

Układy zasilające stosowane w lampach LED

Streszczenie. Praca dotyczy wpływu rezystancji obciążenia oraz napięcia sieci elektroenergetycznej na parametry elektryczne zasilaczy stosowanych w lampach LED. Do badań wybrano dwa zasilacze zawarte w lampach typu CLA25 i CLA60 firmy OSRAM Semiconductor. Badania przeprowadzono dla rezystancji obciążenia z zakresu od 10 Ω do 10 k Ω oraz dla napięcia przemiennego o częstotliwości sieci elektroenergetycznej i wartości skutecznej z zakresu od około 10 V do 230 V. Podczas badań eksperymentalnych przeanalizowano także wpływ zasilaczy lamp LED na zniekształcenia prądu pobieranego z sieci elektroenergetycznej.

Abstract. This paper refers to the influence of load resistance and the line voltage on electric parameters of power supply circuits used in LED lamps. Investigations were performed for two power supplies typically used in lamps of the type CLA25 and CLA60 offered by OSRAM Semiconductor. Measurements were performed for load resistance covering the range from 10 Ω to 10 k Ω and for the alternating input voltage of line frequency and the RMS value covering the range from about 10 V to 230 V. The influence of power supplies of LED lamps on disfigurements of the current received from the line was also analysed. (**Power supply circuits used in LED lamps**).

Słowa kluczowe: lampy LED, układy zasilające, pomiary.

Keywords: LED lamps, power supply circuits, measurements.

Wprowadzenie

Półprzewodnikowe źródła światła, a zwłaszcza lampy LED stosowane w technice oświetleniowej [1, 2] typowo wykorzystują do zasilania napięcie przemiennie z sieci elektroenergetycznej. Najpopularniejszym układem polaryzacji diod LED, stosowanym przez wiele lat, był rezystor włączony szeregowo w układ ze źródłem zasilania i zasilanym elementem [3]. Jednak w przypadku takiego sposobu polaryzacji występowały zbyt duże straty mocy na rezystorze polaryzującym. Dlatego producenci układów scalonych zaczęli produkować specjalizowane układy scalone dedykowane do zasilania lamp LED zawierających diody LED połączone w różnych konfiguracjach [4, 5, 6].

Wiele ośrodków badawczych na świecie zajmuje się pomiarami parametrów elektrycznych, optycznych i termicznych zasilaczy oraz lamp LED [7, 8, 9]. W pracy [7, 8] przedstawiono sposoby pomiaru impedancji termicznej lampy LED oraz mocy elektrycznej pobieranej bezpośrednio z sieci elektroenergetycznej. W pracy [9] przedstawiono wpływ napięcia zasilającego na wybrane parametry eksploatacyjne kilku źródeł światła, takich jak: tradycyjne żarówki żarnikowe, lampy fluoroscencyjne oraz lampy LED. Analizując wyżej wymienione pozycje literaturowe można dojść do wniosku, że autorzy tych prac położyli nacisk na pomiar parametrów eksploatacyjnych w funkcji napięcia zasilającego lampy LED, natomiast nie zajęto się pomiarem parametrów eksploatacyjnych oraz zjawisk termicznych w badanych lampach LED w funkcji rezystancji obciążenia układu zasilającego.

Do konstrukcji lamp LED używa się modułów LED zasilanych określonym prądem, którego typowe wartości znajdują się w przedziale od 120 do 1200 mA [4]. Dlatego zasilacze lamp LED powinny pracować jako układy stabilizujące prąd wyjściowy, a dla zwiększenia sprawności takiego układu powinny być to zasilacze impulsowe stabilizujące prąd wyjściowy w szerokim zakresie zmian napięcia zasilającego oraz rezystancji obciążenia. Stosowanie zasilaczy o gorszych parametrach może doprowadzić do pogorszenia się parametrów eksploatacyjnych lamp LED, a w najgorszym przypadku do ich przedwczesnego uszkodzenia. Kolejnym ważnym elementem pracy zasilacza lampy LED są warunki termiczne, w jakich pracuje sam zasilacz oraz moduł LED. Zbyt wysoka temperatura wnętrza, może doprowadzić do przedwczesnego uszkodzenia lampy LED.

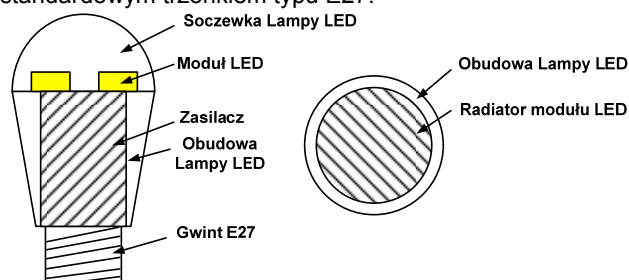
W niniejszej pracy przedstawiono wyniki pomiarów dwóch zasilaczy wbudowanych w lampy LED firmy OSRAM

Semiconductor. Zasilacz lampy CLA25 stabilizuje napięcie wyjściowe, natomiast zasilacz lampy CLA60 pracuje jako impulsowy stabilizator prądu wyjściowego w szerokim zakresie zmian rezystancji obciążenia oraz napięcia zasilającego pobieranego z sieci elektroenergetycznej.

W kolejnych rozdziałach przedstawiono budowę lampy LED, schematy elektryczne wyżej wymienionych zasilaczy, oraz układ do pomiaru parametrów zasilaczy i lamp LED. W ostatnim rozdziale przedstawiono uzyskane wyniki badań eksperymentalnych zasilaczy lamp LED typu CLA25 oraz CLA60.

Budowa lampy LED

Na rys. 1 został przedstawiony schemat lampy LED firmy OSRAM Semiconductor z rodziny Parathom, typu CLA25. Lampa składa się z modułu LED zawierającego od kilku do kilkunastu diod połączonych szeregowo lub równolegle, plastikowej soczewki, która ma za zadanie ustalać kąt emitowanego strumienia świetlnego, radiatora odprowadzającego ciepło z modułu LED do otoczenia, oraz zasilacza impulsowego. Zasilacz ten na wyjściu stabilizuje prąd lub napięcie. Przedstawiona lampa jest zakończona standardowym trzonkiem typu E27.



Rys. 1. Budowa lampy LED.

Lampa typu CLA60 charakteryzuje się dwa razy większą wartością mocy znamionowej, równą 8 W, oraz podobnym napięciem znamionowym o wartości z zakresu od 220 do 240 V. Lampa typu CLA60 charakteryzuje się trzy razy większą wartością strumienia świetlnego w porównaniu do lampy CLA25 oraz taką samą trwałością, równą 15000 godzin.

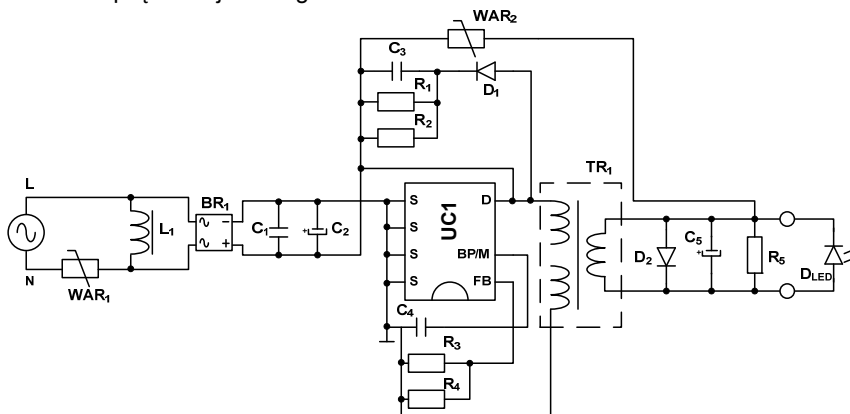
Na podstawie analizy sieci połączeń na płytkach drukowanych zawierających rozważane zasilacze Autorzy opracowali ich schematy elektryczne, które pokazano na rys. 2 i 3. W obu układach wykorzystano przetwornicę flyback. Układ zasilacza lampy CLA25 jest bardziej złożony

od układu zasilacza lampy CLA60. Układ zasilacza lampy LED typu CLA25 zawiera regulator impulsowy UC1 typu LNK606GG firmy Power Integrations z elementem wykonawczym w postaci tranzystora typu MOSFET, włączonym między zaciskami S i D. Regulator ten może pracować przy dużej częstotliwości kluczkowania równej 85 kHz, co pozwala na zminimalizowanie wymiarów transformatora impulsowego. Zasilacz został zabezpieczony przed przepięciami dwoma warystorami WAR₁ i WAR₂ o napięciu znamionowym 450 V oraz przed odwrotną polaryzacją napięcia wyjściowego diodą D₂.

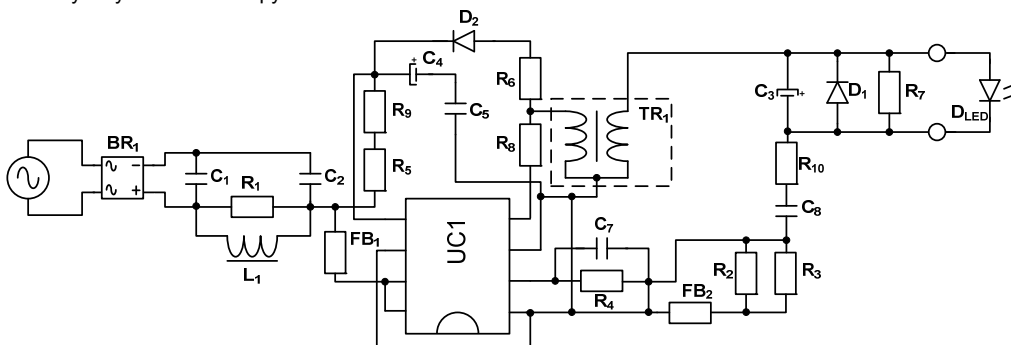
W przypadku lampy typu CLA25 układ zasilacza stabilizuje napięcie wyjściowe w szerokim zakresie zmian napięcia wejściowego oraz rezystancji obciążenia. Zasilacze badanych lamp LED zawierają układ wejściowy tłumiący wyższe harmoniczne prądu wejściowego. Składa

się on z elementów C₁ i C₂ w przypadku zasilacza lampy CLA25, oraz C₁, C₂, R₁ i L₁ - w przypadku zasilacza lampy CLA60. Wymienione układy posiadają także obwód pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego składający się z elementów R₃ i R₄ (zasilacz lampy CLA25), oraz z elementów R₂ - R₄, R₁₀, C₇, C₈ i FB₂ (zasilacz lampy CLA60).

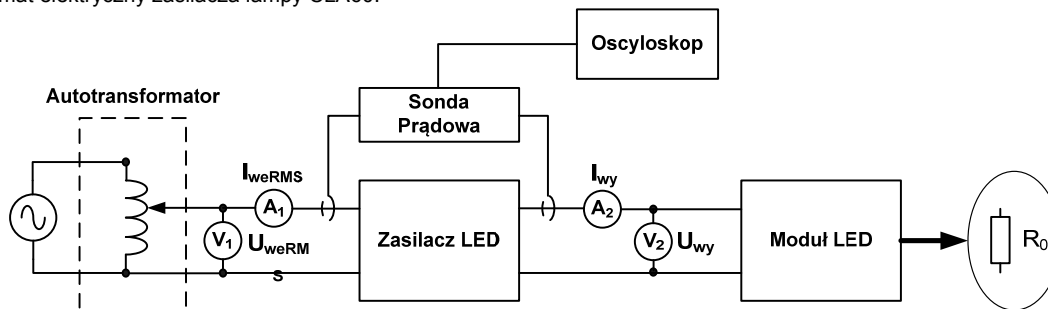
Obciążeniem rozważanych zasilaczy są moduły LED. Moduł z lampy CLA25 zawiera cztery diod LED połączone szeregowo, a moduł LED z lampy typu CLA 60 zawiera trzynaście diod LED połączonych również szeregowo. Oba moduły zmontowano na podłożu MCPCB. Moduł LED lampy CLA25 charakteryzuje się nominalnym prądem przewodzenia I_F = 350 mA, natomiast moduł LED lampy CLA60 - wartością prądu przewodzenia I_F = 120 mA.



Rys. 2. Schemat elektryczny zasilacza lampy CLA25.



Rys. 3. Schemat elektryczny zasilacza lampy CLA60.



Rys. 4. Układ do badania zasilaczy lamp LED.

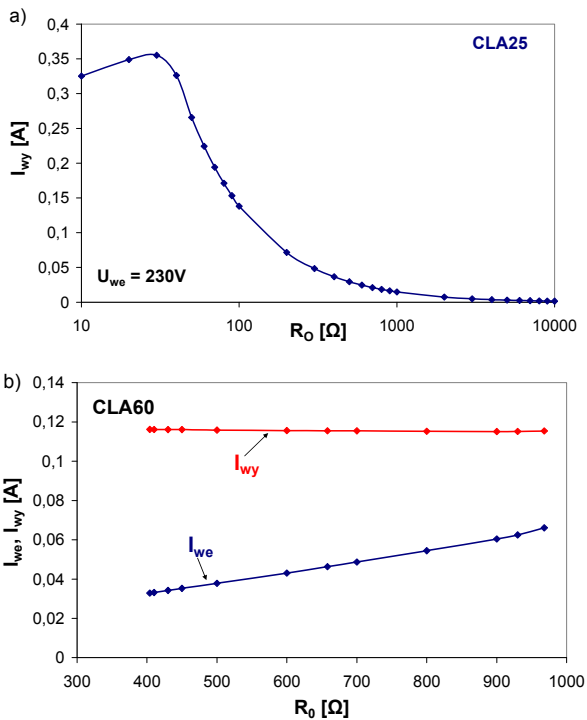
Wyniki badań

Wykorzystując układ do badania parametrów elektrycznych i optycznych zasilaczy i lamp LED pokazany na rys. 4 zmierzono charakterystyki rozważanych w pracy zasilaczy CLA25 i CLA60 w stanie ustalonym.

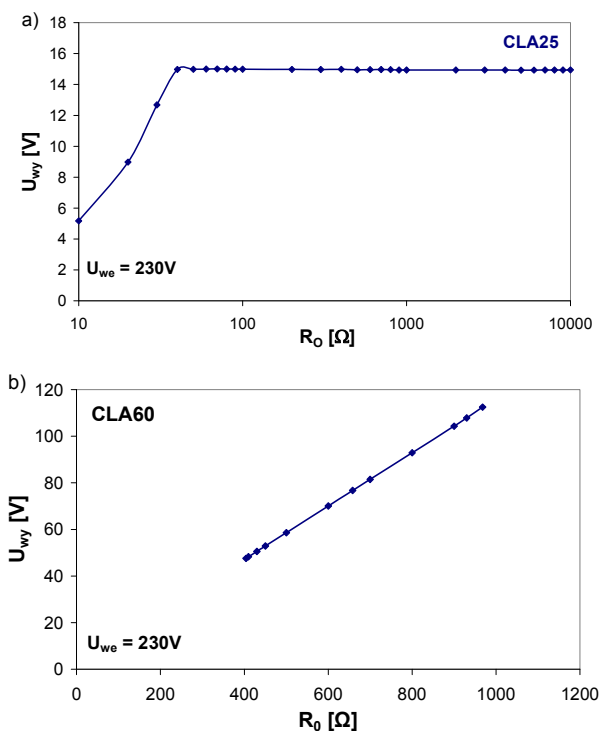
Na rys. 5 i 6 pokazano zależność prądu wejściowego, wyjściowego oraz napięcia wyjściowego zasilaczy lamp LED typu CLA25 i CLA60 od rezystancji obciążenia R₀.

Jak widać, zasilacz CLA25 pracuje jako impulsowy stabilizator napięcia w zakresie rezystancji obciążenia od

około 40 Ω do 10 kΩ, natomiast zasilacz typu CLA60 pracuje jako impulsowy stabilizator prądu w zakresie rezystancji obciążenia od około 400 Ω do 1 kΩ. Zasilacz CLA60 po przekroczeniu rezystancji obciążenia równej 1 kΩ przestaje generować impulsy wyjściowe. Napięcie wyjściowe zasilacza CLA60 w zakresie rezystancji obciążenia od 400 Ω do 1 kΩ jest funkcją monotonicznie rosnącą i dla R₀ = 1 kΩ uzyskuje wartość około 110 V.



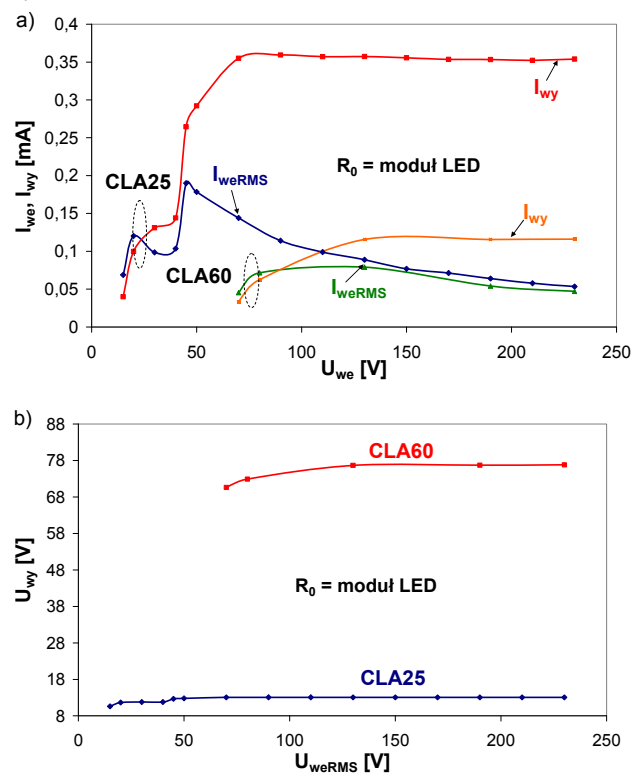
Rys. 5. Zależność prądu wyjściowego I_{wy} w funkcji rezystancji obciążenia R_o badanych zasilaczy: a) lampy CLA25, b) lampy CLA60.



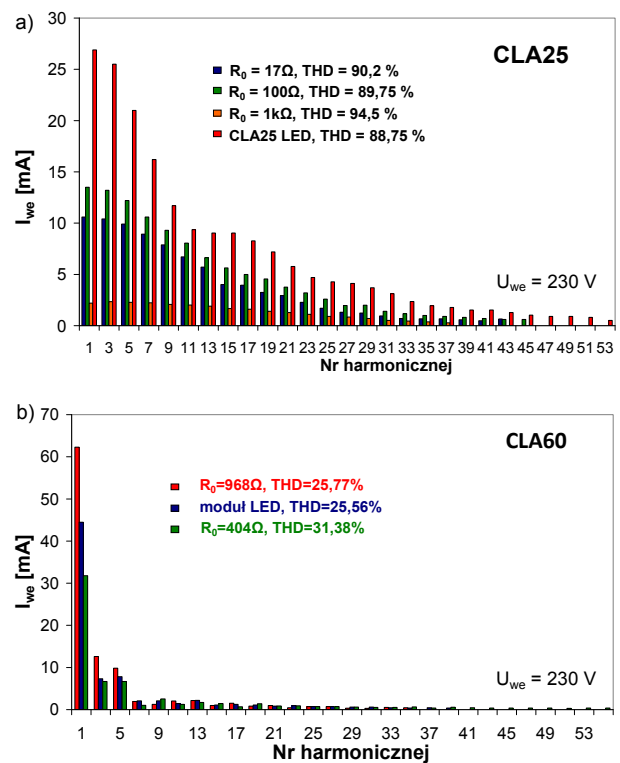
Rys. 6. Zależność napięcia wyjściowego U_{wy} w funkcji rezystancji obciążenia R_o badanych zasilaczy: a) lampy CLA25, b) lampy CLA60.

Na rys. 7 przeanalizowano wpływ regulacji napięcia wejściowego U_{we} z sieci elektroenergetycznej na wartość prądu wejściowego i wyjściowego oraz napięcia wyjściowego badanych lamp LED. Jak widać, zasilacz lampy CLA60 pracuje prawidłowo przy napięciu wejściowym z zakresu od około 70 V do 230 V, natomiast zasilacz lampy CLA25 pracuje prawidłowo dla zakresu napięć zasilających od około 10 V do 230 V. Zasilacz CLA25 charakteryzuje się wartością prądu wyjściowego na poziomie 350 mA co uzyskuje się dla zakresu napięć

zasilających od około 80 V do 230 V, natomiast zasilacz typu CLA60 ogranicza prąd wyjściowy do poziomu około 120 mA dla zakresu napięć wejściowych od 130 V do 230 V. Prąd wejściowy w przypadku badanych zasilaczy po osiągnięciu pewnego napięcia wejściowego jest funkcją malejącą, odpowiednio dla zasilacza CLA25 to napięcie wynosi około 50 V oraz dla zasilacza CLA60 około 100 V.



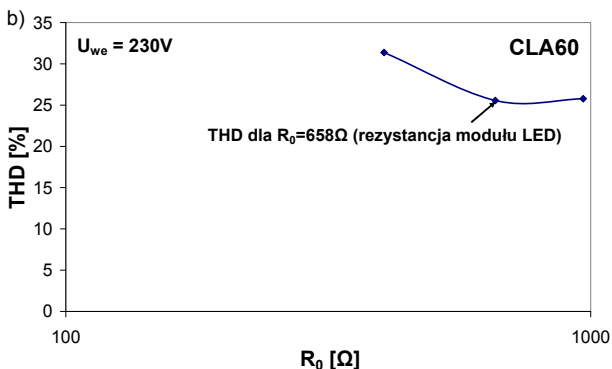
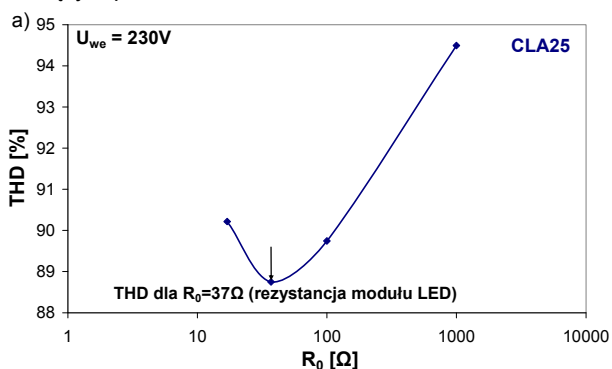
Rys. 7. Zależność prądów: a) I_{we} , I_{wy} i b) napięcia wyjściowego U_{wy} w funkcji napięcia wejściowego U_{we} badanych zasilaczy.



Rys. 8. Wartości harmonicznych prądu wejściowego przy zmiennej rezystancji obciążenia R_o badanych zasilaczy: a) lampy CLA25, b) lampy CLA60.

Na rys. 8 pokazano wpływ rezystancji obciążenia R_o na wartości harmonicznych prądu I_{weRMS} w zakresie od 1 do 53 harmonicznej. Widać, że mierzalne wartości mają jedynie harmoniczne nieparzyste.

Analizując wartości harmonicznych można wywnioskować, że dla zasilacza lampy CLA25 obciążonego modulem LED wartości prązków widmowych są większe niż dla zasilacza CLA60. Przykładowo, dla 3-ciej harmonicznej wynoszą one odpowiednio około 25 mA dla zasilacza CLA25 oraz około 13 mA dla zasilacza CLA60. Powoduje to zmniejszenie wartości współczynnika zawartości harmonicznych THD zasilacza lampy typu CLA60. Dla zasilacza lampy typu CLA60 obciążonego modulem LED wartość współczynnika THD jest równa tylko 25,56 %. Zasilacz CLA25 wprowadza większe zniekształcenia do sieci elektroenergetycznej, a współczynnik THD jest na poziomie 88,75 %. Prąd wejściowy zasilacza CLA60 zawiera jedynie kilkanaście znaczących harmonicznych (około 13), natomiast dla zasilacza lampy CLA25 obserwuje się kilkadziesiąt harmonicznych prądu wejściowego o znaczącym poziomie.



Rys. 9. Współczynnik zawartości harmonicznych w funkcji rezystancji obciążenia R_o : a) lampy CLA25, b) lampy CLA60.

Na rys. 9 pokazano wpływ rezystancji obciążenia R_o na wartość współczynnika THD dla zasilaczy lamp LED typu CLA25 i CLA60. Analizując wykresy można zauważyć, że dla zasilacza lampy CLA25 wartość współczynnika THD osiąga minimum równe około 89% przy rezystancji obciążenia $R_o = 37 \Omega$. Z kolei, dla zasilacza lampy CLA60 wartość THD jest malejącą funkcją rezystancji obciążenia R_o , a wartości tego współczynnika przyjmują wartości z zakresu od 25 do 32%.

Uwagi końcowe

W pracy przedstawiono wyniki badań zasilaczy dwóch wybranych lamp LED. Zbadano wpływ rezystancji obciążenia (lub obciążenia modulem LED) oraz wartości skutecznej napięcia zasilającego na prąd wejściowy i wyjściowy oraz napięcie wyjściowe tych zasilaczy. Z przedstawionych badań wynika, że zasilacz lampy CLA25 stabilizuje napięcie wyjściowe, a zasilacz lampy CLA60 – prąd wyjściowy. Wartości napięcia wejściowego, przy których zasilacze pracują poprawnie obejmują przedziały od 50 V do 240 V (dla lampy CLA60) oraz od 130 V do 240 V (dla lampy CLA25).

Wyznaczono także wartości współczynnika zniekształceń harmonicznych THD przy kilku różnych wartościach rezystancji obciążenia R_o , lub obciążeniu modulem LED, dla badanych zasilaczy lamp LED. Wykazano, że mniejsze zniekształcenia do sieci elektroenergetycznej wprowadza zasilacz lampy CLA60, a wartość współczynnika THD dla tego zasilacza nie przekracza 26 % przy obciążeniu modulem LED. Zasilacz lampy CLA25 cechuje się trzykrotnie większą wartością współczynnika THD. W widmie prądu wejściowego zasilacza lampy CLA25 występują aż 53 harmoniczne, a w widmie tego prądu lampy CLA60 jedynie 13 harmonicznych. Z przedstawionego zestawienia wynika, że zasilacz lampy CLA60 lepiej stabilizuje punkt pracy diod zawartych w zasilanym module LED a jednocześnie wnosi mniejsze zniekształcenia prądu pobieranego z sieci elektroenergetycznej.

Autorzy: mgr inż. Przemysław Ptak, prof. dr hab. inż. Krzysztof Górecki, prof. dr hab. inż. Janusz Zarębski, Akademia Morska w Gdyni, Katedra Elektroniki Morskiej, ul. Morska 83, 81-225 Gdynia, E-mails: p.ptak@we.am.gdynia.pl, k.gorecki@we.am.gdynia.pl; zarebski@am.gdynia.pl,

LITERATURA

- [1] Lasance C. J. M., Poppe A.: Thermal management for LED applications. Springer Science+Business Media, New York, 2014.
- [2] Schubert E.F.: Light emitting diodes. Second edition. Cambridge University Press, New York, 2008.
- [3] Magdziak R.: Oświetlenie LED. Raport techniczno-rynkowy. Elektronik, Nr 4, 2014, s. 28-52.
- [4] Górecki K.: Półprzewodnikowe źródła światła. Akademia Morska w Gdyni, Gdynia, 2010.
- [5] Chung Y. C., Lee K. M., Choe H. J., Sung C. H., Kang B.: Low-cost drive circuit for AC-direct LED lamps. IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 30, No. 10, 2015, pp. 5776-5782.
- [6] Pollock A., Pollock H., Pollock C.: High efficiency LED power supply. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, Vol. 3, No. 3, 2015, pp. 617-623.
- [7] Poppe A., Siegal B., Farkas G.: Thermal testing of AC LEDs. 27th Annuals IEEE Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium SEMI-THERM, 2011, San Jose, CA, pp. 297-304.
- [8] Poppe A., Farkas G., Temesvolgyi T., Katona B., Molnar G., Borna C.: Thermal testing of retrofit AC LEDs. 27th Sessions of the International Commission on Illumination CIE, 2011, South Africa, Vol. 1, pp. 962-972.
- [9] Górecki K.: The influence of power supply voltage on exploitive parameters of the selected lamps. Informacje Midem - Journal of Microelectronics Electronic Components and Materials, Vol. 43, No. 3, 2013, pp. 193-198.