

## Wpływ wybranych parametrów napięcia zasilającego na właściwości elektryczne, fotometryczne i kolorymetryczne zintegrowanych świetlówek kompaktowych

**Streszczenie.** W artykule na podstawie przeprowadzonych pomiarów, przeanalizowano wpływ zmiany warunków zasilania (kształtu przebiegu czasowego napięcia, częstotliwości oraz wartości skutecznej napięcia) na parametry elektryczne i fotometryczne kilkunastu zintegrowanych świetlówek kompaktowych, wyposażonych w elektroniczne układy stabilizacyjno-zapłonowe. W przypadku dwóch lamp o barwach ciepłej i białej dodatkowo zarejestrowano rozkłady widmowe, na podstawie których obliczono współrzędne chromatyczności, temperaturę barwową najbliższą oraz współczynniki będące miarą wierności oddawania barw – a mianowicie: wskaźnik oddawania barw i skalę jakości barw.

**Abstract.** The paper presents the analysis of the influence of supply changes (shape of voltage waveform, frequency and voltage rms) on electrical and photometrical parameters of several integrated fluorescents equipped with electronic ignition/stabilization system. Additionally in case of two lamps with a warm and white coloures, spectral concentration was registered basing on which chromaticity coordinates, correlated colour temperature, Colour Rendering Index and Colour Quality Scale was computed. (Impact of selected supplying parameters on electrical, photometrical and colorimetical properties of integrated, compact fluorescent lamps).

**Słowa kluczowe:** świetlówka kompaktowa, strumień świetlny, temperatura barwowa najbliższa, wskaźnik oddawania barw

**Key words:** compact fluorescent lamps, luminous flux, colour temperature, correlated colour rendering index

### Wprowadzenie

Zgodnie z [2] zapotrzebowanie na energię elektryczną na potrzeby oświetlenia mieszkań stanowi 31% całkowitego zużycia energii na cele oświetleniowe. W związku z unijnymi uregulowaniami [1], których konsekwencją jest sukcesywne wycofywanie z rynku lamp żarowych przeznaczonych do użytku w gospodarstwach domowych, istnieje realna szansa na poprawienie efektywności energetycznej oświetlenia obiektów mieszkalnych. Biorąc pod uwagę cenę zakupu, na chwilę obecną do najpopularniejszych (zdaniem autora) źródeł światła stosowanych do oświetlenia mieszkań, którymi zastępowane są lampy żarowe, wydają się być zintegrowane świetlówki kompaktowe. Produkowane są one jako odpowiedniki tradycyjnych żarówek w całym przedziale znormalizowanego szeregu mocy. Jeśli chodzi natomiast o lampy LED, nazywane (niepoprawnie) bardzo często „żarówkami LED”, to głównym czynnikiem ograniczającym ich szerokie zastosowanie do oświetlenia mieszkań, jest zbyt wysoka cena. Szczególnie daje się to zauważyć przy lampach odpowiadającym, z punktu widzenia emitowanego strumienia świetlnego, żarówkom o mocach 60, 75 i 100 W. Oczywiście na rynku dostępnych jest mnóstwo tańszych diod elektroluminescencyjnych, ale niestety bardzo często podawane w specyfikacji informacje są mało wiarygodne. Dotyczy to głównie produktów z dalekiego wschodu (Korea, Chiny) o niezbyt dobrej renomie w porównaniu np. z europejskimi producentami.

Lampy wyładowcze do których zalicza się zintegrowane świetlówki kompaktowe, z uwagi na nieliniową charakterystykę napięciowo-prądową oraz potrzebę udaru napięcia niezbędnego do zainicjowania wyładowania, wymagają stosowania układów stabilizacyjno-zapłonowych. Początkowo były to układy konwencjonalne (z dławikiem indukcyjnym), obecne natomiast w zasadzie wyłącznie elektroniczne. Taki zabieg oczywiście pozwolił zmniejszyć straty energii elektrycznej generowane przez układ stabilizacyjno-zapłonowy. Niestety wyposażenie zintegrowanych świetlówek w zminiaturyzowane, tanie układy elektroniczne negatywnie wpływa na parametry charakteryzujące jakość energii elektrycznej.

Wobec faktu, że stateczniki elektroniczne z którymi współpracują zintegrowane świetlówki kompaktowe, na wejściu układu (od strony zasilania) wyposażone są w układ

prostowniczy (mostek Graetza), to reszta układu lampy (przetwornica generująca wysoką częstotliwość) zasilana jest napięciem stałym. A zatem można oczekiwać (co nie powinno budzić żadnego zdziwienia), że zasilanie badanych lamp napięciem stałym (zamiast sinusoidalnie zmiennym) powinno umożliwić ich pracę. Oczywiście w takim też przypadku zagadnienia związane z generacją wyższych harmonicznych czy niskim współczynnikiem mocy przestają mieć znaczenie.

Interesującym natomiast zagadnieniem jest udzielenie odpowiedzi na pytanie: w jakim stopniu wpływać będą zmiany warunków zasilania na wybrane parametry elektryczne i świetlne powszechnie używanych w gospodarstwach domowych świetlówek kompaktowych? Pod pojęciem zmiany warunków zasilania autor rozumie m.in. zmianę częstotliwości oraz wartości napięcia zasilającego, a także kształtu przebiegu napięcia.

Problematyka zmian parametrów eksploatacyjnych i świetlnych lamp wyładowczych w zależności od napięcia sieci jest dobrze znana w literaturze krajowej [8]. Warto jednak podkreślić, że dotyczy ona zasilania napięciem sinusoidalnie zmiennym o częstotliwości  $f = 50$  Hz, tymczasem w artykule główną uwagę skupiono na zasilaniu napięciem stałym ( $f = 0$  Hz) o regulowanej wartości, a także napięciem odkształconym. Pewne wyniki z przeprowadzonych prób z zasilaniem świetlówek kompaktowych napięciem stałym przedstawiono w pracy [5].

### Przedmiot i zakres badań

Do prac eksperymentalnych wybrano kilka zintegrowanych świetlówek kompaktowych różnych producentów. Ogólne informacje na temat badanych lamp zamieszczono w tabeli 1. Wszystkie źródła światła wyposażone były w trzonek E27 i przewidziane zostały do zasilania napięciem sieciowym o wartości skutecznej napięcia 230 V i częstotliwości 50 Hz. Zgodnie z podaną na opakowaniu informacją, żadna z badanych lamp nie była przystosowana do współpracy z regulatorami natężenia oświetlenia (nazywanymi potocznie ściemniaczami).

Do badań wytypowano lampy o różnych mocach znamionowych – od kilku do kilkudziesięciu watów. Warto podkreślić, że zgodnie z [3] sprzęt oświetleniowy, z punktu widzenia znamionowej mocy czynnej, klasyfikuje się na

dwie kategorie, a mianowicie: pierwsza do 25 W (włącznie), druga powyżej 25 W. W gospodarstwach domowych oczywiście najbardziej popularne są lampy z pierwszej grupy. Zainteresowanie się jednak obiema kategoriami lamp wynika z różnic w stawianych im przez [6] wymaganiach. Ogólnie rzecz biorąc zbór wymagań dotyczący sprzętu oświetleniowego o mocy > 25 W, dot. dopuszczalnych zawartości wyższych harmonicznych, jest bardziej rygorystyczny aniżeli dla lamp o niższych mocach. W praktyce oznacza to potrzebę wyposażenia lamp w elektroniczny układ z korekcją współczynnika mocy oraz charakteryzującym się małą wartością współczynnika zawartości harmonicznych prądu ( $THD_i$ ).

Tabela 1. Ogólne informacje podawane przez producentów w odniesieniu do lamp, które poddano pomiarom eksperymentalnym

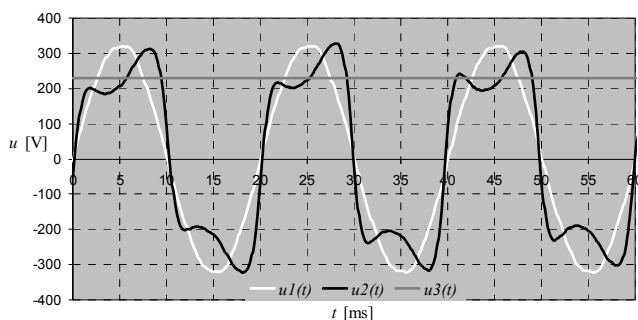
l.p.	$I$ [mA]	$P$ [W]	$\Phi$ [lm]	$T_{cn}$ [K]	$R_a$ [-]	$T$ [h]
1	60	8	370	2700	$\geq 80$	8000
2	x	11	550	2700	82	6000
3	80	12	x	2700	$\geq 80$	8000
4	x	13	680	2700	x	6000
5	x	14	x	2700	x	8000
6	144	15	850	2700	x	10000
7	145	18	1200	2500	$\geq 80$	15000
8	135	18	1010	4200	$\geq 80$	10000
9	185	24	1440	2700	x	6000
10	190	40	x	2700	$\geq 80$	10000
11	x	55	3000	x	x	6000
12	x	60	4298	2700	$\geq 80$	10000
13	x	85	> 6390	2700	$\geq 80$	8000

x – brak informacji w specyfikacji  
liczba porządkowa „l.p.” jest zarazem umownym symbolem źródła światła

Dla poszczególnych lamp, przy różnych parametrach napięcia zasilającego, zarejestrowano wybrane wielkości: elektryczne (tj. natężenie prądu, moc czynną), fotometryczne (strumień świetlny, na podstawie którego obliczono skuteczność świetlną). W odniesieniu do lamp oznaczonych symbolami 7 i 8 dodatkowo zmierzono krzywe rozkładów widmowych, które posłużyły m.in. do wyznaczenia: współrzędnych chromatyczności w układzie  $x, y$ , temperatury barwowej najbliższej  $T_{cn}$  oraz wskaźników oddawania barw. Źródła światła zasilano:

- napięciem sinusoidalnie zmiennym o wartości skutecznej 230 V i częstotliwości 50 Hz,
- napięciem odkształconym o wartości skutecznej 230 V i częstotliwościach 50 Hz,
- napięciem stałym o wartościach z przedziału 230 – 30 V ( $f = 0$  Hz).

Przebiegi czasowe napięć (o wartości skutecznej 230 V), którymi zasilano badane lampy zamieszczono na rysunku 1.



Rys. 1. Przebiegi czasowe napięć o wartości skutecznej 230 V, którymi zasilano zintegrowane świetlówki kompaktowe, napięcie uzyskane na „wyjściu”:  $u_1(t)$  – stabilizatora napięcia ( $THD_u < 3\%$ );  $u_2(t)$  – stabilizatora SM-200 A, 200 V·A ( $THD_u = 37 \pm 42\%$ );  $u_3(t)$  – zasilacza 5375 300V/1A

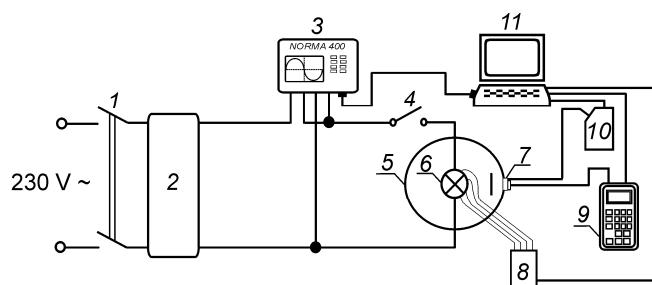
W przypadku źródła 7 dodatkowo zarejestrowano, w czterech punktach na jego powierzchni, zmiany temperatury podczas jego rozruchu przy różnych wartościach stałego napięcia zasilającego.

Zmieniając warunki zasilania należy spodziewać się, że poszczególne parametry badanych lamp będą ulegały zmianie. W artykule uwaga została skoncentrowana na wielkościach elektrycznych, fotometrycznych i kolorymetrycznych. Chcąc w pełni odpowiedzieć na pytanie na ile te zmiany będą istotne (z punktu widzenia użytkownika) przeprowadzono stosowne pomiary.

### Układ pomiarowy i metodyka badań eksperymentalnych

Badania laboratoryjne przeprowadzono, w temperaturze otoczenia  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , w układzie o strukturze przedstawionej na rysunku 2. Wszystkie źródła światła, które poddano pomiarom laboratoryjnym, zgodnie z wymaganiami normy [6] zostały wcześniej poddane procesowi wyświecania przez minimum 100 godzin, przy zasilaniu ich napięciem znamionowym sinusoidalnie zmiennym.

Poszczególne badane źródła światła (6) umieszczano w kuli całkującej (5), w pozycji pionowej trzonkiem do dołu. Z punktu widzenia rozkładu temperatury w rurkach wyladowczych (podgrzewanie rurek przez gorące elektrody), taki sposób instalowania lamp wydaje się być najkorzystniejszy. Napięcie sieciowe poprzez wyłącznik sieciowy (1) doprowadzono do zasilacza stabilizowanego (2), którego rolę pełniły: odpowiednio stabilizator napięcia, stabilizator SM-200 A na „wyjściu” którego uzyskano odkształcony przebieg napięcia oraz regulowany (w zakresie 0-300 V) zasilacz prądu stałego. Poszczególne parametry elektryczne rejestrowane były przez analizator mocy posiadający funkcję oscyloskopu. W celu zarejestrowania względnych zmian strumienia świetlnego badanych źródeł światła, w okienku pomiarom kuli całkującej (7) zainstalowano ogniwo fotoelektryczne współpracujące z jednostką sterującą luksomierza (9). W sąsiedztwie elementu światłoczułego luksomierza usytuowano także światłowód, którego sygnał pomiarowy przekazywany był do spektrometru CCD (10).



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego: 1, 4 – łączniki sieciowe, 2 – zasilacz stabilizowany, 3 – analizator mocy, 5 – kula całkująca, 6 – badane źródło światła, 7 – okienko pomiarowe, 8 – miernik temperatury, 9 – jednostka sterująca luksomierza, 10 – spektrometr, 11 – komputer PC

Do pomiaru temperatury w kilku punktach na powierzchni źródła światła wykorzystano czterokanałowy miernik temperatury współpracujący z termoparami typu K.

Każdy z przyrządów pomiarowych współpracował z komputerem PC (11), do którego przekazywał wszystkie zmierzone wartości poszczególnych parametrów. Dane zapisywane były w formacie tekstowym akceptowalnym przez dowolny arkusz kalkulacyjny.

### Zmiany parametrów elektrycznych i fotometrycznych przy zasilaniu napięciem o wartości skutecznej 230 V

Większość produkowanych lamp do użytku w gospodarstwach domowych przewidziana jest do zasilania

napięciem praktycznie sinusoidalnym, o częstotliwości  $f = 50$  Hz i wartości skutecznej na poziomie 230 V. Należy oczekiwać, że zmiana wielkości charakteryzujących napięcie zasilania (kształt przebiegu czasowego napięcia, częstotliwości napięcia) spowoduje zmiany parametrów lamp – zarówno elektrycznych, jak i fotometrycznych. Przebiegi czasowe napięć o wartości skutecznej 230 V, którymi zasilono poszczególne świetlówki przedstawiono na rysunku 2.

W celu zorientowania się jakie wartości przyjmują poszczególne parametry elektryczne oraz fotometryczne badanych świetlówek, w odniesieniu to lamp o symbolach od 1 do 13 (tab. 1.) przeprowadzono pomiary, których rezultaty zestawiono w tabeli 2. Na początek lampy zasilono napięciem sinusoidalnie zmiennym  $u1(t)$ , następnie przełączono się na zasilanie napięciem odkształconym  $u2(t)$  na koniec natomiast zasilono ze źródła napięcia stałego  $u3(t)$ . Rejestracje poszczególnych parametrów przeprowadzono po godzinie czasu pracy lamp po załączeniu ich pod napięcie z poszczególnych źródeł.

Takie parametry jak współczynnik będący miarą odkształcenia przebiegu czasowego prądu ( $THD_i$ ) oraz skuteczność świetlną ( $\eta$ ) obliczono na podstawie powszechnie znanych zależności (1) oraz (2)

$$(1) \quad THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^n I_k^2}}{I_1}$$

gdzie:  $I_1, I_k$  - odpowiednio pierwsza i  $k$ -ta harmoniczna prądu,  $n$  – ostatni rząd harmonicznej przyjętej do obliczeń ( $n = 40$ )

$$(2) \quad \eta = \frac{\Phi}{P}$$

gdzie:  $\Phi$  – zmierzony strumień świetlny,  $P$  – zmierzona moc czynna pobierana przez źródło światła

### Zmiany parametrów elektrycznych i fotometrycznych przy zasilaniu napięciem stałym o regulowanej wartości

Względne zmiany prądu oraz strumienia świetlnego w funkcji napięcia zasilającego dla poszczególnych świetlówek przedstawiono graficznie na rysunkach 3a i 3b. Wszystkie zarejestrowane wartości unormowano względem tych, które zmierzono przy zasilaniu lamp napięciem sinusoidalnie przemiennym o częstotliwości  $f = 50$  Hz i wartości skutecznej 230 V. Przed przystąpieniem do pomiarów (w celu uzyskania stabilizacji poszczególnych parametrów), poszczególne lampy pracowały przez minimum godzinę. Zasilano je napięciem stałym, stabilizowanym o wartości 230 V. Następnie przystąpiono do obniżania napięcia z krokiem co  $10 \pm 0,2$  V. Doświadczalnie stwierdzono, że pełna stabilizacja poszczególnych parametrów badanych źródeł światła, przy zmianie napięcia o 10 V, następuje po około 6-7 minutach. Uznano zatem, że czas 10-ciu minut pracy lampy, po obniżeniu napięcia, jest zupełnie wystarczający, aby przystąpić do rejestracji parametrów. Pomiary w odniesieniu do danej lampy zakończono z chwilą uzyskania przez nią strumienia świetlnego o wartości poniżej 1%.

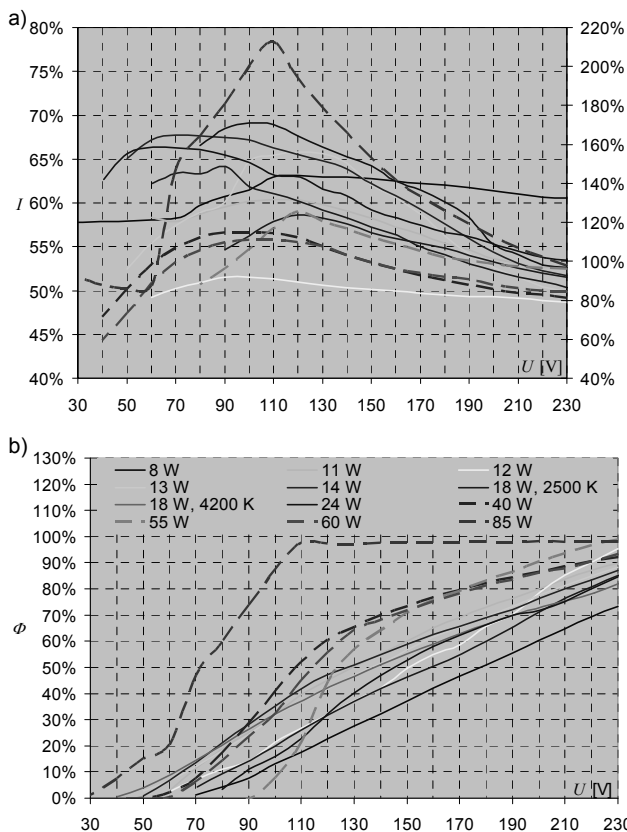
Krzywe na rysunku 3 zaznaczone liniami przerywanymi odnoszą się do lamp, których moc czynna przekracza 25 W. Z uwagi na znaczne wartości prądów pobierane przez lampy o mocach powyżej 25 W, w celu zwiększenia czytelności rysunku, wprowadzono dodatkową oś rzędnych (rys. 3a).

Tabela 2. Zmierzone oraz obliczone parametry elektryczne i fotometryczne badanych źródeł światła przy zasilaniu ich napięciem o wartości skutecznej 230 V

Zasilanie	Parametry	Symbole badanych źródeł światła o deklarowanej mocy czynnej												
		$P \leq 25$ W									$P > 25$ W			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$u1(t)$	$I_{rms}$ [mA]	51,12	67,20	90,12	98,10	95,01	94,12	130,11	123,0	155,90	171,31	213,26	203,60	338,90
$u2(t)$		53,47	52,71	69,33	68,02	72,61	73,05	100,54	92,70	114,17	159,31	209,43	192,16	353,26
$u3(t)$		30,95	35,62	43,86	49,45	49,11	48,50	69,55	61,92	82,11	139,31	205,86	172,16	332,56
$u1(t)$	$P$ [W]	7,24	9,47	12,06	12,13	13,25	12,68	18,21	17,11	22,77	38,04	48,20	44,82	76,79
$u2(t)$		7,79	8,71	10,88	10,89	11,93	11,75	16,32	15,39	19,68	34,60	47,79	41,93	76,65
$u3(t)$		7,10	8,10	10,10	10,23	11,31	11,18	16,03	14,27	18,84	32,15	47,26	39,64	76,76
$u1(t)$	$Q^{(1)}$ [VAR]	9,27	12,23	16,91	16,54	17,40	17,58	23,75	22,60	27,56	11,40	9,20	13,82	11,28
$u2(t)$		9,60	8,44	11,43	11,19	11,63	11,98	16,02	14,65	17,43	12,52	7,93	13,63	25,33
$u1(t)$	$S$ [V·A]	11,77	15,47	20,77	20,51	21,88	21,68	29,94	28,35	36,19	39,71	49,07	46,90	77,62
$u2(t)$		12,29	12,13	15,78	15,64	16,66	16,78	23,02	21,25	26,29	36,79	48,15	44,09	80,73
$u1(t)$	$\cos \varphi$ [-]	0,61	0,61	0,58	0,59	0,61	0,59	0,61	0,60	0,64	0,96	0,98	0,96	0,99
$u2(t)$		0,63	0,72	0,69	0,70	0,72	0,70	0,71	0,72	0,75	0,94	0,98	0,95	0,95
$u1(t)$	$THD_i^*$ [%]	102,9	108,4	119,3	112,2	106,8	105,6	113,4	114,3	102,2	24,9	13,5	25,8	7,4
$u2(t)$		74,2	74,1	70,8	69,8	67,9	81,6	64,7	66,0	75,9	56,1	35,9	53,6	42,7
$u1(t)$	$\Phi$ [lm]	446,85	566,16	519,91	767,24	853,66	729,53	1222,5	1053,9	1363,7	2542,0	2895,0	3978,0	5978,0
$u2(t)$		368,61	534,12	507,98	718,76	807,29	746,16	1157,2	1045,5	1237,3	2455,6	2872,4	3854,9	5965,8
$u3(t)$		326,87	509,46	496,18	676,60	744,05	704,01	1005,4	897,9	1155,1	2348,1	2866,8	3716,4	5859,2
$u1(t)$	$\eta^*$ [lm/W]	61,72	59,82	43,11	63,27	64,43	62,50	67,14	61,58	59,89	66,83	60,06	88,76	77,85
$u2(t)$		47,32	61,32	46,68	66,00	67,67	63,52	70,93	67,91	62,87	70,97	60,11	91,94	77,83
$u3(t)$		46,04	62,90	49,15	66,15	65,79	62,96	62,74	92,95	61,31	73,04	60,67	93,75	76,33

\* - parametry obliczone

<sup>1)</sup> – zarejestrowana moc jest mocą bierną pojemnościową, w elektrotechnice zwykle wartości te poprzedza się znakiem minus, z uwagi jednak na mnogość danych, zdecydowano się pominąć ten znak



Rys. 3. Względne zmiany: a) prądu, b) strumienia świetlnego, w funkcji napięcia zasilającego

### Zmiany właściwości barwowych w funkcji napięcia zasilającego

W odniesieniu do dwóch świetlówek o mocy 18 W, ale różniących się temperaturami barwowymi najbliższymi, dla różnych wartości napięcia stałego, zarejestrowano (z częstością co 1 nm) rozkłady widmowe promieniowania przedziale 380÷780 nm. Na ich podstawie obliczono: współrzędne punktów chromatyczności ( $x$ ,  $y$ ), temperaturę barwową najbliższą ( $T_{cp}$ ), ogólny wskaźnik oddawania barw ( $R_a$ ) oraz współczynnik  $Q_a$  (opracowany przez Amerykański Narodowy Instytut Standardów i Technologii), który w najlepszym stopniu ma odzwierciedlać parametry oddawania barw (tabela 3 i 4).

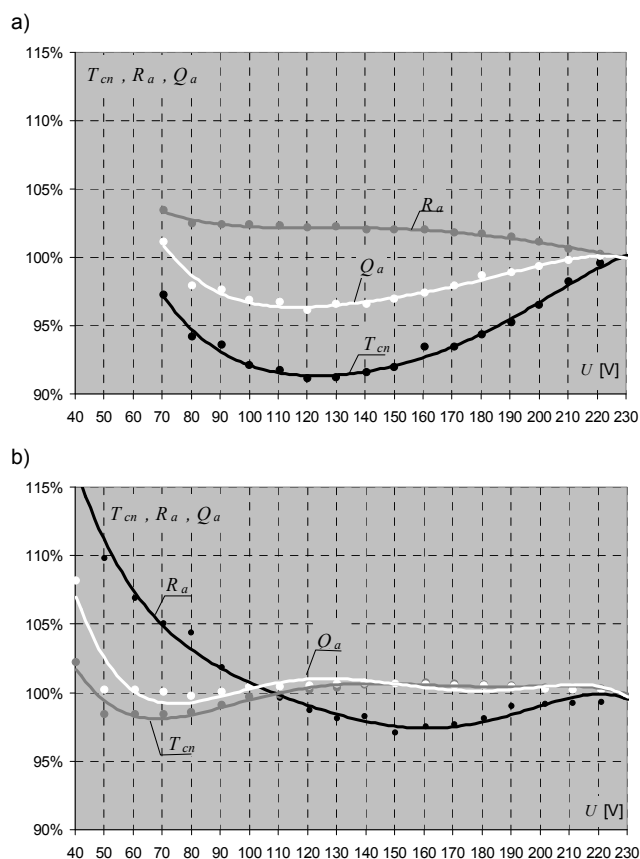
Tabela 3. Zestawienie współrzędnych punktu chromatyczności, temperatury barwowej najbliższej oraz wskaźników oddawania barw dla źródła 7 (o barwie barwie ciepłej)

$U$ [V]	$x$ [-]	$y$ [-]	$T_{cp}$ [K]	$R_a$ [-]	$Q_a$ [-]
230	0,4590	0,4088	2698	80,44	72,68
220	0,4590	0,4088	2685	80,62	72,72
210	0,4616	0,4073	2650	80,94	72,53
200	0,4641	0,4057	2603	81,32	72,18
190	0,4657	0,4039	2569	81,61	71,89
180	0,4660	0,4014	2546	81,83	71,69
170	0,4666	0,3993	2521	81,88	71,18
160	0,4666	0,3993	2521	82,04	70,79
150	0,4672	0,3951	2480	82,03	70,45
140	0,4668	0,3932	2470	82,06	70,20
130	0,4665	0,3912	2460	82,21	70,18
120	0,4650	0,3885	2457	82,17	69,84
110	0,4628	0,3870	2474	82,28	70,30
100	0,4612	0,3859	2485	82,33	70,40
90	0,4546	0,3798	2525	82,38	70,92
80	0,4536	0,3800	2540	82,43	71,16
70	0,4590	0,4088	2685	83,22	73,52

Tabela 4. Zestawienie współrzędnych punktu chromatyczności, temperatury barwowej najbliższej oraz wskaźników oddawania barw dla źródła 8 (o barwie ciepło-białej)

$U$ [V]	$x$ [-]	$y$ [-]	$T_{cp}$ [K]	$R_a$ [-]	$Q_a$ [-]
230	0,3567	0,3535	4580	81,30	80,76
220	0,3567	0,3535	4550	81,49	80,91
210	0,3576	0,3527	4544	81,57	80,93
200	0,3575	0,3517	4542	81,59	80,97
190	0,3574	0,3501	4535	81,70	81,08
180	0,3586	0,3501	4493	81,78	81,15
170	0,3590	0,3490	4472	81,85	81,19
160	0,3590	0,3477	4465	81,86	81,24
150	0,3591	0,3461	4448	81,84	81,28
140	0,3571	0,3428	4499	81,73	81,32
130	0,3569	0,3406	4495	81,60	81,29
120	0,3558	0,3383	4521	81,45	81,18
110	0,3541	0,3351	4563	81,17	81,13
100	0,3526	0,3322	4606	81,03	81,13
90	0,3508	0,3293	4663	80,55	80,82
80	0,3476	0,3256	4781	80,12	80,57
70	0,3466	0,3232	4811	80,02	80,77
60	0,3446	0,3223	4897	79,99	80,94
50	0,3421	0,3242	5029	80,02	80,93
40	0,3350	0,3187	5357	83,08	87,35

W celu udzielenia odpowiedzi, w jaki sposób zmiany napięcia zasilającego wpłyną na zmiany właściwości barwowych badanych lamp, wydaje się być zasadnym przedstawienie parametrów kolorymetrycznych w wielkościach względnych, bezwymiarowych (rys. 4.). Jako odniesienie przyjęto wartości uzyskane dla napięcia 230 V.

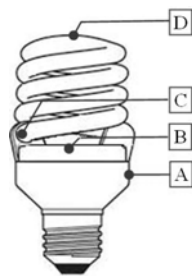


Rys. 4. Względne zmiany parametrów kolorymetrycznych świetlówek o barwach: a) ciepłej (źródło 7), b) ciepło białej (źródło 8), w funkcji napięcia zasilającego

### Temperatura podczas pracy

W celu przeanalizowania jaką temperaturę osiągnie zintegrowana świetlówka kompaktowa, w związku ze

zmianą parametrów napięcia zasilającego, zarejestrowano (w czterech punktach na jej powierzchni) wartości temperatury. Miejsca ulokowania termopar na powierzchni źródła światła przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Ilustracja lokalizacji termopar na powierzchni źródła 8

Rejestrację prowadzono przez okres godziny. Z uwagi na znaczną liczbę danych pomiarowych zdecydowano się zamieścić wyłącznie dane uzyskane w 60 minucie pracy lampy, a więc po czasie, po upływie którego lampa uzyskała stabilizację termiczną (tabela 5).

Tabela 5. Zarejestrowane temperatury w czterech punktach na powierzchni źródła 8 po godzinie jego pracy przy zasilaniu napięciem o różnych parametrach

U [V]	Punkty pomiaru temperatury			
	A	B	C	D
230 <sup>1)</sup>	46,5 <sup>o</sup> C	55,1 <sup>o</sup> C	78,3 <sup>o</sup> C	62,2 <sup>o</sup> C
230 <sup>2)</sup>	45,1 <sup>o</sup> C	53,4 <sup>o</sup> C	75,9 <sup>o</sup> C	60,4 <sup>o</sup> C
230 <sup>3)</sup>	43,5 <sup>o</sup> C	52,0 <sup>o</sup> C	72,0 <sup>o</sup> C	56,3 <sup>o</sup> C
200 <sup>3)</sup>	42,9 <sup>o</sup> C	50,8 <sup>o</sup> C	67,8 <sup>o</sup> C	54,3 <sup>o</sup> C
180 <sup>3)</sup>	42,3 <sup>o</sup> C	49,7 <sup>o</sup> C	63,8 <sup>o</sup> C	52,2 <sup>o</sup> C
160 <sup>3)</sup>	43,5 <sup>o</sup> C	50,7 <sup>o</sup> C	60,6 <sup>o</sup> C	53,2 <sup>o</sup> C
140 <sup>3)</sup>	43,6 <sup>o</sup> C	49,1 <sup>o</sup> C	58,4 <sup>o</sup> C	52,3 <sup>o</sup> C
120 <sup>3)</sup>	43,8 <sup>o</sup> C	48,9 <sup>o</sup> C	54,4 <sup>o</sup> C	51,4 <sup>o</sup> C
100 <sup>3)</sup>	43,4 <sup>o</sup> C	50,0 <sup>o</sup> C	49,2 <sup>o</sup> C	49,5 <sup>o</sup> C
80 <sup>3)</sup>	44,3 <sup>o</sup> C	48,9 <sup>o</sup> C	42,7 <sup>o</sup> C	49,0 <sup>o</sup> C
60 <sup>3)</sup>	44,3 <sup>o</sup> C	49,5 <sup>o</sup> C	37,6 <sup>o</sup> C	47,2 <sup>o</sup> C
40 <sup>3)</sup>	34,1 <sup>o</sup> C	39,7 <sup>o</sup> C	30,8 <sup>o</sup> C	44,3 <sup>o</sup> C

Zasilanie napięciem: <sup>1)</sup> –  $u_1(t)$ , <sup>2)</sup> –  $u_2(t)$ , <sup>3)</sup> –  $u_3(t)$  patrz rys. 1.

Z zamieszczonych danych w tabeli 6 wynika, że w żadnym przypadku, przy zmianie warunków zasilania lampy, wartości zarejestrowanych temperatur, nie przekraczają wartości uzyskanych przy znamionowych warunkach zasilania (zasilanie napięciem sieciowym, o wartości skutecznej 230 V). A zatem można stwierdzić, że nie występuje niebezpieczeństwo przegrzania elementów źródła światła, w związku ze zmianą parametrów napięcia zasilającego.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można ogólnie stwierdzić, że parametry elektryczne, fotometryczne oraz kolorymetryczne zintegrowanych świetlówek kompaktowych zależne są od parametrów napięcia zasilającego.

W przypadku świetlówek o mocy do 25 W, zmiana źródła zasilana z  $u_1(t)$  na  $u_2(t)$  o wartości skutecznej 230 V spowodowała zmniejszenie współczynników  $THD_i$  oraz poprawę współczynnika mocy, co z punktu widzenia parametrów charakteryzujących jakość energii elektrycznej wydaje się być korzystnym zjawiskiem. Dla większości z przebadanych lamp zaobserwowano także kilku procentowy wzrost skuteczności świetlnej – co także należy zaliczyć do

zalet. Niestety okupione to jest spadkiem strumienia świetlnego.

Jeśli wziąć pod uwagę wyniki z pomiarów dla lamp o mocy powyżej 25 W, to przy zasilaniu ich napięciem odkształconym  $u_2(t)$  uzyskano odwrotny rezultat (jeśli chodzi o parametry elektryczne). Wartości  $THD_i$  oraz  $\cos\phi$  pogorszyły się względem tych, który zarejestrowano przy zasilaniu napięciem  $u_1(t)$ .

Ciekawym zjawiskiem jest duża zależność pomiędzy wartością napięcia stałego, którym zasilano zintegrowane świetlóweki kompaktowe, a emitowanym przez nie strumieniem świetlnym. Zmniejszając napięcie zasilające, dla większości lamp, które poddano pomiarom, zaobserwowano spadek wartości strumienia świetlnego. A zatem powstaje pytanie, czy można w ten sposób regulować strumień świetlny świetlówek, które wg informacji podanych przez producentów nie zostały przewidziane do ściemniania? W celu udzielenia odpowiedzi na to pytanie należałoby przeprowadzić szersze badania laboratoryjne. Na podstawie zarejestrowanych wyników pomiarów (rys. 3) wydaje się, że w odniesieniu do świetlówek o mocy do 25 W, zaprezentowana w pracy forma regulacji strumienia świetlnego lamp może być możliwa do zastosowania w rozwiązaniach praktycznych. Zarówno wartość pobieranego prądu, jak i pomierzone temperatury w 4 punktach na powierzchni źródła światła są niższe od tych jakie uzyskano przy zasilaniu ich napięciem sinusoidalnie przemiennym o wartości skutecznej 230 V i częstotliwości 50 Hz. Natomiast takiego wniosku nie można sformułować w odniesieniu do świetlówek, których moc przekracza 25 W. Zdaniem autora zasilanie tej grupy świetlówek napięciem odkształconym, oraz napięciem stałym o regulowanej wartości jest niewskazane.

Przedstawiona w pracy tematyka nie może być uznana za wyczerpaną. Wydaje się być koniecznym przeprowadzenie dalszych badań o charakterze teoretyczno-doświadczalnym.

## Podziękowanie

*Druk artykułu jest sponsorowany przez Oddział Łódzki Stowarzyszenia Elektryków Polskich, za co składam podziękowanie Zarządowi Oddziału, który wspiera młodych pracowników naukowych w ich dalszym rozwoju.*

## LITERATURA

- [1] Dyrektywa UE 2009/125/EU (244/2009)
- [2] Pracki P.: System oceny efektywności energetycznej oświetlenia wnętrz i dróg, Prace Naukowe, Elektryka z. 143, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012 r.
- [3] PN-EN 61000-3-2 Kompatybilność Elektromagnetyczna, część 3-2: Dopuszczalne poziomy emisji harmonicznych prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika  $\leq 16$
- [4] Hemka L.: Zmiany parametrów eksploatacyjnych i świetlnych lamp wyładowczych w zależności od napięcia sieci, XI Krajowa Konferencja Oświetleniowa '2002, Warszawa 6-8 listopada 2002
- [5] Dillian, T.P. Wong Martin, H.L. Chow C.K. LI: A DC-DC Converter Used as a Light Dimmer for Compact Fluorescent Lamps, 2009 3<sup>rd</sup> International Conference on Power Electronics Systems and Applications

**Autor:** dr inż. Przemysław Tabaka, Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki, ul. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, E-mail: [przemyslaw.tabaka@wp.pl](mailto:przemyslaw.tabaka@wp.pl) tel.: (42) 631 26 10