

Wpływ odkształconego napięcia zasilania na pomiar emisji zaburzeń przewodzonych w świetłówkach kompaktowych

Streszczenie. W artykule przedstawiono problemy związane z pomiarem zaburzeń przewodzonych świetlówek kompaktowych, przy zasilaniu układu pomiarowego napięciem odkształconym. Przedstawiono wyniki badań emisji świetlówek przy napięciu zasilającym odkształconym w granicach dopuszczonych przez normy. Stwierdzono wpływ odkształcenia na wyniki. Zaproponowano postępowanie pozwalające na przeprowadzenie jednoznacznej oceny świetlówek.

Abstract

The paper presents problems related to the conducted emissions measurement of compact fluorescent lamps when the measuring system is supplied with distorted voltage. The results of tests on the emission of fluorescent lamps at the supply voltage distorted within the limits permitted by the standards are presented. The influence of deformation on the results was found. A procedure has been proposed that would allow an unambiguous assessment of fluorescent lamps. **Effect of quality of power supply voltage on conducted emission in compact fluorescent lamps**

Słowa kluczowe: lampy kompaktowe, emisje przewodzone, napięcie odkształcone.

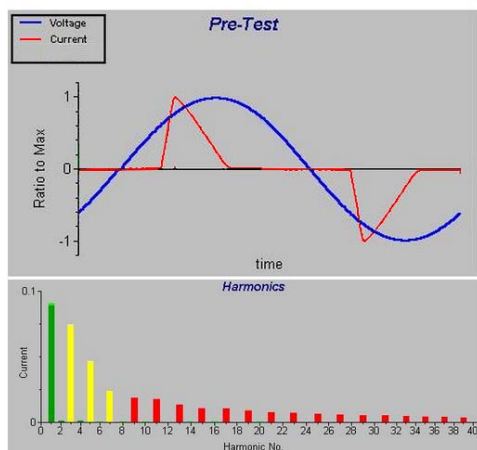
Keywords: compact fluorescent lamp, conducted emissions, deformed voltage.

Wstęp

W obecnych czasach producent urządzenia nie powinien koncentrować się jedynie na funkcjonalnym jego działaniu, ale także na prawidłowym jego działaniu w środowisku elektromagnetycznym. Urządzenie oprócz swoich podstawowych funkcji musi spełniać wymogi związane z określoną niską emisyjnością zaburzeń elektromagnetycznych, a także z odpowiednią odpornością na zaburzenia – które mogą się pojawić.

W naszych domach i mieszkaniach coraz bardziej popularne są kompaktowe lampy energooszczędne, oraz najnowsze technologie źródeł światła - lampy LED. Obie technologie należą do energooszczędnych i opierają się na wyspecjalizowanych układach elektronicznych. Z uwagi na względnie małe rozmiary omawianych źródeł światła, trudno jest zastosować skuteczne układy ograniczające emisje zaburzeń harmonicznych do sieci [1][2].

W świetłówkach kompaktowych obserwuje się mocno odkształcony przebieg prądu – uzależniony od układu prostowniczego [3]. Przykładowy przebieg prądu świetłówki kompaktowej, wraz z rozkładem na składowe harmoniczne przedstawia rysunek 1.



Rys.1. Przebieg prądu zasilania i jego rozkład na składowe harmoniczne.

Niestety to nie wszystkie emisje zaburzeń jakie świetłówki wprowadzają do sieci zasilającej. Z uwagi na wewnętrzne układy elektroniczne, głównie przetwornice

częstotliwości – pojawiają się sygnały użyteczne częstotliwości 20kHz÷100kHz (Rys.2), które oddziałują na sieć zasilającą wprowadzając do niej sygnały niepożądane (zaburzenia radioelektryczne).



Rys.2. Świetlówka kompaktowa i jej schemat uproszczony.

Wymagania norm EMC dla świetlówek kompaktowych

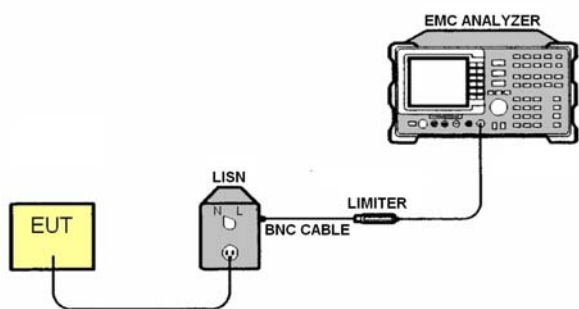
Świetłówki kompaktowe lokują się w obszarze objętym dyrektywą Kompatybilności Elektromagnetycznej (EMC) [4]. Są one elektrycznymi źródłami światła, które wytwarzają zaburzenia radioelektryczne. Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru takich zaburzeń opisane są w normie EN55015 [5]. Zaburzenia rozpatrywane w normie dotyczą zakresu częstotliwości od 9kHz do 300MHz. W niniejszym artykule pominięto emisje zaburzeń promieniowanych i skoncentrowano się jedynie na napięciu zaburzeń na zaciskach zasilania w zakresie częstotliwości od 150kHz do 30MHz. W tym zakresie częstotliwości emisje przewodzone bada się w układzie jak na rysunku 3.

Badania zestawu świetlówek kompaktowych

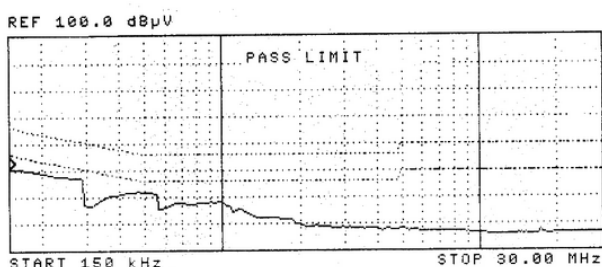
Wykorzystując stanowisko do badań emisji przewodzonych (Rys.3) przebadano dostępne w sprzedaży świetłówki kompaktowe w ilości 10 sztuk.

W badaniach wykorzystano analizator EMC typu HP 8591EM firmy Hewlett-Packard, oraz sieć sztuczną LISN typu 3810/2 firmy EMCO.

Stanowisko umieszczone było w kabine ekranowanej, a do zasilania wykorzystano dostępną sieć elektroenergetyczną. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 4.



Rys.3. Stanowisko do badań emisji przewodzonych.



Rys.4. Wyniki pomiarów emisji przewodzonych dla 10 świetlówek kompaktowych.

Pomiary wykonano przy aktywnym detektorze Quasi-Peak (QP). Pomierzone emisje zaburzeń nie przekroczyły górnego limitu określonego w normie dla detektora QP. Według powyższych wyników badane świetłowki kompaktowe spełniają wymagania normy EN55015.

W drugiej kolejności przebadano ten sam zestaw świetlówek kompaktowych lecz zasilony napięciem odcztałconym.

Tabela 1. Wartości poszczególnych harmonicznych napięcia zasilającego wyrażone w procentach napięcia znamionowego U_N .

Harmoniczne nieparzyste				Harmoniczne parzyste	
nie będące krotnością 3		będące krotnością 3			
rzęd h	wartość względna napięcia	rzęd h	wartość względna napięcia	rzęd h	wartość względna napięcia
5	6%	3	5%	2	2%
7	5%	9	1,5%	4	1%
11	3,5%	15	0,5%	6...24	0,5%
13	3%	21	0,5%		
17	2%				
19	1,5%				
23	1,5%				
25					

Wymagania norm dla napięcia zasilającego

Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych muszą spełniać wiele warunków, które opisuje norma EN50160 [6]. Ta Norma Europejska definiuje, opisuje i precyzuje główne parametry napięcia w miejscu dostarczania energii elektrycznej do użytkowników systemu elektroenergetycznego, zasilanych z publicznych sieci niskiego, średniego i wysokiego napięcia przemiennego w normalnych warunkach pracy systemu.

Parametry napięcia podane w niniejszej normie nie są używane do stosowania jako poziomy kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) ani jako dopuszczalne poziomy emisji zaburzeń przewodzonych w publicznych sieciach elektroenergetycznych.

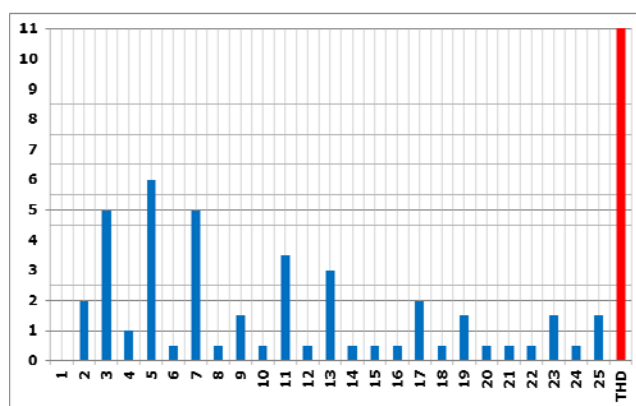
Dla potrzeb artykułu zostaną rozważane parametry związane z wartościami poszczególnych harmonicznych napięcia zasilającego.

Według normy EN50160 rozpatruje się wartości poszczególnych harmonicznych do rzędu 25. Nie podaje się wartości harmonicznych o rzędach większych niż 25, ponieważ są one zwykle małe i często niemożliwe do przewidzenia ze względu na efekty rezonansowe (Tab.1).

Dodatkowo norma ta podaje maksymalną wartość graniczną dla współczynnika zawartości harmonicznych THD w napięciu zasilającym – 8%.

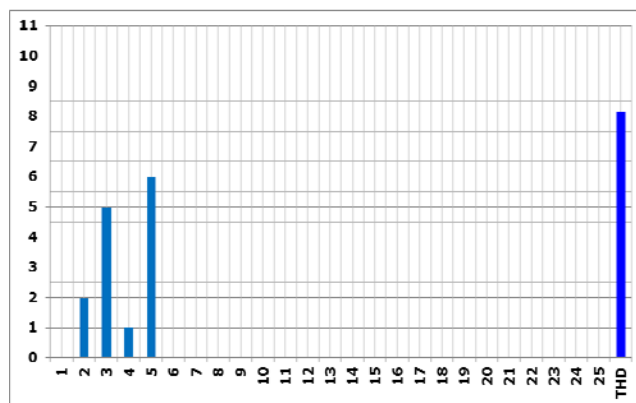
Wykorzystując generator arbitralny AC Power Source/Analyzer typu HP 6813B firmy Hewlett-Packard, wygenerowano kilka hipotetycznych modeli przebiegów napięcia zasilającego, wprowadzając dodatkowe składowe harmoniczne.

Model 1 (Rys.5) – zawiera maksymalne dopuszczalne wartości poszczególnych składowych harmonicznych. Jest to jednak model który nie spełniałby wymagań normy EN50160, gdyż przy tak dobranych harmonicznych – współczynnik THD napięcia przekracza 11%.



Rys.5. Model 1 – odcztałconego napięcia zasilania.

Model 2 (Rys.6) – zawiera maksymalne dopuszczalne wartości poszczególnych składowych harmonicznych, tak aby nie przekroczyć granicznej wartości THD napięcia tj. 8%. Z tego powodu model ten zawiera jedynie harmoniczne do 5 rzędu włącznie.

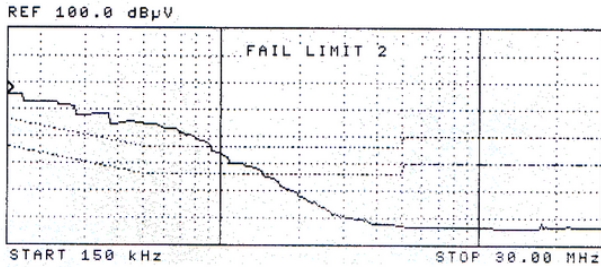


Rys.6. Model 2 – odcztałconego napięcia zasilania.

Model 3 – został dobrany doświadczalnie analizując poszczególne pojedyncze harmoniczne. Dla składowej harmonicznej 17h nałożonej na podstawowy przebieg napięcia zaobserwowano znaczące zmiany w widmie emisji przewodzonych badanego zestawu świetlówek. Ponieważ maksymalny dopuszczalny poziom 17-harmonicznej wynosi 2%, tak więc w tym przypadku THD napięcia zasilania też wynosi 2%.

Badania zestawu świetlówek kompaktowych dla odkształconych napięć zasilających

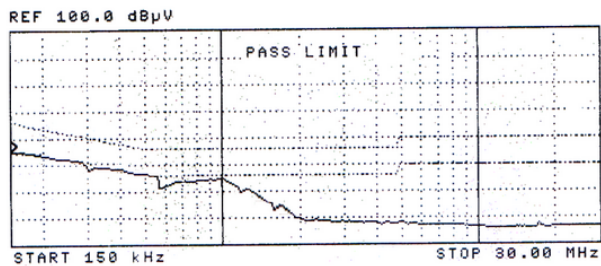
Wykorzystując stanowisko do badań emisji przewodzonych, oraz generator arbitralny do zasilania zestawu świetlówek wykonano analogiczne pomiary jak wcześniej, ale w przypadku zasilania napięciem odkształconym. Dla modelu 1 napięcia silnie odkształconego, uzyskano następujące wyniki pomiarów (Rysunek 7).



Rys.7. Wyniki pomiarów emisji przewodzonych dla 10 świetlówek kompaktowych zasilanych odkształconym napięciem (model 1).

W tym przypadku uzyskano wynik negatywny, choć obiekt badań nie uległ zmianom. W zakresie częstotliwości od 150kHz do ok.1MHz zaobserwowano przekroczenie dopuszczalnego limitu dla detektora Quasi-Peak.

W przypadku zestawu świetlówek zasilanych napięciem odkształconym (model 2) nie zaobserwowano przekroczeń dopuszczalnych limitów zaburzeń (Rysunek 8).



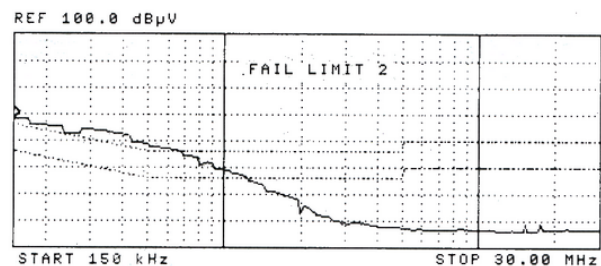
Rys.8. Wyniki pomiarów emisji przewodzonych dla 10 świetlówek kompaktowych zasilanych odkształconym napięciem (model 2).

Świadczy to o tym, że w modelu tym są harmoniczne istotnie wpływające na wynik pomiaru.

Doświadczalnie określono harmoniczną, która ma największy wpływ na wynik pomiaru emisji zaburzeń – jest to 17-harmoniczna. Dlatego model 3 uwzględnia jedynie harmoniczną podstawową i 17-harmoniczną. Dla tego modelu wykonano analogiczne pomiary, a wynik tych pomiarów przedstawia rysunek 9.

W tym przypadku uzyskano wynik negatywny, choć pojawiła się jedynie dodatkowa 17-harmoniczna.

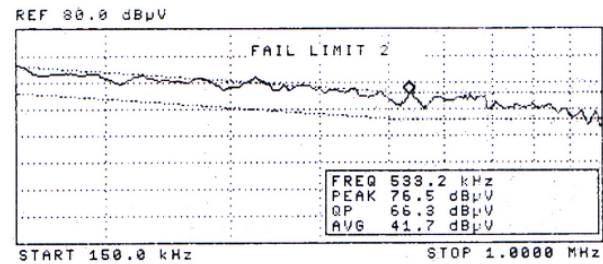
W zakresie częstotliwości od 150kHz do 600kHz zaobserwowano przekroczenie dopuszczalnego limitu dla detektora Quasi-Peak.



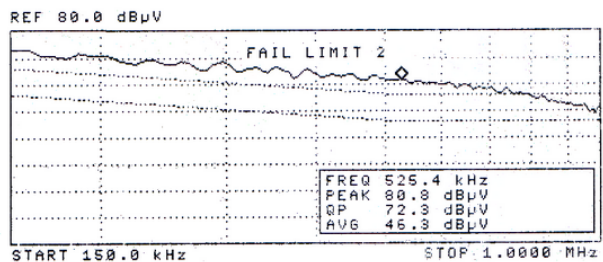
Rys.9. Wyniki pomiarów emisji przewodzonych dla 10 świetlówek kompaktowych zasilanych odkształconym napięciem (model 3).

Wg normy EN55015 limit zaburzeń w zakresie od 500kHz do 5MHz dla detektora QP wynosi 56dBµV.

W przypadku modelu 3 pomiary wykazały dla $f=533\text{kHz}$ przekroczenie limitu o 10dBµV (Rys.10). Dla modelu 1 przy zbliżonej częstotliwości tj. 525kHz zaobserwowano przekroczenie limitu aż o 16dBµV (Rys.11).



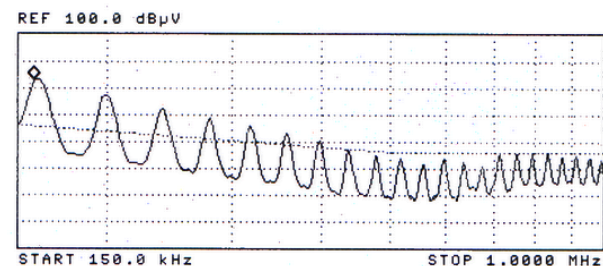
Rys.10. Wyniki pomiarów emisji przewodzonych dla 10 świetlówek kompaktowych zasilanych odkształconym napięciem (model 3) w zakresie częstotliwości do 1MHz.



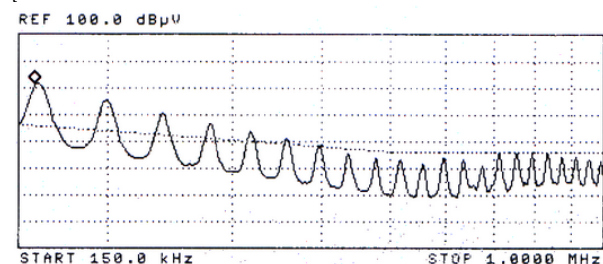
Rys.11. Wyniki pomiarów emisji przewodzonych dla 10 świetlówek kompaktowych zasilanych odkształconym napięciem (model 1) w zakresie częstotliwości do 1MHz.

Badania innych źródeł światła dla odkształconych napięć zasilających

Wykorzystując stanowisko do badań emisji przewodzonych, oraz generator arbitralny do zasilania zestawu świetlówek wykonano analogiczne pomiary w przypadku zasilania napięciem nieodkształconym i silnie odkształconym – źródeł światła typu LED.



Rys.12. Wyniki pomiarów emisji przewodzonych dla źródeł światła typu LED zasilanych nieodkształconym napięciem w zakresie częstotliwości do 1MHz.



Rys.13. Wyniki pomiarów emisji przewodzonych dla źródeł światła typu LED zasilanych silnie odkształconym napięciem (model 1) w zakresie częstotliwości do 1MHz.

Wykonano pomiary porównawcze w zakresie od 150kHz do 1MHz. Wyniki pomiarów dla napięcia nieodkształconego przedstawiono na rysunku 12, natomiast wyniki pomiaru dla napięcia silnie odkształconego (model 1) przedstawiono na rysunku 13.

W obu przypadkach nie zaobserwowano znaczących różnic, jak to miało miejsce podczas badania kompaktowych świetlówek fluoroscencyjnych.

Podsumowanie i wnioski

Dla pewnych odbiorników (np. świetlówka kompaktowa) **wpływ jakości napięcia zasilania** może zadecydować o niespełnieniu wymagań urządzenia w aspekcie Dyrektywy EMC [4] i normy EN55015 [5].

Dla silnie odkształconych przebiegów zasilania zgodnych z wymaganiami normy [6] można zaobserwować **przekroczenie dopuszczalnych poziomów** napięć zaburzeń radioelektrycznych.

Zaobserwowano istotny wpływ **konkretnej harmonicznej** (w przypadku badanych świetlówek jest to 17-harmoniczna), która może zadecydować o prawidłowych wynikach pomiaru.

Sieć sztuczna LISN (AMN) może okazać się **niewystarczającym buforem** (filtrem) przepuszczającym niepożądane zaburzenia ze strony zasilania.

Rozwiązanie problemu może mieć dwie drogi:

- modyfikacja stanowiska pomiaru emisji przewodzonych polegająca na zasilaniu nieodkształconym napięciem, jak to ma miejsce w przypadku analizatorów emisji harmonicznych w prądzie odbiorników;
- modyfikacja stanowiska pomiaru emisji przewodzonych polegająca na zasilaniu silnie odkształconym napięciem, co może mieć miejsce w sytuacji stanowisk umiejscowionych w pobliżu silnie nieliniowych odbiorów energetycznych.

W pierwszym przypadku efektem byłoby zwiększenie powtarzalności wyników pomiarów emisji zaburzeń przewodzonych i uzyskanie podobnych wyników w różnych laboratoriach.

W drugim przypadku, efektem byłoby uzyskanie najgorszych możliwych warunków pomiarowych (emisji rzeczywistych), co w badaniach emisji zaburzeń w Kompatybilności Elektromagnetycznej jest sprawą bardzo istotną.

Zaobserwowano jednak **znikomy wpływ jakości zasilania** na emisje przewodzone innych urządzeń (lamp typu LED), co może świadczyć o istnieniu zjawisk rezonansowych, generowanych przez urządzenia zasilane pośrednio z sieci sztucznej (LISN).

Zaobserwowane zjawiska wymagają **dokładniejszej analizy i szerszych badań** na większej ilości urządzeń, aby określić ich przyczynę i przedsięwziąć odpowiednie kroki.

Autor: dr inż. Dariusz Brodecki, Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki, ul. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, E-mail: dariusz.brodecki@p.lodz.pl

LITERATURA

- [1] Kasprzak A., Orlikowski M., Brodecki D. - *O pewnych aspektach EMC dotyczących powszechnego wprowadzenia świetlówek energooszczędnych*. Przegląd Elektrotechniczny 2007 R.83 nr 9 s.104-105, sum. ISSN: 0033-2087
- [2] Kasprzak A., Orlikowski M., Brodecki D. - *Ograniczenie harmonicznego prądu świetlówki kompaktowej za pomocą układu Valley-fill*. Przegląd Elektrotechniczny 2010 R.86 nr 3 s.129-131, sum. ISSN: 0033-2097
- [3] Kasprzak A., Orlikowski M., Brodecki D. - *Badania harmonicznego prądu zasilania źródeł światła LED dostępnych na rynku*. Przegląd Elektrotechniczny 2014 R.90 nr 7 s.187-190, sum. ISSN 0033-2097
- [4] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2014/30/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej
- [5] PN-EN 55015 - Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne
- [6] PN-EN 50160 - Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych