

ANALIZA WYTWARZANIA WYŻSZYCH HARMONICZNYCH PRZEZ ODBIORNIKI NIELINIOWE

Streszczenie

W pracy przedstawiono zarejestrowane oscylogramy prądu i napięcia zasilającego powszechnie stosowane odbiorniki nieliniowe. Dokonano analizy udziału poszczególnych wyższych harmonicznych (do 15-tej składowej włącznie) w prądzie zasilającym odbiorniki gospodarstwa domowego i produkcyjnego.

Słowa kluczowe: energia elektryczna; sieć elektroenergetyczna; tereny wiejskie; zużycie energii; odbiorniki nieliniowe; analiza; Polska

Wprowadzenie

W ostatnich latach, ze względu na dynamiczny wzrost liczby oraz zachodzące zmiany w strukturze użytkowanych odbiorników obserwuje się, że coraz bardziej uciążliwe stają się skutki odkształcenia napięć w terenowych sieciach rozdzielczych. Ich przyczyną jest intensywny wzrost liczby odbiorników z energoelektronicznymi obwodami wejściowymi, które przekształcają energię elektryczną prądu przemiennego na ten sam rodzaj energii, ale o innych parametrach niż w sieci zasilającej lub zmieniają ją na napięcie i prąd stały. Tego typu urządzenia pozwalają z jednej strony na zmniejszenie zużycia energii elektrycznej, ale jednocześnie wprowadzają do sieci energetycznej zakłócenia, które zniekształcają przebieg krzywej napięcia.

Idealne przebiegi napięć i prądów w sieciach elektroenergetycznych prądu przemiennego mają postać sinusoidy, zmieniającej się w funkcji czasu, zgodnie z pulsacją $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$, gdzie f oznacza częstotliwość podstawową sieci, która powinna wynosić $50\text{Hz} \pm 1\%$ przez 95% tygodnia [5]. Zasilanie nieliniowych odbiorników powoduje, że kształt krzywej napięcia staje się sumą krzywej o częstotliwości podstawowej i krzywych o częstotliwościach będących całkowitą ich wielokrotnością.

W celu określenia poziomu zniekształceń napięcia konieczne jest posiadanie wiedzy o poziomie zniekształceń prądowych, które są indywidualną cechą urządzenia i zwarciowej impedancji układu [4].

Cel i zakres pracy

Celem pracy była analiza udziału wyższych harmonicznych w prądzie zasilającym odbiorniki gospodarstwa domowego i produkcyjnego.

Cel pracy zrealizowano w oparciu o wyniki badań własnych polegających na pomiarze poziomu poszczególnych wyższych harmonicznych w prądzie zasilającym pojedyncze odbiorniki energii elektrycznej przy użyciu analizatora parametrów sieci AS3 - mini. Wykorzystany w badaniach analizator umożliwił pomiar wyższych harmonicznych prądów i napięć do 15-tej składowej włącznie.

Wyniki badań

Większość współczesnych urządzeń gospodarstwa domowego np. telewizory, żarówki energooszczędne, itp., jak rów-

niez sterowanych odbiorników produkcyjnych pobiera prąd w sposób nieliniowy. Jak pokazano na oscylogramach (rys. 1), prąd jest pobierany w postaci krótkiego impulsu w każdej połowie sinusoidy. Badane urządzenia gospodarstwa domowego w przeciwieństwie do odbiorników produkcyjnych charakteryzują się niewielką mocą jednostkową, której średnia wartość wynosiła 180 [W]. Ponieważ, pracują one często w tym samym czasie i są bardzo liczne, stanowią one znaczące obciążenie systemu energetycznego z bardzo odkształconym od sinusoidy poborem prądu.

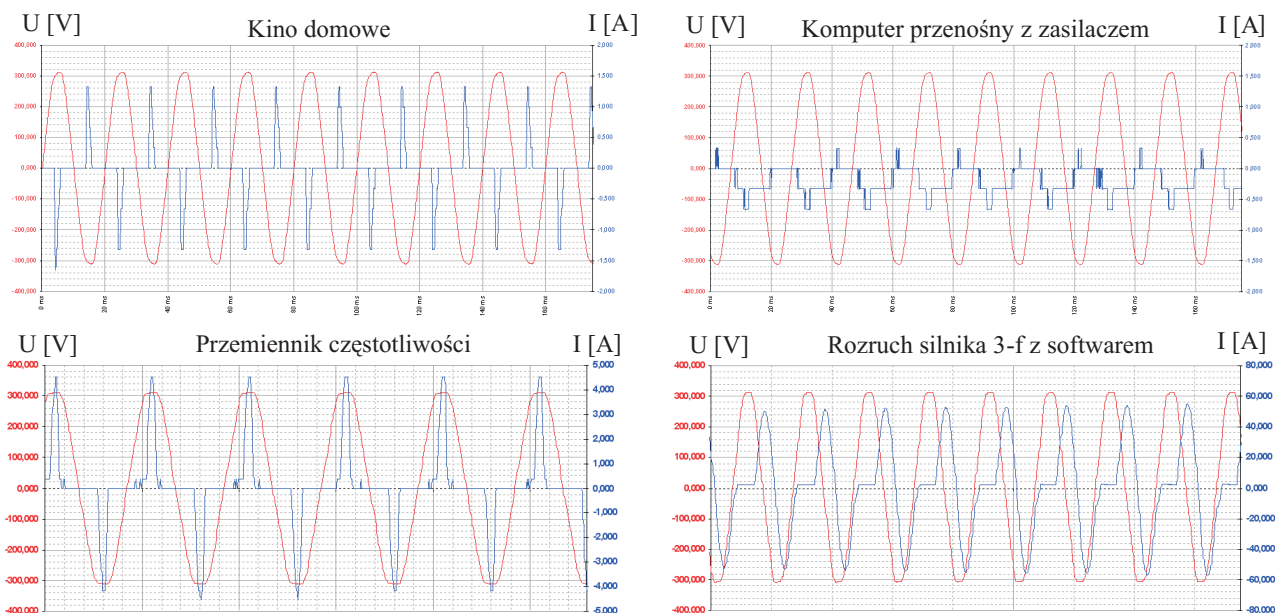
Pobór prądu odkształconego powoduje wzrost jego wartości skutecznej (I_{RMS}) względem wartości dla częstotliwości podstawowej od kilku do kilkudziesięciu procent (tab. 1). Tak duży przyrost wartości skutecznej prądu dla odbiorników nieliniowych może być przyczyną np. niepożądanego zadziałania wyłączników automatycznych a w konsekwencji strat finansowych [1].

Zawartość poszczególnych harmonicznych prądu wprowadzanych do sieci zasilającej przez powszechnie stosowane odbiorniki gospodarstwa domowego oraz produkcyjnego, można prześledzić na podstawie badań zilustrowanych w tab. 1 i 2. Przedstawiają one wartość składowej podstawowej pobieranego prądu (I_1) dla poszczególnych odbiorników oraz wartości prądu wyższych harmonicznych w procentach składowej podstawowej. W kolumnie ostatniej podano skuteczną wartość pobieranego prądu (I_{RMS}), która dla odbiornika symetrycznego powinna być równa składowej podstawowej.

Z przeprowadzonych badań wynika, że większość odbiorników nieliniowych podczas normalnej pracy pobiera prąd, w którym występują wyższe harmoniczne nieparzyste. Harmoniczne parzyste zaobserwowano jedynie w prądzie pobieranym przez kuchenkę mikrofalową oraz podczas załączania żarówek energooszczędnych i rozruchu silnika 3-fazowego z wykorzystaniem układu łagodnego rozruchu (software) w celu zmniejszenia jego prądu rozruchowego.

Dla badanych odbiorników energii elektrycznej z wyjątkiem silników, dominujący jest udział trzeciej harmonicznej. Wartość względna prądu trzeciej harmonicznej zmieniała się od 0 do 84% składowej podstawowej

Prądy zawierające trzecią harmoniczną oraz będące jej wielokrotnością są bardzo uciążliwe, ponieważ sumują się arytmetycznie w sieci, a nie zerują się tak, jak dla składowej podstawowej prądu i harmonicznych innych rzędów. W wyniku tego prądy w przewodzie neutralnym są często znacząco większe niż prądy fazowe nawet do 170% [2].



Rys. 1. Oscylogramy prądu i napięcia zasilającego wybrane odbiorniki gospodarstwa domowego i produkcyjnego (ródło: badania własne)

Fig. 1. Diagrams of the electricity and the tension powering chosen receivers of household and production (Source: own research)

Tab. 1. Wartości względne prądu wyższych harmonicznych nieparzystych w procentach składowej podstawowej

Table 1. Relative values of the electricity of odd higher harmonic in per cent of the basic component

Odbiorniki:	Numer harmonicznej nieparzystej [A]								I _{RMS} [A]
	h ₁	h ₃	h ₅	h ₇	h ₉	h ₁₁	h ₁₃	h ₁₅	
	[%]								
telewizor	0,3	77,0	43,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
kino domowe	0,2	50,0	42,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
komputer stacjonarny	0,7	82,0	57,1	23,0	0,0	0,0	16,2	0,0	1,0
laptop z zasilaczem	0,2	83,6	66,8	54,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
kuchenka mikrofalowa	6,0	30,2	8,0	3,8	0,3	0,0	0,0	0,0	6,3
załączenie żarówek energooszczędnych	0,1	67,2	23,2	23,2	23,2	23,2	20	20	0,2
żarówki energooszczędne po ustabilizowaniu natężenia strumienia świetlnego	0,2	70,4	0	0	0	0	0	0	0,2
odkurzacz obroty max.	4,9	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
odkurzacz obroty min.	3,1	66,4	31,8	17,7	9,4	4,2	2,2	0,0	3,9
kosiarka do trawy	4,2	8,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
pompa do gnojowicy	2,2	0,0	12,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2
rozruch silnika 3-f z oprogramem	5,6	6,0	15,1	5,8	0,8	2,5	1,7	0,6	7,7
silnika 3-f z oprogramem po okresie rozruchu	6,3	0,0	10,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
rozruch silnik 3-f z przebiennikiem częstotliwości	1,1	83,5	65,7	44,7	22,2	0,0	11,1	20,5	1,7

Źródło: Badania własne

Tab. 2. Wartości względne prądu wyższych harmonicznych parzystych w procentach składowej podstawowej

Table 2. Relative values of the electricity of even higher harmonic in per cent of the basic component

Odbiorniki:	Numer harmonicznej parzystej [A]						
	h ₂ [%]	h ₄ [%]	h ₆ [%]	h ₈ [%]	h ₁₀ [%]	h ₁₂ [%]	h ₁₄ [%]
kuchenka mikrofalowa	12,4	5,6	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
załączenie żarówek energooszczędnych	16,2	11,1	16,2	16,2	16,2	11,1	16,2
rozruch silnika 3-f z oprogramem	82,8	34,3	1,9	5,2	2,7	0,0	0,0

Źródło: Badania własne

Wnioski

Stosowanie w gospodarstwach domowych odbiorniki nieliniowych pobierają prąd o częstotliwości podstawowej oraz o częstotliwościach będących jej całkowitą wielokrotnością, powodując pogarszanie jakości energii elektrycznej w sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia.

Coraz powszechniejsze wykorzystywanie odbiorników produkcyjnych z energoelektronicznymi obwodami wejściowymi jest również przyczyną występowania wyższych harmo-

nicznych w prądzie pobieranym z sieci elektroenergetycznej. Pobór prądu o przebiegu niesinusoidalnie zmiennym powoduje odkształcenia napięcia zasilającego.

Ponieważ liczba użytkowanych odbiorników z energoelektronicznymi obwodami wejściowymi dynamicznie wzrasta, nie wykluczona jest konieczność kompensowania odkształceń prądu. Jest to jednak przedsięwzięcie bardzo kosztowne, szczególnie w wiejskich sieciach nN, w której odbiorniki niespokojne są bardzo rozproszone.

Literatura

- [1] Biskup T., Buhner C., Grzesik B., Krijgsman J., Michalak J., Pasko Sz., Zygmantowski M.: Power conditioning system with SMES - a way to provide high power quality. Zeszyty Naukowe. Elektryk, Politechnika Śląska, 2004, nr 192.
- [2] Desmet J., Baggini A.: Dobór przekroju przewodów neutralnych w instalacjach o wysokiej zawartości harmonicznycn. Dostępny w Internecie: http://www.bttautomatyka.pl/~lm/ssdservice/elektrotechnika/harmoniczne/kable_i_harmoniczne.pdf [dostęp 15-01-2011].
- [3] IEEE Standard 519-1992. 1993. Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [4] Szymański J.: Harmoniczne prądu wytwarzane przez prostowniki wejściowe przemienników częstotliwości. Elektryka, 2003, nr 1(6).
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, ruchu sieciowego i eksploatacji sieci oraz standardów jakościowych obsługi odbiorców. Dz. U. z 2005 r. nr 2, pozycja. 5 i 6.

ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF HIGHER HARMONIC THROUGH NON-LINEAR RECEIVERS

Summary

In this work the recorded courses of electricity and tension powering universally used non-linear receivers were described. The analysis was carried out regarding the participation of individual higher harmonic (to 15-th component inclusive) in the electricity powering the receivers used in household and production.

Key words: *electric energy; power grid; rural areas; power consumption; non-linear receivers; analysis; Poland*