

LEŚKO Marcin

ANALIZA WPLYWU WARUNKÓW ZASILANIA NA PARAMETRY ŚWIETLNE NISKOPRĘŻNYCH RTĘCIOWYCH LAMP WYŁADOWCZYCH

Streszczenie

Artykuł przedstawia analizę warunków zasilania niskociśnieniowych rtęciowych lamp wyładowczych zasilanych przez elektroniczne układy stabilizacyjno-zapłonowe, które coraz częściej zastępują powszechnie stosowane układy elektromagnetyczne. Omówiony został wpływ warunków zasilania na parametry świetlne lamp fluorescencyjnych oraz przeprowadzone sondażowe badania wybranych układów. Wyniki badań pokazują, że powszechnie na rynku układy elektroniczne pomimo, że zapewniają znacznie lepsze warunki zasilania lamp od układów elektromagnetycznych, to jednak wykazują pewne odstępstwa od warunków idealnych w zakresie kształtu prądu lampy oraz skuteczności świetlnej układu statecznik-lampa.

WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój elektronicznych układów stabilizacyjno-zapłonowych dla niskociśnieniowych lamp wyładowczych, które stają się coraz powszechniejsze i wypierają z rynku układy elektromagnetyczne. Stateczniki elektroniczne posiadają szereg zalet, jak zwiększona skuteczność świetlna lampy czy eliminacja efektu tętnienia, które zapewniają im przewagę nad układami elektromagnetycznymi. Rosnąca popularność stateczników elektronicznych wynika z faktu zapewnienia lepszych warunków zasilania lamp fluorescencyjnych oraz spadających cen. badaniom poddane zostały dostępne na rynku stateczniki elektroniczne dla popularnych lamp T8, celem zweryfikowania warunków zasilania lamp. Okazuje się, że pomimo wielu niewątpliwych zalet powszechnie stosowane układy wykazują pewne niedoskonałości, których poprawa może skutkować zwiększeniem skuteczności świetlnej zasilanych lamp.

1. WARUNKI ZASILANIA NISKOCIŚNIENIOWYCH LAMP WYŁADOWCZYCH

Niskociśnieniowe rtęciowe lampy wyładowcze charakteryzują się nieliniową zależnością prądu od napięcia zasilającego lampę [5,8,9]. Ponieważ charakterystyka ta jest ujemna, nie jest możliwe zasilanie lampy bezpośrednio z sieci, ze względu na konieczność stabilizacji prądu zasilającego lampę. W efekcie lampa do prawidłowej pracy wymaga zastosowania układu stabilizacyjno-zapłonowego. Stosowane są dwa rodzaje stateczników elektromagnetyczne i elektroniczne.

Istotnym parametrem zasilania lampy fluorescencyjnej mającym wpływ na jej pracę jest częstotliwość prądu zasilania [2,8]. Przy niskiej częstotliwości w napięciu zasilania lampy

występują piki, wynikające z ponownego zapalania lampy co pół okresu fali napięcia. Ze wzrostem częstotliwości zjawisko to zanika, rośnie sprawność lampy, skuteczność świetlna, znika efekt tętnienia światła oraz możliwe jest zmniejszenie wymiarów i masy elementów reaktancyjnych wchodzących w skład statecznika. Przyjmuje się, że częstotliwość zasilania lampy powinna być wyższa od 20 kHz, aby wyeliminować częstotliwości akustyczne oraz nie przekraczać 50 kHz ze względu na trzecią harmoniczną prądu.

Z punktu widzenia żywotności lampy ważne jest symetryczne zasilanie lampy przez naprzemienne zasilanie jej elektrod [2]. Nie bez znaczenia pozostaje również współczynnik szczytu prądu lampy, którego zalecana wartość nie powinna przekraczać 1,7. Im wyższa jego wartość, tym krótsza żywotność lampy. Idealną sytuacją jest zasilanie lampy prądem czysto sinusoidalnym, wobec tego celowe jest stosowanie wysokiej częstotliwości.

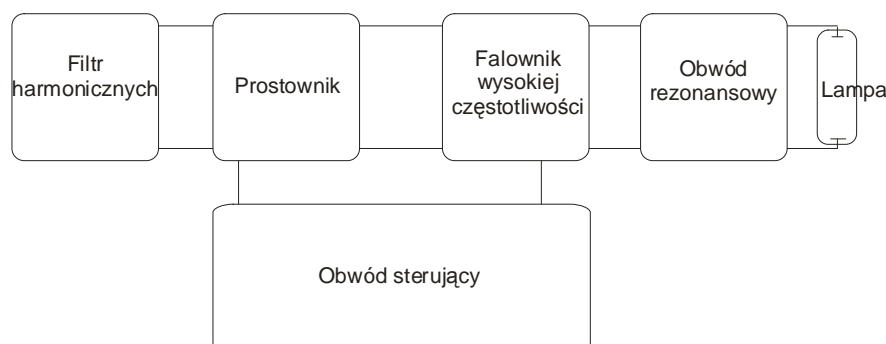
2. UKŁADY ZASILAJĄCE LAMPY FLUORESCENCYJNE

2.1. Układy elektromagnetyczne

Głównym elementem statecznika elektromagnetycznego jest dławik, który pełni funkcję zapłonową oraz ograniczającą prąd w czasie pracy lampy. Lampa pracująca w układzie ze statecznikiem elektromagnetycznym zasilana jest częstotliwością sieciową, która jest zdecydowanie za niska dla uzyskania optymalnych parametrów pracy lampy. Z tego względu stateczniki elektromagnetyczne wykazują szereg wad, jak między innymi efekt tętnienia lampy, migotanie podczas zapłonu, niska sprawność, niski współczynnik mocy i odkształcony prąd wejściowy.

2.2. Układy elektroniczne

W celu zrealizowania zasilania lampy fluorescencyjnej prądem o wysokiej częstotliwości konieczne jest zastosowanie elektronicznego układu stabilizacyjno-zapłonowego [2,7], który pozwala poprawić oraz kontrolować warunki pracy lampy w optymalnym zakresie. Schemat typowego układu statecznika elektronicznego przedstawia rysunek 1.



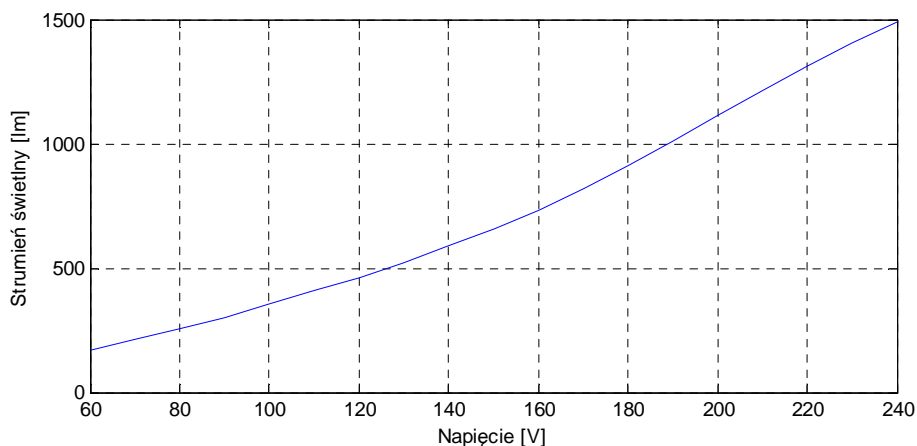
Rys. 1. Schemat blokowy typowego elektronicznego układu stabilizacyjno-zapłonowego

Głównymi elementami są prostownik diodowy, z układem filtracji harmonicznego prądu sieci zasilającej i poprawy współczynnika mocy, falownik, obwód sterujący oraz obwód rezonansu szeregowego lub równoległego o częstotliwości rezonansowej nieco większej od częstotliwości pracy. Do najczęściej stosowanych układów falowników należą układy półmostkowe, mostkowe oraz typu flyback [2,3].

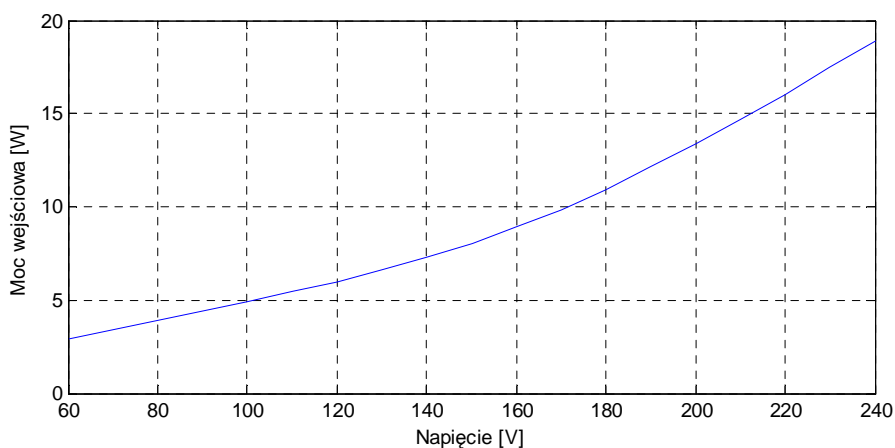
Przewagą układów elektronicznych nad elektromagnetycznymi jest poprawa warunków pracy wynikająca z podwyższonej częstotliwości prądu zasilającego lampę, co objawia się przede wszystkim przez eliminację efektu stroboskopowego, zapewnienie pewnego i szybkiego zapłonu lampy, podwyższenie sprawności układu, cichą pracę oraz mniejsze gabaryty układu.

3. BADANIA EKSPERYMENTALNE

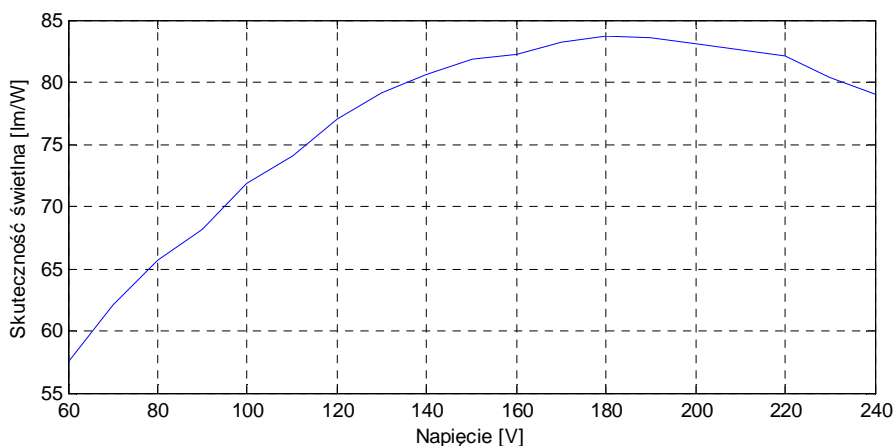
Badaniom poddane zostały dostępne na rynku układy stateczników przeznaczone do zasilania popularnych lamp T8. Prezentowane wyniki otrzymane zostały na podstawie pomiarów parametrów świetlnych i elektrycznych lamp o mocy 18 W pracujących z układem przeznaczonym do zasilania jednej lub dwóch świetlówek. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono zależność strumienia świetlnego lampy oraz mocy pobieranej przez układ statecznik-lampa w funkcji napięcia zasilania. Charakterystyki te są zbliżone do liniowych.



Rys. 2. Zależność strumienia świetlnego od napięcia zasilania

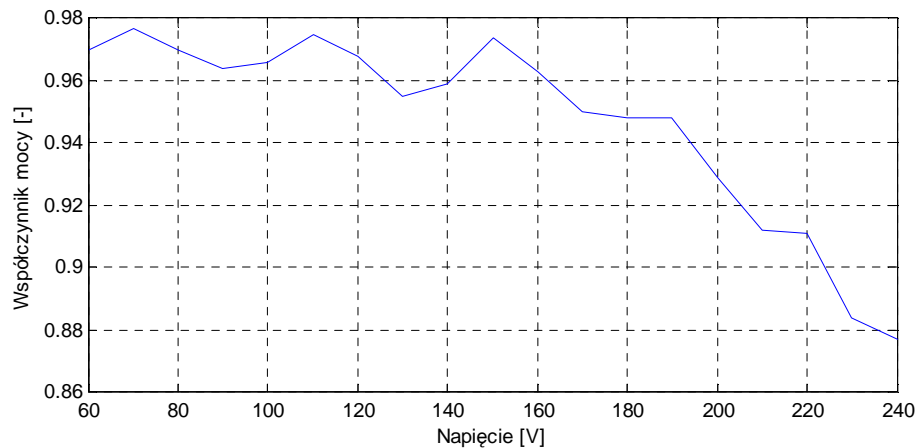


Rys. 3. Zależność mocy wejściowej od napięcia zasilania



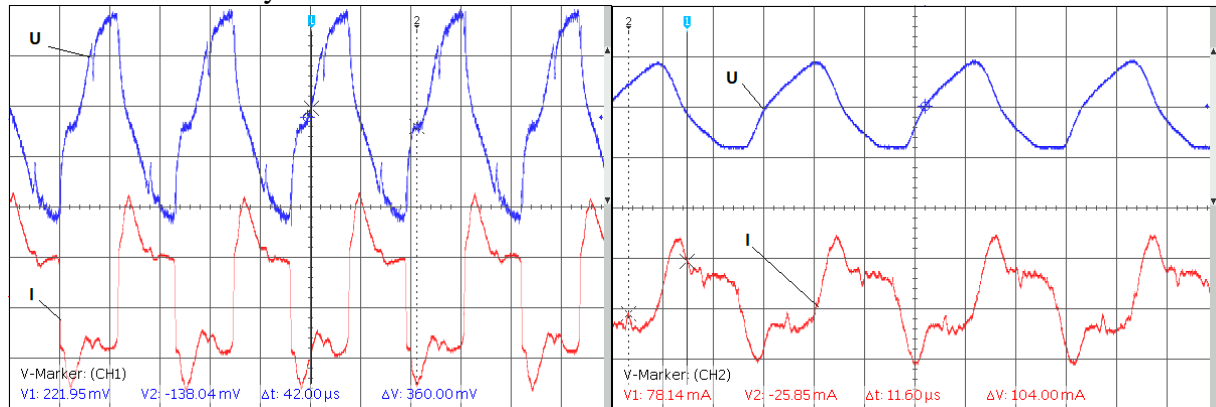
Rys. 4. Zależność skuteczności świetlnej od napięcia zasilania

Na rysunku 4 przedstawiono wyznaczoną charakterystykę skuteczności świetlnej układu statecznik-lampa. Zależność ta jest nieliniowa i osiąga maksimum poniżej znamionowego zakresu napięcia, a więc pokazuje, że w znamionowych warunkach zasilania lampa nie pracuje w sposób optymalny. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku współczynnika mocy układu, który w znamionowym zakresie napięcia zasilania jest najmniejszy i rośnie przy zmniejszaniu napięcia (rys. 5).

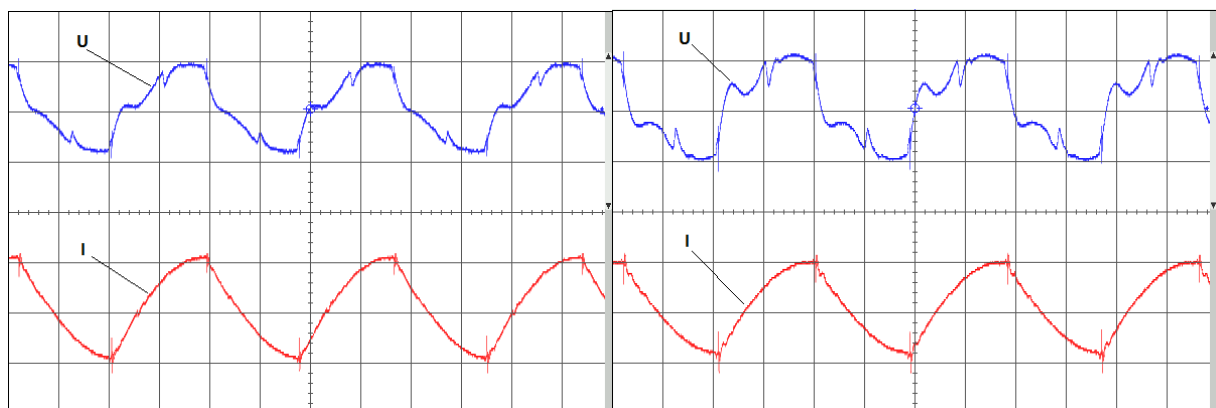


Rys. 5. Zależność współczynnika mocy od napięcia zasilania

Na rysunkach 6 i 7 przedstawiono oscylogramy napięć i prądów lampy dla dwóch wartości napięcia zasilania, przy obciążeniu statecznika jedną i dwiema lampami o mocy 18 W. Przy mniejszym obciążeniu przebieg prądu lampy jest silnie odkształcony, przy obciążeniu dwiema lampami poziom odkształceń znacząco maleje, jednak prąd dalej nie jest idealnie sinusoidalny.

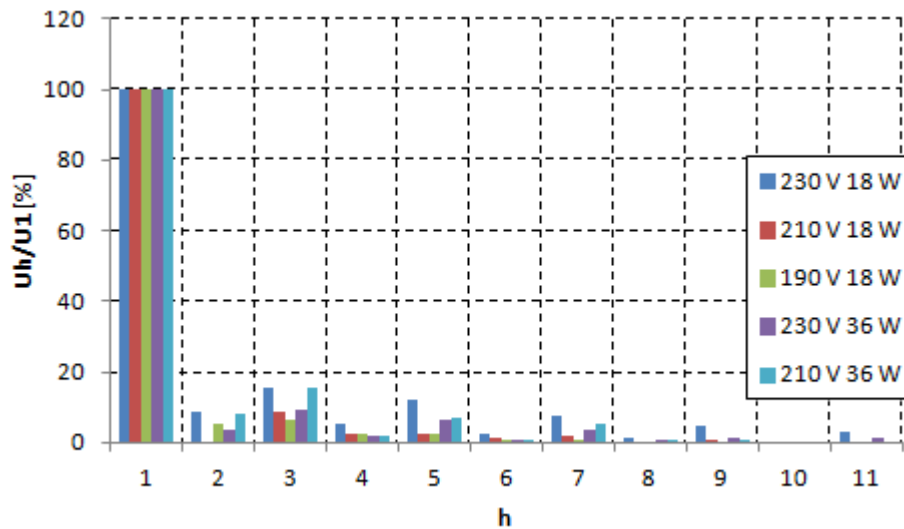


Rys. 6. Oscylogramy napięcia i prądu lampy dla obciążenia 18 W, przy napięciu 230 V i 210 V



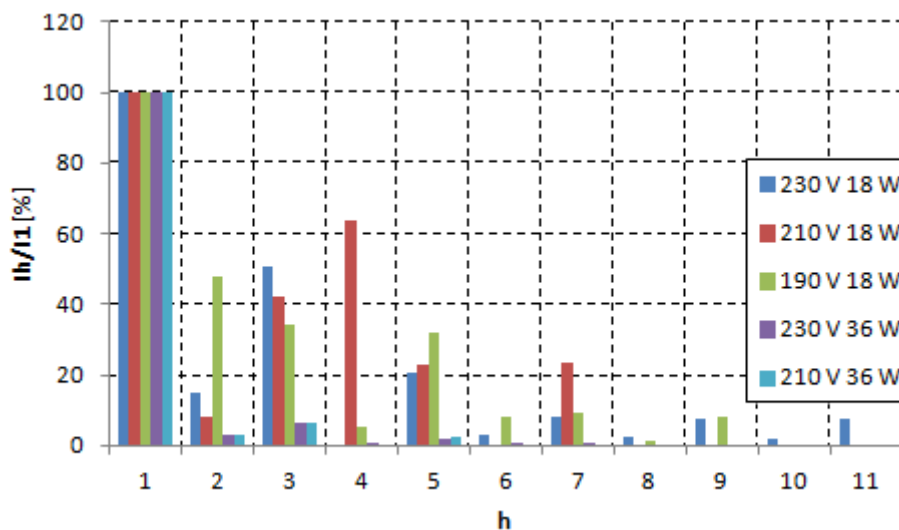
Rys. 7. Oscylogramy napięcia i prądu lampy dla obciążenia 36 W, przy napięciu 230 V i 210 V

Rysunki 8 i 9 przedstawiają procentową zawartość wyższych harmonicznych w napięciu i prądzie lampy w funkcji napięcia zasilania układu, dla dwóch wariantów obciążenia.



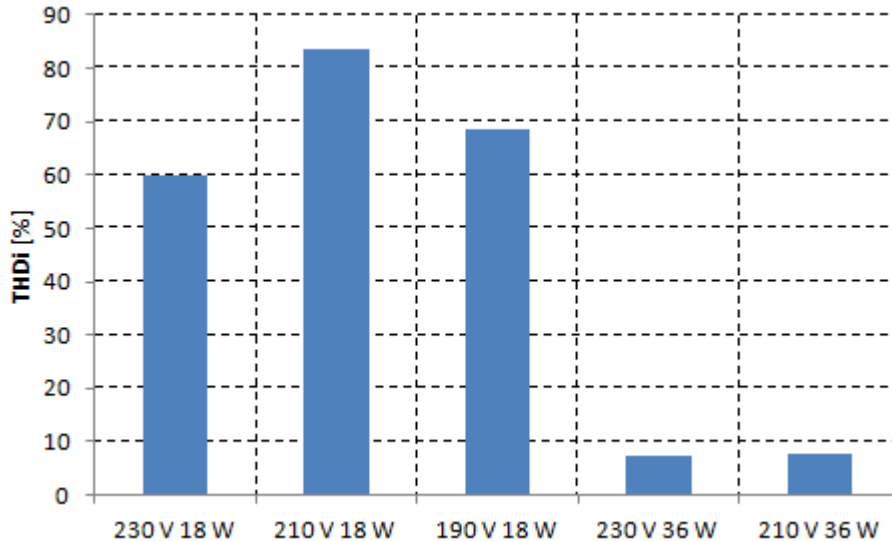
Rys. 8. Procentowy udział wyższych harmonicznych w napięciu lampy w zależności od napięcia zasilania (dla obciążenia 18 W i 36 W)

Widać, że napięcie lampy jest odkształcone w niewielkim stopniu, dla obciążenia 18 W udział poszczególnych harmonicznych maleje przy mniejszym napięciu, natomiast przy obciążeniu 36 W rośnie.



Rys. 9. Procentowy udział wyższych harmonicznych w prądzie lampy w zależności od napięcia zasilania (dla obciążenia 18 W i 36 W)

W przypadku prądu lampy sytuacja jest odmienna. Udział wyższych harmonicznych prądu jest bardzo duży przy obciążeniu 18 W. Dla 36 W zawartość harmonicznych jest znacznie zmniejszona, ale mimo wszystko prąd ten nie jest czysto sinusoidalny.



Rys. 10. Porównanie wartości współczynnika THD prądu lampy dla różnych wartości napięcia zasilania oraz obciążenia

Obserwacje te potwierdza rysunek 10, przedstawiający wartość współczynnika THD prądu lampy. Z otrzymanych zależności wynika, że badane stateczniki elektroniczne są bardzo wrażliwe na wartość obciążenia i, co oczywiste, najlepiej pracują przy obciążeniu znamionowym.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pokazały, że pomimo niewątpliwych zalet stateczników elektronicznych, którymi przewyższają one stateczniki elektromagnetyczne, wykazują one w dalszym ciągu pewne niedoskonałości, głównie w zakresie kształtu prądu lampy oraz skuteczności świetlnej układu statecznik-lampa.

Wyznaczona charakterystyka skuteczności świetlnej pokazuje, że w znamionowych warunkach zasilania lampa fluorescencyjna nie pracuje w najbardziej efektywny sposób. Wskazane byłoby, aby układ zasilający zapewniał przy znamionowym napięciu zasilania pracę lampy z maksymalną skutecznością świetlną, co przełożyłoby się na minimalizację zużycia energii przez układ statecznik-światłówka.

Zaobserwowana duża wrażliwość statecznika na wartość obciążenia może być przyczyną pewnych niekorzystnych efektów. O ile przy maksymalnym obciążeniu, w przypadku zasilania dwóch świetlówek układ zapewnia bardzo dobre warunki zasilania, prąd lampy jest niemal idealnie sinusoidalny, to w przypadku, gdy jedna z zasilanych lamp ulegnie uszkodzeniu, warunki zasilania drugiej lampy znacząco się pogarszają. Powstające silne odkształcenia prądu zasilającego lampę przyczyniają się do skrócenia jej żywotności.

Podsumowując, zaobserwowane odstępstwa od optymalnych warunków pracy lamp fluorescencyjnych ze statecznikami elektronicznymi nie są rażące, jednak wskazują obszary, w których możliwa jest poprawa.

BIBLIOGRAFIA

1. Almeida M., Simonetti D. S. L., Vieira J. L. F., *High-Power-Factor Electronic ballast based on a Single Power Processing Stage*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 47, No. 4, 2000.
2. Alonso J. M., *Electronic Ballasts*, *Power Electronics Handbook*. AP, 2001.

3. Citko T., Tunia H., Winiarski B., *Układy rezonansowe w energoelektronice*. WPB, Białystok 2001.
4. Kazimierzczuk M. K., Szaraniec W., *Electronic Ballasts for Fluorescent Lamps*. *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 8, No. 4, 1993.
5. Mader U., Horn P., *A Dynamic Model for the Electrical Characteristics of Fluorescent Lamps*. IEEE Industry Applications Society Meeting, Conf. Records, 1992.
6. PN-90/E-01005, *Technika świetlna. Terminologia*. Wydawnictwa Normalizacyjne Warszawa 1991.
7. Rea M. S., *The IESNA Lighting Handbook. Reference & Application*. IESNA, New York 2000.
8. Różowicz A., *Wpływ częstotliwości prądu zasilającego lampy fluorescencyjne na ich wybrane parametry eksploatacyjne*. WPS, Kielce 2004.
9. Różowicz A., Deląg M., Różowicz S., *Model matematyczny niskociśnieniowej rtęciowej lampy wyładowczej zasilanej różną częstotliwością*. Prace Instytutu Elektrotechniki, z.245, 2010.
10. Żagan W., *Podstawy techniki świetlnej*. OWPW, Warszawa 2005.

THE ANALYSIS OF SUPPLY CONDITIONS IMPACT ON LOW-PRESSURE MERCURY- VAPOR DISCHARGE LAMPS LIGHT PERFORMANCE

Abstract

Paper presents the analysis of supply conditions of low-pressure mercury-vapor discharge lamps, which are powered with electronic ballasts, replacing traditional electromagnetic ballasts. It was discussed the impact of supply conditions on light performance of fluorescent lamps and research of selected devices was conducted. Experimental results shows, that electronic ballasts available on a market have some derogation from ideal conditions, like lamp current waveform or total luminous efficacy which can be improved.

Autorzy:

mgr inż. **Marcin Leśko** - Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, mlesko@prz.edu.pl

Praca powstała z wykorzystaniem aparatury zakupionej w wyniku realizacji Programu Regionalnego Narodowa Strategia Spójności, współfinansowanego przez Unię Europejską, z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2007-2013.