

DARIUSZ BRODECKI
ANDRZEJ KASPRZAK
MAREK ORLIKOWSKI

Katedra Elektrotechniki Ogólnej i Przekładników
Politechnika Łódzka

MODEL ŚWIETLÓWKI KOMPAKTOWEJ W ŚRODOWISKU PSPICE

1. WPROWADZENIE

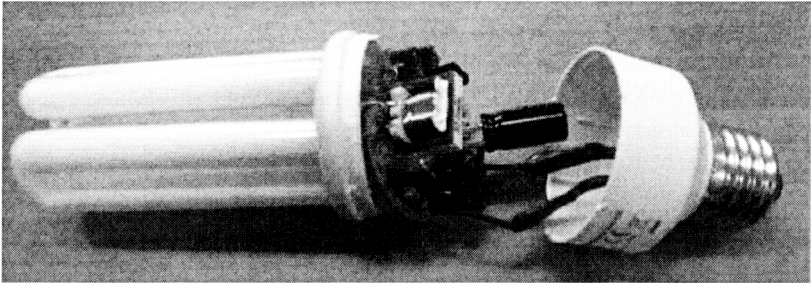
Wprowadzenie Rozporządzenia Komisji WE 244/2009 dotyczącego wymagań ekoprojektowych dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego spowodowało wzrost zainteresowania energooszczędnymi źródłami światła. „Wszystkie żarówki, nawet te w prywatnych mieszkaniach, mają być zastąpione energooszczędnymi” – zdecydowali przywódcy państw UE na szczycie w Brukseli. Obradujący premierzy i prezydenci 27 unijnych państw postanowili zmniejszyć zużycie energii w UE i chronić środowisko przed negatywnymi skutkami brudnych technologii energetycznych. Komisja Europejska przedstawiła propozycję legislacji nakazującą „wymianę żarówek w prywatnych domach”.

Skutki wymiany źródeł światła są istotne dla energetyki, jak i dla użytkowników. Stateczniki elektroniczne stosowane w świetłówkach kompaktowych zawierają układy przetwarzania AC-DC (sieciowy prostownik pełnofalowy) oraz DC-AC z tranzystorami kluczującymi z częstotliwością kilkadziesiąt kHz. Tego rodzaju nieliniowe odbiorniki powodują silne odkształcenie prądu zasilania, czego efektem jest wzrost poziomów wyższych harmonicznych w publicznej sieci niskiego napięcia.

Badania umożliwiające analizę pracy świetlówek kompaktowych, a także ułatwiające projektowanie układów zasilania o niskiej zawartości harmonicznych można wykonać, wykorzystując komputerowe programy symulacyjne. Jednym z nich jest program PSPICE.

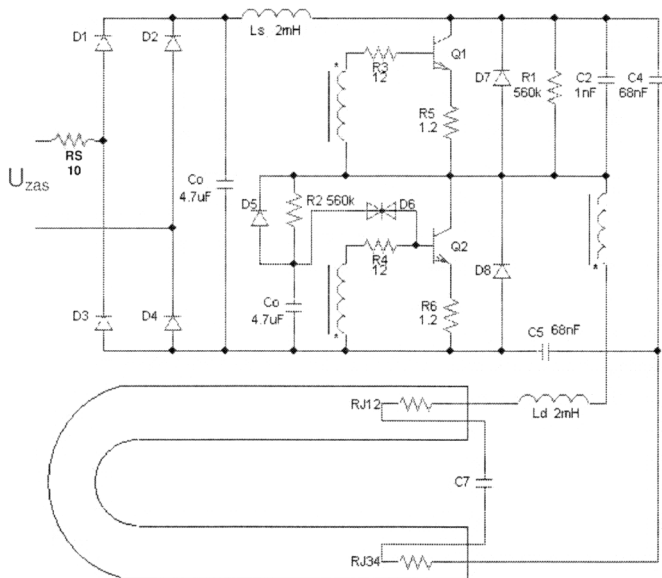
2. OPIS BADANEJ ŚWIETŁÓWKI KOMPAKTOWEJ

Do opracowania modelu świetlówki kompaktowej wykorzystano świetlówkę firmy NEOLUX o mocy znamionowej 20 W (fot. 1).



Fot. 1. Widok badanej świetlówki NEOLUX 20 W – „po otwarciu”

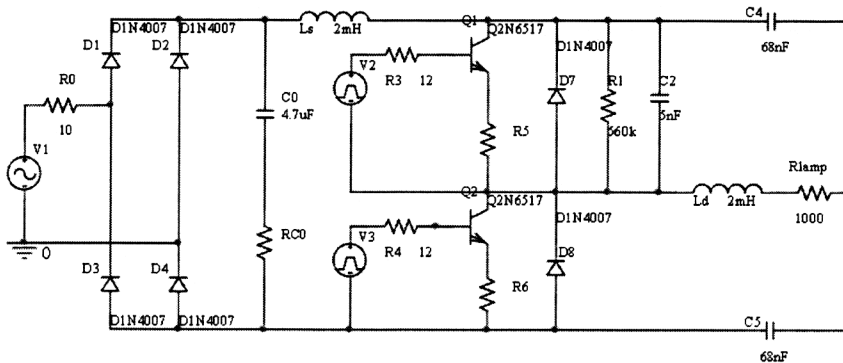
Po rozmontowaniu świetlówki wykonano pomiary wybranych parametrów elektrycznych oraz odtworzono schemat połączeń elementów w celu opracowania modelu matematycznego świetlówki. Schemat elektryczny badanej świetlówki kompaktowej przedstawiony jest na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat ideowy świetlówki NEOLUX 20 W

3. MODEL ŚWIETLÓWKI KOMPAKTOWEJ

Na podstawie schematu świetlówki z rysunku 1 opracowano model świetlówki w środowisku PSPICE. Główna różnica między modelem i układem rzeczywistym polega na uproszczeniu układu sterowania tranzystorów kluczujących Q1/Q2. W tym celu zastosowano, dostępne w programie PSPICE, źródła napięcia impulsowego (V2/V3) o regulowanej częstotliwości. Nastawiono częstotliwość $f = 50$ kHz wynikającą z badań fizycznych. Lampę fluoroscencyjną zamodelowano za pomocą rezystora o rezystancji odpowiedniej dla jej mocy [2]. Kondensator elektrolityczny C0 zastąpiono połączeniem szeregowym pojemności i rezystora odwzorowującego straty w dielektryku (ESR – Equivalent Series Resistance) [3]. Pozostałe elementy pobrano z biblioteki programu PSPICE [4].

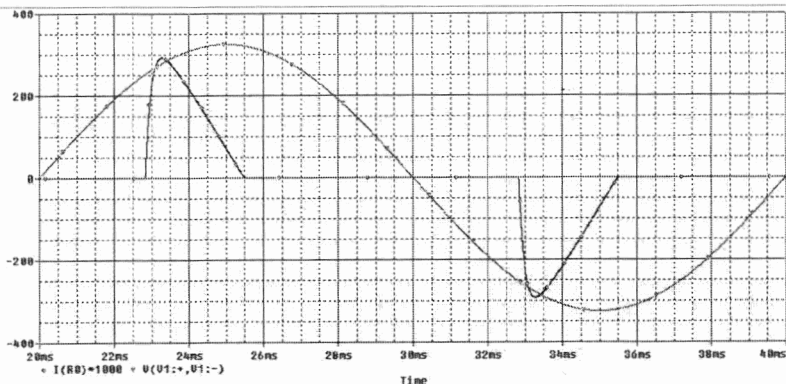


Rys. 2. Model 1 świetlówki NEOLUX 20 W z aplikacji PSPICE

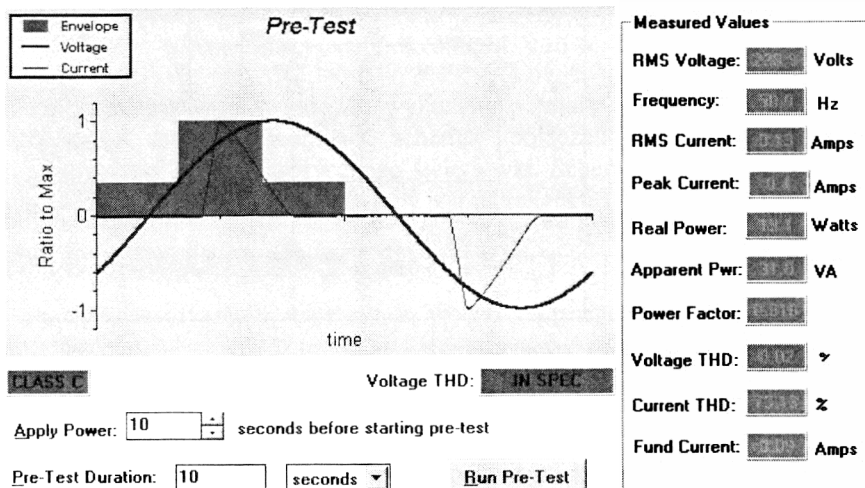
4. POMIARY WERYFIKACYJNE MODELU

Wykorzystując model komputerowy świetlówki, wykonano symulację przebiegów napięć i prądów świetlówki. Otrzymane przebiegi prądu przy zasilaniu sinusoidalnym przedstawiono na rysunku 3.

Rysunek 4 przedstawia przebiegi rzeczywiste prądu świetlówki i sinusoidalnego napięcia zasilania. Pomiarzy zostały wykonane z wykorzystaniem programu Harmonic And Flicker Emissions A14 obsługującego AC Power Source/Analyzer model HP6813B. Generator ten posiada możliwość wygenerowania napięcia sinusoidalnego przy współczynniku THD o wartości około 0,02%.

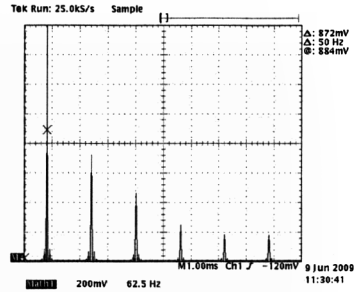
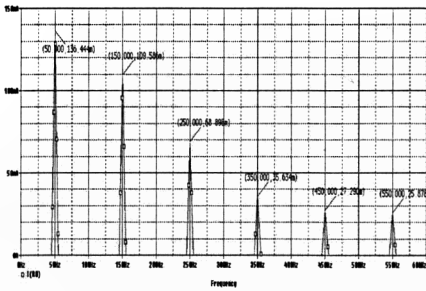


Rys. 3. Przebiegi napięć i prądów modelu komputerowego świetlówki

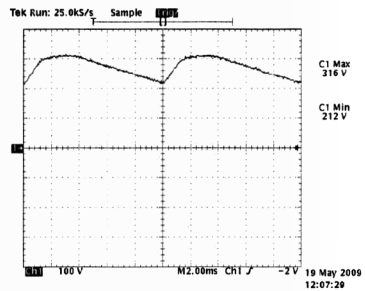
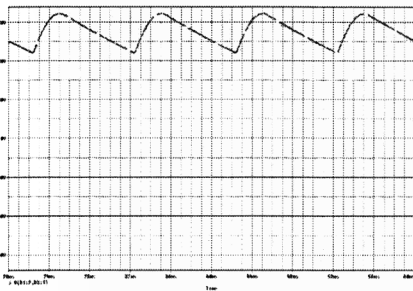


Rys. 4. Rzeczywiste przebiegi napięć i prądów świetlówki

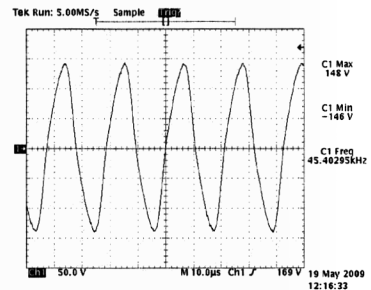
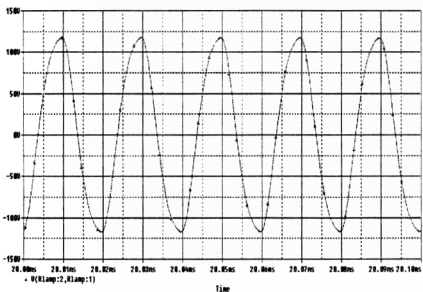
Dla zweryfikowania modelu świetlówki analizowano dodatkowo harmoniczne prądu oraz zgodność przebiegów napięć na szynie DC i lampie wyładowczej. We wszystkich przypadkach uzyskano zadowalające rezultaty. Pomiary wykonano za pomocą cyfrowego oscyloskopu TDS 680C firmy Tektronix. Wyniki pomiarów przedstawiono (wraz z wynikami symulacji) na rysunkach 5, 6 i 7.



Rys. 5. Harmoniczne prądu zasilania modelu świetlówki i świetlówki NEOLUX 20 W



Rys. 6. Przebiegi napięć na szynie DC modelu świetlówki i świetlówki NEOLUX 20 W



Rys. 7. Przebiegi napięć na lampie wyładowczej modelu świetlówki i świetlówki NEOLUX 20 W

5. UWAGI I WNIOSKI

Zaproponowany model świetlówki dobrze odwzorowuje układ rzeczywisty i nadaje się do analizy pracy świetlówki w celach inżynierskich. Model ten

można wykorzystać do modyfikacji układu rzeczywistego umożliwiającego np. zmniejszenie poziomów harmonicznych. Obecnie prowadzone są prace nad modyfikacją układu świetlówki pozwalającego poprawić współczynnik mocy i jednocześnie z tym związane obniżenie zawartości harmonicznych.

LITERATURA

- [1] **Kasprzak A., Orlikowski M., Brodecki D.:** O pewnych aspektach EMC dotyczących powszechnego wprowadzenia świetlówek energooszczędnych, *Przegląd Elektrotechniczny*, 83 (2007), nr 9, 104-105.
- [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] **Gebbia M.:** *LOW ESR CAPACITORS*: Fact or fiction? ECN luty 2001.
- [4] **Zachara Z., Wojtuszkiewicz K.:** PSpice – przykłady praktyczne, MIKOM 2000.

MODEL OF COMPACT FLUORESCENT LAMP (CFL) IN PSPICE ENVIRONMENT

Summary

Following the Commission Regulation (EC) No 244/2009 on ecodesign requirements for non-directional household lamps the authors have become interested in the question of wide-spread usage of compact fluorescent lamps (CFL) and its impact on power network quality. In order to analyze the functioning of CFL the PSPICE model of a lamp has been developed and the results of simulation have been compared to results of measurements.

Artykuł recenzowany