POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ACADEMIC JOURNALS
No 92 Electrical Engineering 2017

DOI 10.21008/j.1897-0737.2017.92.0016

Małgorzata ZALESIŃSKA*
Anna KAŹMIERCZAK*
Radosław SIEWIERSKI*
Małgorzata GÓRCZEWSKA*

OCENA MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA LAMP LED JAKO ZAMIENNIKÓW ŚWIETLÓWEK T8 W TRADYCYJNYCH OPRAWACH OŚWIETLENIOWYCH

Od kilku lat dokonuje się gwałtowny rozwój półprzewodnikowych źródeł światła. Na rynku pojawia się coraz więcej zamienników LED dla dotychczas stosowanych źródeł światła, w tym także dla świetlówek liniowych. Nie zawsze jednak o lampach LED można powiedzieć, że są bezpośrednimi zamiennikami. W laboratorium Zakładu Techniki Świetlnej i Elektrotermii przeprowadzono badania fotometryczne i elektryczne wybranego zamiennika lampy fluorescencyjnej 36W współpracującego z dwoma typowymi oprawami oświetleniowymi stosowanymi w oświetlaniu pomieszczeń edukacyjnych. Przedstawiono wyniki badań i ich analizę. Przeprowadzono ocenę możliwości stosowania lamp LED w oprawach oświetleniowych, jako bezpośrednich zamienników świetlówek liniowych.

SŁOWA KLUCZOWE: lampy LED, parametry źródeł światła, pomiary fotometryczne, zamienniki LED, oświetlenie wnętrz

1. WPROWADZENIE

Jednym z priorytetowych zadań krajów Wspólnoty Europejskiej jest ochrona środowiska. Działania zmierzające do ograniczenia negatywnego wpływu przemysłu na środowisko naturalne mogą być realizowana na wielu płaszczyznach, między innymi poprzez ograniczenie zużycia energii elektrycznej, a tym samym emisji do atmosfery gazów cieplarnianych, w tym dwutlenku węgla. Zużycie energii elektrycznej na poziomie 100 TWh odpowiada emisji ok. 40 ton CO_2. W 2012 roku zużycie energii w Europie wynosiło 3411 TWh [1] i wzrosło o ok. 40% od 2006. Szacuje się, że na potrzeby oświetleniowe przypada ok. 19% całkowitego zużycia energii elektrycznej w związku z tym, ograniczenie zużycia energii elektrycznej na cele oświetleniowe może przynieść znaczące korzyści dla środowiska.

* Politechnika Poznańska.

Zgodnie z zapisami Dyrektywy 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych na państwa członkowskie Unii Europejskiej nałożony został obowiązek ograniczenia zużycia energii [2]. Państwa członkowskie obowiązek ten mogą realizować między innymi poprzez poprawę efektywności energetycznej wykorzystania energii przez końcowych użytkowników.

Dążenie do uzyskania jak najwyższej efektywności energetycznej stosowanych rozwiązań oświetleniowych wymusza na projektantach używania źródeł światła o wysokich skutecznościach świetlnych. Szybki rozwój technologii półprzewodnikowej spowodował, że obecnie lampy LED często posiadają już wyższe skuteczności świetlne, niż większość dotychczas stosowanych źródeł światła i z tego względu chętnie stosowane są jako bezpośrednie zamienniki tradycyjnych lamp. Na rynku pojawia się coraz więcej takich zamienników, w tym także dla świetlówek liniowych T8. Nie mniej jednak świetlówki liniowe nie zawsze mogą być wymienione na źródła ledowe. Przy każdej takiej zamianie należy pamiętać, że oprawy oświetleniowe projektowane są pod kątem stosowania w nich konkretnych źródeł świata np. świetlówek T8 i zamiana na ledowe źródło światła o innej bryle fotometrycznej może spowodować uzyskanie zupełnie innych parametrów oświetleniowych na miejscu pracy.

W celu oceny możliwości stalowania lamp LED w oprawach oświetleniowych, jako bezpośrednich zamienników świetlówek liniowych przeprowadzono badania fotometryczne, kolorymetryczne i elektryczne [3, 4] wybranych zamienników ledowych, które według deklaracji producentów mogą być stosowane w miejsce świetlówek T8. Weryfikacji podlegały dostępne dane producentów źródeł światła oraz równoważność oświetleniowa badanych źródeł światła przy zastosowaniu ich w tej samej oprawie oświetleniowej. Analizę równoważności oświetleniowej przeprowadzono na przykładzie rzeczywistej instalacji oświetleniowej istniejącej w jednej z sal lekcyjnych w Liceum Ogólnokształcącym w Obornikach.

2. OPIS OBIEKTÓW BADAŃ

Obiektem badań były 3 typy lamp LED (po dwie sztuki z każdego typu), o wymiarach 1200 mm, dwustrzonnie trzonkowane, o trzonkach G13, które wyglądem i wymiarami przypominają świetlówki liniowe (LF) T8 o mocy 36 W i po niewielkich zmianach w układzie zasilania mogą być instalowane w miejsce tych źródeł światła. Mimo, iż lamy LED ze względu na gabaryty oraz rodzaj zastosowanego trzonka (G13) mogą być uważane za zamiennik świetlówki T8, to pod względem znamionowych wartości strumieni świetlnych takimi zamiennikami z pewnością nie są. Dlatego też dla pełnego porównania wszystkich mierzonych parametrów przebadano także 2 świetlówki T8 o mocy

36W (źródła nr 7 i 8). Parametry badanych źródeł światła takie jak: napięcie zasilania (U), moc znamionowa lampy (P_l), prąd lampy (I_l) współczynnik mocy lampy ($\cos \phi_l$), znamionowy strumień świetlny (Φ), skuteczność świetlna (η) temperatura barwowa (T_b), wskaźnik oddawania barw (R_a), klasa efektywności energetycznej podane na opakowaniu lub dostępne na stronie internetowej producenta zestawiono w tabeli 1.

Do oceny możliwości stosowania lamp LED, jako zamienników świetlówek T8, wybrano oprawę oświetleniową powszechnie stosowaną w oświetleniu wnętrz, zwłaszcza sal lekcyjnych (ze względu na ich niską cenę), w której możliwe było stosowanie wymiennie kilku rastrów. Do badań wybrano dwa rodzaje rastrów, które także pełniły funkcję odbłyśnika. Powierzchnie odbłyśnika znacząco różniły się własnościami refleksyjnymi. Odbłyśnik nr 1 wykonany był z wysokopolerowanego aluminium o właściwościach odbicia kierunkowego. Odbłyśnik nr 2 wykonany był z aluminium pokrytego biała farbą o właściwościach rozpraszających (powierzchnia matowa). Wygląd rastrów pokazano na rys. 1.

Tabela 1. Podstawowe parametry badanych źródeł światła

Nr lampy	Rodzaj lampy	U	P_l	I_l	$\cos \phi_l$	Φ	η	T_b	R_a	Klasa efektywności energetycznej
		[V]	[W]	[mA]	[–]	[lm]	[lm/W]	[K]	[–]	
1 i 2	lampa LED	220–240	18	–	>0,95	1800	100	4000	80	A+
3 i 4	lampa LED	220–240	20	85–93	>0.90	2100	105	4000	83	A+
5 i 6	lampa LED	220–240	20	88–94	>0.90	2500	125	4000	83	A++
7 i 8	LF	230	36	440	–	3350	93	4100	85	A



Rys. 1. Wygląd rastrów zastosowanych w oprawie oświetleniowej w trakcie badań po lewej stronie raster nr 1, po prawej – nr 2

3. OPIS BADAŃ

3.1. Pomiary początkowych parametrów fotometrycznych, kolorymetrycznych i elektrycznych

Pomiary strumienia świetlnego (Φ) wykonano w lumenomierzu kulistym o średnicy 2 m. Pomiar wykonano metodą porównawczą z zespołowym wzorcem strumienia świetlnego, przy wykorzystaniu ogniwa krzemowego skorygowanego do V(λ) i cyfrowego miernika prądu fotoelektrycznego na bazie luksomierza typu PHOTOMETER B 510 firmy LMT. Do zasilania lamp LED wykorzystano laboratoryjny zasilacz typu PCR 2000M firmy KIKUSUI. W trakcie rozruchu rejestrowano zmiany strumienia świetlnego lampy $\Phi_l = f(t)$.

Pomiary parametrów elektrycznych (P_l, I_l, cos ϕ_l) poszczególnych źródeł światła wykonano miernika mocy Power Analyzer Norma 4000 firmy Fluke.

Pomiary temperatury barwowej (T_b) oraz wskaźnika oddawania barw (R_a) przeprowadzono w ciemni fotometrycznej przy użyciu spektrofotometru X4 firmy Gigahertz-Optik.

3.2. Pomiary bryły fotometrycznej światłości

Bryły fotometryczne światłości źródeł światła oraz oprawy oświetleniowej współpracującej z dwoma rastrami wyznaczono na fotometrze ramiennym.

Pomiary wykonano w geometrycznym systemie pomiarowy (C, γ). Zgodnie z wymaganiami normy [5] zastosowano zmianę kąta γ co 5 stopni w zakresie od 0 ° do 180 ° dla źródeł światła i od 0 ° do 90 ° dla oprawy oświetleniowej oraz zmianę płaszczyzn C co 15º w zakresie od 0º do 90º. Środek świetlny oprawy drogowej przyjęto na środku geometrycznym płaszczyzny dolnej oprawy oświetleniowej, a dla źródeł światła na środku geometrycznym powierzchni świecącej. Na podstawie pomiarów przestrzennego rozsyłu światłości badanych opraw oświetleniowych wygenerowano pliki z danymi fotometrycznymi zapisanymi w formacie Eulumdat (*.ldt). Pliki posłużyły do wykonania obliczeń oświetleniowych w programie Dialux.

W trakcie wszystkich pomiarów źródła światła oraz oprawa oświetleniowa zasilane były napięciem 230 V.

4. WYNIKI POMIARÓW I ICH ANALIZA

Na podstawie wyznaczonych wartości strumienia świetlnego oraz mocy czynnej obliczono skuteczność świetlną badanych lamp LED oraz wskaźnik efektywności energetycznej. Ocenę klasy efektywności energetycznej przeprowadzono zgodnie z rozporządzeniem Komisji Unii Europejskiej [6].

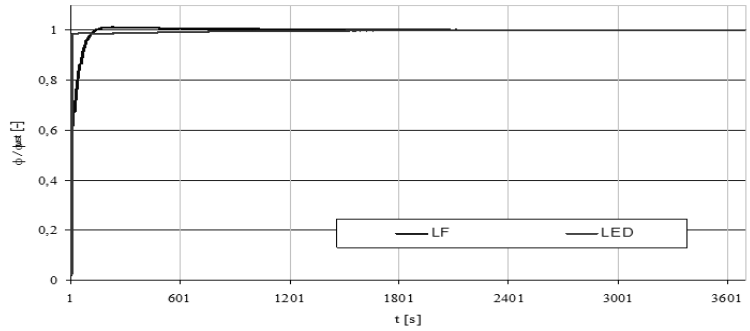
Ocenę zgodności znamionowego strumienia świetlnego oraz mocy z deklaracją producenta dla świetlówek przeprowadzono zgodnie z wymaganiami normy [7]. Ze względu na brak w chwili obecnej normy oświetleniowej dotyczącej lamp LED dwustronnie trzonkowanych (odpowiedników świetlówek), to ocenę wartości strumienia świetlnego oraz mocy lamp LED przeprowadzono w odniesieniu do tych samych wymagań, jak dla świetlówek. Zgodnie z zapisami normy [7] wartość początkową strumienia świetlnego lampy nie powinna być mniejsza niż 92 % wartości znamionowej oraz początkowa wartość mocy pobierana przez lampę nie powinna przekraczać wartości mocy znamionowej o więcej niż 5% + 0.5 W. Ocenę wartości współczynnika mocy dla lamp LED wykonano na podstawie zapisów rozporządzenia 1194/2012 [8]. Dla lamp o mocy większej niż 5 W i mniejszej niż 25 W współczynnik mocy powinien być nie mniejszy niż 0.5.

Wyniki pomiarów i obliczeń zestawiono w tabeli 2. Przykładowe względne charakterystyki rozruchowe strumienia świetlnego pokazano na rysunku 2.

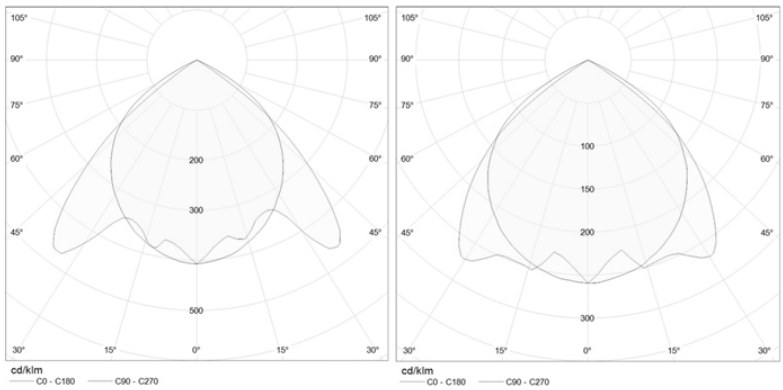
Na rysunkach 3 i 4 pokazano wybrane krzywe światłości dla oprawy oświetleniowej współpracującej z dwoma typami rastrów oraz dwoma rodzajami źródeł światła.

Tabela 2. Parametry wyznaczone w trakcie badań

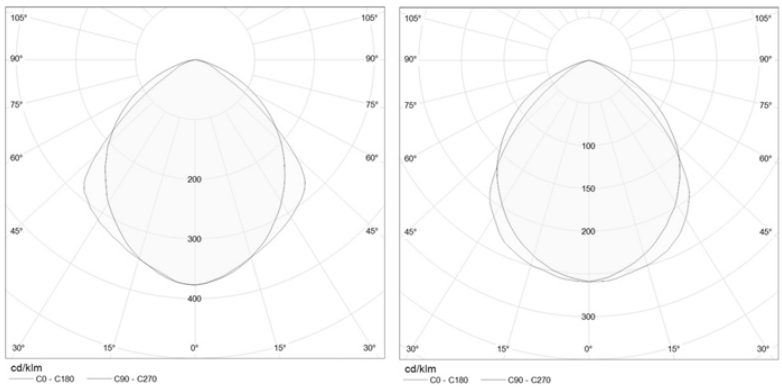
Nr lampy	P_l	I_l	$\cos \phi_u$	Φ	η	T_b	R_a	Klasa efektywności energetycznej
	[W]	[mA]	[–]	[lm]	[lm/W]	[K]	[–]	
1	18,4	144	0,555 (poj)	1828	99	3900	84	A+
2	17,4	87	0,871 (poj)	1610	93	3860	84	A+
3	18,6	84	0,960 (poj)	1930	104	3980	84	A+
4	18,4	83	0,961 (poj)	1965	107	3830	84	A+
5	19,5	89	0,953 (poj)	2330	119	3820	84	A++
6	19,4	87	0,969 (poj)	2269	117	3830	84	A++
7	38,1	477	0,803 (ind)	3206	84	4060	85	A
8	37,9	477	0,802 (ind)	3146	83	4080	85	A



Rys. 2. Względne charakterystyki rozruchowe strumienia świetlnego dla lamp nr 6 (LED) i 7 (LF)



Rys. 3. Wyznaczone krzywe światłości oprawy oświetleniowej z rastrem nr 1 i źródłami nr 5 i 6 (po lewej stronie) i źródłami nr 7i 8 (po prawej stronie)



Rys. 4. Wyznaczone krzywe światłości oprawy oświetleniowej z rastrem nr 2 i lampami nr 5 i 6 (po lewej stronie) oraz lampami nr 7i 8 (po prawej stronie)

Badania parametrów fotometrycznych, kolorymetrycznych i elektrycznych przeprowadzone zostały w celu sprawdzenia deklaracji producentów oraz spełnienia wymagań normatywnych [7] i zapisów rozporządzeń [6, 8, 9]. Wyniki przeprowadzonych pomiarów potwierdziły deklaracje producentów, w przypadku wszystkich badanych źródeł światła, w zakresie podawanych klas efektywności energetyczny, wartości wskaźników dodawania barw oraz temperatur barwowych. Także wartości początkowe mocy badanych lamp spełniały wymagania normatywne. W przypadku wszystkich lamp LED uzyskano spełnienie wymagań rozporządzenia 1194/2012 w zakresie wartości współczynnika mocy. Nie mnie jednak w przypadku lamp o oznaczeniach 1 i 2 wyznaczone wartości współczynnika mocy nie były zgodne z danymi producenta. Przeprowadzone pomiary, dla większości źródeł światła, wykazały także spełnienie wymagania dotyczącego minimalnej wartości początkowego strumienia świetlnego. Tylko w przypadku lamp nr 2 i nr 6 wartości te wykazały różnicę większą niż założone 8 %. Nie mnie jednak podstawą oceny były wymagania normatywne stawiane świetlówkom liniowym. Jeżeli w odniesieniu do badanych lamp LED przyjęte zostałyby, takie same wymagania, jak dla lamp LED samostatecznikowych, przeznaczonych do ogólnych celów oświetleniowych, np. zamienników tradycyjnych żarówek [10], to wszystkie badane źródła światła spełniałyby kryterium początkowej wartości strumienia świetlnego (min. 90 % strumienia znamionowego). Ponadto na podstawie pomiarów można stwierdzić, że badane lampy LED i świetlówki T8 posiadają zbliżone czasy stabilizacji strumienia świetlnego po rozruchu.

Pomiar bryły fotometrycznej światłości nie wykazał istotnych różnic pomiędzy rozsyłami światłości pomiędzy poszczególnymi typami lamp ledowych. Natomiast wykazał różnice pomiędzy bryłami fotometrycznymi dla świetlówek liniowych i lamp LED, które według danych producenta mogą być zamiennikami świetlówek.

Zarówno kształt, jak i faktura odbłyśnika odgrywają główną rolę w kształtowaniu bryły fotometrycznej. Nie można jednak pominąć wpływu zastosowanego źródła światła. Biorąc pod uwagę odbłyśnik nr 1, o odbiciu kierunkowym, to szerszy rozsył światłości uzyskano dla oprawy ze źródłem LED, niż ze świetlówkami (rys. 3.). W przypadku odbłyśnika nr 2, o odbiciu rozproszonym ta różnica była już zdecydowanie mniejsza (rys. 4.). Wynika to z faktu, że świetlówki promieniują całą powierzchnią bańki, więc strumień świetlny wyemitowany przez ich górną część został częściowo pochłonięty przez oprawę oświetleniową. Zamienniki ledowe natomiast nie świecą całą powierzchnia bańki, a jedynie dolną półprzestrzenią, ponieważ diody umieszczone są w jednej płaszczyźnie skierowane w dół. Dzięki temu mniej strumienia świetlnego jest pochłaniane przez górną część oprawy oświetleniowej, a część odbłyśnika, powyżej płaszczyzny, na której znajduje się moduł, nie odgrywa istotnej roli w kształtowaniu bryły fotometrycznej.

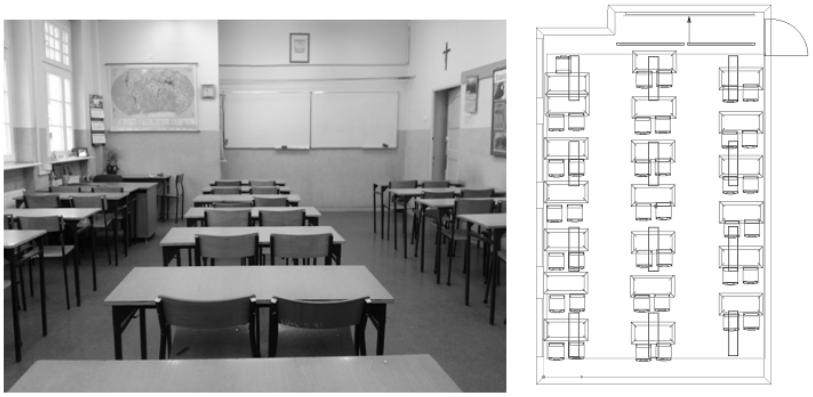
5. OCENA MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA LAMP LED JAKO ZAMIENNIKÓW ŚWIETLÓWEK LINIOWYCH

Ocena możliwości stosowania lamp LED w miejsce dotychczas stosowanych źródeł światła powinna być dokonywana nie tylko na podstawie parametrów fotometrycznych i elektrycznych, ale także na podstawie parametrów oświetleniowych na oświetlanych płaszczyznach pracy. Jeżeli w przypadku wymiany w oprawie oświetleniowej świetlówek T8 na lampy LED spełnione zostały wymagania w zakresie podstawowych parametrów oświetleniowych zawartych w normie [11], to można uznać, że w danym rozwiązaniu oświetleniowym możliwe było wykonanie takiej zamiany.

Sala lekcyjna, w której zostało zasymulowane oświetlenie, ma swoje odzwierciedlenie w rzeczywistości w budynku Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Wyspiańskiego w Obornikach. Odbywają się tam zajęcia dla młodzieży w trybie dziennym. Wymiary pomieszczenia: długość 10 m, szerokość 6 m, wysokość 3,5 m. W sali znajduje się 12 opraw do ogólnych celów oświetleniowych, zamontowanych nastropowo, przeznaczonych do źródeł świetlówkowych o mocy 2x36 W. Wygląd sali oraz szkic wraz z usytuowaniem stanowisk pracy pokazano na rysunku 5.

Symulacje oświetleniowe wykonano dla oprawy oświetleniowej współpracującej zarówno z rastrem nr 1, jak i nr 2 i lampami nr 5, 6 oraz lampami nr 7, 8. Lampy nr 5 i 6 zastosowane zostały w analizie ze względu na wyznaczone najwyższe znamionowe wartości strumieni świetlnych. Obliczenia oświetleniowe przeprowadzono dla istniejącej instalacji oświetleniowej skradającej się z 12 opraw oświetleniowych.

Wyniki uzyskanych natężeń oświetlania, równomierności oraz wyznaczone wartości mocy jednostkowej skorygowanej zestawiono w tabeli 3 .



Rys. 5. Rzeczywisty wygląd oraz szkic pomieszczenia

Tabela 3. Zestawienie wyników obliczeń parametrów oświetleniowych w sali lekcyjnej dla obecnej instalacji oświetleniowej

Liczba opraw w sali	Nr zastosowanego rastra w oprawie oświetleniowej	Rodzaj źródła światła	Parametr oświetleniowy		Moc jednostkowa skorygowana
			Eśr	Uo	
			lx	[–]	W/m^{2}100lx
12	Raster nr 1	Świetlówki 2 x36W	610	0,63	3,6
12		Lampy LED 2 x20 W	497	0,73	2,5
12	Raster nr 2	Świetlówki 2 x36W	578	0,73	3,8
12		Lampy LED 2 x20 W	457	0,73	2,7

Przeprowadzone symulacje miały na celu sprawdzenie możliwości stosowania lamp LED w miejsce świetlówek T8 pracujących w tradycyjnych oprawach oświetleniowych. Podstawą oceny było spełnienie wymagań normatywnych [11] w zakresie minimalnej średniej wartości natężenia oświetlenia oraz równomierności w obszarze zadania, jakim była łączna powierzchnia wszystkich ławek. Wyniki przeprowadzonych badan pokazały, że w rozpatrywanym rozwiązaniu oświetleniowym bezpośrednia zamiana świetlówek T8 na lampy LED była możliwa i pozwoliła, w tym konkretnym zastosowaniu, uzyskanie średniego poziomu natężenia oświetlenia powyżej 300 lx oraz równomierność powyżej 0,60. Nie mniej jednak spełnienie wymagań oświetleniowych w zakresie średniej minimalnej wartości natężenia oświetlenia w obszarze zadania możliwe było dzięki zainstalowanej większej liczby opraw oświetleniowych, niż w rzeczywistości była potrzebna do spełnienia tych wymagań. Przy projektowanych wyższych poziomach natężenia oświetlenia np. w sytuacji klasy lekcyjnej przeznaczonej do nauki w trybie wieczorowym lub edukacji dorosłych, gdzie wymagane jest 500 lx taka zamiana źródeł światła nie byłaby możliwa.

Mimo, iż w przypadku zastosowania lamp LED w oprawie oświetleniowej każdorazowo uzyskiwano niższe wartości natężenia oświetlania na miejscu pracy, to rozwiązanie to pozwalało na uzyskanie wyższej równomierności oświetlenia w przypadku odbłyśnika o kierunkowym odbiciu strumienia świetlnego. Ponadto ze względu na wysokie skuteczności świetlne lamp LED przy ich zastosowaniu uzyskano niższe wartości mocy jednostkowej skorygowanej, a tym samym wyższą efektywność energetyczną. Zastosowanie Lamp LED w analizowanej instalacji oświetleniowej pozwoliłoby ograniczyć zużycie energii elektrycznej o ok. 45 % .

6. PODSUMOWANIE

W ciągu ostatnich latach technologia produkcji diod świecących przeżywa gwałtowi rozwój. Z roku na rok pojawiają się na rynku są coraz to nowsze rozwiązania konstrukcyjne, dzięki którym lampy LED posiadają coraz to wyższe parametry fotometryczne, kolorymetryczne i elektryczne i są konkurencyjne w stosunku do produktów od wielu lat istniejących na rynku oświetleniowym. Nie mnie jednak nie wszystkie rozwiązania konstrukcyjne są już w pełni dopracowane, a bezpośrednia zamiana lamp LED, w miejsce dotychczas stosowanych źródeł światła, możliwa. Największym ograniczeniem w przypadku badanych ledowych zamienników była jeszcze stosunkowo niska wartość strumienia świetlnego w stosunku do świetlówek liniowych.

Przeprowadzone badania wykazały, że możliwe jest stosowanie zamienników LED w miejsce świetlówek T8, ale każda taka zamiana powinna być poprzedzona analizą parametrów oświetleniowych.

LITERATURA

[1] Gilecki R., Sektor energii świata i Polski. Początki, rozwój, stan obecny. Agencja Rynku Energii S.A. Warszawa 2014.

[2] Dyrektywa 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych oraz uchylająca dyrektywę Rady 93/76/EWG.

[3] Kaźmierczak A., Siewierski R., Ocena możliwości stosowania lamp LED jako zamienników w tradycyjnych oprawach świetlówkowych. Praca dyplomowa inżynierska zrealizowana w Instytucie Elektrotechniki i Elektroniki Politechniki Poznańskiej, Poznań 2016.

[4] Zalesińska M. Badanie parametrów fotometrycznych i elektrycznych lamp LED, Prace niepublikowane, realizowane w IEiEP we współpracy z przemysłem.

[5] PN–EN 13032:2010 Światło i oświetlenie. Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych.

[6] 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.

[7] PN–EN 60081:2002 Świetlówki dwutrzonkowe. Wymagania funkcjonalne.

[8] 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.

[9] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 245/2009 z dnia 18 marca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp fluorescencyjnych bez wbudowanego statecznika, dla lamp wyładowczych dużej intensywno-

ści, a także dla stateczników i opraw oświetleniowych służących do zasilania takich lamp, oraz uchylające dyrektywę 2000/55/WE Parlamentu Europejskiego i Rady.
[10] PN – EN 62612:2013: Lampy samostatecznikowe LED do ogólnych celów oświetleniowych na napięcie zasilające> 50 V.
[11] PN–EN 12464–1:2012 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1 – miejsca pracy we wnętrzach

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USE OF LED LAMP, AS A REPLACEMENT FLUORESCENT LAMPS T8 IN TRADITIONAL LUMINAIRES

For a few years there has been rapid development of semiconductor light sources. Commercially appears more and more replacements LED for used light sources, including for linear fluorescent lamps. However, does not always, LED lamps can be say that they are direct substitutes. In the laboratory, of Division of Lighting and Electro Heating Engineering, was conducted research photometric and electrical chosen alternative fluorescent lamp 36W cooperating with two typical luminaires used in lighting educational spaces. The article presents the results of research and analysis. An assessment of the possibility of using LEDs in the luminaires as direct replacements for linear fluorescent lamps.

(Received: 04. 02. 2017, revised: 27. 02. 2017)