

## Problemy pomiaru zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez źródła światła LED

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono problemy związane z metodami pomiaru zaburzeń radioelektrycznych promieniowanych emitowanych przez źródła światła (np. LED) określone normą EN55015. Zauważono mniejszą wiarygodność stosowania metody CDN, która jest metodą alternatywną do metod pomiaru emisji w komorach ekranowanych (np. GTEM). Przedstawiono wyniki badania emisji promieniowanych wybranych lamp LED dotyczące opisanego problemu.

**Abstract.** The article presents problems related to the measurement methods of radiated radioelectric disturbances emitted by light sources (eg LED) defined by EN55015 standard. Smaller trustworthiness of the use of the CDN method have been noted, which is an alternative method to the methods of measuring emissions in shielded chambers (eg GTEM). Presented are the results of the radiated emission test of selected LED lamps regarding the described problem. **Problems of measurement of radio electric disturbances emitted by LED lamps**

**Słowa kluczowe:** lampy LED, emisje promieniowane, metoda CDN, norma EN55015.

**Keywords:** LED lamps, radiated emissions, CDN method, EN55015 standards.

### Wstęp

W naszych domach i mieszkaniach coraz bardziej popularne są kompaktowe lampy energooszczędne, oraz zaawansowane technologicznie źródła światła - lampy LED.

Urządzenia oświetleniowe z diodami LED mogą wywoływać zaburzenia elektromagnetyczne i zakłócać pracę innych urządzeń [1], dlatego też często podlegają kontrolom przez Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej, w ramach planu kontroli wyrobów [2] w obszarze Dyrektywy EMC 2014/30/UE [3].

Elektryczne źródła światła ze względu na swoje użytkowe zastosowanie są najpopularniejszymi urządzeniami elektrycznymi wykorzystywanymi przez człowieka. Dzięki temu doczekały się dedykowanej im normy europejskiej - EN55015 - „Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne” [4]. Według wymagań normy EN 55015 przy ocenie lamp LED należy uwzględnić następujące wymagania:

- poziomu dopuszczalnego napięcia zaburzeń na zaciskach zasilania sieciowego, oraz
- poziomu dopuszczalnego emisji zaburzeń promieniowanych.

Poziomy emisji dla zaburzeń przewodzonych dotyczą zakresu częstotliwości od 9kHz do 30MHz.

W przypadku zaburzeń promieniowanych rozpatruje się dwa rodzaje wymagań zależne od częstotliwości:

- w zakresie częstotliwości od 9kHz do 30MHz, wymagania dopuszczalnego poziomu składowej magnetycznej natężenia pola mierzone jako prąd indukowany w antenach ramowych obejmujących urządzenie oświetleniowe,

- w zakresie częstotliwości 30 MHz do 300 MHz, wymagania dopuszczalnego poziomu składowej elektrycznej natężenia pola zaburzeń promieniowanych.

Oprócz wymagań dotyczących zaburzeń radioelektrycznych, urządzenia oświetleniowe podlegają również wymaganiom dotyczącym emisji harmonicznych zgodnie z normą EN61000-3-2 [5][6].

### Pomiary emisji promieniowanych

Urządzenia oświetleniowe w odróżnieniu od wielu innych urządzeń występują głównie w środowisku mieszkalnym, dlatego też w normie nie znajdujemy podwyższonych poziomów dla środowiska przemysłowego. W przypadku środowiska przemysłowego limity są wyższe

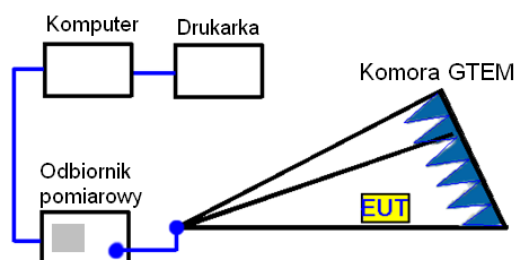
o 10dB. Według normy EN55015 rozpatruje się limity zaburzeń promieniowanych zgodnie z tabelą Tab.1.

Tak ostre poziomy dopuszczalne często są problemem dla producentów urządzeń oświetleniowych z uwagi na drogę propagacji zaburzeń.

Tabela 1. Poziomy dopuszczalnej emisji zaburzeń promieniowanych w zakresie częstotliwości od 30MHz do 300MHz dla odległości 10m.

Zakres częstotliwości MHz	Poziomy dopuszczalne dla wartości quasi szczytowej dB( $\mu$ V/m)
30 do 230	30
230-300	37
Przy częstotliwości granicznej stosuje się niższy poziom dopuszczalny	

Zaburzenia promieniowane można mierzyć na poligonach lub w komorach ekranowanych, korzystając z odbiorników pomiarowych lub analizatorów widma. W zakresach częstotliwości mierzonych sygnałów mamy do czynienia z zaburzeniami intencjonalnymi wywołanymi nadajnikami radiowymi i nadajnikami telefonii komórkowej, dlatego ważne jest aby urządzenie było badane w warunkach o odpowiednim widmie elektromagnetycznym tła. Przykładową metodą w której ograniczony jest wpływ widma tła jest pomiar emisji w komorze GTEM (Rys.1).



Rys.1. Układ pomiarowy z komorą GTEM.

Przy przeprowadzaniu pomiarów emisji urządzeń oświetleniowych pojawiają się problemy wynikające z przekroczenia dopuszczalnych poziomów zaburzeń [2]. Na podstawie tego można spodziewać się że urządzenia nie są kompatybilne elektromagnetycznie.

Norma EN55015 podaje jednak inny sposób realizacji procedur oceny zgodności, a mianowicie spotykamy w niej informację [4], że:

„Dla zakresu częstotliwości od 30MHz do 300MHz badania

mogą być prowadzone w sposób określony w Załączniku B z poziomami dopuszczalnymi określonymi w Tabelicy B.1. Jeśli sprzęt oświetleniowy jest zgodny z wymaganiami określonymi w załączniku B, uznaje się go za zgodny z poziomami dopuszczalnymi tego podrozdziału.”

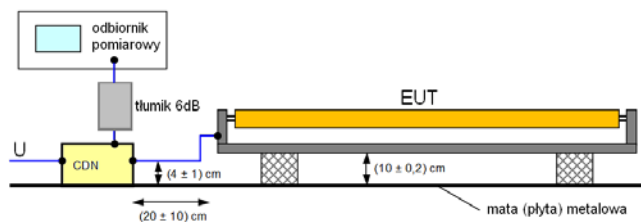
W przypadku tej alternatywnej metody – dopuszczalne poziomy zaburzeń przedstawione są w tabeli Tab.2.

Tabela 2. Poziomy dopuszczalnego napięcia na zaciskach, metoda CDN.

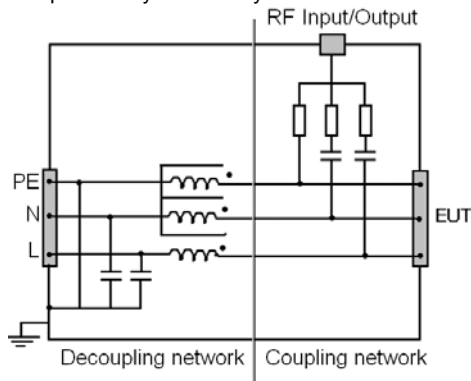
Zakres częstotliwości MHz	Poziomy dopuszczalne dla wartości quasi szczytowej dB(μV)
30 do 100	64 do 54
100-230	54
230-300	61
Przy częstotliwości granicznej stosuje się niższą z wartości dopuszczalnych. Poziom maleje w funkcji logarytmu częstotliwości	

Omawiana metoda pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych CDN opisana jest w normatywnym załączniku B normy EN55015.

Generalnie metoda ta polega na pomiarach napięcia na zaciskach urządzenia, czyli w przewodzie zasilającym za pomocą odbiornika pomiarowego. Do wyniku pomiaru należy dodać tłumienie wnoszone przez układ CDN dla sygnału RF, wynikające z napięciowego współczynnika podziału w układzie CDN. Dodatkowo do wyniku pomiaru dodaje się następne 6dB, które wynikają z zastosowanego tłumika na wyjściu RF układu CDN. Układ pomiarowy metody CDN przedstawiony jest na rysunku rys.2.



Rys.2. Układ pomiarowy dla metody CDN.

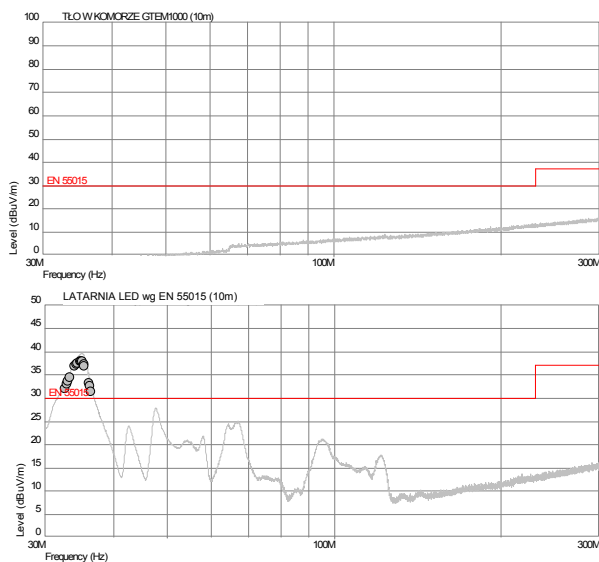


Rys.3. Schemat układu CDN.

Układ CDN (Coupling Decoupling Networks) służy do wyodrębnienia sygnału zaburzeń badanego urządzenia i wyeliminowania pozostałych zaburzeń w przewodzie zasilania. Schemat układu CDN przedstawia rysunek rys.3.

### Wyniki pomiaru emisji promieniowanej źródeł światła

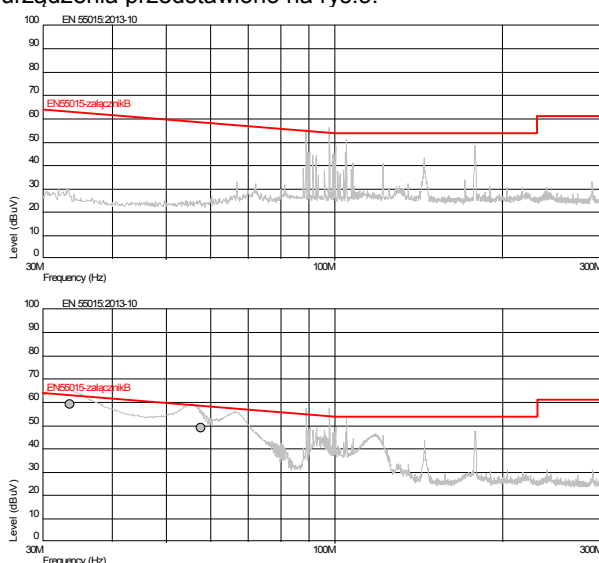
Poniżej zamieszczono wyniki pomiarów wybranych źródeł światła: latarnia LED i plafon LED. W pierwszym przypadku do pomiarów emisji promieniowanych wykorzystano komorę GTEM 1000 firmy Teseq, oraz odbiornik pomiarowy Teseq SMR 4503. Uzyskano następujące wyniki pomiaru widma tła i badanego urządzenia (rys. 4).



Rys.4. Wyniki pomiarów dla latarni LED w komorze GTEM.

W zakresie częstotliwości 30MHz ÷ 40MHz zaobserwowano przekroczenie dopuszczalnych poziomów o około 8dB, czyli wartości pomierzone dochodziły do 38dBuV/m.

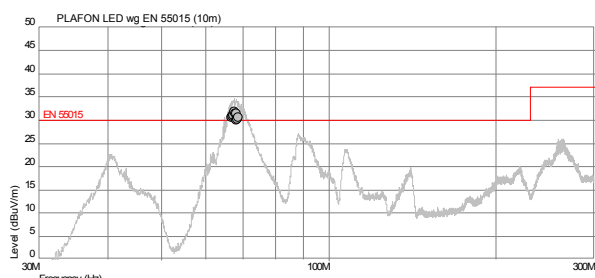
Ten sam obiekt zbadano następnie wykorzystując opisaną wcześniej metodę CDN. W tym celu wykorzystano sprzęt firmy Teseq: odbiornik pomiarowy SMR 4503, CDN M016, oraz tłumik 6dB. W pomiarach uwzględniono tłumienie 9,5dB±1dB wynikające z napięciowego współczynnika podziału w układzie CDN, oraz tłumienie 6dB tłumika. Wyniki pomiarów widma tła i badanego urządzenia przedstawiono na rys.5.



Rys.5. Wyniki pomiarów dla latarni LED metodą CDN.

W przypadku pomiaru tła można zaobserwować sygnały nadajników radiowych (około 100MHz), które „zacierają” końcowe pomiary zaburzeń urządzenia. Wykorzystana metoda okazała się „lepsza” dla producenta badanego urządzenia, gdyż maksymalny wynik pomierzonego zaburzenia nie przekroczył limitu. Dla częstotliwości 33,6MHz przy limicie 63dBuV, uzyskano wynik 59dBuV, czyli około 4dB poniżej limitu. Mimo dużego poziomu zaburzeń promieniowanych wykazanych w pomiarach w komorze GTEM, zgodnie z załącznikiem B normy EN55015 – urządzenie spełnia wymagania dla zaburzeń w zakresie 30MHz ÷ 300MHz.

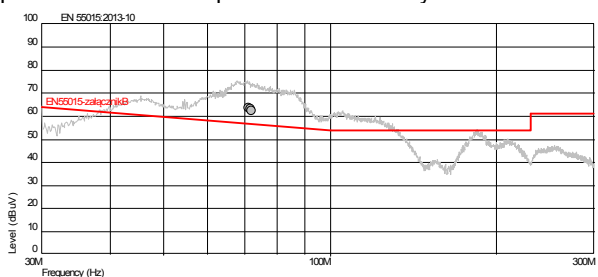
Podobne pomiary wykonano dla innego urządzenia oświetleniowego - plafonu LED. Wyniki pomiarów w komorze GTEM przedstawione są na rys.6.



Rys.6. Wyniki pomiarów dla plafonu LED w komorze GTEM.

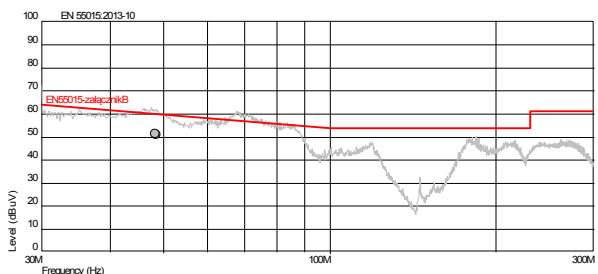
W tym przypadku uzyskano także przekroczenia (2dB) dopuszczalnego poziomu. Dla częstotliwości 67,5MHz, limit wyniósł 30dBuV/m, a uzyskano około wynik 32dBuV/m.

W przypadku metody CDN dla plafonu LED, również uzyskano przekroczenie dopuszczalnego poziomu. Tym razem dla częstotliwości 71MHz przy limicie 57dBuV uzyskano wynik około 64dBuV (7dB powyżej limitu). Wyniki pomiarów zaburzeń przedstawiono na rys.7.



Rys.7. Wyniki pomiarów dla plafonu LED metodą CDN.

Dodatkowo wykonano pomiary zaburzeń plafonu LED metodą CDN z nałożonymi ferrytami na przewód zasilający. Wyniki pomiarów przedstawiono na Rys.8.



Rys.8. Wyniki pomiarów dla plafonu LED metodą CDN (z ferrytami nałożonymi na przewód zasilający).

Na podstawie pomiarów, określono że największe zaburzenie występuje dla 48,5MHz, i przy limicie 60dBuV uzyskano wynik 50,9dBuV (9,1dB poniżej limitu).

Wynika z tego, że poprzez ograniczenia zaburzeń na zaciskach zasilania można „redukować zaburzenia promieniowane” używając ferrytów, a badany plafon LED spełni wówczas wymagania normy EN55015 pod kątem zaburzeń promieniowanych w zakresie 30MHz ÷ 300MHz.

## Podsumowanie i wnioski

Dla urządzeń oświetleniowych (np. typu LED) norma EN55015 przewiduje pomiary zaburzeń promieniowanych za pomocą dwóch sposobów:

- 1) pomiar natężenia pola elektrycznego E (dBuV/m) – metoda w komorze ekranowanej (np. GTEM),
- 2) pomiar napięcia w przewodzie U (dBuV) – metoda alternatywna CDN.

Spełnienie wymagań w zakresie zaburzeń promieniowanych jest ułatwione, gdyż wystarczy, że jedna z wymienionych metod zakończy się pozytywnym wynikiem.

Metoda alternatywna polegająca na wykorzystaniu CDN jest prosta i tania, gdyż nie wymaga komory GTEM. Niestety jest obciążona większymi błędami metody, oraz problemami zaburzeń sygnałami radiowymi (widmo tła), a co się z tym wiąże - trudnością w ocenie zaburzeń wprowadzonych przez samo EUT.

Kontrowersyjny wydaje się Załącznik B normy EN55015, wg którego istnieje zgodność pomiarów zaburzeń na zaciskach urządzenia oświetleniowego ze zgodnością z wymaganiami dla zaburzeń promieniowanych w zakresie od 30MHz do 300MHz. Zaburzenia promieniowane w postaci pola elektrycznego w szerokim zakresie częstotliwości są emitowane przez obudowę. W tym przypadku redukcję tych zaburzeń można realizować przez np. ekranowanie.

Wykorzystując metodę CDN – można za pomocą filtrów i ferrytów redukować zaburzenia w przewodach, a nie zaburzenia emitowane przez obudowę (choć w pewnym stopniu redukujemy wpływ anteny, czyli przewodu zasilającego). Wydaje się, że wprowadzona prosta i tania metoda, pozwala na „łatwiejsze przepuszczenie” urządzeń w procesie oceny zgodności, mimo nadmiernych zaburzeń promieniowanych.

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

## LITERATURA

- [1] Kuryło K., Kamuda K., Klepacki D., Sabat W., Kielar D., Badanie zaburzeń radioelektrycznych generowanych przez lampy LED, Academic Journals, Electrical Engineering Nr 92, ISSN 1897-0737, Poznań, 2017
- [2] Podsumowanie z kontroli urządzeń LED przeprowadzonych w okresie od 1 stycznia 2014 r. do 31 grudnia 2015 r. - Urząd Komunikacji Elektronicznej - Warszawa, luty 2016 r.
- [3] 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
- [4] PN-EN 55015 - Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne
- [5] PN-EN 61000-3-2 - Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 3-2: Poziomy dopuszczalne -- Poziomy dopuszczalne emisji harmoniczných prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika < lub = 16 A)
- [6] Kasprzak A., Orlikowski M., Brodecki D. - *Badania harmoniczných prądu zasilania źródeł światła LED dostępnych na rynku*. Przegląd Elektrotechniczny 2014 R.90 nr 7 s.187-190, sum. ISSN 0033-2097