

Kazimierz KURYŁO\*, Wiesław SABAT\*, Dariusz KLEPACKI\*  
Kazimierz KAMUDA\*

## **BADANIE ZABURZEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH PROMIENIOWANYCH W ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOŚCI OD 30 DO 300 MHZ NA PRZYKŁADZIE LAMP LED**

Artykuł tematycznie jest związany z zagadnieniami kompatybilności elektromagnetycznej. Zostały w nim zamieszczone wyniki badań zaburzeń elektromagnetycznych promieniowanych, generowanych przez wybrane lampy LED. Badania przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym scharakteryzowano każdą badaną lampę ze względu na wartość generowanych zaburzeń elektromagnetycznych. Uzyskane wyniki odniesiono do dopuszczalnych limitów określonych w normie PN-EN 55015:2013. Natomiast w drugim etapie powiązano uzyskane wyniki z analizą prądu pobieranego przez badane lampy. Te działania pozwoliły określić przyczynę emitowanych zaburzeń. Badania zostały przeprowadzone w specjalistycznym laboratorium EMC, w którym pomiar emisji zaburzeń wykonywany jest w sposób automatyczny przy pomocy aparatury pomiarowej firmy Rohde&Shwarz.

SŁOWA KLUCZOWE: zaburzenia elektromagnetyczne, EMC, lampy LED, norma PN-EN 55015.

### **1. WSTĘP**

Kompatybilność elektromagnetyczna oznacza działania zmierzające do zapewnienia poprawnej pracy urządzeniom i systemom elektrycznym czy elektronicznym w środowisku elektromagnetycznym. Z tego wynika, że każde urządzenie lub system nie powinien wprowadzać (emitować) do środowiska elektromagnetycznego zaburzeń elektromagnetycznych o wartościach przekraczających dopuszczalne limity określone w normach.

Źródłem emisji zaburzeń elektromagnetycznych mogą być również odbiorniki oświetleniowe. Obecnie bardzo popularne są lampy LED, które stały się naturalnym zamiennikiem tradycyjnych żarówek czy świetlówek. W lampach LED stosuje się elektroniczne układy zasilające, które w przypadku, gdy są wadliwie zaprojektowane pod względem przepisów EMC, wówczas mogą być źródłem emisji zaburzeń elektromagnetycznych. O przyczynach generacji zaburzeń ra-

---

\* Politechnika Rzeszowska

dielektrycznych przez układy zasilające stosowane w lampach LED pisano w pracach [1, 2, 3]. Sygnał zaburzający emitowany przez lampy LED może posiadać szerokie pasmo częstotliwościowe. Dedykowana dla badań źródeł światła ze względu na emisję norma PN-EN 55015 [4] we wcześniejszych wersjach z roku 2007 przewidywała badanie źródeł światła w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 30 MHz. Natomiast w nowszej wersji tej normy, z roku 2013, pojawiły się zapisy zalecające badania lamp oświetleniowych w szerokim zakresie częstotliwości, tj. od 9 kHz do 300 MHz.

Z przedstawionych przyczyn zamieszczone w tym artykule wyniki są rozszerzeniem wcześniej prowadzonych badań zamieszczonych w pracy [1], w której badano lampy ze względu na emisję zaburzeń przewodzonych w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 30 MHz. Natomiast zamieszczone w tym artykule wyniki dotyczą badań emisji zaburzeń promieniowanych w zakresie częstotliwości od 30 do 300 MHz. Do badań wybrano tylko te lampy LED, opisane w pracy [1], które nie spełniały postanowień dyrektywy UE EMC 2014/30/UE oraz normy PN-EN 55015 i generowały zaburzenia elektromagnetyczne przewodzone ponad dopuszczalne limity w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 30 MHz. Wyniki badań zamieszczone w pracy [1] oraz w tym artykule pozwalają scharakteryzować lampy LED ze względu na wartość emisji zaburzeń elektromagnetycznych przewodzonych i promieniowanych w zakresie częstotliwości tj. od 9 kHz do 300 MHz. Badania wcześniejsze jak i obecne zostały przeprowadzone w specjalistycznym laboratorium EMC przynależnym do Katedry Systemów Elektronicznych i Telekomunikacyjnych Politechniki Rzeszowskiej.

## 2. BADANIE WYBRANYCH LAMP LED

### 2.1. Dopuszczalne poziomy zaburzeń według normy PN - EN 55015

W normie PN-EN 55015 z roku 2013 podane są dopuszczalne poziomy i metody pomiaru zaburzeń radioelektrycznych generowanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe. W przypadku urządzeń oświetleniowych zintegrowanych, w których elektroniczny układ zasilania jest w jednej obudowie ze źródłem światła oraz nie posiada on zewnętrznego sterownika pozwalającego regulować dostarczaną moc do lampy, tzw. ściemniacza, wartość emitowanego zaburzenia bada się na *zaciskach zasilania urządzenia*. Jak podano we wstępie niniejszego artykułu, zamieszczono w nim wyniki badań emisji zaburzeń w zakresie częstotliwości od 30 do 300 MHz dla którego to zakresu podano w tablicy 2.1 dopuszczalne poziomy składowej elektrycznej natężenia pola zaburzeń promieniowanych, które wyrażone są w wartościach quasi-szczytowych. Norma [4] zaleca zasilac badane odbiorniki oświetleniowe z sieci energetycznej za pośrednictwem sieci *CDN*, w której wyjście pomiarowe powinno być obciąż-

zone rezystorem 50  $\Omega$ . Sieć *CDN* powinna być ustawiona na metalowej płaszczyźnie odniesienia. Podany sposób zasilania ma zapewnić powtarzalność pomiarów.

Tabela 2.1. Poziomy dopuszczalne emisji zaburzeń promieniowanych w zakresie częstotliwości od 30 do 300 MHz dla odległości pomiarowej 3 m.

Zakres częstotliwości MHz	Poziomy dopuszczalne dla wartości quasi-szczytowej dB ( $\mu$ V/m)
30 do 230 MHz	40*
230 do 300 MHz	47*
Uwaga *Podane wartości zostały przeskalowane dla 3 m odległości pomiędzy badaną lampą a antena pomiarową HK116. W normie PN-EN 55015 podane są wartości dopuszczalne zaburzeń dla odległości 10 m.	

Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych przeprowadzono w ten sposób, że wymaganą antenę pomiarową usytuowano w odległości 3 m od badanej lampy. Podane w normie PN-EN 55015 poziomy dopuszczalne dotyczą odległości pomiarowej 10 m, co wymaga posiadania komory bezechowej o długości ponad 10 m. Przy mniejszych komorach możliwe jest skrócenie odległości pomiarowej np. do 3 m, jednak wymaga to odpowiedniego przeskalowania wartości dopuszczalnych limitów podanych w normie [6]. Skutkiem tego przeskalowania dopuszczalne wartości emisji zaburzeń zostały zwiększone o 10 dB (tabela 2.1).

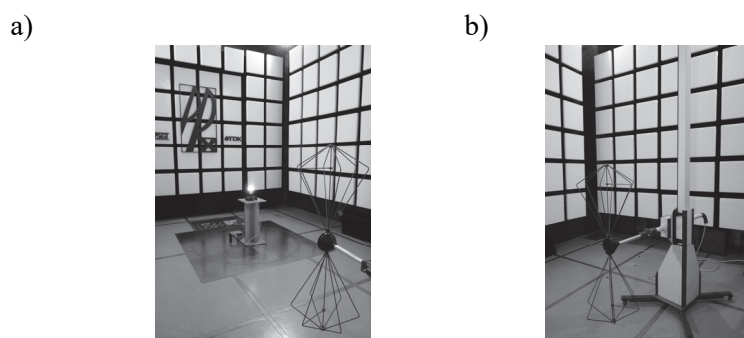
## 2.2. Opis stanowiska pomiarowego

Pomiary wybranych lamp LED zostały przeprowadzone w komorze bezechowej znajdującej się w Katedrze Systemów Elektronicznych i Telekomunikacyjnych Politechniki Rzeszowskiej. W komorze usytuowano stanowisko pomiarowe przedstawione na rysunku 2.1, które zawierało:

- gniazdo zasilające wyposażone w separujący filtr *EMC*, którego zadaniem jest odfiltrowanie zaburzeń przychodzących z sieci zasilającej systemu elektroenergetycznego (z tego gniazda za pośrednictwem sieci *CDN* była zasilana testowana lampa LED),
- sieć sprzęgająco-odsprzęgająca *CDN M2*, której zadaniem jest zapewnienie powtarzalności pomiarów oraz zapobiega ona przedostawaniu się zaburzeń w stronę sieci zasilającej,
- oprawy oświetleniowej z gwintem *E27*, w której były umieszczane badane lampy LED,
- anteny *HK116* usytuowanej na pionowym maszcie, który pozwalał zmieniać wysokość zawieszenia anteny w zakresie od 1 do 4 m,

- stół obrotowy *DS2000St-H300* firmy *INNCO*, którego zadaniem jest obracanie badanego urządzenia dookoła osi pionowej.

Na rysunkach 2.1 przedstawiono poszczególne elementy znajdujące się na stanowisku pomiarowym usytuowanym w komorze bezdechowej. Widoczne są na nim badana lampa LED stojąca na podstawce o wysokości 0,8 m. Całość usytuowana jest na stole obrotowym wbudowanym w podłogę komory. Lampa zasilana jest z sieci elektroenergetycznej za pośrednictwem specjalnego filtra oraz sieci *CDN*.



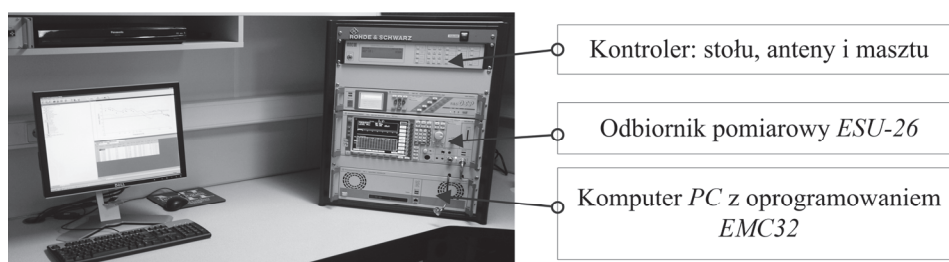
Rys. 2.1. Stanowisko pomiarowe usytuowane w komorze bezdechowej, a) widok na badaną lampę LED, b) widok na antenę i maszt pomiarowy

Sieć sprzęgająco-odprzegająca *CDN* stosowana jest generalnie w czasie testów związanych z badaniem odporności (wspomniano o tym w pracy [5]), w których to badaniach obiekt *EUT* jest narażany sygnałem zaburzającym. Natomiast w przypadku pomiaru emisji zaburzeń sieć *CDN* ma zapewnić powtarzalność pomiarów. Dlatego istniejące w niej gniazdo *BNC* służące do wstrzykiwania zaburzeń (narażania badanego obiektu *EUT*) zostało, na czas pomiarów, obciążone specjalnym rezystorem  $50 \Omega$ . Sieć *CDN* musi być usytuowana na metalowej płaszczyźnie stołu połączonej z uziemieniem komory. Metalowa płaszczyzna stołu stanowi tzw. wymaganą płaszczyznę odniesienia. Usytuowanie sieci *CDN* na metalowej płaszczyźnie odniesienia wynika z wewnętrznej konstrukcji sieci oraz z normatywnych zaleceń procedury badań.

Na pierwszym planie rysunku 2.1a widać antenę *HK116*, natomiast jej usytuowanie na maszcie antenowym jest widoczne na rysunku 2.1b. Po maszcie antenowym antena może się poruszać w pionie zmieniając w ten sposób wysokość swojego zawieszenia w zakresie od 1 do 4 m. Antena ma również możliwość automatycznej zmiany polaryzacji w pionie lub w poziomie, przyjmując tzw.: polaryzacja pionową (*V*) lub poziomą (*H*).

Widoczne na rysunku 2.1a i 2.1b: stół obrotowy, antena i maszt są sterowane automatycznie w czasie trwania testu za pośrednictwem specjalnego kontrolera

(rys. 2.2). Sygnał z anteny jest odbierany przez odbiornik zaburzeń *ESU-26*, który jest sterowany za pośrednictwem specjalnego oprogramowania *EMC32*, zainstalowanego na komputerze *PC*. W czasie badań kontroler, odbiornik i komputer znajdowały się w sąsiedniej komorze pomiarowej przyległej do komory bezchovej. Widok wymienionych urządzeń pokazano na rysunku 2.2.



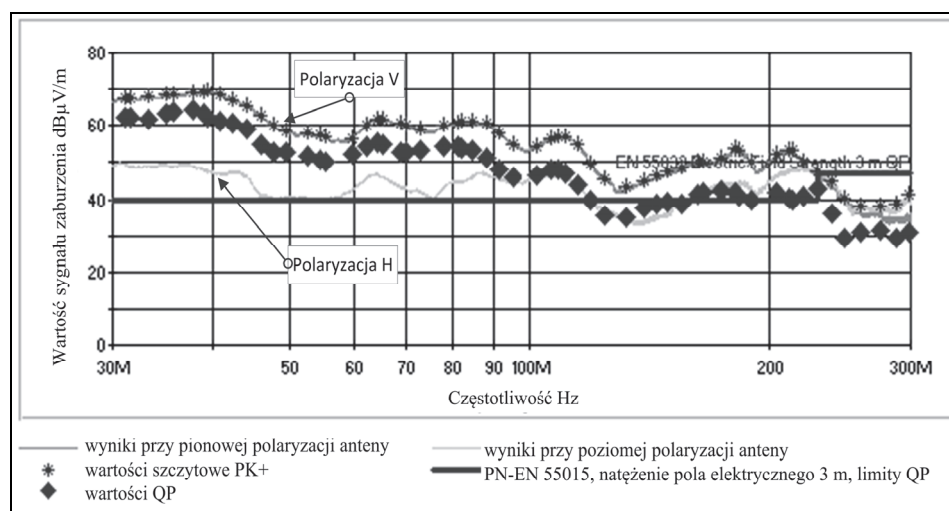
Rys. 2.2. Widok na kontroler stołu, anteny i masztu antenowego oraz odbiornika *ESU-26* i komputera *PC*

Oprogramowanie *EMC 32* pozwala w sposób automatyczny sterować pracą odbiornika pomiarowego *ESU-26* oraz pracą masztu i anteny pomiarowej *HK116*. Wspomniane oprogramowanie w sposób automatyczny analizuje wyniki rejestrowane przez odbiornik pomiarowy, a następnie porównuje je z wartościami dopuszczalnymi podanymi w tabelicy 2.1, które, jak widzimy, są wartościami quasi-szczytowymi wyrażonymi w jednostkach względnych dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ). W pomiarach wykorzystano dwa detektory. Pierwszy to detektor wartości szczytowej (*PK+*), który pozwala wstępnie (bardzo szybko) ocenić wartość emisji dla badanego obiektu, a drugi to detektor quasi-szczytowy, tzw. *QP*. Wartości zmierzone tym detektorem są odnoszone do dopuszczalnych poziomów normatywnych (tabela 2.1). Są one prezentowane na wykresach w postaci linii łamanej, wyznaczającej wartości 40 i 47 dB.

### 2.3. Wyniki badań

Jak już wspomniano we wstępie, zamieszczone w tym artykule badania emisji promieniowanej lamp LED stanowią rozszerzenie wcześniejszych badań emisji przewodzonej [1] o kolejny zakres częstotliwości tj.; od 30 do 300 MHz. Na rysunku 2.3 przedstawiono zmiany wartości emisji zaburzeń promieniowanych w zakresie częstotliwości od 30 do 300 MHz, które zmierzono dla 18 W lampy LED wyprodukowanej przez producenta A. Na rysunku umieszczono: wartości dopuszczalne przedstawione w postaci linii łamanej, wartości szczytowe natężenia pola elektrycznego (*PK+*) zmierzone przy pionowej i poziomej polaryzacji anteny oraz wartości quasi-szczytowe *QP* (oznaczone kwadratami),

które zmierzono detektorem wartości quasi-szczytowej. Badana lampa charakteryzuje się emisją przekraczającą wartość 60 dB *QP*.



Rys. 2.3. Zarejestrowane wartości zaburzeń dla lampy LED o mocy 18 W wyprodukowanej przez producenta A

Przykładowych kilka wartości przekroczeń zamieszczono w tabeli 2.2. W tabeli od lewej jest podana wartość częstotliwości, dla której program *EMC 32* wyznaczył wartości *QP*, następnie poziomy dopuszczalnych limitów, w kolumnie *Margin* zamieszczone są wartości przekroczeń, np. przekroczenie o wartości -24 dB oznacza, że o tę wartość zmierzony sygnał składowej elektrycznej pola zaburzeń przekracza dopuszczalny limit. W ostatniej kolumnie podano oznaczenie polaryzacji anteny pomiarowej, gdzie V oznacza polaryzację pionową. Przy pionowej polaryzacji anteny sygnał zaburzeń ma większą wartość niż sygnał zaburzeń zmierzony przy polaryzacji poziomej. Ta różnica jest prawidłowa i wynika z kształtu badanej lampy i pionowo ułożonego przewodu zasilającego lampę.

Podobnie badana lampa LED 5 W producenta A wykazywała przekroczenia przy pomiarach emisji zakłóceń przewodzonych w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 30 MHz, o czym pisano w pracy [1]. W przypadku zaburzeń promieniowanych można stwierdzić, że wspomniana lampa generowała w początkowym zakresie częstotliwości pomiarowych tj. od 30 do około 38 MHz, zaburzenia elektromagnetyczne o wartościach bliskich wartościom dopuszczalnym (limitom). Przykładowe wartości zaburzeń dla tego zakresu pomiarowego zamieszczono w tabeli 2.3, z których wynika, że margines pomiędzy dopuszczalną wartością a emitowanym sygnałem zaburzeń jest bardzo mały, bo wynosi nawet 0,5 dB.

Tabela 2.2. Wyniki zmierzonych wartości  $QP$  dla 18 W lampy LED.

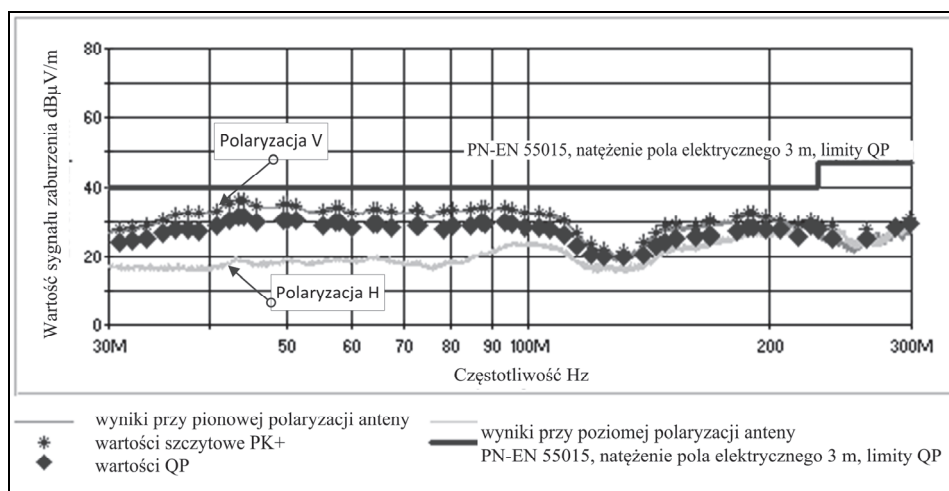
Częstotliwość MHz	QP dB $\mu$ V/m	Limit dB $\mu$ V/m	Margin. dB	Pol.
34,95	63,26	40,00	-23,26	V
35,82	64,02	40,00	-24,02	V
37,74	64,17	40,00	-24,17	V
39,06	63,08	40,00	-23,08	V
39,45	62,48	40,00	-22,48	V
40,89	61,12	40,00	-21,12	V
42,39	60,75	40,00	-20,75	V
44,04	59,11	40,00	-19,11	V

Tabela 2.3. Wyniki zmierzonych wartości  $QP$  dla 5 W lampy LED wyprodukowanej przez producenta A.

Częstotliwość MHz	QP dB $\mu$ V/m	Limit dB $\mu$ V/m	Margin. dB	Pol.
<b>30,93</b>	<b>36,96</b>	<b>40,00</b>	3,04	<b>V</b>
<b>32,01</b>	<b>36,58</b>	<b>40,00</b>	3,42	<b>V</b>
<b>33,60</b>	<b>37,70</b>	<b>40,00</b>	2,30	<b>V</b>
<b>34,65</b>	<b>39,31</b>	<b>40,00</b>	0,69	<b>V</b>
<b>35,19</b>	<b>39,46</b>	<b>40,00</b>	0,54	<b>V</b>
<b>36,51</b>	<b>38,07</b>	<b>40,00</b>	1,93	<b>V</b>
<b>37,80</b>	<b>35,02</b>	<b>40,00</b>	4,98	<b>V</b>
39,66	31,75	40,00	8,26	V
42,24	31,77	40,00	8,23	V

Opisywana w pracy [1] 9 W lampa LED producenta H również emitowała zaburzenia elektromagnetyczne przewodzone, które przekraczały dopuszczalne limity w zakresie częstotliwości od 150 kHz do 3 MHz (całe pasmo pomiarowe obejmowało częstotliwości od 9 KHz do 30 MHz). Natomiast w przypadku zaburzeń emisji promieniowanych (dla zakresu pomiarowego od 30 MHz do 300 MHz) nie stwierdzono przekroczeń.

Na rysunku 2.4 pokazano widmo emisji zaburzeń generowanych przez tę lampę. Prezentowane na rysunku widmo zaburzeń elektromagnetycznych ma charakter bardzo stabilny tzn. jego wartości zmieniają się w niewielkim zakresie w odniesieniu do wartości dopuszczalnych.



Rys. 2.4. Zarejestrowane wartości zaburzeń dla lampy LED o mocy 9 W wyprodukowanej przez producenta H

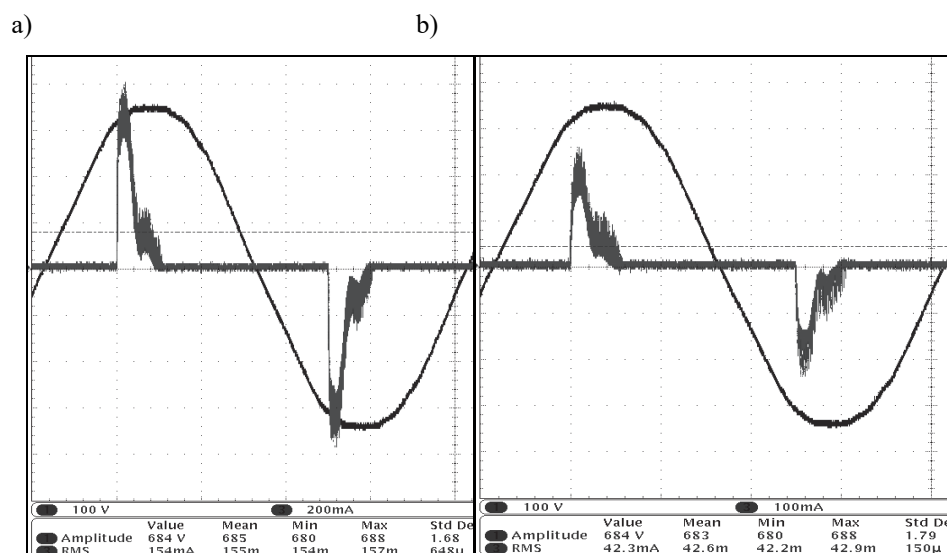
Można stwierdzić, że np. w zakresie częstotliwości od 36 MHz do 103 MHz emitowany sygnał zaburzeń zmienia się w niewielkim stopniu. Wykorzystując narzędzia statystyczne obliczono, dla podanego zakresu częstotliwości, średnią wartość zarejestrowanych wartości  $QP$ , która wyniosła 29 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ), a wartość odchylenia standardowego wyniosła 0,99 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ).

#### 2.4. Analiza kształtu prądu pobieranego przez badane lampy LED

Na rysunkach 2.4 a i b pokazano przebiegi prądów pobieranych przez badane lampy odpowiednio 18 W i 5 W wyprodukowane przez producenta A. Przedstawione prądy mają charakter impulsowy, czas trwania impulsu jest krótki, bo trwający odpowiednio około 2,2 ms i 2,5 ms. Na obwiedni przebiegu prądu, w przypadku jednej i drugiej lampy, widoczne są oscylacje. Są one wynikiem pracy przetwornicy znajdującej się w elektronicznym zasilaczu impulsowym zastosowanym w badanych lampach. W większości lampach LED wykorzystuje się w zasilaczach impulsowych przetwornice zaporowe. Przetwornica taka przekazuje energię do obwodu obciążenia w dwóch cyklach. W pierwszym energia gromadzona jest w uzwojeniu transformatora przetwornicy. Ten cykl obrazuje prąd załączenia (prąd zał., rys. 2.5). W drugim cyklu energia przekazywana jest do obciążenia. Obrazuje to prąd wyłączenia (prąd wył., rys. 2.5). W cyklu drugim następuje wyłączenie tranzystora sterującego oraz zaczyna przewodzić szybka dioda prostująca, znajdująca się w obwodzie wtórnym przetwornicy. Drugi cykl pracy jest szczególnie krytyczny ze względu na wartość emisji zabu-

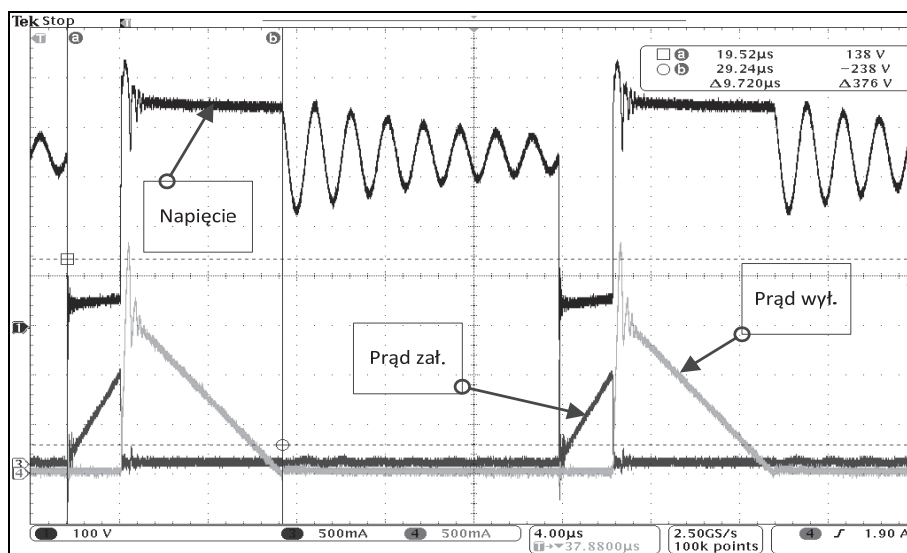


rzeń. Analizę procesu propagacji zaburzeń elektromagnetycznych w przetwornicach AC/DC opisano w pracy [3].



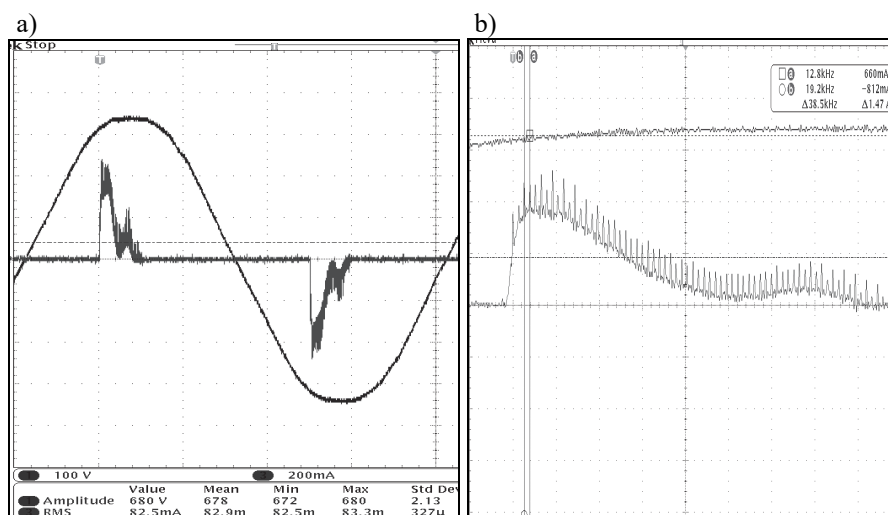
Rys. 2.4. Przebiegi prądów pobieranych przez lampy LED a) lampy 18 W, b) lampy 5 W

Na rysunku 2.5 pokazano napięcie i prądy zmierzone w chwili załączenia i wyłączenia przetwornicy zasilającej lampę 18 W. Na pokazanych przebiegach widoczne są oscylacje zarówno w napięciu, jak i w prądach w chwili włączenia (prąd zał.) i wyłączenia (prąd wył.) przetwornicy. Oscylacje w napięciu występują również w okresach pomiędzy kolejnymi cyklami włączenia i wyłączenia przetwornicy. Wynikiem występowania tych oscylacji jest to, że pojawiają się one w prądzie zmierzonym w obwodzie wejściowym zasilacza badanej lampy (rys. 2.4.). Identyczny efekt wpływu pracy przetwornicy na wystąpienie oscylacji w prądzie pobieranym przez zasilacz stwierdzono w przypadku pozostałych badanych lamp (rys. 2.4.b, 2.6a i 2.6.b).



Rys. 2.5. Przebiegi napięć prądów zmierzonych na wejściu transformatora przetwornicy lampy 18 W

Przykład oscylacji w prądzie pokazano na rysunku 2.6.b, na którym pokazano prąd w dodatnim półokresie, który był pobierany przez lampę LED 9 W producenta H. Widoczne na obwiedni prądu oscylacje pojawiają się z częstotliwością 38,5 kHz. Jest to częstotliwość pracy przetwornicy.



Rys. 2.6. Przebiegi prądu pobieranego przez 9W lampę LED a) przebieg prądu na tle napięcia zasilającego, b) dodatni półokres prądu z widocznymi oscylacjami

## 2.5. Podsumowanie

Zamieszczone w tym artykule wyniki badań dotyczyły lamp LED, które były już wcześniej badane pod kątem emisji zaburzeń przewodzonych (wyniki opisano w pracy [1]). Na podstawie uzyskanych wówczas wyników stwierdzono, że wszystkie trzy lampy LED tj 18 W i 5 W producenta A oraz 9 W producenta H wykazywały przekroczenia dopuszczalnych limitów. Dlatego zdecydowano na przebadanie tych lamp ze względu na emisję zaburzeń promieniowanych, a wyniki z tych badań zamieszczono w niniejszym artykule. Badania emisji zaburzeń promieniowanych, w zakresie częstotliwości od 30 do 300 MHz pozwoliły stwierdzić, że również w tym zakresie częstotliwości badana lampa LED 18 W wykazywała znaczne przekroczenia (rys. 2.3., tabela 2.2) osiągające wartości nawet 24 dB. Niewielki, bo 0,5 dB zapas do wartości dopuszczalnej stwierdzono dla lampy 5 W. Najlepiej w tych badaniach wypadła lampa 9 W producenta H, mająca 10 dB zapas do wartości dopuszczalnej.

Źródłem zaburzeń elektromagnetycznych jest przetwornica znajdująca się w zasilaczach badanych lamp. Jak pokazano na rysunku 2.5 w czasie pracy przetwornicy powstają oscylacje w napięciu i w prądach płynących w kolejnych cyklach pracy przetwornicy. Efektem tego są oscylacje pojawiające się na obwodni prądu pobieranego przez badane lampy (rys. 2.4 i 2.6). A to przekłada się na emisję zaburzeń elektromagnetycznych przewodzonych i promieniowanych. Analiza układowa zasilacza 18 W lampy LED, którą zawarto w pracy [1], oraz doświadczenie autorów pokazuje, że w zasilaczach stosowanych w lampach LED brakuje stosownych filtrów ograniczających emisję (filtry EMI) czy nawet odpowiedniego kondensatora niskoimpedancyjnego lub elementu indukcyjnego w postaci dławika. Niekiedy tak proste rozwiązania (kondensator czy dławik) pozwalają ograniczyć emisję zaburzeń.

## LITERATURA

- [1] 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, ISSN 1897-0737, Poznań, 2017.
- [2] Kuryło K., Sabat W., Kamuda K., Klepacki D., Emisja zaburzeń przewodzonych generowanych przez grupę lamp LED, *Zeszyty naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, Nr56, ISSN 2353-1290, Gdańsk 2017.
- [3] Sabat W., Kuryło K., Klepacki D., Kamuda K., Generacja i propagacja zaburzeń elektromagnetycznych w nieizolowanych przetwornicach AC/DC małej mocy, *Zeszyty naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, Nr 56, ISSN 2353-1290, Gdańsk 2017.

- [4] PN-EN 55015,2013, Norma PN-EN 55015/2013 Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych wytworzonych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne.
- [5] Gonscz D., Sieci sprzęgająco-odsprzęgające stosowane w badaniach kompatybilności elektromagnetycznej, *Pomiary Automatyka Kontrola*, Vol. 59, nr 12, ISSN 0032-4140, Warszawa 2013

*W pracach badawczych wykorzystano aparaturę zakupioną w wyniku realizacji projektów: a) „Rozbudowa infrastruktury naukowo-badawczej Politechniki Rzeszowskiej”, nr POPW.01.03.00-18-012/09, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej 2007-2013, Priorytet I, Nowoczesna Gospodarka, Działanie 1.3, Wspieranie Innowacji; „Budowa, rozbudowa i modernizacja bazy naukowo-badawczej Politechniki Rzeszowskiej”, nr UDA-RPPK.01.03.00-18-003/10-00, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2007-2013*

#### **RESEARCH OF ELECTROMAGNETIC RADIATED DISTURBANCES IN FREQUENCY RANGE FROM 30 TO 300 MHz ON EXAMPLE OF LED LAMPS**

The article is thematically related to the electromagnetic compatibility problems. It contains the results of the research on electromagnetic radiated disturbances generated by selected LED lamps. The research was carried out in two stages. In the first one, each tested lamp was characterized in relation to the value of generated electromagnetic disturbances. The obtained results were referred to the permissible limits specified in the PN-EN 55015:2013 standard. However, in the second stage, the obtained results were combined with the analysis of the current consumed by the tested lamps. These tests allowed to determine the cause of the emitted disturbances. The tests were carried out in a specialized EMC laboratory where the measurements of disturbances is carried out automatically using Rohde & Schwarz measuring equipment.

*(Received: 09.02.2018, revised: 08.03.2018)*