

DOI 10.21008/j.1897-0737.2019.97.0019

Andrzej LANGE*

WPLYW PRACY NOWOCZESNYCH URZĄDZEŃ DOMOWEGO UŻYTKU NA PARAMETRY OKREŚLAJĄCE JAKOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ ORAZ WARUNKI EKSPLOATACJI INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH I OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ

W niniejszym artykule przedstawiono obowiązujące rozporządzenia Komisji Unii Europejskiej, dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Europy, ustawy i rozporządzenia Polskie oraz normy w zakresie jakości energii elektrycznej, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości wyższych harmonicznych napięcia i prądu w sieciach elektroenergetycznych oraz współczynnika mocy PF. Zaprezentowano wyniki pomiarów parametrów określających jakość energii elektrycznej pobieranej przez telewizory i monitory. Przedstawiono przebiegi prądów tych odbiorników w czasie pracy znamionowej oraz po wyłączeniu w tzw. funkcji czuwania. Przeanalizowano wpływ tych urządzeń na projektowanie i eksploatację nowoczesnej instalacji elektrycznej ze szczególnym uwzględnieniem ochrony przeciwporażeniowej.

SŁOWA KLUCZOWE: parametry jakości energii elektrycznej, wyższe harmoniczne napięć i prądów, moc bierna, filtry pasywne.

1. WSTĘP

W mieszkaniach, domach oraz budynkach użyteczności publicznej coraz częściej wykorzystywane są odbiorniki, w których wykorzystywane są energooszczędne urządzenia zawierające przetworniki energoelektroniczne. Dzisiaj w każdym domu używa się telewizorów z matrycami LED, komputerów wraz z monitorami LED, laptopów, odtwarzaczy DVD zasilanymi przez zasilacze. Nowoczesne pralki, lodówki, kuchenki mikrofalowe, kuchnie indukcyjne wykorzystują przetwornice częstotliwości do swojej pracy, aby zmniejszyć energochłonność oraz zwiększyć funkcjonalność tych urządzeń. Do oświetlenia pomieszczeń wewnętrznych w domach, budynkach użyteczności publicznej i zakładach przemysłowych coraz częściej stosowane są źródła światła wykorzystujące technologię LED. Zastępują one mniej ekonomiczne żarowe źródła światła oraz bardziej energooszczędne od nich wyładowcze źródła, takie jak: fluore-

* Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

scencyjne, rtęciowe, sodowe niskoprężne i wysokoprężne oraz metalohalogenkowe. Do urządzeń domowych można również zaliczyć rzadziej stosowane urządzenia takie jak lampki choinkowe, ładowarki do akumulatorów typu AA lub AAA czy wanny z hydromasażem. Wszystkie te urządzenia mimo często niewielkiej swej mocy mają duży udział w poborze energii elektrycznej ze względu na dużą liczbę ich zainstalowania. Coraz częściej pobierają one prąd znacznie odkształcony od kształtu sinusoidy, uważanego w elektrotechnice za przebieg optymalny. Dawniej stosowane urządzenia domowego użytku wykorzystywały rezystancję do zamiany energii elektrycznej na ciepłą lub świetlną. Również silniki elektryczne były zasilane bezpośrednio z sieci i nie emitowały one zaburzeń do sieci zasilającej, natomiast charakteryzowały się najmniejszą sprawnością. Nowoczesne silniki zasilane przez falowniki charakteryzują się lepszą funkcjonalnością i sprawnością (np. silniki BLDC). Z kolei LED-owe źródła światła charakteryzują się bardzo wysoką sprawnością świetlną (lumenów w przeliczeniu na wat) i bardzo dużą trwałością [1, 2]. Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań poprawiających energochłonność powoduje generowanie do sieci zasilającej wyższych harmonicznych prądu oraz pobieranie z sieci mocy biernej pojemnościowej.

2. NORMY I PRZEPISY OKREŚLAJĄCE JAKOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Wybrane zapisy dyrektyw, rozporządzeń i norm zawarto w pracach od [3] do [28]. Przepisy dotyczące jakości energii elektrycznej (od [3] do [12]) ze szczególnym uwzględnieniem źródeł światła zostały bardzo szczegółowo opisane w pracach [16] i [17]. Trudno doszukiwać się w przepisach Unijnych i Polskich wymagań w zakresie dopuszczalnych wyższych harmonicznych generowanych do sieci elektroenergetycznej dla odbiorników użytkowanych w domach. Znaleźć można tam jedynie wymagania w zakresie lamp do użytku domowego [13] i [14], gdzie ustawodawca określił wymagania co do jakości pobieranej energii elektrycznej. Tylko w normie [8] określono wartości dopuszczalne wyższych harmonicznych generowanych do sieci zasilającej przez urządzenia elektryczne i elektroniczne z fazowym prądem zasilającym do 16 A włącznie. Norma ta nie dotyczy nieprofesjonalnych urządzeń spawalniczych, które podlegają normie [9]. W niej [9] określono wartości dopuszczalne wyższych harmonicznych prądu generowanego do sieci zasilającej przez urządzenia elektryczne i elektroniczne z fazowym prądem zasilającym większym niż do 16 A i nie większym niż 75 A. Norma [8] w punkcie 5 (Klasyfikacja urządzeń) dzieli urządzenia odbiorcze na cztery klasy tj. A, B, C i D. Urządzenia sklasyfikowano następująco:

- klasa A – symetryczne urządzenia trójfazowe, urządzenia domowego użytku z wyłączeniem urządzeń przenośnych zakwalifikowanych do klasy D, narzędzia z wyłączeniem narzędzi przenośnych, ściemniacze do żarówek, urzą-

- dzenia akustyczne oraz nie wyszczególnione w pozostałych trzech klasach, a ich dopuszczalne wartości wyższych harmoniczných prądów określono w tabeli 1;
- klasa B – narzędzia przenośne oraz nieprofesjonalne urządzenia do spawania łukowego;
 - klasa C – urządzenia oświetleniowe a ich dopuszczalne wartości wyższych harmoniczných prądów określono w tabeli 2;
 - klasa D – urządzenia których moc nie przekracza 600 W takie jak: komputery osobiste i ich monitory, odbiorniki telewizyjne, lodówki i zamrażarki, mające jeden lub więcej regulatorów prędkości do sterowania silników kompresorowych, a ich dopuszczalne wartości wyższych harmoniczných prądów określono w tabeli 3.

Tabela 1. Poziomy dopuszczalne zawartości harmoniczných prądu dla urządzeń klasy A [8].

Harmoniczne parzyste		Harmoniczne nieparzyste	
Rząd harmoniczných	Maksymalny dopuszczalny prąd harmoniczných	Rząd harmoniczných	Maksymalny dopuszczalny prąd harmoniczných
n	A	n	A
3	2,30	2	1,08
5	1,14	4	0,43
7	0,77	6	0,30
9	0,40		
11	0,33		
13	0,21		
$15 \leq n \leq 39$	$0,15 \frac{15}{n}$	$8 \leq n \leq 40$	$0,23 \frac{8}{n}$

Tabela 2. Poziomy dopuszczalne zawartości harmoniczných prądu dla urządzeń klasy C o mocy czynnej $P > 25$ W [8].

Rząd harmoniczných	Maksymalny dopuszczalny prąd harmoniczných wyrażony w procentach składowej podstawowej prądu wejściowego
n	%
2	2
3	$30 \cdot \lambda^*$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (tylko harmoniczne nieparzyste)	3

* λ jest współczynnikiem mocy obwodu

Tabela 3. Poziomy dopuszczalne zawartości harmonicznego prądu dla urządzeń klasy C o mocy czynnej $P \leq 25$ W oraz klasy D [8].

Rząd harmonicznnej	Maksymalny dopuszczalny prąd harmonicznnej przeliczony na wat
n	mA/W
3	3,4
5	1,9
7	1,0
9	0,5
11	0,35
$13 \leq n \leq 39$ (tylko harmonicznne nieparzyste)	$\frac{3,85}{n}$

Współczynnik mocy PF dla opraw oświetleniowych został określony w przepisach unijnych [13] i [14]. W [13] określono je dla lamp wyładowczych, a w [14] dla lamp LED. Szczegółowy wpływ lamp LED na jakość energii elektrycznej przedstawiono w pracy [16, 17].

Rozporządzenia Komisji Europejskiej oraz dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nie określają poziomów harmonicznnych generowanych przez odbiorniki domowe oraz współczynnika mocy. Komisja ogłosiła ogólne zasady ustalania wymogów dla produktów związanych z energią [18] i efektywnością energetyczną [19] oraz wydała tylko rozporządzenia w odniesieniu do wymogów dotyczących zużycia energii przez:

- elektryczne i elektroniczne urządzenia gospodarstwa domowego i urządzenia biurowe w trybie czuwania i wyłączenia [20],
- telewizory [21],
- urządzenia chłodnicze przeznaczone dla gospodarstw domowych [22],
- pralki używane w gospodarstwach domowych [23],
- zmywarki do naczyń używane w gospodarstwach domowych [24],
- komputery i serwery [25].

W Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady [26] Unia Europejska ustandaryzowała informacje o produkcie, zużycia energii oraz innych zasobów przez produkty związane z energią a nie odniosła się do jakości energii pobieranej przez te urządzenia. Także w dyrektywie [4] w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej Unia Europejska nie określiła wymagań co do jakości energii pobieranej przez te urządzenia. Również Polskie Rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego [27] oraz w sprawie procedur oceny zgodności wyrobów wykorzystujących energię oraz ich oznakowania [28] nie określają jakości energii pobieranej przez te urządze-

nia. Jedynymi przepisami określającymi jakość energii elektrycznej pobieranej przez urządzenia domowe nie zaliczane do oświetlenia są normy [8, 9, 10, 11].

3. OGÓLNA BUDOWA UKŁADÓW ZASILAJĄCYCH URZĄDZENIA DOMOWEGO UŻYTKU

Ze względu na układ zasilający urządzenia domowego użytku można podzielić na trzy kategorie. Pierwsze z nich zasilają swoje urządzenia wewnętrzne bezpośrednio z sieci, bez przetwarzania napięcia. Zaliczyć do nich można opiekacze do chleba, piekarniki z grzałką rezystancyjną, pralki z silnikami indukcyjnymi 1-fazowymi dwubiegowymi zasilanymi przez styczniki lub przełączniki, lodówki z kompresorem wyposażonym w silnik klatkowy zasilany bezpośrednio z sieci, zmywarki do naczyń czy też żelazka. Drugie to urządzenia wykorzystujące prąd stały do zasilania swoich wewnętrznych obwodów. Mają one wówczas układ prostowniczy, kondensator służący do wygładzenia napięcia otrzymanego z prostownika i stabilizatora prądowo-napięciowego [16] lub zasilacza impulsowym. Zaliczyć do nich można komputery, laptopy, monitory, telewizory, odtwarzacze DVD, dekodery satelitarne, ładowarki do akumulatorów czy telefonów komórkowych, oświetlenie LED-owe [16, 17] czy też lampki choinkowe LED. Trzecie urządzenia to maszyny wirujące zasilane z przekształtników energoelektronicznych. Układ prostujący napięcie przemienne jest podobny do drugiej kategorii. Przekształtniki lub prostowniki sterowane służą do regulacji prędkości tych urządzeń. Zaliczyć do nich można nowoczesne pralki, lodówki oraz układy wewnętrznej wentylacji w domach jednorodzinnych. Takie układy zasilające wykorzystywane są również w kuchenkach mikrofalowych do zwiększenia częstotliwości oraz w kuchniach indukcyjnych.

4. POMIARY I ANALIZA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Dla przedstawienia wpływu nowoczesnych urządzeń domowego użytku na parametry określające jakość energii elektrycznej dokonano pomiarów urządzeń domowego użytku, jakie są stosowane w nowoczesnych mieszkaniach i domach. Do pomiaru kilkudziesięciu urządzeń użyto analizatora jakości zasilania typu HIOKI 3196. Podczas prób dokonano pomiarów nie tylko prądów, napięć i mocy, ale również prądów i napięć wyższych harmonicznych w punkcie zasilania. Dodatkowo zarejestrowano przebiegi prądów i napięć podczas ich pracy.

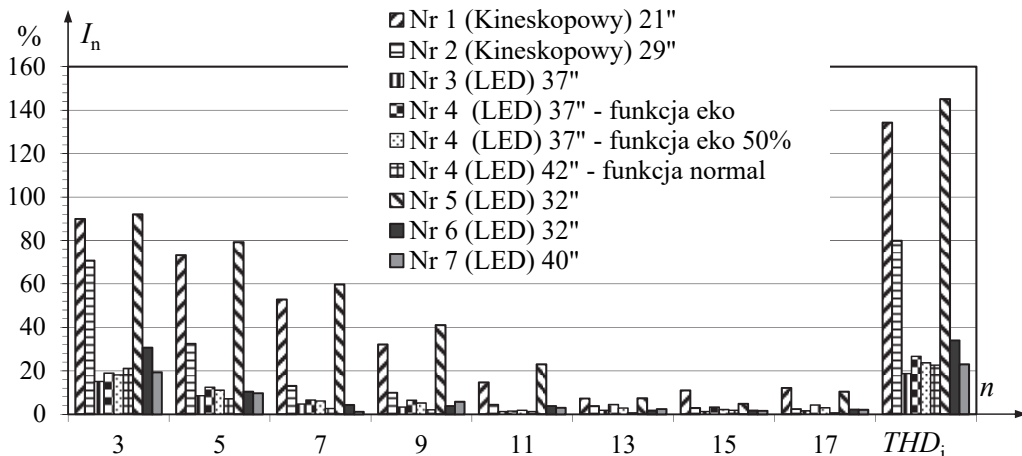
W celu określenia oddziaływania telewizorów na sieć zasilającą do pomiarów wybrano siedem losowo wybranych telewizorów przedstawionych w tabeli 4.

Na rys. 1 przedstawiono procentową zawartość poszczególnych wyższych harmonicznych prądów oraz THD_I podczas pracy telewizorów. Z pomiarów wynika, iż połowa z przebadanych urządzeń pobiera nieparzyste harmoniczne nawet o wartości do 80% dla 3 harmonicznej oraz niższych wartości dla pozo-

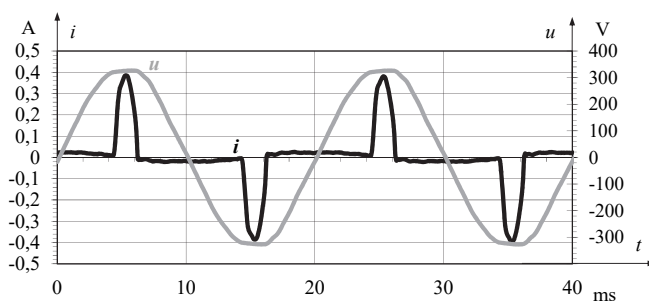
stałych. Całkowity THD_I osiąga nawet wartości 140%. Jednak druga połowa z nich pobiera prąd odkształcony THD_I o wartości ok. 20%, przy znacznym udziale 3 harmonicznej. Tak duża zawartość wyższych harmonicznych w prądzie zasilającym powoduje jego odkształcenia od kształtu sinusoidy (od rys. 2 do rys. 5). Dotyczy to nie tylko starych telewizorów (rys. 2) jak również nowych (rys. 3). Jednak niektóre nowoczesne telewizory LED pobierają prąd tylko nieznacznie odkształcony od kształtu sinusoidy (rys. 4 i 5). Wynika z tego że producenci mogą zaprojektować taki układ zasilania, aby jak najmniej negatywnie oddziaływać na sieć zasilającą. Z wykresów (rys. 2 i 3) wynika, iż w badanych telewizorach zastosowano prostowniki w układzie Graetza z kondensatorem wygładzającym. Prąd pobierany jest impulsowy i zaczyna się przed szczytem napięcia, a kończy się zaraz za szczytem.

Tabela 4. Typy i dane znamionowe badanych telewizorów.

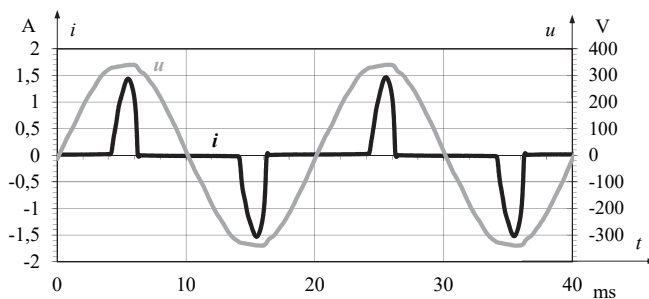
Nr telewizora	Typ telewizora	Moc	Przekątna ekranu
1	Kineskopowy	68 W	21"
2	Kineskopowy	135 W	29"
3	LCD	180 W	37"
4	LCD	190 W	42"
5	LCD	2,5 W	32"
6	LCD	175 W	32"
7	LCD	88 W	40"



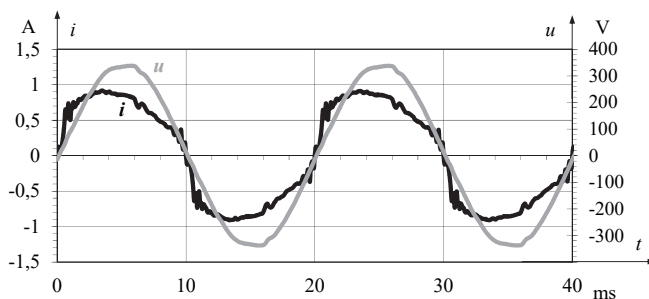
Rys. 1. Zawartość procentowa wyższych harmonicznych prądów oraz THD_I pobieranych z sieci zasilającej nN przez telewizory w stanie pracy znamionowej



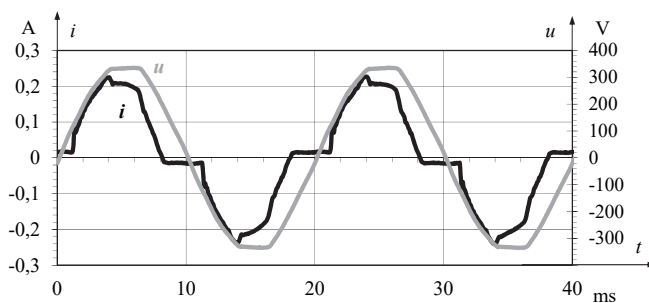
Rys. 2. Przebieg prądu pobieranego przez telewizor LED nr 1, 32" w stanie pracy znamionowej



Rys.3. Przebieg prądu pobieranego przez telewizor kineskopowy nr 6, 21" w stanie pracy znamionowej

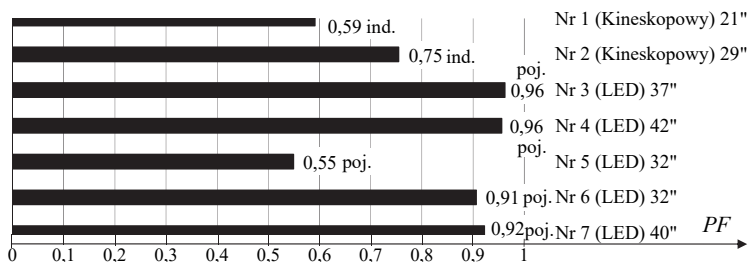


Rys. 4. Przebieg prądu pobieranego przez telewizor LED nr 2, 32" w stanie pracy znamionowej

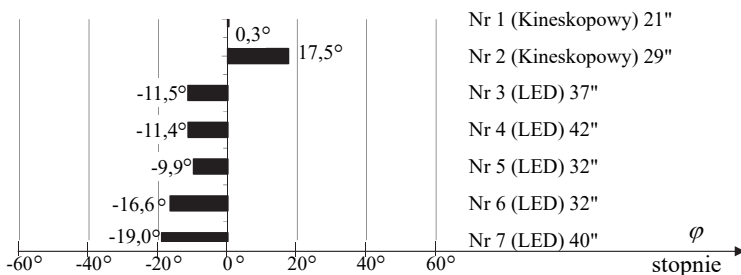


Rys. 5. Przebieg prądu pobieranego przez telewizor LED nr 3, 32" w stanie pracy znamionowej

Dla wszystkich telewizorów LED współczynnik mocy PF ma charakter pojemnościowy (rys. 6), a ich wartości wynoszą od 0,55 do 0,96. Dla telewizorów kineskopowych współczynnik mocy PF ma charakter indukcyjny i wynosi od 0,59 do 0,75. Stosowanie nowoczesnych telewizorów LED powoduje więc obecnie pobór mocy biernej pojemnościowej, a nie jak dawniej mocy biernej indukcyjnej. Dla podstawowej harmonicznej kąt przesunięcia fazowego między prądem i napięciem jest pojemnościowy i wynosi od $-9,9^\circ$ do $-19,9^\circ$ (rys. 7) dla telewizorów LED. Dla telewizorów kineskopowych kąt ten jest indukcyjny i wynosi od $0,3^\circ$ do $17,5^\circ$. Z różnicy współczynnika mocy PF a DPF (współczynnik mocy dla podstawowej harmonicznej) wynika, iż znaczna liczba wyższych harmonicznych bierze udział w poborze mocy biernej.

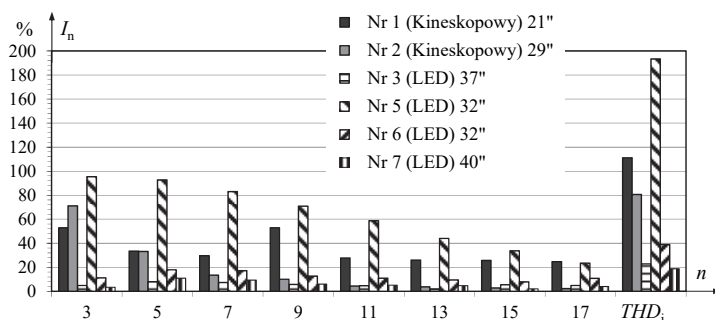


Rys. 6. Zmierzony współczynnik mocy PF dla różnych telewizorów w stanie pracy znamionowej

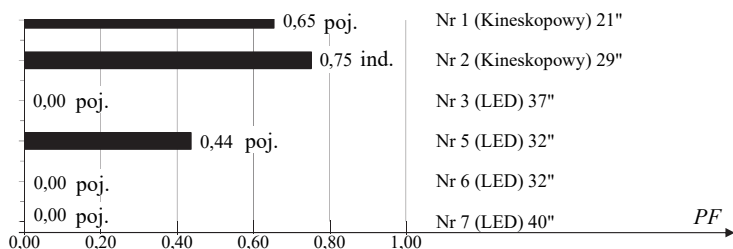


Rys. 7. Zmierzony kąt przesunięcia fazowego pomiędzy napięciem i prądem dla podstawowej harmonicznej dla różnych telewizorów w stanie pracy znamionowej

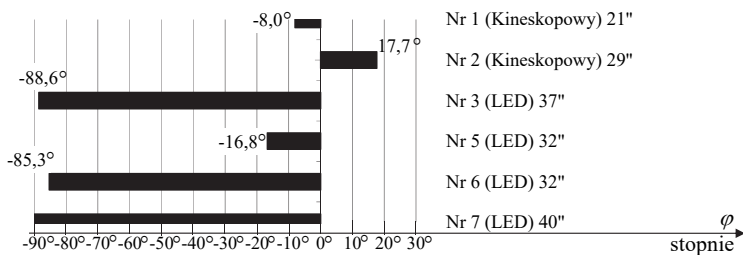
Dodatkowo dokonano pomiarów telewizorów w stanie czuwania. Wówczas wszystkie telewizory pobierały prąd odkształcony (rys. 8) oraz moc bierną pojemnościową dla telewizorów LED (rys. 9 i 10). Niektóre z nich (rys. 11) pobierały przebieg prądu analogiczny jak podczas pracy znamionowej, a pozostałe prąd o niewielkim odkształceniu z impulsami doładowującymi kondensator oraz przesunięte względem napięcia o kąt -90° (rys. 12).



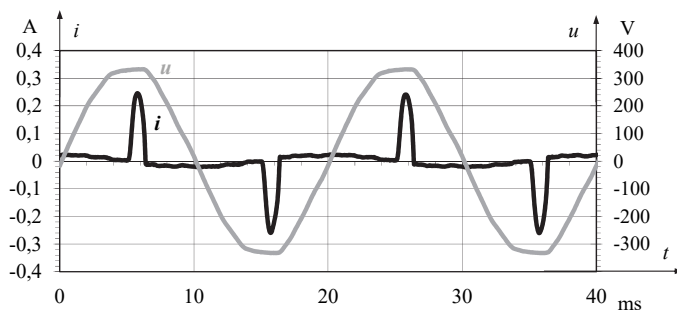
Rys. 8. Zawartość procentowa wyższych harmonicznych prądów oraz THD_I pobieranego z sieci zasilającej nN przez telewizory w stanie czuwania



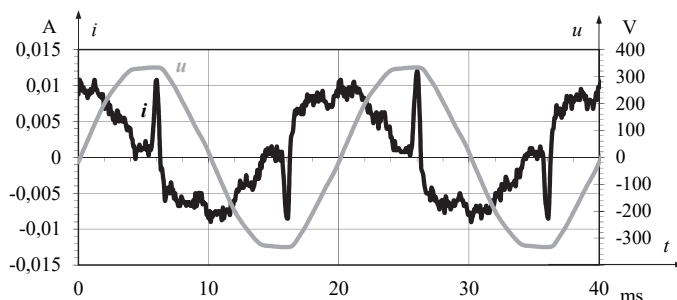
Rys. 9. Zmierzony współczynnik mocy PF dla różnych telewizorów w stanie czuwania



Rys. 10. Zmierzony kąt przesunięcia fazowego pomiędzy napięciem i prądem dla podstawowej harmonicznej dla różnych telewizorów w stanie czuwania

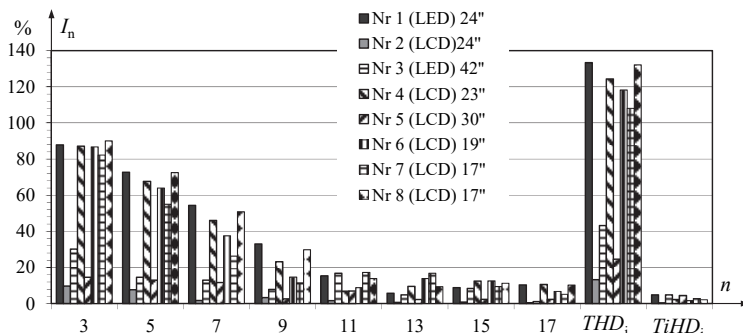


Rys. 11. Przebieg prądu pobieranego przez telewizor LED nr 5, 32" w stanie czuwania

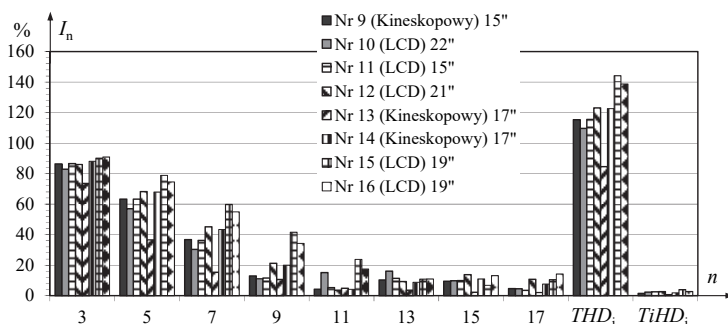


Rys. 12. Przebieg prądu pobieranego przez telewizor LED nr 6, 32'' w stanie czuwania

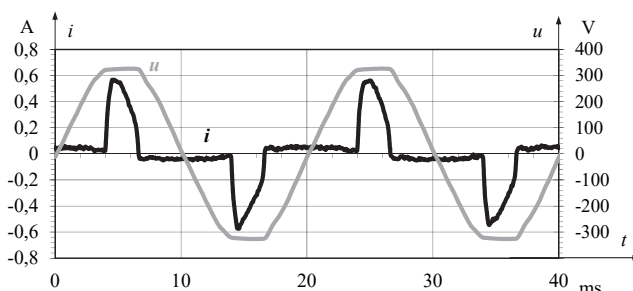
W celu określenia oddziaływania monitorów na sieć zasilającą do pomiarów wybrano szesnaście losowo wybranych telewizorów przedstawionych na rys. 13 i 14. Z pomiarów wyższych harmonicznych wynika, iż większość monitorów generuje do sieci zasilającej harmoniczne o wartości THD_I dochodzący 120%. Nieliczne monitory mają poziomy wyższych harmonicznych prądów wynoszące ok. 20% - 40%. Zawartość poszczególnych harmonicznych prądów wynosi 80% dla trzeciej, 60% dla piątej, 40% dla siódmej i ok. 20% dla dziewiątej. Tak wysoki poziom harmonicznych jest spowodowany impulsowym poborem prądu przez układy zasilające monitory (rys. 15 do rys. 17). Przykłady wybranych przebiegów pokazano na rys. 15 do rys. 19. Dwa monitory pobierają prąd o niewielkim odkształceniu (rys. 18 i 19). Należałoby więc stosować takie rozwiązania zasilania obwodów wewnętrznych monitorów LED, jak w przypadku monitora z rys. 19. Zapewne takie rozwiązanie jest dużo droższe więc producenci stosują prostsze i tańsze rozwiązania przedstawione na rys. 15 do rys. 17. Dokonano również pomiaru współczynnika mocy PF i dPF, których wyniki przedstawiono odpowiednio na rys. 20 i rys. 21. Dwanaście monitorów pobiera moc bierną pojemnościową dla podstawowej harmonicznej, a cztery moc bierną indukcyjną dla podstawowej harmonicznej. Dokonano również pomiaru monitorów w stanie czuwania i wyniki były analogiczne do pomiaru telewizorów.



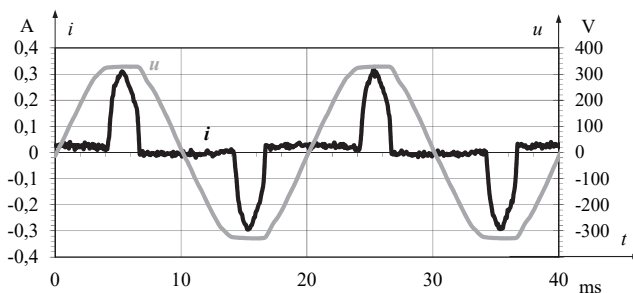
Rys. 13. Zawartość procentowa wyższych harmonicznych prądów oraz THD_I i $TiHD_I$ pobieranego z sieci zasilającej nN przez monitory w stanie pracy znamionowej, cz.1



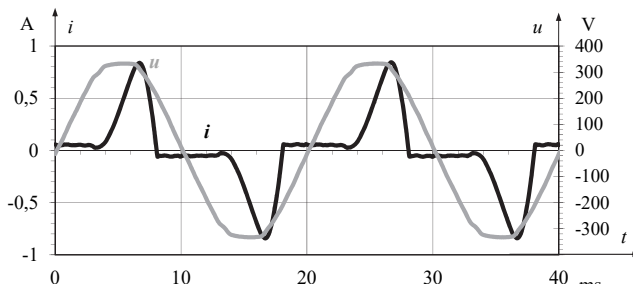
Rys. 14. Zawartość procentowa wyższych harmonicznych prądów oraz THD_1 i $TiHD_1$ pobieranego z sieci zasilającej nN przez monitory w stanie pracy znamionowej, cz.2



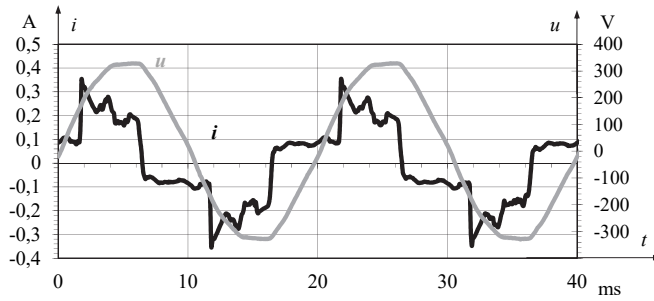
Rys. 15. Przebieg prądu pobieranego przez monitor nr 10 (LCD) 22" w stanie pracy znamionowej



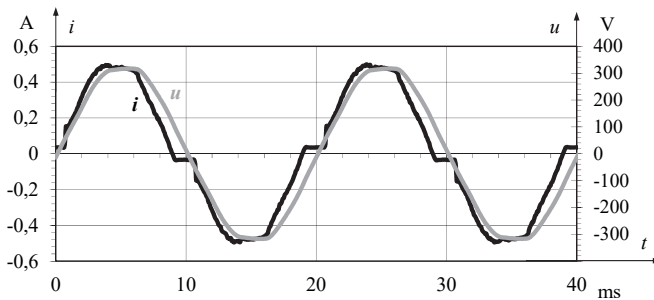
Rys. 16. Przebieg prądu pobieranego przez monitor nr 11 (LCD) 15" w stanie pracy znamionowej



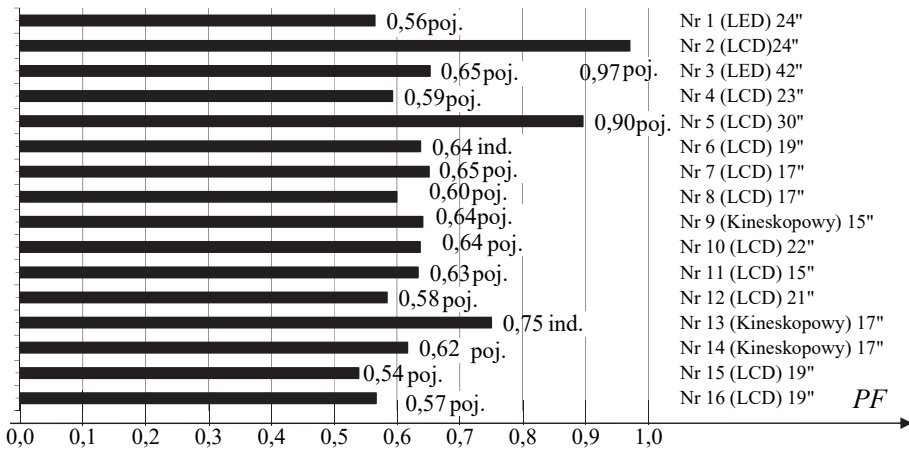
Rys. 17. Przebieg prądu pobieranego przez monitor nr 13 (Kineskopowy) 17" w stanie pracy znamionowej



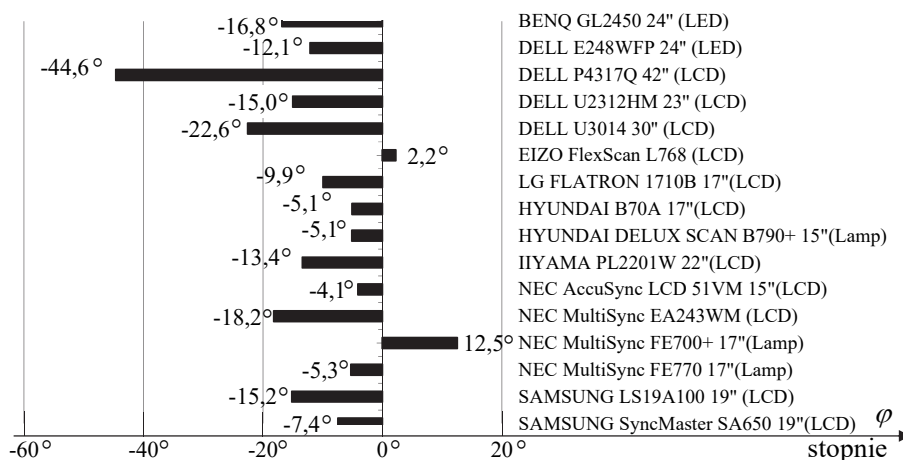
Rys. 18. Przebieg prądu pobieranego przez monitor nr 3 (LED) 42" w stanie pracy znamionowej



Rys. 19. Przebieg prądu pobieranego przez monitor nr 2 (LCD) 24" w stanie pracy znamionowej



Rys. 20. Zmierzony współczynnik mocy PF dla różnych monitorów w stanie pracy znamionowej



Rys. 21. Zmierzony kąt przesunięcia fazowego pomiędzy napięciem i prądem dla podstawowej harmonicznej dla różnych monitorów w stanie pracy znamionowej

5. UWAGI I WNIOSKI

Przepisy Polskie, jak również Unii Europejskiej poza źródłami światła nie określają dopuszczalnych zawartości wyższych harmonicznych generowanych przez urządzenia domowego użytku. Jedynie określają wymagania co do wartości energii pobieranej z sieci i ich kwalifikacji.

Nowoczesne telewizory i monitory LED-owe, jak również starsze kineskopowe powodują:

- pobieranie prądu odkształconego, co wiąże się z generowaniem do sieci zasilającej wyższych harmonicznych prądów (rys. 1, 13 i 14),
- niektóre telewizory i monitory wyposażone są w proste układy prostownikowe z kondensatorem do wygładzenia napięcia wyjściowego podawanego na układy wewnętrzne, pobierają prąd impulsowy (rys. 2, 3, 15, 16 i 17) przez to generują większe wartości wyższych harmonicznych prądów dochodzące do $THD_I = 140\%$ (rys. 1, 13 i 14),
- jedne odbiorniki mają dodatni współczynnika mocy a inne ujemny co może sprawiać problemy z kompensacją mocy biernej, szczególnie przy tak wysokim udziale wyższych harmonicznych,
- wzrost wartości wyższych harmonicznych w napięciu zasilającym w wyniku poboru wyższych harmonicznych prądów oraz możliwości wystąpienia rezonansów prądowych,
- pobieranie z sieci mocy biernej pojemnościowej dla telewizorów LED oraz indukcyjnej dla kineskopowych (rys. 6 i 7) w czasie normalnej pracy,

- wszystkie przebadane w niniejszym artykule telewizory i monitory w czasie czuwania pobierają moc bierną pojemnościową z sieci elektroenergetycznej oraz wyższe harmoniczne,
- pobieranie bardzo dużej wartości trzeciej harmonicznej może powodować przeciążenie przewodu neutralnego, wynika to z sumowania się harmonicznych trzeciego rzędu w układzie trójfazowym. Należałoby zmienić zasady doboru przekroju przewodów oraz zabezpieczeń. Słuszny byłby wymóg stosowania zabezpieczenia również przewodu neutralnego, tj. wyłączników instalacyjnych zespolonych dwu biegunowych dla obwodów 1-fazowych oraz cztero biegunowych dla obwodów 3-fazowych,
- pobieranie prądu impulsowego stawia pod wielkim znakiem zapytania skuteczność ochrony przeciwporażeniowej uzupełniającej za pomocą wyłączników różnicowoprądowych. Z normy PN-HD 60364-4-41 istnieje konieczność stosowania wyłączników różnicowoprądowych, ale norma nie wyjaśnia jakiego rodzaju. Ze względu na cenę najczęściej stosowane są wyłączniki typu AC, które przy prądach impulsowych w ogóle nie działają. Dla takich odbiorników należy stosować wyłączniki typu A [29], [30]. Przecież podobne układy zasilające jak w telewizorach i monitorach można znaleźć w innych urządzeniach domowego użytku np. oświetleniu LED-owym [16], [17].

LITERATURA

- [1] Kurkowski M., Mirowski J., Popławski T., Pasko M., Białoń T., Pomiary energii biernej w instalacjach niskiego napięcia. Przegląd Elektrotechniczny, R. 92, 2016, nr 4, pp. 144–147.
- [2] Mirowski J., Kurkowski M., Białoń T., Pasko M., Harmoniczne prądu w instalacjach oświetleniowych, Przegląd Elektrotechniczny, R. 91, 2015, nr 8, pp. 180–184.
- [3] Prawo energetyczne z dnia 25 września 2012. Dz.U, poz. 1059, tom 1.
- [4] EMC 2014/30/UE - Dyrektywa 2014/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej.
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczególnych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, Dziennik Ustaw, Nr 93, poz. 623.
- [6] PN-EN 50160: 1998. Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.
- [7] IEEE Std 1459-2010 Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions; IEEE, New York, 2010.
- [8] PN-EN 61000-3-2:2014-10: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 3–2: Poziomy dopuszczalne - Poziomy dopuszczalne emisji harmoniczných prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika < lub = 16 A).

-
- [9] PN-EN 61000-3-12:2012: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 3–12: Poziomy dopuszczalne – Poziomy dopuszczalne emisji harmoniczných prądu dla odbiorników o znamionowym prądzie fazowym $> 16\text{ A}$ i $< \text{lub} = 75\text{ A}$ przyłączonych do publicznej sieci zasilającej niskiego napięcia.
- [10] PN-EN 61000-4-30:2015-05: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–30: Metody badań i pomiarów – Metody pomiaru jakości energii.
- [11] PN-EN 61000-4-7:2007/A1:2011: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–7: Metody badań i pomiarów – Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmoniczných i interharmoniczných oraz przyrządów pomiarowych, dla sieci zasilających i przyłączonych do nich urządzeń.
- [12] Kurkowski M., Popławski T., Mirowski J., Energia bierna a przepisy Unii Europejskiej, Rynek Energii, nr 2 (111) 2014, pp. 18–25.
- [13] Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2009/125/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp kierunkowych, lamp z diodami elektroluminescencyjnymi i powiązanego wyposażenia.
- [14] 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.
- [15] Wandachowicz K., Taisner M., Lampy i moduły diodowe zasilane napięciem przemiennym, Poznan University of Technology Academic Journals, No. 92, 2017, pp. 117–122.
- [16] Lange A., Pasko M., Wpływ pracy LED-owych źródeł światła na parametry określające jakość energii elektrycznej, część 1, Poznan University of Technology Academic Journals, No. 93, 2018, pp. 37–52.
- [17] Lange A., Pasko M., Wpływ pracy LED-owych źródeł światła na parametry określające jakość energii elektrycznej, część 2, Poznan University of Technology Academic Journals, No. 93, 2018, pp. 53–66.
- [18] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią.
- [19] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE.
- [20] Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1275/2008 z dnia 17 grudnia 2008 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla zużycia energii przez elektryczne i elektroniczne urządzenia gospodarstwa domowego i urządzenia biurowe w trybie czuwania i wyłączenia.
- [21] Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 642/2009 z dnia 22 lipca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla telewizorów.
- [22] Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 643/2009 z dnia 22 lipca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla urządzeń chłodniczych przeznaczonych dla gospodarstw domowych.

- [23] Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1015/2010 z dnia 10 listopada 2010 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2009/125/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla pralek dla gospodarstw domowych.
- [24] Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1016/2010 z dnia 10 listopada 2010 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla zmywarek do naczyń dla gospodarstw domowych.
- [25] Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 617/2013 z dnia 26 czerwca 2013 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla komputerów i serwerów.
- [26] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/30/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie wskazania poprzez etykietowanie oraz standardowe informacje o produkcji, zużycia energii oraz innych zasobów przez produkty związane z energią.
- [27] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 sierpnia 2007 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego, Dziennik Ustaw, Nr 155, poz. 1089.
- [28] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 grudnia 2010 r. w sprawie procedur oceny zgodności wyrobów wykorzystujących energię oraz ich oznakowania, Dziennik Ustaw, Nr 8, poz. 32.
- [29] PN-EN 61008-1:2013-05: Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB) – Część 1: Postanowienia ogólne.
- [30] PN-EN 61008-2-1:2007: Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB) – Część 2-1: Stosowanie postanowień ogólnych do wyłączników RCCB o działaniu niezależnym od napięcia sieci.

THE INFLUENCE OF THE WORK OF MODERN DOMESTIC DEVICES FOR PARAMETERS DEFINING THE QUALITY OF ELECTRIC ENERGY AND CONDITIONS FOR THE OPERATION OF ELECTRICAL INSTALLATIONS AND PRECAUTIONS OF SHOCK PROTECTION

This paper includes overview of present European Commission's regulations, European Parliament and European Council's directives, Polish laws and regulations as well as standards in the field of power quality with particular reference to power factor PF and higher harmonic content in power network currents and voltages. The results of measurements of power quality parameters for loads such as TV sets and monitors have been presented. Time waveforms of currents for these loads during standard operation and in stand-by mode have been shown. The influence of such devices on design and exploitation of modern power networks, especially taking into account electrical safety, has been analyzed.

(Received: 12.02.2019, revised: 12.03.2019)

