

Analiza parametrów elektrycznych zamienników żarówek głównego szeregu przystosowanych do ściemniania

Streszczenie. W pracy przedstawiono zmiany parametrów elektrycznych zamienników żarówek głównego szeregu przystosowanych do ściemniania. Wobec faktu, że producenci w specyfikacji zamienników lamp żarowych zadeklarowali możliwość współpracy z dowolnym regulatorem natężenia oświetlenia, zastosowano dwie metody ściemniania źródeł światła. W pierwszej wykorzystano tzw. regulację kąta przepływu (rozwiązanie stosowane w ściemniaczach tyrystorowych), w drugiej zaś regulowano amplitudą napięcia zasilającego (którą zrealizowano wykorzystując do tego celu autotransformator).

Abstract. The paper presents electrical parameter changes of prime set bulb equivalents suitable for dimming. Two methods of light dimming are used in accordance to fact that producers in the product specification of bulbs, declared a possibility of device cooperation with any dimmer. The first method deploys so called method of regulation of flow angle (solution used by thyristors dimmers), whereas the second method uses regulation of supplying voltage amplitude (by usage of autotransformer). (**Analysis of electrical parameters of prime set bulb equivalents suitable for dimming**)

Słowa kluczowe: źródło światła, ściemniacz, moc czynna, moc bierna, współczynnik mocy, współczynnik zawartości wyższych harmonicznych

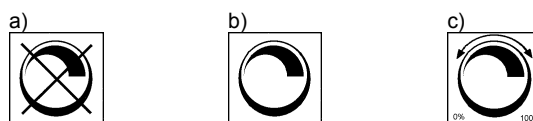
Key words: light source, dimmer, active power, reactive power, power factor, total harmonic distortion

Wprowadzenie

Wśród wielu zagadnień związanych z zamiennikami tradycyjnych żarówek, istotnego znaczenia, w wyniku coraz powszechniejszego ich stosowania, zaczyna nabierać także kwestia wpływu tych źródeł światła na jakość energii elektrycznej. Od kilku lat obserwuje się również fakt, że lampy te charakteryzują się współczynnikiem mocy o charakterze pojemnościowym. A zatem będą one źródłem mocy bierniej pojemnościowej. Jeszcze do niedawna, z punktu widzenia przeciętnego użytkownika, nie miało to żadnego znaczenia, albowiem do pomiarów energii elektrycznej stosowane były w zasadzie wyłącznie liczniki indukcyjne. Od kilku lat obserwuje się sukcesywne zastępowanie tych prostych i tanich liczników licznikami elektronicznymi ze statycznymi przetwornikami mocy. Zgodnie z zaleceniami UE „inteligentne” liczniki elektroniczne mają być zainstalowane do 2020 r. Poza pomiarem i rejestracją energii czynnej, przyrządy te mają możliwość zarejestrowania m.in. pobieranej energii bierniej i przestać te dane do Zakładu Energetycznego. Na chwilę obecną taryfa opłat nie przewiduje dopłat za pobieranie z sieci energii bierniej przez użytkowników komunalno-bytowych. Należy jednak przypuszczać, że już w niedalekiej przyszłości do celów rozliczeniowych będzie brana pod uwagę także energia bierna.

Zagadnieniem wpływu zamienników tradycyjnych żarówek na sieć zasilającą zajmowało się wielu autorów [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11], jednak wnioski z przeprowadzonych badań dotyczyły źródeł światła nie przystosowanych do współpracy z regulatorem natężenia oświetlenia. A zatem, zdaniem autora, wydaje się celowym uzupełnienie badań pomiarami i analizą zjawisk występujących podczas współpracy wybranych źródeł światła, przewidzianych przede wszystkim do użytku w gospodarstwach domowych, z regulatorami natężenia oświetlenia.

Oferta dostępnych na rynku zamienników tradycyjnych żarówek głównego szeregu jest bardzo bogata. Warto jednak podkreślić, że tylko wybrane z nich przewidziane są do współpracy z regulatorem natężenia oświetlenia. O tym czy dane źródło przystosowane jest do ściemniania informują symbole graficzne umieszczone na opakowaniu źródła (rys. 1) [10].



Rys. 1. Symbole graficzne informujące o ewentualnej możliwości współpracy ze ściemniaczem: a) źródło światła nie przystosowane do ściemniania, b) źródło światła przystosowane do współpracy z regulatorami natężenia oświetlenia, c) z podanym dodatkowo zakresem ściemniania

Przedmiot i zakres badań

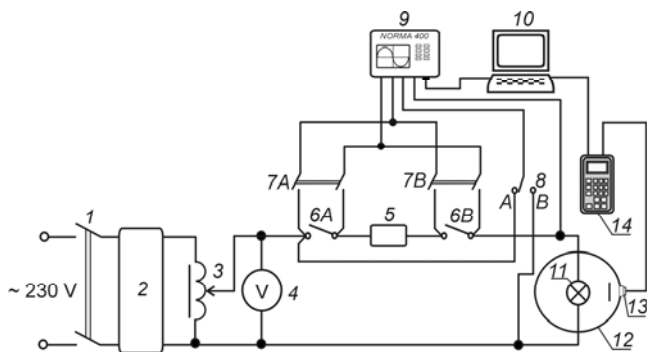
Pomiarom poddano tradycyjną żarówkę głównego szeregu wraz z jej dwoma zamiennikami: zintegrowaną świetlówką kompaktową oraz źródłem LED. Wszystkie z badanych źródeł wyposażone były w trzonek E27 i przewidziane do współpracy z dowolnym regulatorem natężenia oświetlenia.

W badaniach nie uwzględniono żarówki halogenowej, która także jest zamiennikiem tradycyjnej żarówki. Wynika to z faktu, że zasada działania obu tych źródeł jest identyczna – wytwarzanie światła następuje w wyniku rozgrzania do wysokiej temperatury żarnika wykonanego z drutu wolframowego na skutek przepływającego przez niego prądu elektrycznego. Zarówno żarówka klasyczna jak i halogenowa, z punktu widzenia sieci zasilającej mogą być traktowane jako odbiorniki o charakterze w zasadzie czysto rezystancyjnym. Jedynymi elementami różniącymi te źródła światła jest temperatura pracy skrętki wolframowej oraz środowisko w którym ona pracuje. W klasycznych żarówkach zwykle gazami wypełniającymi są argon z domieszką azotu, natomiast w przypadku żarówek halogenowych pierwiastki chemiczne nazywane halogenami (fluor, jod, brom). A zatem podczas regulacji strumienia świetlnego lamp żarowych charakter zachodzących zmian parametrów elektrycznych będzie identyczny bez względu na rodzaj gazu wypełniającego wnętrze bańki. Warto jednak podkreślić, że zmniejszając intensywność świecenia żarówki halogenowej, co w praktyce wiąże się z obniżeniem temperatury pracy skrętki wolframowej, zostanie zaburzony przebieg cyklu halogenowego. Innymi słowy jeśli temperatura wewnętrznej powierzchni bańki spadnie poniżej 250°C, procesy przenoszenia cząstek wolframu ustają i żarówka halogenowa „pracuje” jak tradycyjna żarówka.

W odniesieniu do źródeł światła, dla różnych ustawień ściemniacza (w zakresie od maximum do minimum), zarejestrowano: wartość skuteczną napięcia (U_{rms}), prądu (I_{rms}), moc czynną (P), bierną (Q), pozorną (S), współczynnik mocy ($\cos \varphi$), przebiegi czasowe napięcia i prądu oraz widmo wyższych harmoniczných. Pomiary parametrów elektrycznych przeprowadzono bezpośrednio na źródłach światła oraz przed regulatorem natężenia oświetlenia.

Układ pomiarowy i sposób przeprowadzenia badań

Przed przystąpieniem do pomiarów zgodnie z zaleceniami normy [9] źródła, które poddano pomiarom starzono przez 100 godzin przy zasilaniu napięciem znamionowym. Badania przeprowadzono w układzie o strukturze przedstawionej na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego: 1, 6A, 6B, 7A, 7B – łączniki sieciowe, 2 – stabilizator napięcia, 3 – autotransformator, 4 – woltmierz cyfrowy, 5 – regulator natężenia oświetlenia (ściemniacz), 8 – przełącznik, 9 – analizator mocy, 10 – komputer PC, 11 – badane źródło światła, 12 – kula całkująca, 13 – okienko pomiarowe, 14 – jednostka sterująca luksomierza

Napięcie sieciowe o wartości $230\text{ V} \pm 10\%$ po przez wyłącznik sieciowy (1) podawane jest na stabilizator napięcia (2), zapewniający jego stałą wartość skuteczną. Doregulowane jest ono autotransformatorem (3), natomiast jego wartość sprawdzana jest woltmierzem (4). Następnie po przez regulator natężenia oświetlenia (5), w którego tor włączono obwód prądowy analizatora mocy, doprowadzane jest do badanego źródła światła (11) umieszczonego w kuli całkującej (12). W okienku pomiarowym kuli (9) zainstalowano ogniwo fotoelektryczne luksomierza (13). Współpracuje ono z miernikiem prądu fotoelektrycznego wraz z wzmacniaczem (14). Wobec faktu, że podczas pomiarów dysponowano tylko jednym analizatorem mocy, w celu zarejestrowania poszczególnych wielkości elektrycznych zarówno bezpośrednio na źródle (miejsce pomiaru I) jak i przed zastosowanym ściemniaczem (miejsce pomiaru II), wykorzystano dwie pary łączników 6A-7A i 6B-7B oraz przełącznik 8. Umożliwiają one przyłączenie obwodów prądowego i napięciowego analizatora mocy.

Pozycje styków poszczególnych łączników podczas pomiarów realizowanych przed i za ściemniaczem zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Pozycje styków łączników w zależności od miejsca pomiaru

Miejsce pomiaru	Oznaczenie łącznika				
	6A	6B	7A	7B	8
I	zamknięty	otwarty	otwarty	zamknięty	pozycja B
II	otwarty	zamknięty	zamknięty	otwarty	pozycja A

I – bezpośrednio na źródle światła, II – przed ściemniaczem

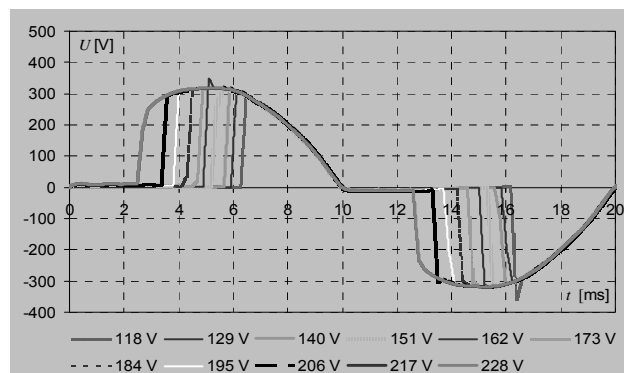
W celu zapewnienia ciągłości zasilania badanego źródła światła, manipulacje poszczególnymi łącznikami powinny odbywać się w ściśle określonej kolejności. Przy

przełączaniu obwodu prądowego analizatora mocy z miejsca pomiaru I na II będzie obowiązywał następujący porządek. Najpierw należy zamknąć łącznik 6B, następnie otworzyć 7B, po czym zamknąć 7A i otworzyć 6A (rys. 2).

Do rejestracji wielkości elektrycznych przystąpiono po ustabilizowaniu się parametrów elektrycznych badanego źródła światła. Pomiary rozpoczęto przy ustawieniu pokrętki ściemniacza w pozycji maximum.

Typowe sposoby regulacji strumienia świetlnego

Istnieje kilka sposobów sterowania strumieniem świetlnym elektrycznych źródeł światła stosowanych w gospodarstwach domowych. Najprostszym i zarazem najpopularniejszym rozwiązaniem jest zmiana napięcia zasilającego lampę realizowana przez nastawianie kąta fazowego wyzwolenia tyrystora. Ściemnianie można uzyskać po przez sterowanie zboczem narastającym lub opadającym połówki przebiegu sinusoidalnego. Dostępne na rynku tyrystorowe regulatory natężenia oświetlenia wykorzystują pierwsze rozwiązanie – regulują kąt przepływu na zboczu narastającym. Przykładowe przebiegi czasowe napięcia dla różnych wartości skutecznych napięcia uzyskanych na „wyjściu” tyrystorowego regulatora natężenia oświetlenia przedstawiono na rysunku 3. Ściemniacz ten wykorzystano w układzie pomiarowym o strukturze przedstawionej na rysunku 2.



Rys. 3. Przebiegi czasowe napięcia na „wyjściu” tyrystorowego regulatora natężenia oświetlenia dla różnych wartości skutecznych napięcia

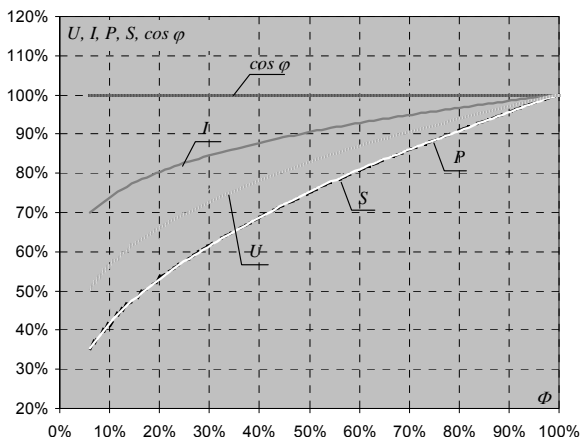
Wobec faktu, że na opakowaniach zamienników tradycyjnych żarówek przewidzianych do ściemniania została zamieszczona informacja następującej treści „nadaje się do współpracy z dowolnym ściemniaczem” pomiary powtórzone zastępując tyrystorowy regulator natężenia oświetlenia autotransformatorem. W tym przypadku zmiana wartości skutecznej napięcia zasilającego odbywa się po przez zmianę amplitudy. Badania źródeł światła przy zastosowaniu autotransformatora mają charakter eksperymentalny albowiem trudno wyobrazić sobie aby ta forma ściemniania miała zastosowanie w gospodarstwach domowych. Warto jednak nadmienić, że w latach 70-tych, 80-tych i 90-tych ubiegłego wieku, zmianę poziomu natężenia oświetlenia w salach kinowych, czy teatralnych realizowano zmieniając napięcie autotransformatorem. Podobne rozwiązania stosowano również w oświetleniu scenicznym.

Względne zmiany parametrów elektrycznych

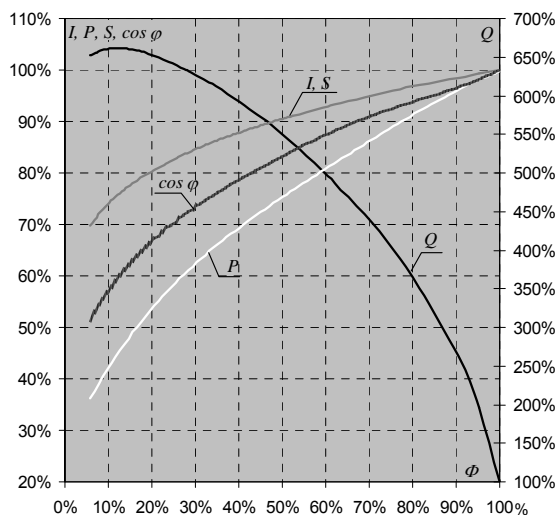
Na rysunkach 4-15 przedstawiono w wartościach względnych (bezwymiarowych) zmiany poszczególnych parametrów elektrycznych w funkcji ściemniania (strumienia świetlnego emitowanego przez badane źródła światła). Za wartości odniesienia przyjęto wartości zarejestrowane przy ustawieniu pokrętki ściemniacza w pozycji maksimum.

Pozwala to określić na ile zmierzone parametry elektryczne są większe lub mniejsze w porównaniu z wartościami zmierzonymi przy 0% ściemnieniu źródła.

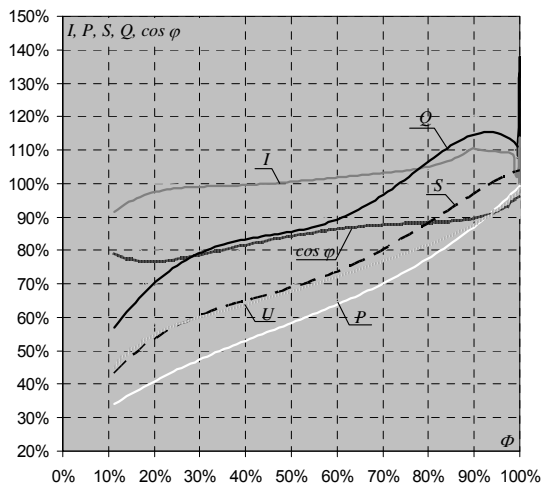
Przebiegi na rysunkach 4-9 odnoszą się do źródeł współpracujących z ściemniaczem tyrystorowym.



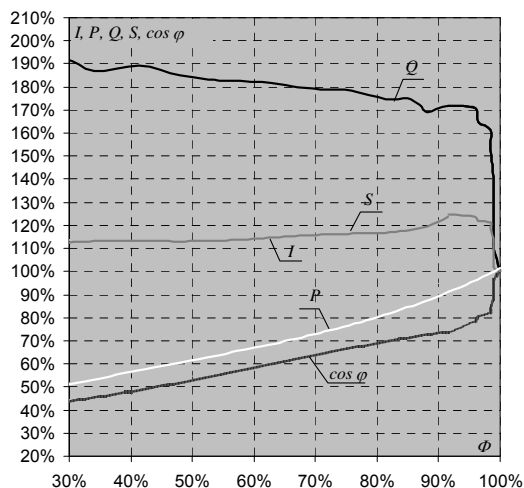
Rys. 4. Względne zmiany parametrów elektrycznych konwencjonalnej żarówki - miejsce pomiaru I



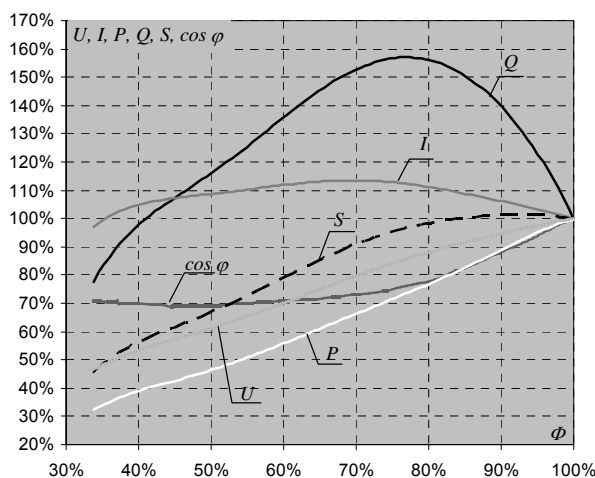
Rys. 5. Względne zmiany parametrów elektrycznych konwencjonalnej żarówki - miejsce pomiaru II



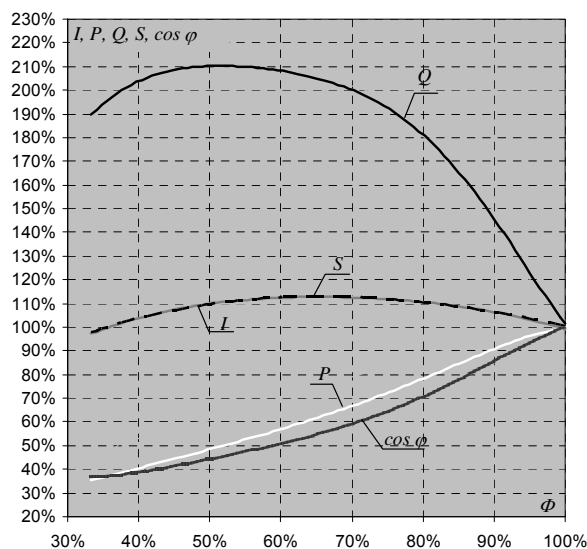
Rys. 6. Względne zmiany parametrów elektrycznych świetlówk kompaktowej - miejsce pomiaru I



Rys. 7. Względne zmiany parametrów elektrycznych świetlówk kompaktowej - miejsce pomiaru II

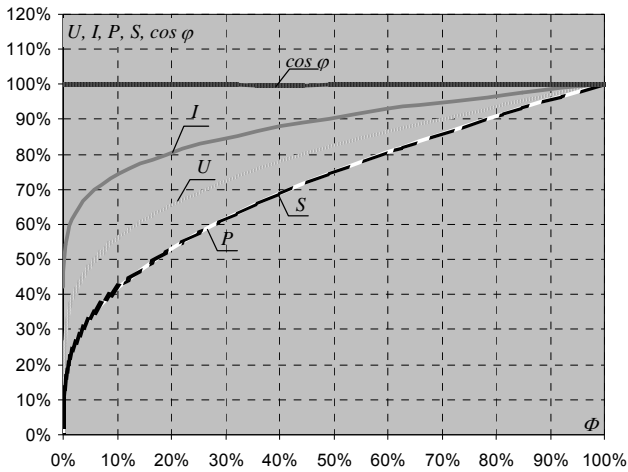


Rys. 8. Względne zmiany parametrów elektrycznych źródła LED - miejsce pomiaru I

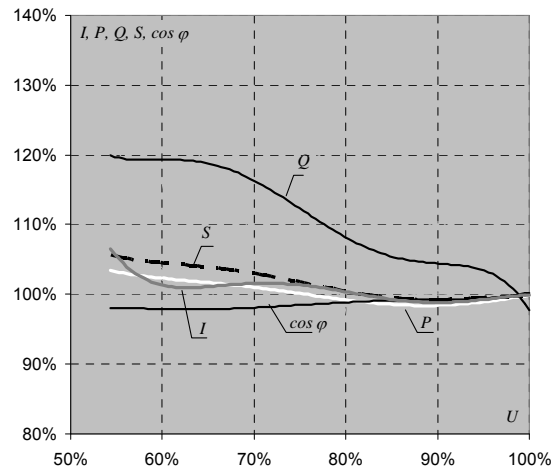


Rys. 9. Względne zmiany parametrów elektrycznych źródła LED - miejsce pomiaru II

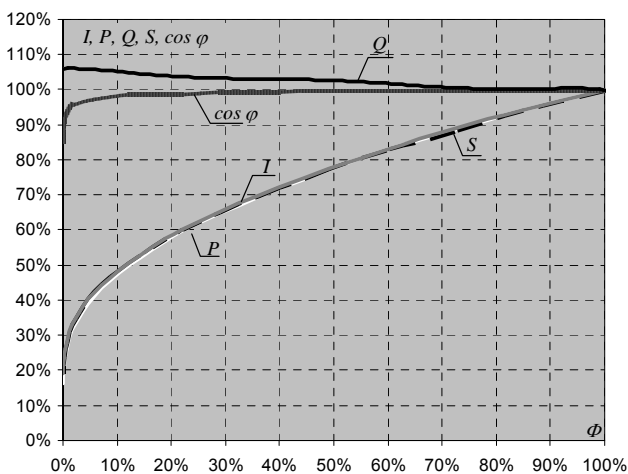
Na rysunkach 10-15 przedstawiono wizualizacje rezultatów pomiarów przy regulacji natężenia oświetlenia za pośrednictwem autotransformatora.



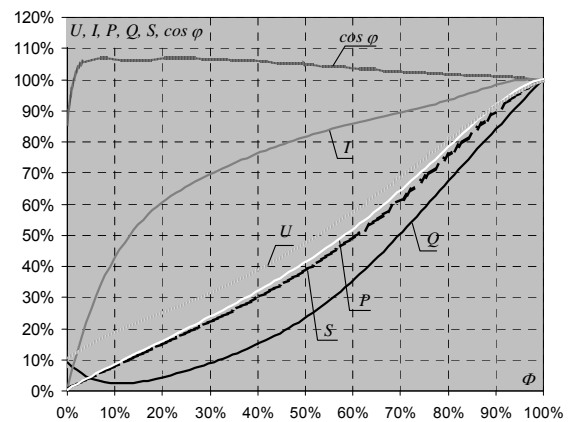
Rys. 10. Względne zmiany parametrów elektrycznych konwencjonalnej żarówki - miejsce pomiaru I



Rys. 13. Względne zmiany parametrów elektrycznych świetlówki kompaktowej - miejsce pomiaru II

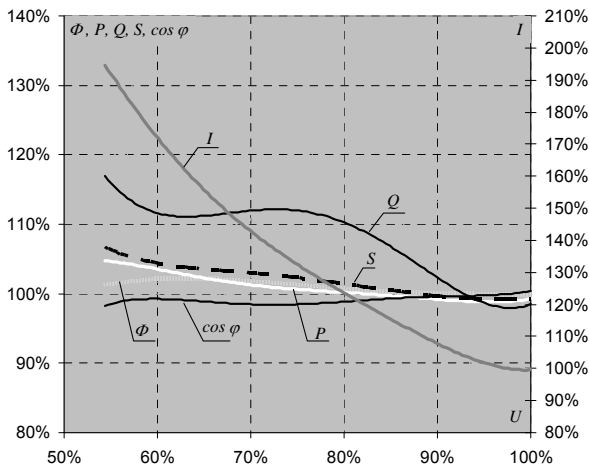


Rys. 11. Względne zmiany parametrów elektrycznych konwencjonalnej żarówki - miejsce pomiaru II

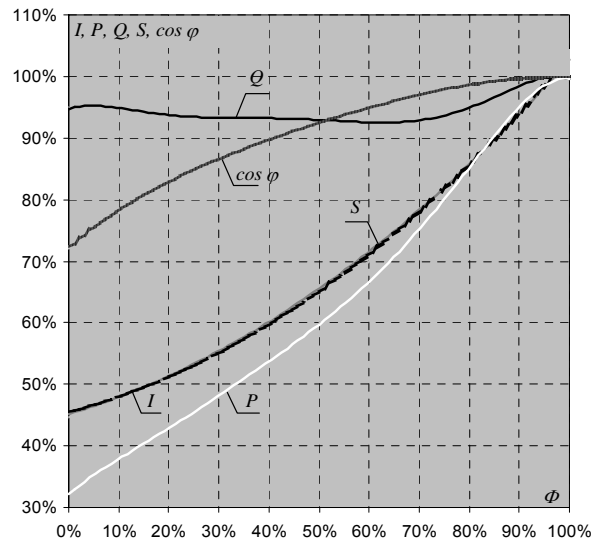


Rys. 14. Względne zmiany parametrów elektrycznych źródła LED - miejsce pomiaru I

W odniesieniu do świetlówki współpracującej z autotransformatorem, względne zmiany poszczególnych parametrów przedstawiono w funkcji napięcia zasilającego źródło światła (w zakresie 54-100% U). Wynika to z faktu, że strumień świetlny, przy regulacji pokrętkiem autotransformatora ulega nieznacznym zmianom (rys. 12).



Rys. 12. Względne zmiany parametrów elektrycznych i strumienia świetlnego świetlówki kompaktowej w funkcji napięcia zasilającego lampę - miejsce pomiaru I



Rys. 15. Względne zmiany parametrów elektrycznych źródła LED - miejsce pomiaru II

W celu zorientowania się jakie realne wartości przyjmują poszczególne parametry elektryczne, których zmiany przedstawiono na rysunkach 4-15, w tabeli 2 zestawiono wartości bezwzględne, zarejestrowane dla ustawienia pokrętkła ściemniacza w pozycji maximum. W przypadku autotransformatora, za pozycję maximum przyjęto położenie pokrętkła, przy której po stronie wtórnej uzyskano napięcie skuteczne o wartości 230 V.

Tabela 2. Zmierzone parametry elektryczne badanych źródeł światła przy maksymalnej wartości strumienia świetlnego ($U_{lampy} \approx 230\text{ V}$)

Źródło światła	Miejsce pomiaru	I [mA]	P [W]	S [VA]	Q [mvar]	$\cos \varphi$ [-]
Żarówka	I	261,44	59,94	59,94	-	1,00
		260,74	60,17	60,17	-	1,00
	II	261,49	59,98	59,94	-	1,00
		289,28	66,26	66,57	6416	1,00
Świetlówka	I	98,93	19,68	22,63	-11,23	0,87
		84,16	18,21	19,21	-6,59	0,94
	II	98,79	19,58	22,57	-11,15	0,87
		113,32	24,55	26,06	9,17	0,94
LED	I	63,86	13,27	14,58	-6,04	0,91
		63,37	13,36	14,64	-5,39	0,93
	II	63,76	13,37	14,72	-6,16	0,91
		91,34	19,75	21,03	7234	0,93

Pomiar: I – bezpośrednio na źródle światła, II – przed ściemniaczem
Liczby wpisane pogrubioną czcionką dot. wartości uzyskanych przez współpracę źródła światła z autotransformatorem

Przebiegi czasowe napięć i prądów

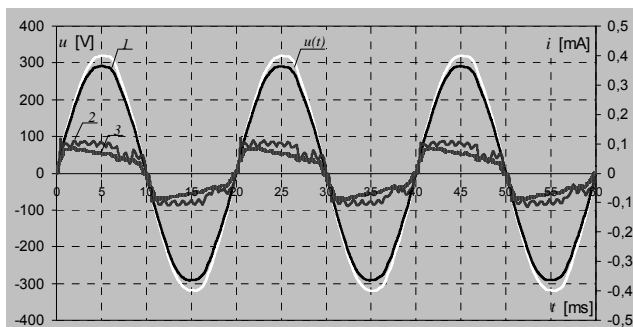
Wykorzystując w analizatorze mocy funkcję oscyloskopu, dla poszczególnych źródeł światła zarejestrowano przebiegi czasowe napięć i prądów. Pomiar przeprowadzono dla 5-ciu położeń pokręteł regulatorów natężenia oświetlenia odpowiadającym następującym wartościom strumienia świetlnego: Φ , $0,75\Phi$, $0,5\Phi$, $0,25\Phi$ oraz Φ_{\min} .

Wobec faktu, że świetlówka kompaktowa przy współpracy z autotransformatorem nie wykazuje istotnych zmian strumienia świetlnego, przebiegi czasowe przedstawiono w funkcji napięcia zasilającego lampę (rys. 21, 22).

Przykładowe przebiegi czasowe napięć i prądów dla zintegrowanej świetlówki kompaktowej oraz źródła LED współpracujących z regulatorami natężenia oświetlenia zamieszczono na rysunkach 17-24.

Z uwagi na właściwości konwencjonalnej żarówki (odbiornik o praktycznie czysto rezystancyjnym charakterze oraz liniowym przebiegu charakterystyki prądowo napięciowej), odstępiono od zamieszczania przebiegów czasowych uznając je za oczywiste.

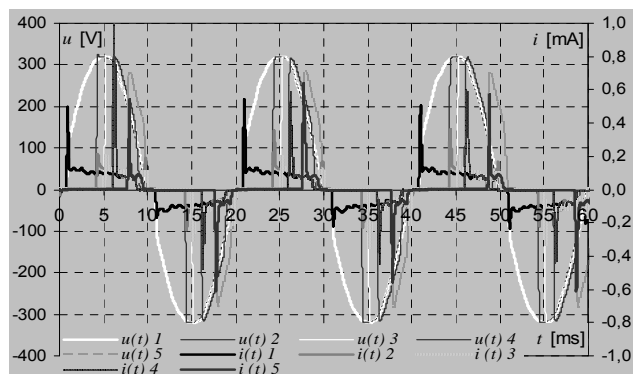
Na początek przedstawiono przebiegi czasowe napięć i prądów badanych źródeł światła zasilonych bezpośrednio z sieci zasilającej (rys. 16).



Rys. 16. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów badanych źródeł światła zasilonych bezpośrednio z sieci napięciem o wartości skutecznej 230 V: 1 – przebieg czasowy prądu żarówki, 2 – przebieg czasowy prądu świetlówki, 3 – przebieg czasowy prądu źródła LED

Przy zasilaniu napięciem praktycznie sinusoidalnym, przebiegi czasowe prądów w odniesieniu do świetlówki kompaktowej i źródła LED są istotnie odkształcone. Wprowadzenie w obwód lamp regulatora natężenia

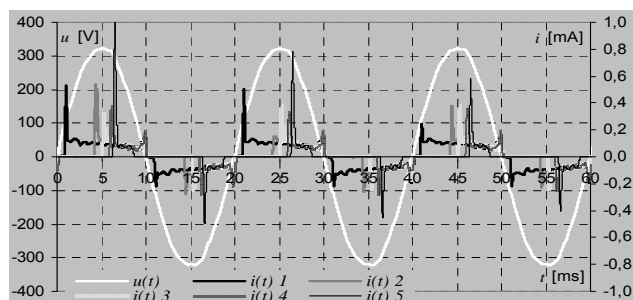
oświetlenia potęguje to niekorzystne zjawisko. Przebiegi czasowe napięć i prądów zarejestrowanych bezpośrednio na badanych źródłach światła przedstawiono na rysunkach 17, 19, 21 i 23.



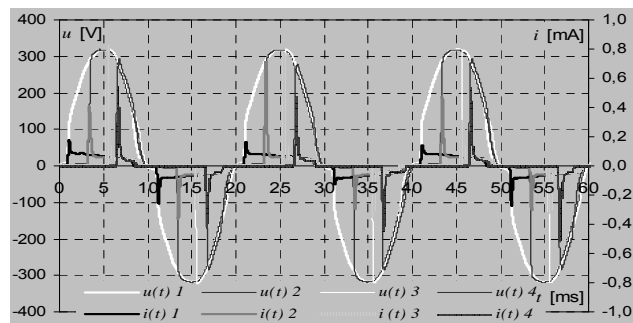
Rys. 17. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów $i(t)$ zintegrowanej świetlówki kompaktowej współpracującej ze ściemniaczem tyrystorowym (miejsce pomiaru I) dla następujących wartości strumienia świetlnego: 1 - Φ , 2 - $0,75\Phi$, 3 - $0,5\Phi$, 4 - $0,25\Phi$, 5 - Φ_{\min}

Z punktu widzenia wpływu źródeł światła współpracujących ze ściemniaczem na sieci zasilającą, istotne są przebiegi czasowe napięć i prądów zarejestrowane przed regulatorem natężenia oświetlenia (rys. 18, 20, 22 i 24).

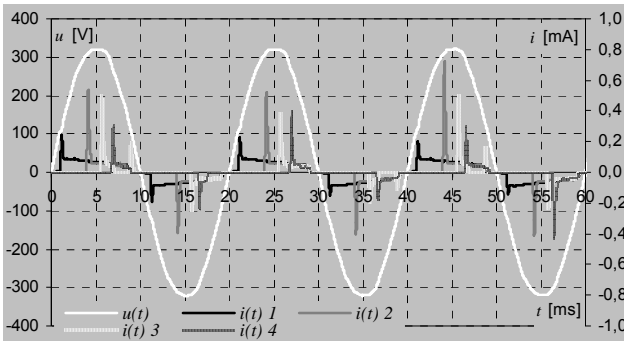
W celu zwiększenia czytelności przebiegów czasowych, w odniesieniu do źródeł światła współpracujących z autotransformatorem (rys. 21-24), ograniczono się do zamieszczenia tylko jednego przebiegu napięcia odpowiadającego wartości skutecznej równej 230 V.



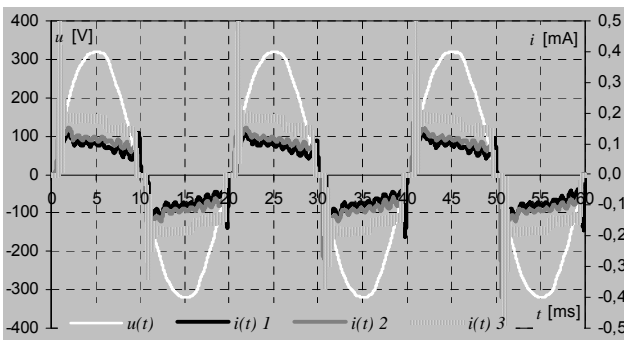
Rys. 18. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów $i(t)$ zintegrowanej świetlówki kompaktowej współpracującej ze ściemniaczem tyrystorowym (miejsce pomiaru II) dla następujących wartości strumienia świetlnego: 1 - Φ , 2 - $0,75\Phi$, 3 - $0,5\Phi$, 4 - $0,25\Phi$, 5 - Φ_{\min}



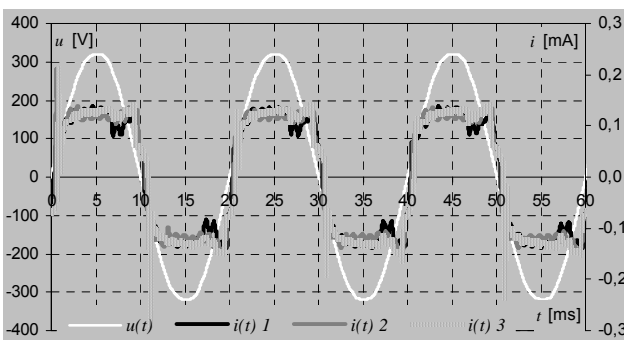
Rys. 19. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów $i(t)$ źródła LED współpracującego ze ściemniaczem tyrystorowym (miejsce pomiaru I) dla następujących wartości strumienia świetlnego: 1 - Φ , 2 - $0,75\Phi$, 3 - $0,5\Phi$, 4 - Φ_{\min}



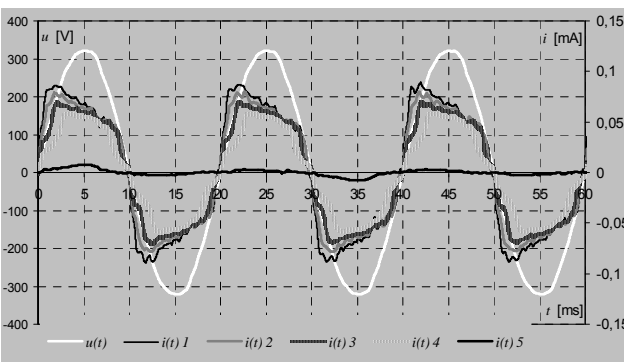
Rys. 20. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów $i(t)$ źródła LED współpracującego ze ściemniaczem tyrystorowym (miejsce pomiaru II) dla następujących wartości strumienia świetlnego: 1 - Φ , 2 - $0,75\Phi$, 3 - $0,5\Phi$, 4 - Φ_{\min}



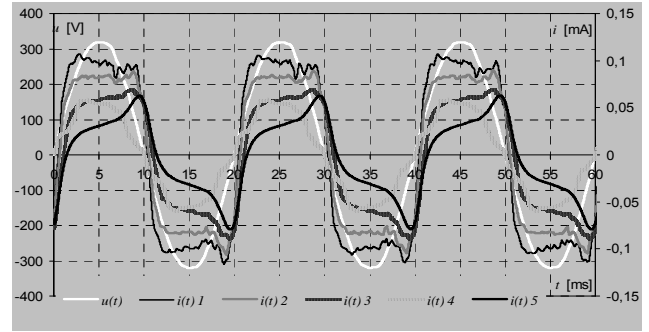
Rys. 21. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów $i(t)$ świetlówki współpracującej z autotransformatorem (miejsce pomiaru I) dla następujących wartości napięcia zasilającego: 1 - $U_{lampy} = 230\text{ V}$, 2 - $0,75U_{lampy}$, 3 - $0,54U_{lampy}$



Rys. 22. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów $i(t)$ świetlówki współpracującej z autotransformatorem (miejsce pomiaru II) dla następujących wartości napięcia zasilającego: 1 - $U_{lampy} = 230\text{ V}$, 2 - $0,75U_{lampy}$, 3 - $0,54U_{lampy}$



Rys. 23. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów $i(t)$ źródła LED współpracującego z autotransformatorem (miejsce pomiaru I) dla następujących wartości strumienia świetlnego: 1 - Φ , 2 - $0,75\Phi$, 3 - $0,5\Phi$, 4 - $0,25\Phi$, 5 - Φ_{\min}



Rys. 24. Przebiegi czasowe napięć $u(t)$ i prądów $i(t)$ źródła LED współpracującego z autotransformatorem (miejsce pomiaru II) dla następujących wartości strumienia świetlnego: 1 - Φ , 2 - $0,75\Phi$, 3 - $0,5\Phi$, 4 - $0,25\Phi$, 5 - Φ_{\min}

Najbardziej popularną wielkością opisującą liczbowo odkształcenie przebiegów napięć i prądów jest całkowity współczynnik odkształcenia napięcia THD_u i prądu THD_i . Na podstawie zarejestrowanych zawartości wyższych harmonicznych (do 40-tej włącznie) napięć i prądów obliczono wartości wspomnianych współczynników, które zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Współczynniki zawartości wyższych harmonicznych napięć i prądów badanych źródeł światła

miejsce pomiaru	położenie	Φ	$0,75\Phi$	$0,5\Phi$	$0,25\Phi$	Φ_{\min}
I	THD_u	7,49	34,83	48,72	66,18	91,33
	[%]	1,77	1,51	1,56	1,42	1,50
II	THD_u	1,55	1,60	1,60	1,59	1,61
	[%]	1,59	1,57	1,53	1,59	1,42
I	THD_i	7,49	34,83	48,72	66,18	91,33
	[%]	1,77	1,51	1,56	1,42	1,50
II	THD_i	7,86	35,00	49,04	66,91	92,00
	[%]	7,87	8,56	9,59	11,33	28,06
Zintegrowana świetlówka kompaktowa						
I	THD_u	7,50	53,44	67,09	94,21	101,23
	[%]	1,65*	1,52*	-	-	1,57*
II	THD_u	1,55	1,79	1,81	1,85	1,78
	[%]	1,45*	1,29*	-	-	1,64*
I	THD_i	49,06	69,63	76,62	162,10	159,32
	[%]	31,91*	34,27*	-	-	38,84*
II	THD_i	49,32	72,63	84,54	112,26	171,50
	[%]	34,20*	39,75*	-	-	46,84*
Źródło LED						
I	THD_u	6,39	40,07	77,40	-	102,40
	[%]	1,44	1,51	1,56	1,49	1,44
II	THD_u	35,68	94,03	144,36	-	176,77
	[%]	26,81	29,65	33,41	36,8	40,33
I	THD_i	1,56	1,72	1,86	-	1,47
	[%]	1,66	1,40	1,51	1,46	1,53
II	THD_i	36,20	109,34	151,6	-	175,26
	[%]	28,46	32,71	36,69	37,9	42,04

Pomiar: I – bezpośrednio na źródle światła, II – przed ściemniaczem

Liczby wpisane czcionką pogrubioną dot. wartości uzyskanych przy współpracy źródła światła z autotransformatorem

* - pomiar w funkcji napięcia zasilającego źródło światła

Wnioski

Szczegółowe wyniki pomiarów przeprowadzonych w odniesieniu do zamienników klasycznych żarówek przystosowanych do ściemniania, poszerzyły zakres informacji na temat ich parametrów elektrycznych. Ogólnie można stwierdzić, że zgodnie z przypuszczeniami zmniejszanie intensywności świecenia energooszczędnych zamienników konwencjonalnych żarówek, po przez

zastosowanie regulatorów natężenia oświetlenia, skutkuje zwiększeniem odkształcenia przebiegu prądu.

Na podstawie analizy wartości względnych poszczególnych parametrów elektrycznych w funkcji ściemniania można sformułować następujące wnioski praktyczne.

Zakres ściemniania poszczególnych źródeł światła w sposób istotny zależy od rodzaju zastosowanej metody regulacji natężenia oświetlenia. I tak np. zintegrowana świetlówka kompaktowa zupełnie nie sprawdza się przy współpracy z autotransformatorem. Zmniejszanie wartości skutecznej napięcia zasilającego nie powoduje zauważalnych zmian w wytwarzanego strumienia świetlnego przez źródło światła, natomiast skutkuje znacznym wzrostem pobieranego prądu. Przy obniżeniu wartości napięcia z 230 V do 125 V (co stanowi 54% wartości napięcia znamionowego) zarejestrowano blisko dwukrotnie większą wartość natężenia prądu, co nie jest zjawiskiem pożądanym. Zdaniem autora, można zaryzykować stwierdzenie, że taki stan rzeczy niekorzystnie wpłynie na trwałość świetlówki. A zatem stwierdzenie, że źródło to nadaje się do współpracy z dowolnym regulatorem natężenia oświetlenia wydaje się nie być prawdziwe. Producent podając tę informację na opakowaniu swojego produktu, zapewne miał na myśli ściemniacze powszechnie stosowane w gospodarstwach domowych.

Tymczasem w przypadku źródła LED lepsze rezultaty zaobserwowano przy regulacji strumienia świetlnego za pomocą autotransformatora aniżeli tyrystorowego regulatora natężenia oświetlenia. Po pierwsze uzyskano pełen zakres regulacji intensywności świecenia (od 0% do 100%), po drugie dużo mniejszy stopień odkształcenia przebiegu czasowego prądu.

Cechą wspólną dla wszystkich źródeł światła współpracujących z tyrystorowym regulatorem natężenia oświetlenia jest znaczny wzrost stopnia odkształcenia prądu przy ich ściemnianiu. Kolejnymi niepokojącymi zjawiskami są: wzrost poboru mocy biernej pojemnościowej (w przypadku żarówki ponad sześciokrotny, w przypadku świetlówki i lampy LED blisko dwukrotny – przy maksymalnym ściemnieniu, przy którym uzyskano minimalny strumień świetlny emitowany przez lampy) oraz pogorszenie wartości współczynnika mocy.

Odbiorniki oświetleniowe przewidziane do ściemniania charakteryzują się małą mocą jednostkową, a zatem można by stwierdzić, że ich wpływ na sieć zasilającą będzie pomijalny. W praktyce jednak w obwodzie współpracującym z regulatorem natężenia oświetlenia można zainstalować grupę lamp o łącznej mocy czynnej kilkuset watów. Zastosowany w układzie pomiarowym (rys. 2.) tyrystorowy regulator natężenia oświetlenia pozwala na zasilenie źródeł światła o łącznej mocy 600 W.

Fakt zwiększenia odkształcenia prądu pobieranego przez źródło światła, przy zasilaniu go coraz to bardziej odkształconym napięciem wydaje się być zrozumiałe. Natomiast ciekawym zjawiskiem jest wzrost współczynnika THD_i przy obniżaniu, za pośrednictwem autotransformatora, wartości skutecznej napięcia zasilającego świetlówkę oraz lampę LED. Zmniejszanie amplitudy napięcia o przebiegu praktycznie sinusoidalnym ($THD_U < 1,9\%$) także skutkuje

zwiększeniem odkształcenia prądu. Oczywiście wzrost tego niekorzystnego zjawiska, przy minimalnym strumieniu świetlnym (Φ_{min}) emitowanym przez źródła, jest około 3 krotnie mniejszy aniżeli przy zastosowaniu tyrystorowego regulatora natężenia oświetlenia.

Analizując dane zestawione w tabeli 3. można stwierdzić, że stopień odkształcenia prądu przy ustawieniu pokrętła ściemniacza tyrystorowego w pozycji minimum jest na podobnym poziomie dla wszystkich badanych źródeł światła. Natomiast z punktu widzenia potencjalnych odbiorców komunalno-bytowych, którzy póki co rozliczani są wyłącznie na podstawie ilości pobranej energii czynnej, najatrakcyjniejszym źródłem światła wydaje się być lampa LED.

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] Borowik L., Kurowski M.: Analiza parametrów elektrycznych świetlówek kompaktowych, *Przegląd Elektrotechniczny* nr 2/2011 s. 94-96
- [2] Cervi M., Seidel A.R., Bisogno F.E., do Prado R.N.: Fluorescent Lamp Model Based on the Equivalent Resistance Variation, 2002 *IEEE Industry Applications Conference*, Vol. 1 (2002) page(s): 680-684
- [3] Czap S.: Odkształcenie prądu pobieranego przez urządzenia oświetleniowe I jego wpływ na sieć zasilającą, *Acta Energetica* nr 1/2009, s. 25-40
- [4] Gabryjelski Z.: Praca świetlówek kompaktowych w sieci trójfazowej, *Przegląd Elektrotechniczny* nr 9/2007 s. 42-43
- [5] Gabryjelski Z.: Świetlówki kompaktowe jako źródła zaburzeń elektromagnetycznych, *Przegląd Elektrotechniczny* nr 9/2007, s.100-103
- [6] Górczewska M., Mandecki A., Kędziora W., Zalesińska M.: Badania porównawcze wybranych typów zintegrowanych świetlówek kompaktowych, *Przegląd Elektrotechniczny* nr 5/2005, s.464-463
- [7] Kasprzak A., Orlikowski M., Brodecki D.: Ograniczanie harmonicznych prądu świetlówki kompaktowej za pomocą układu Valley-fill, *Przegląd Elektrotechniczny* nr 3/2010, s. 129-131
- [8] Papierz K.: Interakcje wyższych harmonicznych napięcia zasilania odbiornika nieliniowego w kontekście przepływu mocy czynnej, *Elektro Info* nr 10/2012, s. 52-55
- [9] PN-EN 61000-3-2 KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA, część 3-2: Dopuszczalne poziomy emisji harmonicznych prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika ≤16 A)
- [10] Tabaka P.: Jak wybrać energooszczędny zamiennik tradycyjnej żarówki? *Przegląd Elektrotechniczny* nr 12a/2011, str. 88-93
- [11] Tabaka P., Derlecki S.: Analysis of electrical parameters of light source by household and municipal customers, *Przegląd Elektrotechniczny* nr 1b/2012, s. 207-2012

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