.1). W przypadku modułu diodowego nie ma potrzeby montowania odbłyśnika ponieważ moduły świecą w półprzestrzeń dolną, zatem duża część strumienia zostanie wypromieniowana w kierunku otworu oprawy.



Rys. 3.3. Schemat budowy oprawy. 1- strumień świetlny świetlówki, który nie jest wykorzystany, 2- strumień świetlny źródła przetworzony i wypromieniowany z oprawy, 3-klosz, 4- świetlówka T5, 5- moduł diodowy

3.3. Wyniki

Sprawność oprawy jest stosunkiem strumienia świetlnego oprawy do strumienia świetlnego źródła. Wartości sprawności oraz skuteczności świetlnych opraw Limit i Design z wkładem świetlówkowym oraz zamiennymi modułami diodowymi zostały zaprezentowane w tabeli 3.2 oraz 3.3. Analizując otrzymane wyniki można zauważyć, że w przypadku opraw zarówno z serii Limit, jak i Design, wartości sprawności i skuteczności świetlnych są wyższe dla tych z zamontowanymi zamiennikami w postaci modułów diodowych. Oprawy z serii Limit i Design z modułami Fortimo LED Lines posiadają nie tylko większe wartości strumienia świetlnego, ale również pobierają mniej mocy niż te z wkładami ze świetlówkami liniowymi T5. Różnice w wartościach skuteczności świetlnej opraw są nawet dwukrotne na korzyść rozwiązania z modułami diodowymi. Niewątpliwie tak duże różnice są uwarunkowane budową oprawy, prawdopodobnie gdyby był zamontowany wewnątrz odbłyśnik różnice te byłyby mniejsze, ponieważ strumień świetlny świetlówki kierowany w górną półprzestrzeń byłby lepiej wykorzystany.

Tabela 3.2. Wartości sprawności oprawy Limit

Lampa	2x2ft 2200 Lm 840 1R		1xT5 HO 54W/840	
Układ optyczny	PMO	LDP	PMO	LDP
Sprawność oprawy [%]	60	70	34	36
Skuteczność świetlna systemu [lm/W]	71	84	28	30

Tabela 3.3. Wartości sprawności oprawy Design

Lampa	2x2ft 2200 Lm 840 1R			1xT5 HO 54W/840		
Układ optyczny	BAP	PMO	LDP	BAP	PMO	LDP
Sprawność oprawy [%]	75	49	67	65	47	51
Skuteczność świetlna systemu [lm/W]	90	58	80	49	36	39
Lampa	2x2ft 4000 Lm 840 1R			2xT5 HO 54W/840		
Sprawność oprawy [%]	74	48	66	47	37	40
Skuteczność świetlna systemu [lm/W]	89	57	79	41	31	33

W celu sprawdzenia korzyści płynących z wymiany świetlówek na moduły diodowe wykonano obliczenia rozkładów natężenia oświetlenia przyjmując jako przykład salę konferencyjną o wymiarach 8 m × 5 m × 2,5m, która została wyposażona w jeden duży stół, który stanowi stanowisko pracy, podstawowe meblowanie biurowe oraz oprawy serii Limit z kloszem LDP. Wykonując obliczenia uwzględniono wymagania normy [7].

Tabela 3.4. Wyniki obliczeń komputerowych - oświetlenie sali konferencyjnej

Parametr	2x2ft 2200 Lm	1xT5 HO 54W
Całkowity strumień świetlny opraw [lm]	43200	89000
Moc całkowita [W]	336,6	1100
Moc na powierzchnię [W/m ²]	8,42	27,5
Moc na powierzchnię skorygowana [W/m ² /100lx]	1,33	4,7
Średnie natężenie oświetlenia [lx]	632	585
Liczba zainstalowanych opraw	9	16

Jak wynika z tabeli 3.4 wartość mocy na powierzchnię skorygowaną, która jest miarą wydajności energetycznej, w przypadku opraw z zamontowanymi źródłami diodowymi jest ponad trzykrotnie mniejsza. Ten sam efekt oświetleniowy uzyskano z mniejszą liczbą opraw oraz przy trzykrotnie mniejszej mocy zainstalowanej. W tym przykładzie zaprezentowano wyniki uzyskane z zastosowaniem oprawy z serii Limit, z kloszem przyzmatycznym LDP. W ramach badań wykonano również inne przykładowe obliczenia w tym również dla opraw z serii Design. Również dla opraw serii Design z modułami diodowymi uzyskano korzystniejsze rozwiązanie niż dla tych samych opraw ze świetlówkami.

4. PODSUMOWANIE

W dzisiejszych czasach, kiedy coraz więcej mówi się o kończących się zasobach surowców naturalnych, niezbędnych do wytwarzania energii elektrycznej, powinniśmy zastanowić się nad tym skąd ową energię pozyskiwać i szukać alternatywnych źródeł energii, ale równie ważnym elementem jest określenie sposobu w jaki realnie możemy ograniczyć jej konsumpcję. Po ogromnym sukcesie świetlówek, jako energooszczędnych źródeł światła, na rynku oświetleniowym długo nie pojawiała się żadna alternatywa. Jednak udoskonalanie diod świecących jakie obserwujemy na przestrzeni ostatnich lat spowodowało powstanie alternatywnych źródeł światła. Z zaprezentowanych przykładów wynika, że stosowanie obecnie dostępnych na rynku diod świecących umożliwia uzyskanie dużych oszczędności inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie komisji (WE) nr 244/2009 w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego.
- [2] PN-EN 60969: 2002. Lampy samostatecznikowe do ogólnych celów oświetleniowych – Wymagania funkcjonalne.
- [3] PN-EN 62612:2014-01. Lampy samostatecznikowe LED do ogólnych celów oświetleniowych na napięcie zasilające > 50 V – Wymagania funkcjonalne.
- [4] 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.
- [5] Fortimo LED Lines Design, <http://www.lighting.philips.co.uk/> [24.12.2014]
- [6] Xitanium LED indoor drivers Design-In Guide, <http://www.lighting.philips.co.uk> [dostęp: 3 stycznia 2015].
- [7] PN-EN12464-1:2012- Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.

BENEFITS OF USING LIGHT- EMMITING DIODES IN HOUSEHOLD LAMPS AND OFFICE LUMINAIRES

This article presents a study of electrical and photometric properties of selected household lamps and luminaire. Household lamps were chosen in such a way that they are replacements for 60 watt bulb. The comparative analysis allows to determine their usefulness, functionality and benefits of choosing an alternative to traditional bulbs. The article also presents a comparison, in terms of photometric and electrical properties, of standard office luminaires that are equipped with linear source of light – T5 fluorescent lamps with the possibility of replacing these sources with diode modules.