

## **EMISJA ZABURZEŃ PRZEWODZONYCH GENEROWANYCH PRZEZ GRUPĘ LAMP LED**

**Kazimierz KURYŁO<sup>1</sup>, Wiesław SABAT<sup>2</sup>, Dariusz KLEPACKI<sup>3</sup>, Kazimierz KAMUDA<sup>4</sup>**

Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki

1. tel.: 17 854-47-08, e-mail: kkurylo@prz.edu.pl
2. e-mail: wsabat@prz.edu
3. e-mail: dklepa@prz.edu.pl
4. e-mail: kazik@prz.edu.pl

**Streszczenie:** W artykule zamieszczono wyniki badań emisji zaburzeń radioelektrycznych przewodzonych dla lamp LED wyprodukowanych przez trzech producentów. Badania przeprowadzono w kilku etapach. Najpierw scharakteryzowano każdą z badanych lamp LED pod względem generowanych zaburzeń radioelektrycznych. Później przeanalizowano trzy przypadki pracy grupowej, w których łącząc lampy w różne konfiguracje zasilano je z jednego obwodu. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że praca grupowa lamp LED, w której znajdują się lampy emitujące zaburzenia o różnych wartościach, może obniżyć wartość emisji zaburzeń generowanej przez całą grupę.

**Słowa kluczowe:** kompatybilność elektromagnetyczna, zaburzenia przewodzone, lampy LED.

### **1. WSTĘP**

#### **1.1. Problematyka dotycząca zaburzeń przewodzonych**

Termin "zaburzenie elektromagnetyczne" oznacza przyczynę, czyli zjawisko elektromagnetyczne, które może obniżyć jakość działania urządzenia lub systemu.... [1]. Zaburzenia elektromagnetyczne można podzielić na dwa rodzaje tj: zaburzenia przewodzone i zaburzenia promieniowane. Ze źródła zaburzeń do środowiska elektromagnetycznego zaburzenia przewodzone propagowane są za pośrednictwem przewodów zasilających lub sygnałowych, natomiast zaburzenia promieniowane propagowane są przy udziale fal elektromagnetycznych. Droga propagacji uzależniona jest od zakresu częstotliwości w którym emitowane są zaburzenia. Może się zdarzyć również tak, że zaburzenia elektromagnetyczne mogą się rozprzestrzeniać na drodze przewodzonej i promieniowanej jednocześnie, jeżeli dane urządzenie emituje zaburzenia w szerokim zakresie częstotliwości. Źródłem zaburzeń elektromagnetycznych są wadliwie skonstruowane urządzenia elektryczne, które nie spełniają norm i przepisów kompatybilności elektromagnetycznej. Emitowane wówczas zaburzenia elektromagnetyczne o znacznych wartościach mogą wywoływać zakłócenia w pracy innych urządzeń zasilanych z tych samych instalacji elektrycznych, czy nawet znajdujących się w tym samym budynku (wpływ zaburzeń promieniowanych). Z tej przyczyny każde urządzenie elektryczne dopuszczone do obrotu na terenie Unii Europejskiej musi spełniać wymogi

dyrektywy EMC 2014/30/UE [2] i norm zharmonizowanych z tą dyrektywą. Obowiązek spełnienia tych wymogów został nałożony na producentów urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz importerów tych urządzeń. Zgodnie z tymi wymaganiami, wszystkie urządzenia elektryczne i elektroniczne powinny być tak zaprojektowane i wykonane oraz użytkowane, aby pracując w danym środowisku elektromagnetycznym (np. mieszkalnym, przemysłowym) nie wprowadzały (emitowały) do tego środowiska zaburzeń elektromagnetycznych o wartościach przekraczających dopuszczalne poziomy [3].

Sporą grupę odbiorników elektrycznych tworzą odbiorniki oświetleniowe [4], które wykorzystywane w pomieszczeniach biurowych, handlowych itp., tworzą skupiska (grupy) tych odbiorników [5]. Zdarza się, że oferowane w handlu lampy LED nie spełniają standardów kompatybilności i wówczas taka pojedyncza lampa, czy grupa lamp zainstalowanych w danym pomieszczeniu stają się źródłem zaburzeń radioelektrycznych [6]. Dlatego w tym artykule autorzy analizują trzy przypadki pracy grupowej lamp LED. W pierwszym przypadku analizowana jest praca grupowa lamp LED emitujących znaczne zaburzenia elektromagnetyczne o wartości przekraczającej dopuszczalne limity. Natomiast w drugim i trzecim przypadku do wcześniej badanej grupy lamp dołączono kilka lamp LED, które charakteryzowały się niską emisyjnością elektromagnetyczną.

#### **1.2. Metodyka badań**

Pomiary wybranych lamp LED zostały przeprowadzone na stanowisku badawczym usytuowanym w komorze bezchowej znajdującej się w specjalizowanym laboratorium EMC Katedry Systemów Elektronicznych i Telekomunikacyjnych Politechniki Rzeszowskiej [6].

W przypadku źródeł światła pomiar zaburzeń elektromagnetycznych przewodzonych jest realizowany zgodnie z normą PN-EN 55015 [7], w której zawarte są między innymi dopuszczalne limity emisji zaburzeń [6,7]. W badaniach wykorzystano trzy lampy LED o tej samej mocy znamionowej wyprodukowane przez tego samego producenta (producent A) oraz osiem lamp LED o różnych mocach znamionowych, które pochodziły od różnych producentów (producenci oznaczeni jako B i C). W tabeli 1

podano specyfikację badanych lamp. Badania przeprowadzono w trzech etapach najpierw scharakteryzowano poszczególne badane lampy pod względem ich emisji. Później zbadano emisję zaburzeń generowanych przez grupę lamp LED wyprodukowanych przez producenta A, następnie do grupy lamp LED producenta A dołączono dwie a później trzy lampy producenta B, a potem trzy lampy wyprodukowane przez producenta C. Wówczas cała grupa (odbiorników) liczyła dziewięć lamp LED. Stanowisko badawcze znajdujące się w komorze bezchowej z widoczną grupą lamp LED zasilanych z sieci 230V za pośrednictwem odpowiednich filtrów i specjalnej sieci sztucznej (VESH3 Z5) przedstawiono na rysunku 1. Sieć sztuczna została podłączona do specjalnego odbiornika zaburzeń ESU 26, który sterowany był przy pomocy komputera PC z zainstalowanym oprogramowaniem MC32. Wymienione elementy stanowiska pomiarowego zostały szerzej opisane w pracy [6]. Oprogramowanie MC32 pozwalało w sposób automatyczny sterować pracą odbiornika i sieci sztucznej oraz rejestrować wartości poziomu napięcia zaburzeń i przedstawiać je w sposób graficzny w postaci wykresów.



Rys. 1. Stanowisko badawcze zlokalizowane w komorze bezchowej

Na rysunkach od 2 do 7 widoczne są tak zwane „linie oporowe” narysowane linią łamaną. Linia przerywana dotyczy limitu dla wartości zaburzeń quasi-szczytowych QP (Quasi Pik), natomiast linia ciągła dotyczy wartości średnich (average AV). Wymienione linie określają dopuszczalne poziomy emisji zaburzeń, które określone są w normie PN-EN-55015 [5].

## 2. WYNIKI BADAŃ

### 2.1. Charakterystyki badanych lamp LED

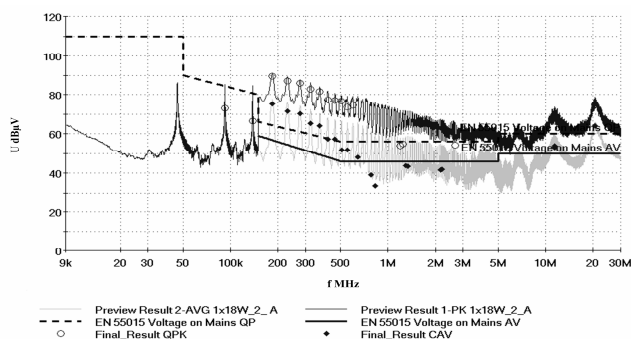
Jak wspomniano w punkcie 1.2 najpierw zbadano każdą lampę LED ze względu na wartość emisji zaburzeń przewodzonych. W tabeli 1 podano specyfikację badanych lamp LED.

Tabela 1. Zestawienie badanych lamp LED

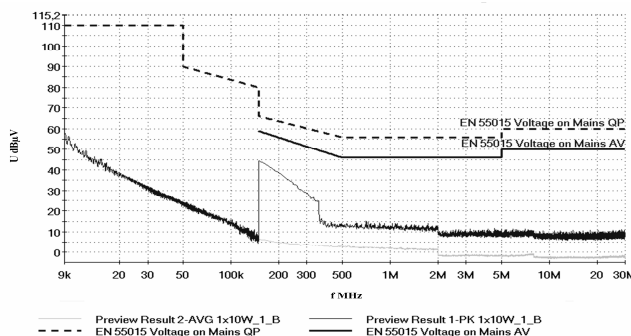
Rodzaj lampy	Moc znamionowa jednej lampy	Ilość badanych lamp szt.	Oznaczenie producenta
LED	18W	3	A
LED	10W	5	B
LED	8W	3	C

Natomiast poniżej zamieszczono przykładowe rysunki (rys. 2, 3 i 4) obrazujące poziom emisji zaburzeń przewodzonych dla lamp wyprodukowanych przez

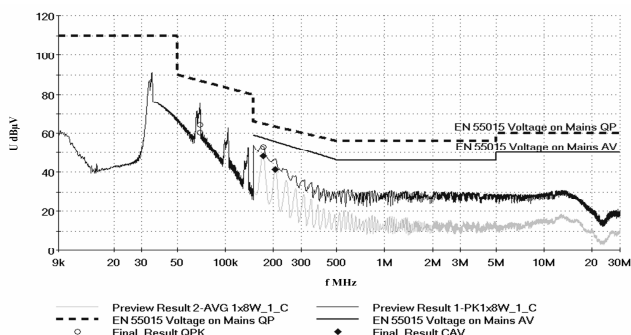
producentów A, B i C. Przykładowo na rysunku 2, na tle linii oporowych widoczne są zmiany wartości napięcia zaburzeń zarejestrowane dla jednej z trzech badanych lamp LED wyprodukowanych przez producenta A (oznaczenie 1x18 W\_2\_A dotyczy lampy 18 W badanej jako druga, wyprodukowanej przez producenta A). Wykres oznaczony linią koloru czarnego dotyczy wartości szczytowych, natomiast szarym kolorem zaznaczony jest wykres zmian wartości średnich. Następnie program MC32 oblicza wartości QP i AV. Obydwa rodzaje wartości QP i AV odnoszone są do dopuszczalnych limitów podanych w normie EN-55015. Widoczne na rysunku 2 zarejestrowane wartości QP i AV przekraczają dopuszczalne limity (zarejestrowane wartości są ponad liniami oporowymi). Przykładowo dla częstotliwości 183,75 kHz wartość QP wyniosła 89,54 dB $\mu$ V i 75,2 dB $\mu$ V dla wartości średniej AV, gdzie dopuszczalne wartości wynoszą odpowiednio 64 dB $\mu$ V dla wartości QP i 56 dB $\mu$ V dla wartości średniej AV. Wynika z tego, że dopuszczalna wartość QP została przekroczona o około 25 dB $\mu$ V (tab. 2).



Rys. 2. Przykładowe zarejestrowane wartości emisji zaburzeń dla jednej z trzech lamp LED 18 W producenta A (1x18 W\_2\_A)



Rys. 3. Przykładowe zarejestrowane wartości emisji zaburzeń dla jednej z pięciu lamp LED 10 W producenta B (1x10 W\_1\_B)



Rys. 4. Przykładowe zarejestrowane wartości emisji zaburzeń dla jednej z trzech lamp LED 18 W producenta C (1x8 W\_1\_C)

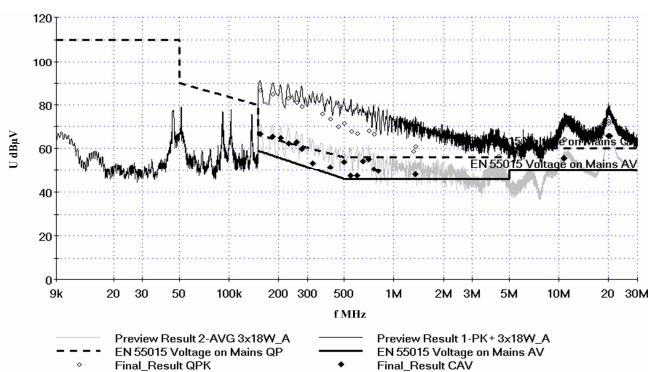
## 2.2. Praca grupowa trzech lamp LED producenta A

Wszystkie trzy badane lampy producenta A wykazywały przekroczenia ponad dopuszczalne limity [7]. Wartości tych przekroczeń zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Zarejestrowane wartości QP i AV dla trzech lamp 18 W producenta A

Oznaczenie lampy LED	Częstotliwość kHz	Wartość zmierzona QP dBμV	Limit dBμV	Margines dBμV	Producent
1x18W 1 A	181,5	78,83	64,42	-14,41	A
1x18W 2 A	183,75	89,54	64,31	-25,22	
1x18W 3 A	186,00	91,65	64,21	-27,43	
Oznaczenie lampy LED	Częstotliwość kHz	Wartość zmierzona AV dBμV	Limit dBμV	Margines dBμV	Producent
1x18W 1 A	181,5	66,69	56,94	-9,75	A
1x18W 2 A	183,75	74,93	56,81	-18,12	
1x18W 3 A	186,00	74,44	56,68	-17,76	

Przykłady zamieszczonych przekroczeń wartości QP i AV dla wybranych częstotliwości nasuwają pytanie, jak zmieni się wartość emisji zaburzeń przewodzonych, gdy lampy zostaną zasilone z jednego obwodu elektrycznego? Taka sytuacja może się zdarzyć, gdy lampy LED producenta A zostaną użyte w instalacji oświetleniowej np. obiektu biurowego, czy handlowego. Wyniki dla takiego przypadku pokazano na rysunku 5.



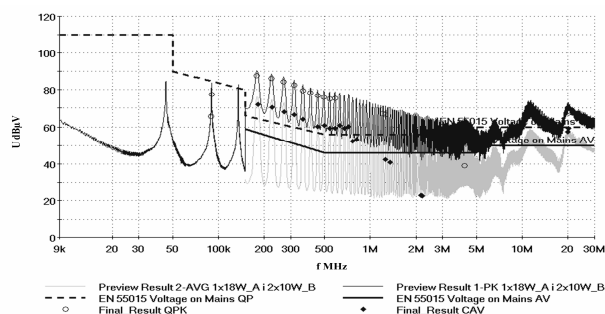
Rys. 5. Zarejestrowane wartości emisji zaburzeń dla grupy trzech lamp LED 18 W producenta A zasilanych z jednego obwodu

Porównując wyniki przedstawione na rysunku 5 z wynikami prezentowanymi na rysunku 2 zauważamy, że na wykresie zmian wartości szczytowych (rys. 5) pojawiły się dodatkowe harmoniczne, które są wynikiem pracy trzech niezależnych układów zasilających badane lampy LED. Szczególnie jest to widoczne w niskim zakresie częstotliwości od 40 do 140 kHz. Widać tam charakterystyczne piki w napięciu. Wynika to z tego, że w układach zasilających zastosowano przetwornice pracujące każda z inną częstotliwością (zakres częstotliwości ich pracy zawiera się od 45 do 51 kHz). W efekcie można zauważyć niewielkie, kilku decybelowe obniżenie wartości QP oraz wartości średnich AV. W tym przypadku mamy do czynienia z naturalnym (bez nakładów ekonomicznych) sposobem obniżenia o kilka decybeli wartości emisji zaburzeń. Dlatego w kolejnym rozdziale zostanie rozpatrzony przypadek, gdy w obwód z jedną lampą 18 W zostaną dołączone dwie lampy 10 W producenta B.

## 2.3. Praca grupowa lamp LED producentów A i B

W tym przypadku w jednym obwodzie zasilającym będą pracowały: jedna lampa LED 18 W producenta A

i dwie lampy LED 10 W producenta B. Uzyskano, w ten sposób porównywalny pobór mocy. Jak pokazano na rysunku 3 lampy producenta B charakteryzują się niską wartością emisji zaburzeń przewodzonych. Pojawia się kolejne pytanie, czy wspólna praca lamp charakteryzujących się niskim poziomem emisji (producent B) oraz lamp, które generują znaczne zaburzenia (producent A) będzie rozwiązaniem korzystnym, pozwalającym obniżyć emisję zaburzeń elektromagnetycznych generowaną przez tak skonfigurowaną grupę lamp.



Rys. 6. Zarejestrowane wartości emisji zaburzeń dla grupy trzech lamp LED: jednej 18 W producenta A oraz dwóch 10 W producenta B, które zasilano z jednego obwodu

Praca grupowa lamp producenta A i B w rozpatrywanej konfiguracji nie przyniosła oczekiwanego rezultatu obniżenia poziomu wartości emisji zaburzeń. W tym przypadku uzyskano zaledwie kilku decybelowe obniżenie wartości emisji. Przykładowo dla częstotliwości 179,25 kHz uzyskano wartość QP wynoszącą około 87 dBμV, a dla częstotliwości 181,5 kHz uzyskano wartość 79,1 dBμV. Porównując te wartości z wartościami zamieszczonymi w tabelach 2 i 3 można stwierdzić, że rzeczywiście nie uzyskano zamierzonego efektu. Dlatego do badanej grupy lamp dołączono jeszcze trzy lampy 10 W producenta B (w sumie 5 lamp 10 W producenta B i jedna 18 W lampa producenta A). Wyniki wartości QP i AV dla wybranych częstotliwości zamieszczono w tabeli 4. Dla porównania w tabeli 5 podano dodatkowo wartości z poprzedniego przypadku, w którym pracowały dwie lampy 10 W i jedna 18 W.

Tabela 4. Wartości quasi-pik (QP) i wartości średnie AV emisji zaburzeń dla wybranych częstotliwości. Praca grupowa lamp producentów A i B

Oznaczenie lampy LED	Częstotliwość kHz	Wartość zmierzona QP dBμV	Limit dBμV	Margines dBμV	Producent
1x18W_A, 2x10W_B	179,25	87,73	64,52	-23,21	A i B
1x18W_A, 5x10W_B	179,25	81,31	64,52	-16,79	A i B
Oznaczenie lampy LED	Częstotliwość kHz	Wartość zmierzona AV dBμV	Limit dBμV	Margines dBμV	Producent
1x18W_A, 2x10W_B	0,1815	71,94	56,94	-15	A i B
1x18W_A, 5x10W_B	179,25	67,84	57,08	-10,76	A i B

Zastosowanie pięciu lamp LED 10 W producenta B pracujących wspólnie z lampą 18 W pozwoliło uzyskać obniżenie emisji zaburzeń. Przykładowo porównując podane w tabeli 4 wartości QP, można stwierdzić około 6 dB obniżenie wartości emisji zaburzeń.

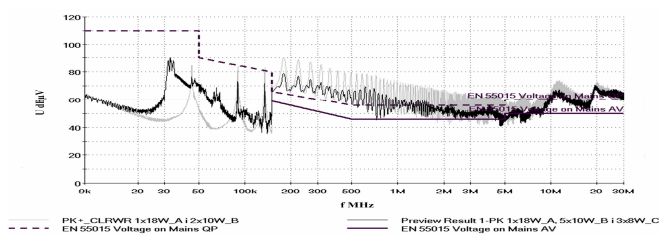
## 2.4. Praca grupowa lamp LED producentów A, B i C

W tym przypadku w jednym obwodzie elektrycznym będzie pracowało: pięć lamp 10 W producenta B, 3 lampy 8 W producenta C oraz jedna lampa 18 W producenta A. W tej sytuacji w obwodzie będą pracowały w większości lampy LED charakteryzujące się wartościami emisji, które nie przekraczają dopuszczalnych limitów (rys. 3 i 4). W tabeli 5 zamieszczono wartości QP i AV dla tego przypadku.

Tabela 5. Wartości quasi-pik (QP) i wartości średnie AV emisji zaburzeń dla wybranych częstotliwości. Praca grupowa lamp producentów A, B i C

Oznaczenie lampy LED	Częstotliwość kHz	Wartość zmierzona QP dB $\mu$ V	Limit dB $\mu$ V	Margines dB $\mu$ V	Producent
1x18W_A, 5x10W_B i 3x8W_C	179,25	78	64,52	-13,48	A, B i C
Oznaczenie lampy LED	Częstotliwość kHz	Wartość zmierzona AV dB $\mu$ V	Limit dB $\mu$ V	Margines dB $\mu$ V	Producent
1x18W_A, 5x10W_B i 3x8W_C	179,25	64,53	57,08	-7,45	A, B i C

Porównując, podane w tablicach 4 i 5, wartości QP zarejestrowane dla częstotliwości 179,25 kHz można stwierdzić, że w ostatnim analizowanym przypadku, w którym pracowało dziewięć lamp LED producentów A, B i C uzyskano 10 dB obniżenie wartości napięcia zaburzeń. Dla innych wartości częstotliwości również uzyskano zmniejszenie wartości napięcia zaburzeń. Widoczne jest to na rysunku 7, będącym złożeniem zarejestrowanych wartości szczytowych napięcia zaburzeń dla przypadku pracy grupowej trzech lamp LED producenta A i B (1x18 W\_A i 2x10 W\_B, ) oraz ostatniego analizowanego przypadku, w którym pracowało w sumie 9 lamp LED producentów A, B i C (1x18 W\_A i 5x10 W\_B oraz 3x8 W\_C).



Rys.7. Zestawienie zarejestrowanych wartości szczytowych napięcia zaburzeń dla dwóch przypadków pracy grupowej.

## 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Na rynku pojawiają się czasami lampy LED, które nie spełniają standardów EMC [6] i dlatego są źródłem emisji

zaburzeń radioelektrycznych o znacznych wartościach (rys. 2 i tab. 2). Wykorzystanie takich wadliwie skonstruowanych lamp LED w instalacjach elektrycznych może wywoływać zakłócenia w pracy innych urządzeń elektronicznych zasilanych z tego samego obwodu lub znajdujących się w tym samym budynku. Dlatego lampy LED emitujące zaburzenia radioelektryczne o wartościach przekraczających dopuszczalne limity, powinno się nie dopuszczać do sprzedaży. W przypadku pracy grupowej lamp generujących znaczne zaburzenia elektromagnetyczne, decydujący wpływ ma lampa, która emituje zaburzenia o najwyższych wartościach (1x18 W\_A\_3, tab. 2, rys. 5). Łączenie we wspólnym obwodzie lamp pochodzących od różnych producentów daje korzystne (z punktu widzenia ekonomicznego i radioelektrycznego), naturalne obniżenie wartości emisji zaburzeń elektromagnetycznych nawet o 10 dB (porównanie wartości QP tab.4 i 5, rys. 7). Ale nie zawsze tak musi być. Uzależnione jest to od konstrukcji układowej zasilacza lampy LED i zastosowanej w nim przetwornicy [6]. Autorzy artykułu proponują, aby producenci lamp LED podawali na opakowaniach swoich wyrobów informacje o emisji elektromagnetycznej. Z punktu widzenia autorów artykułu prowadzenie dalszych prac badawczych nad pracą grupową lamp LED jest istotna ponieważ ten rodzaj oświetlenia dynamicznie się rozwija. Obecnie lampy LED dużej mocy wykorzystywane są do oświetlania np. ulic, czy hal produkcyjnych.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. PN-T-01030/1996 Kompatybilność elektromagnetyczna. Terminologia.
2. Dyrektywa Unii Europejskiej 2014/30/UE.
3. Jan Bogucki J., Chudziński A., Połujan J.: Emisja elektromagnetyczna w praktyce, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne nr 1-2, 2007, s. 85-95.
4. Podsumowanie kontroli urządzeń LED..., Raport UKE, Warszawa, 2016
5. Kamuda K., Klepacki D., Kuryło K., Sabat W.: Analiza statystyczna wpływu odbiorników nieliniowych małej mocy na odkształcenie napięcia zasilającego, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 8, 2015, s. 19-22.
6. Kuryło K., Kamuda K., Klepacki D., Sabat W., Kielar D.; Badanie zaburzeń radioelektrycznych generowanych przez lampy LED, Poznan University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering, Nr 92, Politechnika Poznańska, 2017 s. 237-248.
7. PN-EN 55015/2013 Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych wytworzonych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne.

## CONDUCTED DISTURBANCES EMITTED BY THE GROUP OF LED LAMPS

The LED lamps which do not fulfill the EMC standards appear on the market and therefore emit high-resolution radioelectric disturbances with high values. The use of such mismatched lamps in electrical installations can cause interference with other electronic devices in the same building. From this reason, the case of LED lamp group of the same type that emit high value of conductive disturbances and the case where a group of defective LED lamps is connected to a group of LED lamps fulfill the EMC requirements have been analyzed in this paper. The authors hope that the analyzed cases will be interest to people dealing with the subject of electromagnetic disturbances and to installers and users of LED lamps.

**Keywords:** electromagnetic compatibility, conducted disturbances, LED lamps.