

Zbigniew OLCZYKOWSKI

WPŁYW NOWOCZESNYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA NA WARTOŚĆ PRĄDU W PRZEWODZIE NEUTRALNYM

Streszczenie

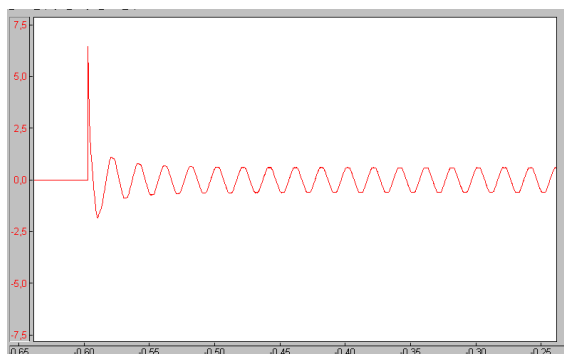
Wprowadzenie na rynek nowych odbiorników oświetleniowych spowodowane było głównie ograniczeniem zużycia energii. W porównaniu do tradycyjnych żarówek, lampy kompaktowe, a szczególnie lampy wykonane w technologii LED zużywają kilkakrotnie mniej energii. Nowoczesne źródła światła posiadają jednak pewne wady. Nie zawsze oddają w taki sposób barwy jak żarówki oraz wprowadzają zakłócenia do systemu elektroenergetycznego. W artykule przedstawiono wpływ nowoczesnych źródeł światła na jakość energii elektrycznej. Głównie skoncentrowano się na przepływie prądu w przewodzie neutralnym, który jest wynikiem odkształconego prądu pobieranego przez źródła światła.

WSTĘP

Żarówka, będąc pierwszym elektrycznym urządzeniem wytwarzającym światło towarzyszy nam już od ponad 130 lat. Prosta budowa, brak dodatkowego osprzętu, łatwa eksploatacja oraz wysoka niezawodność powodowały, że żarówki były głównymi źródłami światła, zwłaszcza u odbiorców indywidualnych. Żarówki posiadają jednak podstawową wadę: tylko niewielką ilość energii (ok. 8%) przetwarzają w światło, pozostała zamieniana jest m.in. w ciepło. Dlatego z powodu niskiej sprawności energetycznej od 1 września 2009 w krajach Unii Europejskiej ze sprzedaży wycofywane są stopniowo żarówki [4]. Początkowo żarówki zastępowane były przez lampy kompaktowe. Obecnie żarówki wypierane są przez lampy LED. Źródła światła, które znacznie ograniczają zużycie energii elektrycznej, generują jednak do sieci zasilających zakłócenia wynikające z ich nieliniowego charakteru. Prądy pobierane przez te urządzenia są silnie odkształcone. Ich jednostkowa moc jest niewielka i wynosi od kilku do kilkunastu watów. Powszechność stosowania stwarza jednak poważne problemy zarówno dla systemu elektroenergetycznego, jak i instalacji użytkowanych przez odbiorców.

1. ŹRÓDŁA ŚWIATŁA JAKO ODBIORNIKI NIELINIOWE

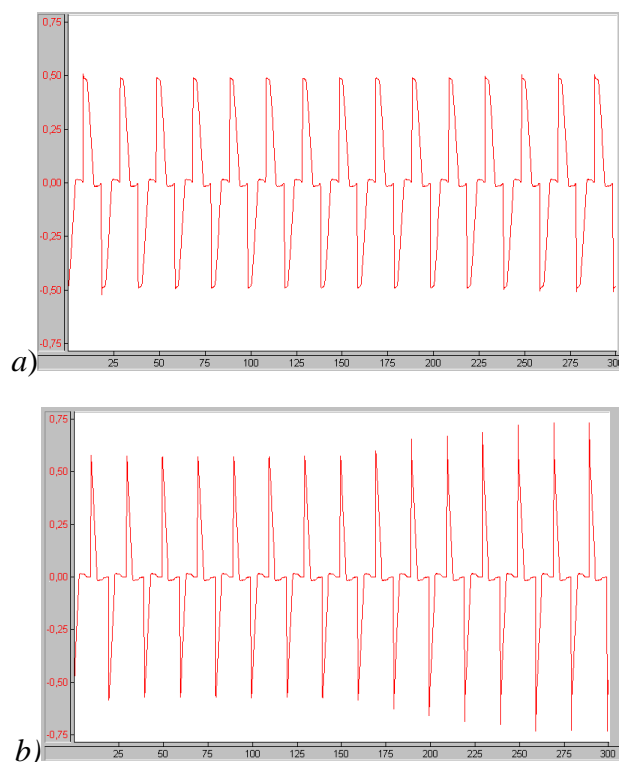
Żarówki będące odbiornikami mocy czynnej pobierają prądy o kształcie napięcia, z którego są zasilane. Przy sinusoidalnym napięciu zasilania prąd posiada również sinusoidalny kształt. W momencie załączania żarówek prąd znacznie przekracza wartości znamionowe. Związane jest to ze zmieniającą się rezystancją zależną od temperatury żarnika.



Rys. 1. Przebieg prądu w momencie załączenia żarówki

Na rys. 1 przedstawiono przebieg prądu pobieranego przez żarówkę w momencie załączenia. Nagły wzrost prądu może powodować przepalenie żarnika żarówki, a w przypadku dużej ilości odbiorników zadziałanie zabezpieczeń. Czas nagłego wzrostu prądu wynosi kilkanaście milisekund. Jest on na tyle krótki, że prąd ten nie powoduje zakłóceń w sieci zasilającej oraz w instalacji odbiorców.

Ograniczenie zużycia energii elektrycznej pobieranej przez żarówkę można ograniczyć przez zastosowanie popularnych ściemniaczy czyli urządzeń zmniejszających strumień świetlny emitowany przez źródło światła. Mniejszy strumień oznacza mniejszy prąd pobierany przez odbiornik.



Rys. 2. Przebieg prądu przy różnym wysterowaniu urządzenia ściemniającego

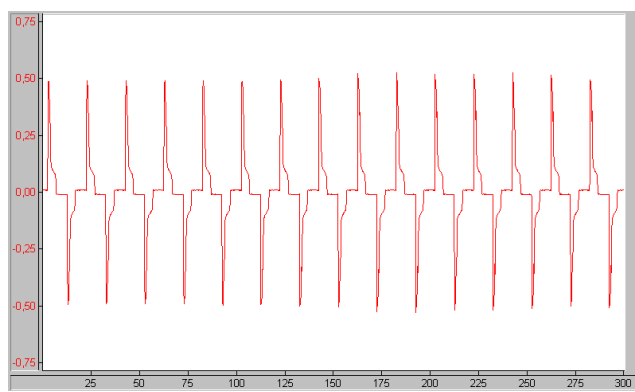
Zastosowanie urządzeń ściemniających przynosi znaczne oszczędności energii elektrycznej. Powoduje jednak odkształcenie pobieranego prądu. Na rys. 2.a oraz rys.2.b przedstawione zostały

przebiegi prądu pobieranego przez żarówkę współpracującą z urządzeniem ściemniającym, przy różnym jegoysterowaniu.

Wprowadzenie lamp kompaktowych miało za zadanie ograniczenie zużycia energii na cele oświetleniowe, szczególnie wśród odbiorców indywidualnych. Wymiana oświetlenia żarowego (żarówek) na energooszczędne lampy kompaktowe znacznie obniżyło rachunki za energię elektryczną, dlatego że moc lamp kompaktowych jest kilkakrotnie mniejsza od mocy żarówek.

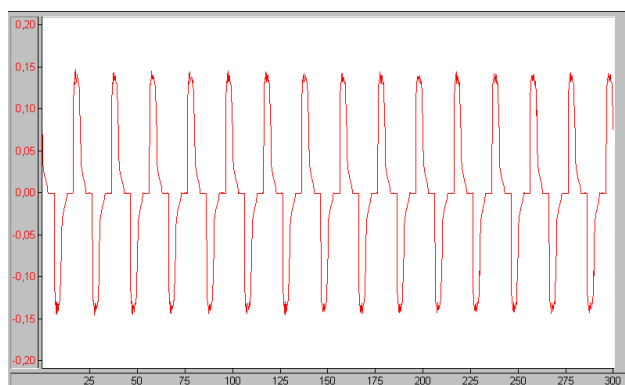
Zastosowanie energooszczędnych lamp kompaktowych, obok cech pozytywnych ma jednak poważne wady. Pierwsza to zagrożenie dla środowiska naturalnego. Działanie lamp opiera się na wyładowaniu w środowisku zawierającym rtęć, która jest bardzo niebezpieczna dla środowiska naturalnego. Oznacza to, że zużyte lampy kompaktowe wymagają specjalnej utylizacji. Okazuje się, że w praktyce tylko niewielka część lamp kompaktowych jest prawidłowo utylizowana (ok. 15-20%).

Energooszczędne lampy kompaktowe „zaśmiecają” również system elektroenergetyczny. Pobierając odkształcone prądy, generują szereg zakłóceń wynikających z ich nieliniowego charakteru. Na rys. 3 przedstawiony został przebieg prądu pobieranego przez lampę kompaktową.



Rys. 3. Przebieg prądu pobieranego przez energooszczędną lampę kompaktową

Kolejnym krokiem mającym na celu ograniczenie zużycia energii przez urządzenia oświetleniowe było wprowadzenie odbiorców opartych o technologię LED (Lighting Emitting Diode). Moc jednostkowa odbiorców LED została zmniejszona do kilku watów.



Rys. 4. Przebieg prądu pobieranego przez lampę LED

Podobnie, jak w przypadku lamp kompaktowych, prąd pobierany przez lampę LED jest silnie odkształcony.

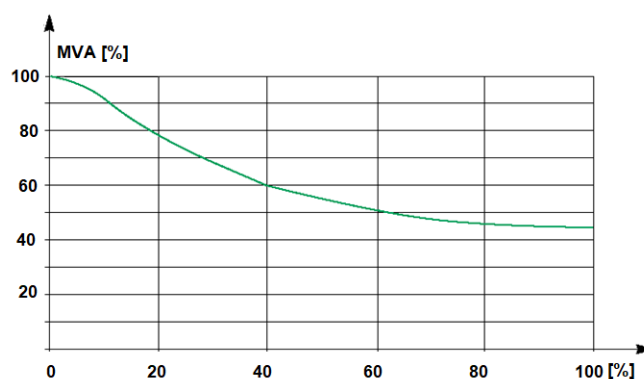
2. SKUTKI PRZEPLYWU PRĄDÓW ODKSZTAŁCONYCH

Wzrastająca liczba odbiorników nieliniowych negatywnie wpływa na pracę systemu elektroenergetycznego oraz jakość energii elektrycznej dostarczanej do odbiorców

Przepływ prądów odkształconych powoduje powstawanie odkształconych spadków napięcia na impedancji sieci. Nieliniowy spadek napięcia, odejmując się od sinusoidalnego napięcia wytwarzanego w elektrowniach, skutkuje tym, że do odbiorcy dostarczane jest napięcie odkształcone.

Napięcie odkształcone wpływa niekorzystnie na działanie odbiorników użytkowanych przez odbiorców. Przykładowo wzrost współczynnika odkształcenia harmonicznymi THD o ok. 10% powoduje zmniejszenie żywotności silników jednofazowych o 25%.

W przypadku przepływu prądów odkształconych przez transformatory energetyczne ich moc może zmniejszyć się może nawet o 50 % (Rys. 5).

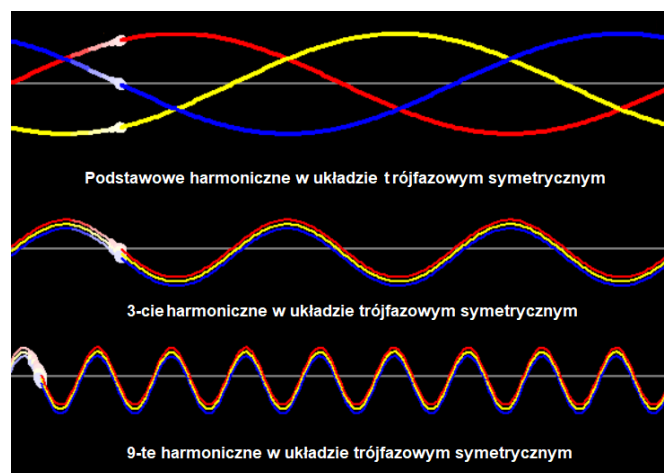


Rys. 5. Zmniejszenie mocy transformatora w zależności od ilości odbiorników nieliniowych

Podobnie zmniejsza się zdolność przepustowa linii i innych urządzeń elektroenergetycznych. Wyższe harmoniczne napięcia (odkształcenia napięcia) wpływają również na poprawną pracę i żywotność odbiorników energii elektrycznej.

3. PRĄD W PRZEWODZIE NEUTRALNYM

W trójfazowym symetrycznym układzie napięcia zasilające posiadają taką samą wartość i są przesunięte między kolejnymi fazami o kąt 120°.

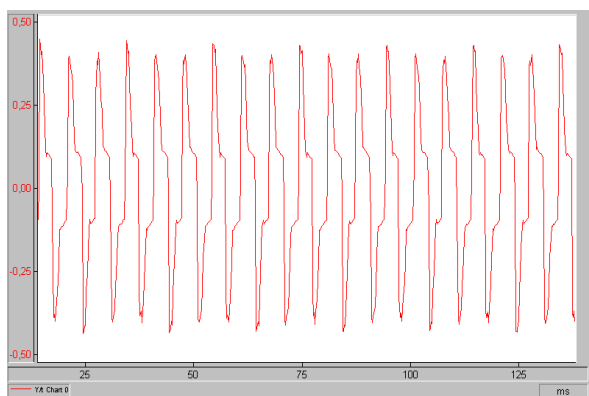


Rys. 5. Sumowanie się trzecich i dziewiątych harmonicznych w przewodzie neutralnym

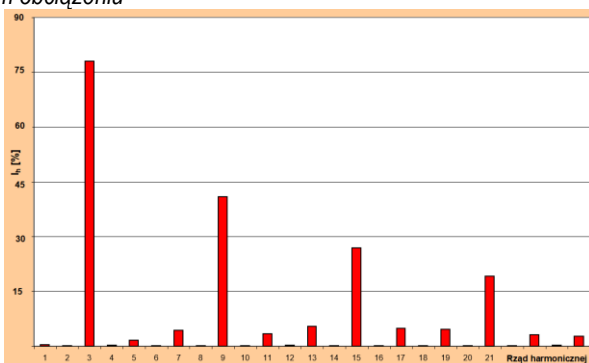
Przy zasilaniu odbiorników liniowych symetrycznych prądy w poszczególnych fazach są takie same, a suma ich wartości wektorowych (chwilowych) wynosi zero. Oznacza to, że w takim przypadku nie płynie prąd w przewodzie neutralnym.

Kiedy zasilamy napięciem trójfazowym nieliniowe trójfazowe odbiorniki symetryczne, pojawia się w przewodzie neutralnym prąd. Prąd ten jest sumą nieparzystych harmonicznych będących trzecią wielokrotnością harmonicznej podstawowej (3,9,15,21 itd.)

Zależnie od wartości poszczególnych harmonicznych prąd w przewodzie neutralnym może wahać się od 150% do 250% prądu płynącego w przewodzie fazowym. Na rys. 6 przedstawiony został przebieg prądu w przewodzie neutralnym zasilającym trzy jednakowe lampy LED, zaś rys. 7 obrazuje jego widmo wyższych harmonicznych.



Rys. 6. Prąd w przewodzie neutralnym przy symetrycznym nieliniowym obciążeniu



Rys. 7. Widmo wyższych harmonicznych prądu z rys. 6

Dla trójfazowego odbiornika symetrycznego składającego się z lamp kompaktowych prąd w przewodzie neutralnym wynosi 192% prądu fazowego, lamp LED 137%, zaś żarówek zasilanych przez urządzenia ściemniające od 110 do 153%.

W większości przypadków zasilania odbiorników nieliniowych prąd w przewodzie neutralnym ma znacznie większą wartość od prądów w przewodach fazowych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku linii kablowych. Jednym z głównych parametrów kabli jest obciążalność prądowa. Decyduje ona o temperaturze pracy kabla, która z kolei wpływa na stan jego izolacji. Prąd przewodu neutralnego zmniejsza wytrzymałość termiczną kabla o 40%. W przypadku przeciążenia kabla przez długi czas może dojść do jego uszkodzenia [3].

Dobór przekroju przewodów i kabli zasilających odbiorniki nieliniowe określa zatem wartość prądu w przewodzie neutralnym. Oznacza to przewymiarowanie trzech przewodów fazowych. Związane jest to z dodatkowymi kosztami.

Wytyczne związane z doбором kabli zasilających odbiorniki nieliniowe określa norma PN-HD 60364-5-52:2011 [2].

Problem przegrzewania się przewodu neutralnego nasila się w starszych instalacjach, gdzie przewód neutralny mógł mieć mniejszy przekrój od przewodu fazowego (do 50%).

PODSUMOWANIE

Stosowanie urządzeń energoelektronicznych (nieliniowych) pociąga za sobą negatywne skutki dla instalacji zasilających. Sieci elektroenergetyczne są „zaśmiecanie” przez odbiorców używających takie odbiorniki. Porównać to można do zanieczyszczania otaczającego nas środowiska naturalnego. Eliminacja tych zakłóceń związana jest z bardzo dużymi kosztami. Szczególnie kłopotliwa jest redukcja wyższych harmonicznych generowanych przez nieliniowe odbiorniki małych mocy, w tym nowoczesne źródła światła. Ich rozproszenie w systemie elektroenergetycznym całkowicie uniemożliwia redukcję wyższych harmonicznych przez odbiorców [1]. Oznacza to, że producenci powinni wprowadzać na rynek takie urządzenia, które nie będą zakłócać jakości energii elektrycznej. To z kolei związane jest z wyższą ceną sprzedawanych produktów.

BIBLIOGRAFIA

1. Olczykowski Z.: Global responsibility for the quality of electricity, 17th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences University of Zilina, The Faculty of Operation and Economics of Transport and Communication, Department of Economics, Proceedings, s – , 4th - 5th October , Rajcke Teplice, Slovak Republic 2017, ISBN 978-80-8154-191-9
2. PN-HD 60364-5-52:2011, Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Oprzewodowanie
3. IEC 364-5-52 - Electrical Installations in Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
4. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 244/2009 z dnia 18 marca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego

INFLUENCE OF LIGHT SOURCES FOR CURRENT VALUE IN THE NEUTRAL CIRCUIT

Abstract

The introduction of new lighting fixtures was mainly due to the reduction of energy consumption. The article presents the influence of modern light sources on the quality of electricity. Mainly focused on the current flow in the neutral conductor, which is the result of the deformed current drawn by the light source.

Autor:

dr inż. **Zbigniew Olczykowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Zakład Elektrotechniki i Energetyki, adres e-mail: z.olczykowski@uthrad.pl