

# Emisja zaburzeń przewodzonych zasilaczy impulsowych

Krzysztof Trzcinka

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP

**Streszczenie:** Artykuł prezentuje wyniki pomiarów emisji zaburzeń przewodzonych w obwodzie zasilania prototypu specjalizowanego zasilacza impulsowego przeznaczonego do ładowania baterii akumulatorów. Na początku artykułu opisano stanowisko i układ pomiarowy wraz z aparaturą. W dalszej części podane są wyniki pomiarów, po czym opisano sposób redukcji poziomu emitowanych zaburzeń na przyłączy zasilania do poziomu akceptowalnego przez normę [2].

**Słowa kluczowe:** kompatybilność elektromagnetyczna EMC, emisja zaburzeń przewodzonych, zasilacz impulsowy, ładowarka akumulatorów

## 1. Wprowadzenie

Przed wprowadzeniem urządzenia elektrycznego bądź elektronicznego do sprzedaży na obszarze Unii Europejskiej należy spełnić wymagania odpowiednich dyrektyw, jedną z nich jest Dyrektywa EMC 2004/108/WE dotycząca Kompatybilności Elektromagnetycznej. Potwierdzeniem spełnienia Dyrektywy EMC 2004/108/WE jest zgodność urządzenia z wymaganiami norm zharmonizowanych z tą dyrektywą. Urządzenie spełniające wymagania norm zharmonizowanych z Dyrektywą EMC jest rządzeniem kompatybilnym elektromagnetycznie, co oznacza, że urządzenie to nie jest wrażliwe na zaburzenia elektromagnetyczne oraz nie emituje zaburzeń elektromagnetycznych o takich poziomach, które mogłyby zakłócać pracę innych urządzeń elektrycznych i elektronicznych pracujących w danym środowisku.

Zdolność urządzenia do emisji energii elektromagnetycznej nazywa się emisyjnością i jest charakteryzowana w dziedzinie częstotliwościowej poziomami emitowanych zaburzeń przewodzonych i zaburzeń promieniowanych.

Zwykle emitowane zaburzenia ze względu na zakres ich częstotliwości dzieli się na:

- zaburzenia o małych częstotliwościach (odkształcenie prądu zasilającego charakteryzowane zawartością harmonicznych oraz występowaniem wahań wartości skutecznej napięcia zasilającego), zwykle do 9 kHz;
- zaburzenia radioelektryczne o częstotliwościach powyżej 9 kHz, w tym do 30 MHz jako zaburzenia radioelektryczne przewodzone, powyżej 30 MHz jako zaburzenia radioelektryczne promieniowane.

Wykaz ważniejszych norm dotyczących emisji zaburzeń:

Normy ogólne emisji w środowiskach:

- mieszkalnych PN-EN 61000-6-3,
- przemysłowych PN-EN 61000-6-4.

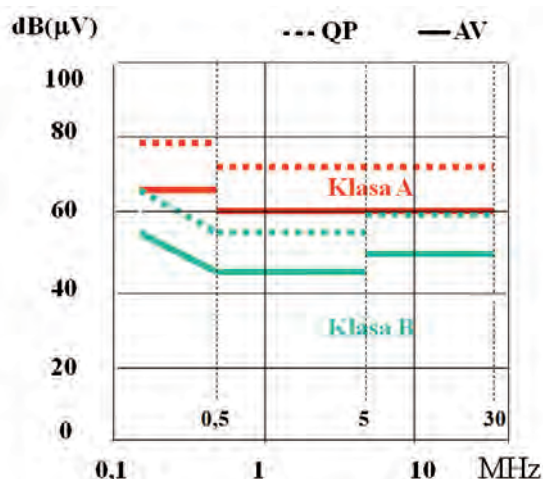
Typowe normy dla grupy wyrobów:

- urządzenia informatyczne (ITE) PN-EN 55022,
- urządzenia przemysłowe, medyczne i naukowe wielkiej częstotliwości (PMN) PN-EN 55011,
- wymagania dotyczące przyrządów powszechnego użytku, narzędzi elektrycznych i podobnych urządzeń PN-EN 55014-1.

Zalecane metody pomiarów podane w normach podstawowych:

- wyposażenie pomiarowe PN-EN 55016-1-1,
- wyposażenie pomocnicze PN-EN 55016-1-2,
- metody pomiarów PN-EN 55016-2-1.

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów emisji zaburzeń radioelektrycznych przewodzonych w zakresie częstotliwości od 150 kHz do 30 MHz prototypu zasilacza impulsowego przeznaczonego do ładowania baterii akumulatorów. Producent nie określił środowiska elektromagnetycznego, w jakim będzie pracować badana ładowarka, dlatego przyjęto, że to urządzenie może być przeznaczone do pracy w środowisku mieszkalnym, czyli musi spełniać wymagania normy PN-EN 61000-6-3, tzn. badany zasilacz impulsowy musi spełniać ostrzejsze wymagania dotyczące emisji zaburzeń przewodzonych. Dla zilustrowania na rys. 1 przedstawiono poziomy dopuszczalne emitowanych zaburzeń przewodzonych na przyłączy zasilania dla urządzeń klasy A i B na przykładzie



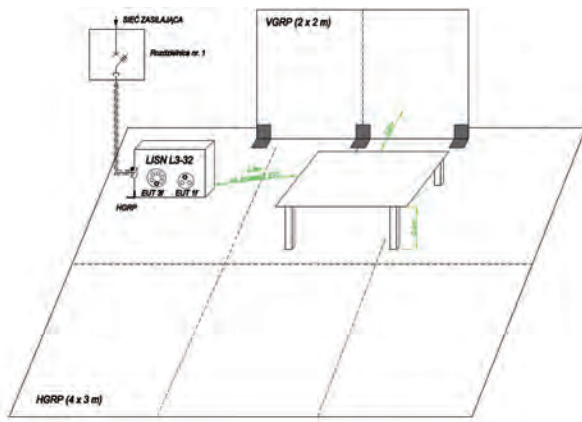
**Rys. 1.** Dopuszczalne poziomy emitowanych zaburzeń dla urządzeń klasy A i B dla przyłączy zasilania według PN-EN 55022 [4]

**Fig. 1.** Limits for conducted disturbances at the mains ports of class A and B ITE [4]

normy dotyczącej urządzeń informatycznych [4]. Widać, że wymagania dotyczące emisji zaburzeń dla urządzeń klasy B (urządzenia przeznaczone do pracy w środowisku mieszkalnym) są bardziej rygorystyczne w porównaniu z wymaganiami dla urządzeń klasy A (urządzenia przeznaczone do pracy w środowisku przemysłowym).

## 2. Stanowisko pomiarowe

Pomiary emisji zaburzeń przewodzonych wykonane zostały na stanowisku pomiarowym, którego schemat przedstawiony jest na rys. 2. Stanowisko jest wyposażone w poziomą płaszczyznę ziemi odniesienia HGRP o wymiarach 4 m × 3 m i pionową płaszczyznę ziemi odniesienia VGRP o wymiarach 2 m × 2 m. Aranżacja stanowiska umożliwi-



Rys. 2. Schemat stanowiska do pomiarów emisji zaburzeń przewodzonych

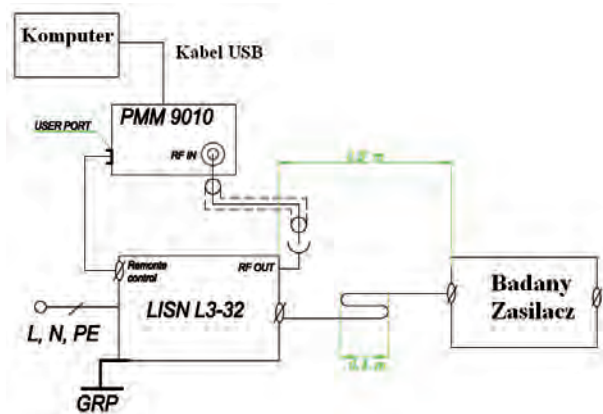
Fig. 2. Place of measurements for conducted disturbances

ła ustawienie badanych zasilaczy impulsowych na wysokości 0,4 m nad HGRP oraz w odległości 0,8 m do VGRP (rys. 2). Obwód zasilania sieciowego od rozdzielnicy do pomiarowej sieci sztucznej typu LISN L3-32 jest wykonany kablem ekranowanym. Sieć sztuczna jest ustawiona na płaszczyźnie HGRP i połączona z nią taśmą o małej impedancji (stosunek długości do szerokości taśmy < 3).

## 3. Układ pomiarowy

Do pomiarów zaburzeń przewodzonych w przyłączy zasilania sieciowego dla ładowarki akumulatorów zastosowano sieć sztuczną LISN L3-32 firmy Narda (rys. 3). Kabel zasilania badanej ładowarki został przyłączony do wyjścia sztucznej sieci. Sieć sztuczna jest połączona z płaszczyzną ziemi odniesienia HGRP przewodem taśmowym o małej impedancji. Wyjście pomiarowe RF sieci sztucznej jest połączone przewodem współosiowym z wejściem miernika zaburzeń PMM9010 firmy Narda.

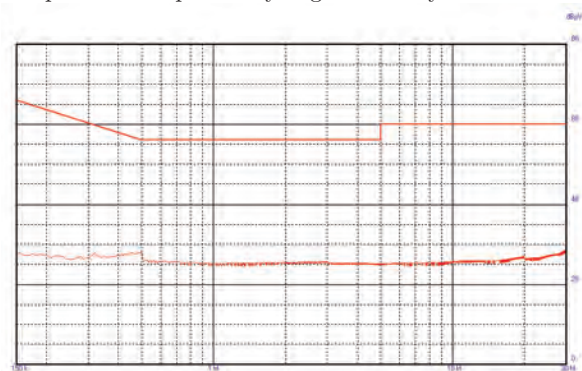
Miernik zaburzeń może być połączony z siecią sztuczną dodatkowym kablem sterującym, co umożliwia wybór i identyfikację punktu pomiaru oraz obsługę pomia-



Rys. 3. Układ do pomiarów emisji zaburzeń przewodzonych  
Fig. 3. Conducted disturbances measurements set-up

rów z komputera z oprogramowaniem PMM Emission Suite dostarczonego razem z miernikiem PMM 9010. Zaburzenia mierzy się jako napięcie zaburzeń niesymetrycznych między płaszczyzną ziemi odniesienia GRP a każdym przewodem przyłącza. Zmierzone wartości powinny spełniać wymagane poziomy dopuszczalne.

Po usytuowaniu badanego zasilacza na stanowisku pomiarowym, przed jego uruchomieniem wykonano pomiar poziomu tła zaburzeń, wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 4. Zmierzony poziom tła zaburzeń jest na niskim poziomie, jest o co najmniej 20 dB $\mu$ V niższy od poziomu dopuszczalnego dla urządzeń w środowiskach mieszkalnych dla detektora QP, co świadczy o tym, że stanowisko pomiarowe spełnia wymagania normy.

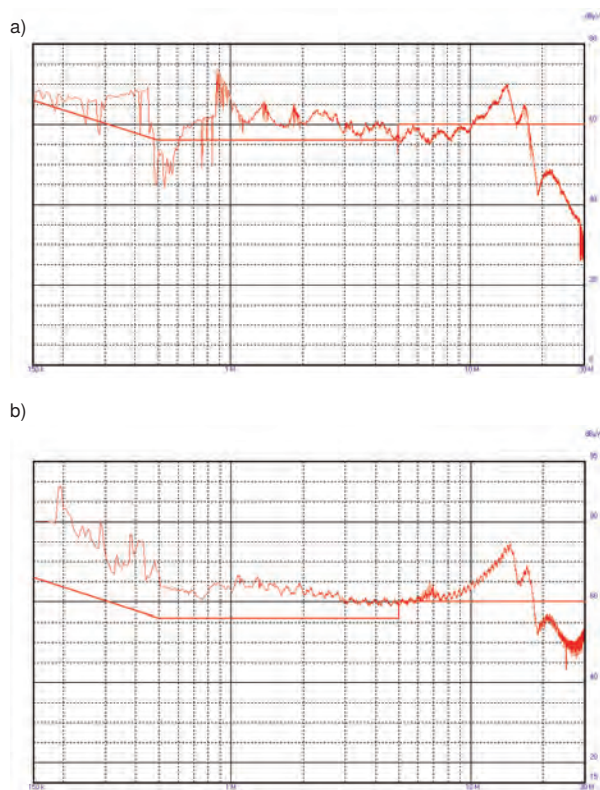


Rys. 4. Zmierzony poziom tła zaburzeń detektorem QP  
Fig. 4. Measured ambient noise with the QP detector

## 4. Badany zasilacz

Urządzenie poddane badaniom emisji zaburzeń przewodzonych to prototyp zasilacza impulsowego specjalizowanego, przeznaczonego do pracy jako ładowarka baterii akumulatorów o napięciu 36 V, moc zasilacza wynosi 200 W. Zakres napięć wejściowych zasilania wynosi od 110 V AC do 240 V AC, a długość kabla zasilającego to 2,5 m. Ładowarka akumulatorów jest rozbudowanym zasilaczem impulsowym posiadającym układ kontroli napięcia na poszczególnych ogniwach akumulatora, wyposażonym w przyciski startu i zatrzymania procesu ładowania oraz

wskaźnik poziomu naładowania akumulatora. Badania emisji przewodzonej wykonano przy zasilaniu typowym napięciu sieciowym 230 V AC, podczas ładowania akumulatora rozładowanego do poziomu 30 % jego pojemności znamionowej oraz w stanie jałowym i tzw. stanie czuwania. Stan jałowy występuje w sytuacji, gdy ładowarka dołączona jest do sieci zasilającej, a do jej wyjścia nie jest przyłączony akumulator; natomiast stan czuwania występuje, gdy ładowarka przyłączona jest do sieci z przyłączonym akumulatorem do jej wyjścia, gdy ładowanie nie jest uruchomione, rozpoczęcie ładowania akumulatora następuje po wciśnięciu odpowiedniego przycisku startu przez użytkownika. Wyniki pomiarów przedstawiono dla stanu jałowego i stanu pracy podczas ładowania akumulatora (rys. 5 a i b), nie przedstawiono wyników pomiarów dla stanu czuwania, ponieważ poziom emitowanych zaburzeń był bardzo zbliżony do wyników pomiarów w stanie jałowym.



**Rys. 5.** Zaburzenia przewodzone na przyłączy zasilania sieciowego ładowarki: a) w stanie jałowym, b) podczas ładowania rozładowanej baterii akumulatorów

**Fig. 5.** Conducted disturbances at the mains supply port of battery charger: a) without battery, b) charging the battery

## 5. Pomiary

Przed wykonaniem pomiarów właściwych zmierzono poziom tła zaburzeń po usytuowaniu niedziałającej ładowarki na stanowisku pomiarowym (rys. 4).

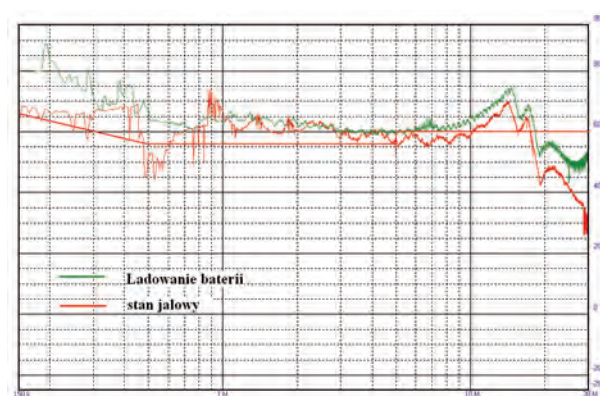
Zmierzony poziom emisji zaburzeń przewodzonych detektorem QP dla stanu pracy jałowego oraz podczas ładowania akumulatora przekracza poziom dopuszczalny (rys. 5a i b).

Porównując na jednym wykresie zmierzone poziomy emitowanych zaburzeń przewodzonych ładowarki dla stanu pracy jałowego i ładowania akumulatora (rys. 6) widać, że w stanie jałowym zaburzenia przewodzone, w pewnych przedziałach częstotliwości mają wyższe wartości niż w przypadku, gdy ładowarka pracuje przy obciążeniu bliskim znamionowemu. Dla przedziału częstotliwości 870 kHz–1,05 MHz najbardziej widoczne jest przekroczenie zmierzonego poziomu emisji dla stanu jałowego ponad zmierzony poziom emisji dla stanu ładowania. Przy częstotliwości 890 kHz poziom emisji dla stanu jałowego jest wyższy o 9 dBµV niż dla stanu obciążenia. Maksymalny poziom emisji dla stanu jałowego jest dla częstotliwości 890 kHz i osiąga wartość 74 dBµV, natomiast maksymalna wartość emisji podczas ładowania akumulatora jest dla częstotliwości 190 kHz i osiąga wartość 88,7 dBµV.

Emitowane poziomy zaburzeń przewodzonych przez ładowarkę znacząco przewyższają dopuszczalny poziom. Aby ładowarka mogła spełnić wymagania emisji zaburzeń przewodzonych dla środowiska mieszkalnego należy podjąć kroki w celu ograniczenia poziomu emisji zaburzeń.

Jednym ze sposobów zmniejszenia poziomu zaburzeń przewodzonych jest zastosowanie filtrów w obwodach, które emitują zbyt wysoki poziom zaburzeń. W przypadku ładowarki akumulatorów zainstalowano wewnątrz obudowy filtr przeciwzakłóceniuowy firmy Schaffner typu FN 343-03-05 [7] na przyłączy zasilania 230 V AC. Podczas wyboru filtru kierowano się tym, aby charakterystyka tłumienia dla zaburzeń niesymetrycznych, podana w danych katalogowych [7] miała jak największe tłumienie w przedziale częstotliwości, w którym poziom zaburzeń przekracza dopuszczalne wartości emisji. Tłumienie zaburzeń niesymetrycznych według częstotliwościowej charakterystyki tłumienia filtru [7] wynosi około 40 dB przy 150 kHz i rośnie osiągając wartość powyżej 70 dB

Przed wykonaniem pomiarów właściwych zmierzono poziom tła zaburzeń po usytuowaniu niedziałającej ładowarki na stanowisku pomiarowym (rys. 4).



**Rys. 6.** Porównanie poziomów emisji zaburzeń przewodzonych w obwodzie zasilania 230 V AC dla ładowarki akumulatorów dla stanów pracy jałowego i podczas ładowania baterii

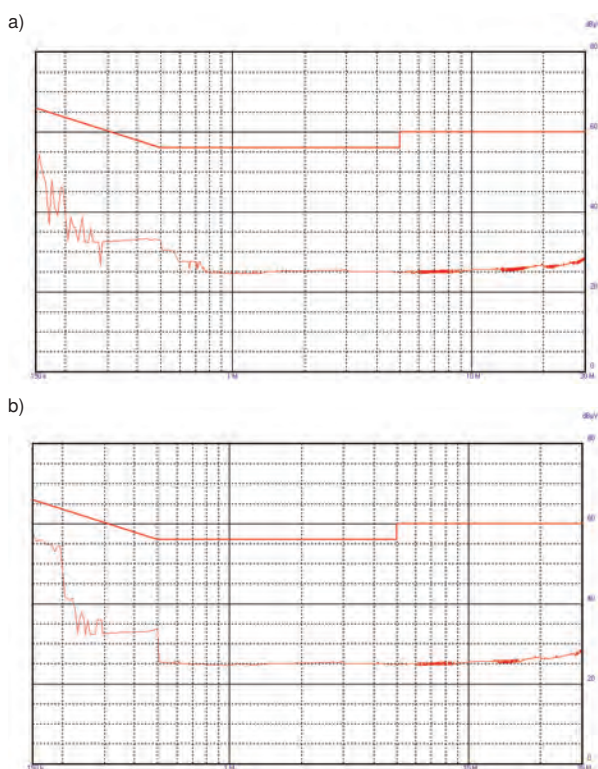
**Fig. 6.** Compare conducted disturbances at the mains port for operating battery charger without battery and the battery is charging



w przedziale częstotliwości 0,5–30 MHz. Przy doborze filtru należy również zwrócić uwagę na inne parametry, takie jak:

- napięcie zasilania,
- prąd obciążenia,
- zakres temperatury pracy,
- wykonanie obudowy filtru.

Zainstalowanie filtru zgodnie z zasadami sztuki inżynierskiej, oraz prawidłowy jego dobór pozwoliło osiągnąć pożądane rezultaty, zmniejszyć poziom emitowanych zaburzeń poniżej poziomu dopuszczalnego dla urządzeń mieszkalnych dla detektora QP. Na wykresach (rys. 7a i b) widać, że zmierzony poziom zaburzeń przewodzonych po zainstalowaniu filtru [7] jest niski, poniżej poziomu do-



**Rys. 7.** Zaburzenia przewodzone w przewodzie zasilającym 230 VAC ładowarki akumulatorów po zainstalowaniu filtru Schaffner FN-345-3-05 pracującej a) w stanie jałowym, b) podczas ładowaniu rozładowanej baterii akumulatorów

**Fig. 7.** Conducted disturbances at the mains supply port of battery charger after used EMI filter a) without battery, b) charging the battery

puszczalnego i dla częstotliwości powyżej 500 kHz jest zbliżony do poziomu tła zaburzeń.

## 6. Wnioski

Z przedstawionych pomiarów wynika, że zasilacze impulsowe nieobciążone mogą emitować wysoki poziom zaburzeń przewodzonych; poziom ten może być nawet wyższy od zaburzeń emitowanych podczas pracy przy dołą-

czonym obciążeniu znamionowym do wyjścia zasilacza. Zastosowanie prawidłowo dobranego i zainstalowanego filtru przeciwzakłóceńowego może być skutecznym środkiem na obniżenie poziomu emitowanych zaburzeń przewodzonych do wartości poniżej poziomu dopuszczalnego.

## Bibliografia

1. Dyrektywa EMC 2004/108/WE.
2. PN-EN 61000-6-3:2008 *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 6-3: Normy Ogólne – Norma emisji w środowiskach: mieszkalnym, handlowym i lekko przemysłowym.*
3. PN-EN 61000-6-4:2008 *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 6-4: Normy Ogólne – Norma emisji w środowiskach przemysłowych.*
4. PN-EN 55022:2011 *Urządzenia Informatyczne – Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych – Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru (oryg).*
5. PN-EN 55011:2012 *Urządzenia przemysłowe, naukowe i medyczne – Charakterystyki zaburzeń o częstotliwości radiowej – Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru.*
6. PN-EN 55014-1:2012 *Kompatybilność elektromagnetyczna – Wymagania dotyczące przyrządów powszechnego użytku, narzędzi elektrycznych i podobnych urządzeń – Część 1: Emisja.*
7. [www.schaffner.com/uploads/tx\_w4products/DS\_FN343\_20110616\_web49.pdf] – *Performance EMI filter.*

## Conducted disturbances of switching power supply

**Abstract:** This paper presents the results of conducted emission measurements disturbances at the mains port of switching power supplies designed to charge the battery pack. At the beginning of this paper describes conducted disturbances measurements set-up. In the next are measurement results, and describes methods reduce the level of disturbance at the mains port to an acceptable level by the standard [2].

**Keywords:** electromagnetic compatibility EMC, conducted emission, switching power supplies, battery charger

### mgr inż. Krzysztof Trzcinka

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej o specjalności Automatyka Przemysłu. Obecnie pracuje w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów PIAP w Warszawie na stanowisku kierownika Laboratorium Badań Urządzeń Przemysłowych LBUP. Główne zainteresowania dotyczą kompatybilności elektromagnetycznej.

e-mail: [krtrzcinka@piap.pl](mailto:krtrzcinka@piap.pl)

