

## Analiza zaopatrzenia w energię elektryczną gospodarstw wiejskich w aspekcie zagrożeń od prądów i pól elektromagnetycznych

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyposażenie gospodarstw wiejskich w wybrane urządzenia elektryczne oraz przeanalizowano stan techniczny instalacji i sieci elektroenergetycznych, w tym jakość dostarczanej energii elektrycznej, pod kątem zagrożeń odbiorców porażeniem prądem elektrycznym i oddziaływaniem pól elektromagnetycznych.

**Abstract.** The paper presents the equipment of rural households with selected electrical receivers. The technical condition of power installations and networks, including the quality of electricity supply, in terms of the consumer risks by electric shock and the effects of electromagnetic fields were analysed (**Analysis of electricity supply of rural households in the aspect of threats from currents and electromagnetic fields**).

**Słowa kluczowe:** pole elektromagnetyczne, ochrona przeciwporażeniowa, jakość energii elektrycznej.

**Keywords:** electromagnetic field, protection against electric shock, electric energy quality.

### Wstęp

Użytkowanie energii elektrycznej pociąga za sobą szereg zagrożeń dla środowiska oraz zdrowia i życia ludzi. Każdy zdaje sobie sprawę z niebezpieczeństwa porażenia prądem elektrycznym, a przypadki takich porażań ze skutkiem śmiertelnym są nagłaśniane i ujmowane w statystykach. Nie wszyscy zdają sobie jednak sprawę z faktu, że użytkowanie energii elektrycznej wiąże się z powstawaniem pól elektromagnetycznych (PEM), które mogą być dla człowieka szkodliwe.

Sieci i instalacje elektroenergetyczne oraz wszystkie urządzenia zasilane za ich pośrednictwem w energię elektryczną wytwarzają PEM o częstotliwości 50 Hz. Część z tych urządzeń, takich jak kuchenki mikrofalowe, telewizory czy komputery, emituje dodatkowo pola o znacznie wyższych częstotliwościach.

Od lat prowadzone są badania i toczą się dyskusje na temat wpływu pól elektromagnetycznych na środowisko, w szczególności na zdrowie ludzi. I chociaż zdania na temat stopnia szkodliwości tych pól są podzielone zaowocowały one wprowadzeniem przepisów określających dopuszczalne wartości wielkości charakteryzujących PEM, oddzielnie dla miejsc pracy, z wyszczególnieniem trzech grup pracowników, miejsc dostępnych dla ludności oraz w obszarze zabudowy mieszkaniowej.

Człowiek spędza w mieszkaniu większą część swojego życia, gdzie narażony jest na działanie pól elektromagnetycznych, zwykle słabych ale często długotrwale działających. W ostatnich latach upowszechnia się pogląd, że długotrwale działanie słabych pól elektromagnetycznych może być dla człowieka groźniejsze niż wystawienie na ekspozycję silnych pól przez krótki okres czasu.

Pole elektromagnetyczne jest tworzone przez współistniejące pole elektryczne i pole magnetyczne. Wielkościami charakteryzującymi PEM są, obok częstotliwości, natężenie pola elektrycznego  $E$  i natężenie pola magnetycznego  $H$  lub alternatywnie indukcja magnetyczna  $B$ . W Polsce, prawnie dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych o częstotliwości 50 Hz w strefie zamieszkania wynoszą dla składowej elektrycznej  $1 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ , a dla składowej magnetycznej  $60 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$  [1], co odpowiada wartości indukcji magnetycznej równej  $75 \text{ }\mu\text{T}$ .

Wymagania te są nieco wyższe niż nieobligatoryjne rekomendacje Unii Europejskiej ( $5 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ ,  $100 \text{ }\mu\text{T}$ ). Jednak w wielu krajach zachodnich, pod wpływem wyników badań epidemiologicznych klasyfikujących pola magnetyczne

małej częstotliwości do czynników przypuszczalnie rakotwórczych [2], podjęto różnego rodzaju działania mające na celu ograniczenie w pomieszczeniach mieszkalnych natężenia pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz do wartości  $0,4\text{--}10 \text{ }\mu\text{T}$  [3].

Poziom narażenia na oddziaływanie pól elektromagnetycznych pochodzących od instalacji elektroenergetycznych oraz zasilanych za ich pośrednictwem urządzeń elektrycznych zależy od odległości od źródła pola, natężenia przepływającego prądu, w instalacjach trójfazowych dodatkowo od odległości między elementami źródła zasilanymi z różnych faz czy stopnia równomierności obciążenia prądowego w poszczególnych fazach [4].

Na stopień narażenia na oddziaływanie pól elektromagnetycznych niskiej częstotliwości w miejscach zamieszkania ma zatem wpływ wyposażenie gospodarstw w odbiorniki energii elektrycznej, ich liczba, moce, rozmieszczenie, sposób podłączenia do sieci, wywoływane zakłócenia elektromagnetyczne, a także stan techniczny urządzeń oraz instalacji, za pośrednictwem których są w energię zasilane.

W pracy przeanalizowano sytuację w tym zakresie na przykładzie wiejskich gospodarstw domowych. Badania prowadzono w latach 2001–2002, 2006–2008 i 2015–2017. Objęto nimi łącznie 400 gospodarstw położonych na terenach wiejskich województwa małopolskiego. Liczebność i charakterystyka energetyczna gospodarstw dały podstawę do uznania ich za reprezentatywne dla regionu.

### Wyposażenie gospodarstw w odbiorniki elektryczne

Zgodnie ze stosowaną klasyfikacją statystyczną elektryczne odbiorniki gospodarstwa domowego dzieli się, w zależności od przeznaczenia, na urządzenia grzewcze – do ogrzewania pomieszczeń i ciepłej wody użytkowej, urządzenia do gotowania posiłków, urządzenia wentylacji mechanicznej i klimatyzacji, źródła światła do oświetlenia mieszkań oraz sprzęt AGD i RTV.

W tabeli 1 przedstawiono wyposażenie wiejskich gospodarstw domowych w wybrane urządzenia elektryczne zasilane z sieci niskiego napięcia. Wybrano urządzenia, które charakteryzują się znaczącym udziałem w strukturze wyposażenia i/lub dynamicznym wzrostem tego udziału, a indukcja magnetyczna wytwarzanego przez nie pola, w odległości 30 cm, może przekraczać wartość  $0,4 \text{ }\mu\text{T}$ .

Pierwszym urządzeniem wyszczególnionym w tabeli 1 jest kuchenka mikrofalowa. W kuchenke mikrofalowej następuje zamiana pola elektromagnetycznego o częstotliwości 50 Hz na PEM o częstotliwości 2,45 GHz. Pole magnetyczne w odległości 30 cm od obudowy techniki mikrofalowej, będącej w dobrym stanie technicznym, może osiągnąć poziom 10  $\mu\text{T}$ . W miarę upływu czasu pogarsza się szczelność elektryczna kuchenek mikrofalowych, co powoduje wzrost promieniowania. W kuchenki mikrofalowe wyposażona była w 2001 r. jedna czwarta badanych gospodarstw. W 2016 r. ich udział sięgał już 62%, co oznacza wzrost wyposażenia w analizowanym okresie o 148%. Pola magnetyczne o podobnym natężeniu wytwarzają miksery i roboty kuchenne. Najsilniejsze pola magnetyczne, bo dochodzące do 20  $\mu\text{T}$  w odległości 30 cm od urządzenia, pochodzą od odkurzaczy.

Tabela 1. Wyposażenie gospodarstw wiejskich w odbiorniki gospodarstwa domowego (lata 2001–2016) i natężenia pól elektromagnetycznych przez nie wytwarzanych [2, 4-9]

Urządzenie	Procent gospodarstw wyposażonych w 2016 r.	Przyrost względny wyposażenia w latach 2001–2016	E [V/m]	B [ $\mu\text{T}$ ]	Odległość od źródła pola [cm]
Kuchenka mikrofalowa	62	1,5	10	10	30
			70	70	15
Odkurzacz	97	0,1	200	20	30
			80	7	30
Suszarka do włosów	100	0,0	70	15	15
			3 000	3	3
Robot kuchenny	62	1,1		12	30
Mikser	86	0,3	100	10	30
Pralka automat.	93	0,6	130	3	30
Piekarnik elektryczny	44	2,1	8	0,5	30
Kuchnia elektryczna	8	3,0		8	15
Zmywarka	27	8,0		3	30
Chłodziarka	100	0,0		2	30
Komputer	71	3,4	400	1	30

Natężenie pola magnetycznego znacząco zależy od odległości od jego źródła. Warto o tym pamiętać użytkując takie urządzenia jak suszarki do włosów. Wytwarzane przez nie pole magnetyczne w odległości 3 cm może osiągać wartość nawet 3 mT

### Stan techniczny instalacji elektrycznych

Instalacja elektryczna obejmuje współpracujące ze sobą urządzenia elektryczne niskiego napięcia służące doprowadzeniu energii elektrycznej z sieci rozdzielczej do odbiorników. Zły stan techniczny instalacji elektrycznej grozi porażeniem prądem elektrycznym, pożarem, a także wzrostem natężeń pól elektromagnetycznych przez nią wytwarzanych. Ocena stanu instalacji na jej zgodność z wymaganiami normatywnymi przeprowadzono w oparciu o badania eksploatacyjne instalacji wykonane w latach 2006–2008 i 2016–2017.

Instalację elektryczną w budynku łączy się z siecią zasilającą za pomocą odcinka linii zwanego przyłączem. Zaleca się, aby było ono kablowe, a w przypadku przyłącza

napowietrznego ma być wykonane przewodami izolowanymi.

Stwierdzono, że 22 procent gospodarstw jest zasilanych za pośrednictwem przyłączy kablowych. Przyłącza napowietrzne wykonane przewodami nieizolowanymi stanowią 9% przyłączy we wszystkich badanych obiektach, gdy 10 lat temu było ich 30%.

Z przeprowadzonych wywiadów wynika, że jakiegokolwiek modernizację w gospodarstwach zwykle zaczynało od wymiany przyłącza. Wprowadzanie przyłączy izolowanych, a zwłaszcza kablowych, nie tylko poprawia skuteczność ochrony przeciwporażeniowej mieszkańców, ale znacząco ogranicza wartość indukcji magnetycznej.

Ze względu na ochronę przeciwporażeniową, w gospodarstwach wiejskich instalacja elektryczna powinna być wykonana w układzie zasilania sieci TN-S (względnie TN-C-S), a w uzasadnionych przypadkach również w układzie TT. W ostatnich 10 latach sytuacja w tym zakresie uległa poprawie, bo zmniejszyła się znacząco liczba gospodarstw, w których przewód neutralny pełni równocześnie funkcję przewodu ochronnego. Obecnie obiekty takie stanowią 32%, gdy w latach 2006–2008 było ich prawie 60%.

Ochrona przed porażeniem w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej nosi nazwę ochrony podstawowej, a do powszechnie stosowanych środków tej ochrony zalicza się izolację podstawową części czynnych oraz przegrody i obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP2X lub IPXXB [10].

Podstawowe znaczenie przy ocenie ochrony podstawowej odgrywa pomiar rezystancji izolacji części czynnych. Zmniejszenie wartości rezystancji izolacji poniżej 1 M $\Omega$  uznaje się za niebezpieczne i powinno skutkować wykonaniem remontu instalacji. Ostatnie pomiary rezystancji izolacji przewodów wykazały, że w ponad połowie badanych gospodarstw nie spełnia ona wymagań normatywnych. Porównania w tym zakresie z wcześniejszymi badaniami są niemożliwe, gdyż norma z 2009 roku zaostrzyła dwukrotnie wymagania odnośnie minimalnych wartości rezystancji izolacji.

Jeśli izolacja ulegnie przebiciu, z wszelkimi tego konsekwencjami, powinny zadziałać środki ochrony dodatkowej (ochrona przy uszkodzeniu). W badanych gospodarstwach takim środkiem ochrony jest samoczynne wyłączenie zasilania. Norma stanowi, że niezbędnym uzupełnieniem ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania są w każdym budynku główne połączenia wyrównawcze.

W ramach badań skuteczności ochrony przy uszkodzeniu przeprowadzono pomiary impedancji pętli zwarcia, sprawdzenie warunków samoczynnego zadziałania zabezpieczeń nadprądowych, a także pomiary parametrów wyłączników różnicowoprądowych. W 8 procentach badanych gospodarstw stwierdzono nieskuteczność środków ochrony przy uszkodzeniu, głównie z powodu zbyt dużej impedancji pętli zwarcia. Jest to tym bardziej groźne, że gospodarstwa, w których taka sytuacja ma miejsce, nie są wyposażone w wyłączniki RCD, a do tego brakuje połączeń wyrównawczych.

Badania wykazały, że tylko jedna czwarta gospodarstw jest wyposażona w wyłączniki różnicowoprądowe. Wprawdzie norma, jako urządzenia samoczynnie wyłączające zasilanie, traktuje równorzędnie zabezpieczenia nadprądowe i zabezpieczenia różnicowoprądowe, to nie ulega wątpliwości, że wysokoczułe wyłączniki RCD mogą uratować życie w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony dodatkowej, a także w przypadku nieostrożności użytkowników.

Badania sprawdzające, czy stan techniczny instalacji lub urządzeń elektrycznych nie uległ podczas eksploatacji pogorszeniu w stopniu powodującym zagrożenie dla ich dalszego bezpiecznego użytkowania, powinny być przeprowadzane nie rzadziej niż co 5 lat. W analizowanych gospodarstwach badania takie nie mają miejsca, co po części wynika z niewiedzy użytkowników.

### Jakość zasilania w energię elektryczną

Wszystkie badane gospodarstwa zasilane są za pośrednictwem napowietrznych sieci niskiego napięcia. Sieci niskiego napięcia są ostatnim ogniwem na drodze przepływu energii elektrycznej z elektrowni do odbiorców, w związku z czym każde pogorszenie jakości energii jest przypisywane właśnie tym sieciom. Parametry jakościowe energii elektrycznej w przypadku sieci działającej bez zakłóceń określa Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. [11].

Jakość energii elektrycznej jest tożsama z jakością napięcia zasilającego. Prowadzone badania [12] wykazały, że spośród zaburzeń napięcia za najbardziej uciążliwe dla odbiorców większych można uznać odchylenia napięcia zasilającego od wartości znamionowej i jego wahania oraz asymetrię i odkształcenia napięć. Następstwem tych zaburzeń jest m. in. wzrost natężenia przepływającego prądu, co przyspiesza starzenie się izolacji i zwiększa ryzyko porażenia prądem elektrycznym, a także powoduje wzrost natężenia pola elektromagnetycznego.

Decydujący wpływ na pracę odbiorników elektrycznych ma wartość skuteczna napięcia zasilającego odbiorcę. Jest ona powiązana z parametrami obwodu zasilającego, tj. jego długością i przekrojami przewodów, a także obciążeniem, poprzez wywoływane w obwodzie spadki napięć. Z tego powodu, a także dla potrzeb ochrony przeciwporażeniowej, zaleca się, aby długości obwodów zasilających, liczone od stacji transformatorowej do najdłuższego rozgałęzienia, nie przekraczały 500 m (w uzasadnionych przypadkach 1 000 m), a przekroje przewodów były większe niż 50 mm<sup>2</sup>.

Prawie wszystkie poddane badaniom gospodarstwa są zasilane napięciem dopuszczalnym przez normę. Problemy z utrzymaniem wymaganego poziomu napięcia wystąpiły tylko w jednym z badanych gospodarstw. 10 lat temu takich gospodarstw było trzy.

Na obszarze objętym badaniami odsetek obwodów zasilających o długości większej od 1 km kształtuje się na poziomie 15% i od lat praktycznie się nie zmienia. Najdłuższe obwody mają zazwyczaj przewody o przekrojach 25 i 35 mm<sup>2</sup>. Gospodarstwa, w których stwierdzono nieskuteczność ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu, należą właśnie do obiektów zasilanych tymi obwodami. Większość badanych gospodarstw posiada trójfazowe zasilanie. Natomiast większość odbiorników gospodarstwa domowego wykonana jest jako jednofazowe. Praca takich odbiorników w sieci trójfazowej prowadzi do asymetrii prądów obciążenia, co powoduje asymetrię spadków napięć, a w konsekwencji asymetrię napięć zasilających. Niesymetria napięć i prądów w układzie trójfazowym wpływa niekorzystnie na pracę sieci oraz przyłączonych do niej odbiorników, w szczególności odbiorników jednofazowych, z których część jest zasilana napięciem albo wyższym, albo niższym od znamionowego. Przepływ różnych prądów w przewodach fazowych prowadzi także do wzrostu w ich otoczeniu natężenia pola elektromagnetycznego w porównaniu z polem układu symetrycznego [3].

Analiza wykazała, że na badanych terenach wartości składowej symetrycznej kolejności przeciwnej napięcia zasilającego mieszczą się w przedziale od 0,08 do 0,47 % wartości składowej kolejności zgodnej, nie przekraczając

tym samym wartości dopuszczalnej przez przepisy (2%) [11]. Największe wartości asymetrii napięć rejestrowano w godzinach wieczornych, nawet o jedną trzecią wyższe od przeciętnego zaburzenia, kiedy to włączana jest do sieci największa liczba odbiorników gospodarstwa domowego.

Obecnie większość odbiorników gospodarstwa domowego to urządzenia z energoelektronicznymi obwodami wejściowymi, o nieliniowych charakterystykach prądowo-napięciowych, powodujące odkształcenia przebiegów prądów i wywoływanych przez te prądy spadków napięć. Odbiorniki gospodarstwa domowego mają w większości niewielkie moce znamionowe, ale tworząc skupiska mogą powodować odkształcenia napięcia zasilającego. Odkształcenie napięcia zasilającego jest jednym z najgroźniejszych zaburzeń elektromagnetycznych, a jego oceny dokonuje się w oparciu o kryterium:

- dopuszczalnych wartości poszczególnych wyższych harmonicznych,
- dopuszczalnej wartości współczynnika zawartości harmonicznych THD<sub>U</sub>.

Kryteria te muszą być spełnione jednocześnie, co w praktyce oznacza, że jeżeli któraś z wyższych harmonicznych zbliża się do wartości granicznej to pozostałe muszą być znacznie mniejsze, aby sumaryczna wartość współczynnika zawartości harmonicznych THD<sub>U</sub> nie przekroczyła wartości dopuszczalnej wynoszącej 8% [11].

W tabeli 2 zebrano względne wartości wyższych harmonicznych prądu, w procentach składowej podstawowej, wprowadzane do sieci przez wybrane odbiorniki gospodarstwa domowego. Zestawienie sporządzono w oparciu o literaturę przedmiotu, przy czym w tabeli wyszczególniono maksymalne wartości udziałów poszczególnych harmonicznych spośród zaobserwowanych przez różnych autorów [13-16].

Odkształcenia przebiegów prądów i napięć wywoływane przez odbiorniki gospodarstwa domowego powodują, że prądy przez nie pobierane przekraczają nawet o kilkadziesiąt procent wartości podane na tabliczkach znamionowych [13]. Ponadto w przypadku układów trójfazowych zdarza się, że prądy płynące przez przewody neutralne mają znacząco większe natężenia niż prądy fazowe, nawet 1,7 razy, co jest powodowane głównie niemal algebraicznym sumowaniem się prądów trzeciej harmonicznej wywołanych przez nieliniowe odbiorniki jednofazowe.

Tabela 2. Względne wartości wyższych harmonicznych prądu, w procentach składowej podstawowej, wprowadzane do sieci przez wybrane odbiorniki gospodarstwa domowego [13-16]

Urządzenie	Zawartość procentowa wyższych harmonicznych prądów		
	h <sub>3</sub>	h <sub>5</sub>	h <sub>7</sub>
Kuchenka mikrofalowa	30,2	8,0	3,8
Odkurzacz	66,4	31,8	17,7
Chłodziarka	92,5	87,2	61,9
Telewizor z lampą Kineskopową	93,5	81,7	66,2
Telewizor LCD	92,0	81,5	66,0
Komputer stacjonarny	80,0	47,8	22,9
Laptop z zasilaczem	95,3	91,5	84,1
Światłówka kompaktowa	70,4	23,2	23,2
Lampa LED	85,0	64,0	46,0

Zawartość wyższych harmonicznych w napięciu zasilającym mierzono w stacjach transformatorowych, za pośrednictwem których energia elektryczna jest dostarczana do badanych gospodarstw. Nigdzie nie stwierdzono przekroczenia poziomu prawnie

dopuszczalnego, zarówno w odniesieniu do zawartości poszczególnych harmonicznego napięcia, jak i współczynnika THD<sub>u</sub>, który zmieniał się od 2,2 do 5,1%. Pomimo tego wydaje się, że w najbliższej przyszłości odkształcenia napięć zasilających mogą stać się na terenach wiejskich znaczącym problemem.

### Podsumowanie

Liczba odbiorników gospodarstwa domowego użytkowanych na terenach wiejskich systematycznie rośnie. Obecnie przeciętne gospodarstwo posiada, nie licząc źródeł światła, 14 takich odbiorników, gdy 15 lat temu było ich 9. Szczególnie dużo przybyło kucharek mikrofalowych. Odbiorniki gospodarstwa domowego są źródłem pól elektromagnetycznych, które w ich pobliżu mogą osiągać dla składowej magnetycznej wartość kilku tysięcy  $\mu\text{T}$ .

Na obwody zasilające odbiorniki w gospodarstwach wiejskich składają się, poczynając od transformatora 15/0,4 kV:

- linie napowietrzne o długościach przekraczających, w 15 procentach przypadków, 1 km i przekrojach przewodów mniejszych niż 50mm<sup>2</sup>,
- przyłącza wykonane w przeszło dwóch trzecich gospodarstw jako napowietrzne, w tym 12% to przyłącza nieizolowane,
- instalacje elektryczne wewnątrz budynków, które nie są poddawane wymaganym okresowym badaniom eksploatacyjnym.

W efekcie tego stan techniczny instalacji elektrycznych w wielu badanych gospodarstwach wiejskich jest niezadowolający, grożąc porażeniem prądem. W 9 procentach badanych obiektów jest to zagrożenie bardzo duże, gdyż przy osłabionej izolacji podstawowej, braku wyłączników RCD, nie jest tam spełniony warunek samoczynnego wyłączenia zasilania.

Odbiorniki gospodarstwa domowego to najczęściej odbiorniki jednofazowe, o małych mocach znamionowych, w dużej części nieliniowe, tworzące skupiska. Są one źródłem asymetrii napięć zasilających oraz powodują ich odkształcenia. Następstwem tych zaburzeń jest m.in. wzrost natężenia przepływającego prądu, co przyspiesza starzenie się izolacji i zwiększa ryzyko porażenia prądem elektrycznym, a także zwiększa poziom narażenia na pola elektromagnetyczne.

Wywiady przeprowadzone z właścicielami gospodarstw wiejskich wykazały, że nie zdają sobie oni sprawy ze stanu technicznego instalacji elektrycznych w budynkach, a ich subiektywne odczucia nie pokrywają się przeważnie z wynikami pomiarów. Kupując, rozmieszczając i użytkując odbiorniki gospodarstwa domowego nie biorą oni też pod uwagę możliwych zagrożeń ze strony wytwarzanych przez urządzenia elektryczne pól elektromagnetycznych.

**Autor:** prof. dr hab. inż. Małgorzata Trojanowska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych,  
ul. Balicka 116b, 30-149 Kraków,  
E-mail: malgorzata.trojanowska@urk.edu.pl

### LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz. U. nr 192, poz. 1883)
- [2] <http://www.EMFs.info/Electric and magnetic fields and health>
- [3] Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monographs (2002), IARC Press: Lyon
- [4] Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P., Pole magnetyczne wytwarzane przez wyposażenie elektroenergetyczne w budynkach. Zalecenia profilaktyczne dotyczące ograniczenia narażenia długotrwałego. Bezpieczeństwo Pracy 5 (2011), 16-19
- [5] Gryz K., Karpowicz J., Ekspozycja na pola elektromagnetyczne w pomieszczeniach biurowych i metody jej ograniczania. Przegląd Elektrotechniczny 12 (2004), 1188-1193
- [6] Bieńkowski P., Zubrzak B., Źródła pola elektromagnetycznego w życiu codziennym człowieka. XXI Sympozjum Środowiskowe PTZE: Zastosowania elektromagnetyzmu w nowoczesnych technikach i informatyce, Lubliniec 5-8 czerwca 2011. Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu, Warszawa, 39-43
- [7] Wantuch A., Janowski M. Elektryczne źródła światła - wpływ na zdrowie człowieka. Przegląd Elektrotechniczny 3 (2016), 173-176
- [8] <http://www.allum.pl>: Otto M., von Mühledah K.E., Pole elektromagnetyczne w gospodarstwie domowym, kwiecień 2013
- [9] <http://www.szkodliwepromieniowanie.pl>
- [10] PN-HD 60364-4-41:2009. Instalacje elektryczne niskiego napięcia-Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Ochrona przed porażeniem elektrycznym
- [11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu energetycznego (Dz. U. nr 93 poz. 623, z późniejszymi zmianami)
- [12] Hanzelka Z., Jakość zasilania energią elektryczną – wybrane przykłady. II Ogólnopolska Konferencja ETW 2004: Energoelektryka na terenach wiejskich. Jachranka k/Warszawy 23-23 listopada 2004. Centralny Ośrodek Szkolenia SEP, 22-28
- [13] Nęcka K., Analiza wytwarzania wyższych harmonicznego przez odbiorniki nieliniowe. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 4 (2012)
- [14] Kuryło K., Sabat W., Klepacki D., Wyższe harmonicznego prądu generowane przez kompaktowe fluorescencyjne źródła światła zasilane napięciem sinusoidalnym i odkształconym. Pomiary Automatyka Kontrola, 8 (2014), 622-625
- [15] Kuryło K., Kamuda K., Klepacki D., Sabat W., Analiza odkształceń prądu pobieranego przez wybrane urządzenia gospodarstwa domowego. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej 50 (2016), 39-42
- [16] Lange A., Pasko M., Wpływ pracy ledowych źródeł światła na parametry określające jakość energii elektrycznej, część 1. Poznan University of Technology Academic Journals 93 (2016), 37-52