

Ograniczenie emisji zaburzeń przewodzonych spawarki inwertorowej do poziomów akceptowalnych przez normę PN-EN 60974-10

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów zaburzeń przewodzonych emitowanych przez spawarkę inwertorową. Badania przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 60974-10 z dnia 3 grudnia 2014. Urządzenie przebadano bez filtra EMI oraz z filtrem EMI.

Abstract. The paper presents the results of the conducted emissions measurements generated by inverter welder. The research was carried out in accordance with PN-EN 60974-10 norm of 3 December 2014. The device was tested without EMI filter and with EMI filter. (**Reduction of conducted emissions generated by inverter welder to levels accepted by PN-EN 60974-10**)

Słowa kluczowe: Kompatybilność elektromagnetyczna, zaburzenia przewodzone, spawarka inwertorowa

Keywords: Electromagnetic compatibility, conducted disturbance, inverter welder

Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się wzrost liczby urządzeń impulsowych, przetwarzających energię elektryczną. Układy takie posiadają bardzo wiele zalet. Urządzenia pracujące przy większych częstotliwościach charakteryzują się znacznie mniejszymi wymiarami, wagą oraz większą sprawnością energetyczną w odniesieniu do tradycyjnych układów, w których transformatory pracują na częstotliwości sieciowej. Ponadto rozwój elementów półprzewodnikowych oraz materiałów ferromagnetycznych sprawia, że takie układy są coraz tańsze. Niestety wzrost liczby eksploatowanych urządzeń tego typu powoduje wzrost sygnałów niepożądanych (zaburzeń), mogących negatywnie oddziaływać na pracę innych układów, pracujących w pobliżu. Podział zaburzeń jest uwarunkowany zakresem ich częstotliwości. Przyjmuje się, zatem następującą klasyfikację:

- zaburzenia o małych częstotliwościach, zwykle do 9 kHz,
- zaburzenia radioelektryczne przewodzone od 9 kHz do 30 MHz,
- zaburzenia radioelektryczne promieniowane powyżej 30 MHz [3, 4].

Badane urządzenie

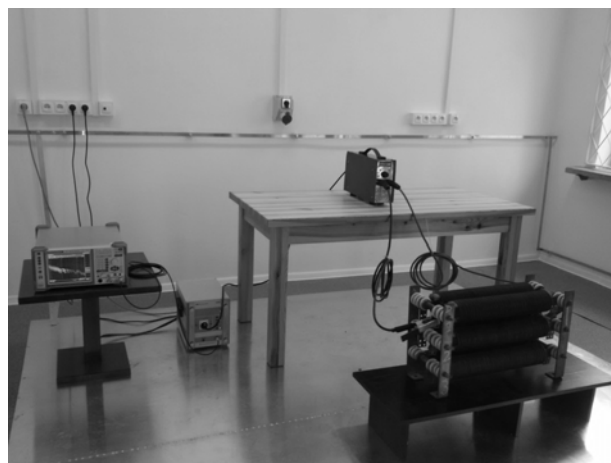
W artykule przedstawiono wyniki pomiarów emisji zaburzeń przewodzonych, prototypowej spawarki inwertorowej (rys. 1), zaprojektowanej i skonstruowanej przez jednego z autorów artykułu. Urządzenie jest dedykowane do spawania łukowego elektrodą otuloną. Wydajność prądowa ciągła spawarki wynosi 70 A, a tranzystory kluczowane są z częstotliwością ok. 16 kHz.



Rys. 1. Badana spawarka inwertorowa

Stanowisko pomiarowe

Badania zostały przeprowadzone w akredytowanym laboratorium Automatyki i Telekomunikacji zgodnie z obowiązującą normą PN-EN 60974-10 z dnia 3 grudnia 2014r [2], dotyczącą wymagań kompatybilności elektromagnetycznej (EMC). Pomiary zostały wykonane przy użyciu następujących przyrządów pomiarowych: odbiornika pomiarowego EMI ESR7 firmy Rohde & Schwarz oraz sieci sztucznej NNB-51 firmy TESEQ. Widok stanowiska laboratoryjnego został przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Stanowisko laboratoryjne do pomiaru emisji zaburzeń przewodzonych

Badania emisji zaburzeń przewodzonych spawarki inwertorowej przeprowadzono w wymaganym przez normę PN-EN 60974-10 paśmie częstotliwości od 150 kHz do 30 MHz. Pomiary wykonano detektorem quasi-szczytowym oraz detektorem wartości średniej dla stanu jałowego oraz przy nominalnym obciążeniu w dwóch etapach:

- w przypadku, gdy urządzenie pracowało bez dodatkowego filtra EMI ograniczającego poziom emitowanych zaburzeń.
- w przypadku, gdy urządzenie pracowało z dodatkowym filtrem EMI. Filtre dobrano tak, aby poziomy przekroczone podczas pomiarów w etapie 1, były stłumione do poziomów zapewniających spełnienie normy PN-EN 60974-10 dla urządzeń klasy A [2].

Wszystkie badania przeprowadzono pomiędzy przewodami zasilającymi a ziemią odniesienia.

Dopuszczalne poziomy zaburzeń przewodzonych

W normie PN-EN 60974-10 zawarto maksymalne dopuszczalne poziomy zaburzeń przewodzonych, które mogą być emitowane przez urządzenia spawalnicze klasy A oraz klasy B. Graniczne wartości zostały podane zarówno dla stanu jałowego (tabela 1) jak i dla pracy przy nominalnym obciążeniu (tabela 2).

Tabela 1. Poziomy dopuszczalnych zaburzeń przewodzonych dla urządzeń spawalniczych klasy A dla pracy jałowej

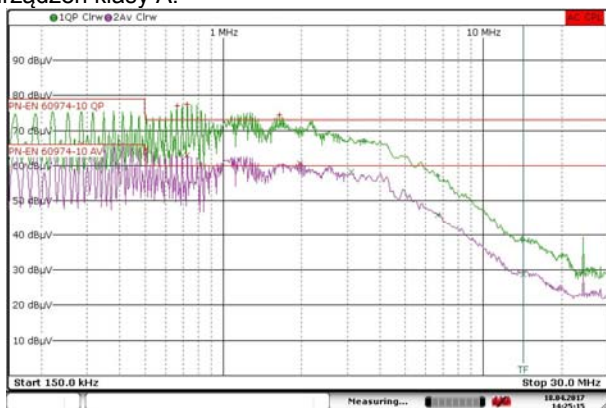
Zakres częstotliwości [MHz]	Klasa A [dBμV]	
	Detektor quasi-szczytowy	Detektor wartości średniej
0,15-0,50	79	66
0,50-30	73	60

Tabela 2. Poziomy dopuszczalnych zaburzeń przewodzonych dla urządzeń spawalniczych klasy A dla pracy przy nominalnym obciążeniu

Zakres częstotliwości [MHz]	Klasa A [dBμV]	
	Detektor quasi-szczytowy	Detektor wartości średniej
0,15-0,50	100	90
0,50-5	86	76
5-30	90	80
	Malejący liniowo z logarytmem częstotliwości	
	70	60

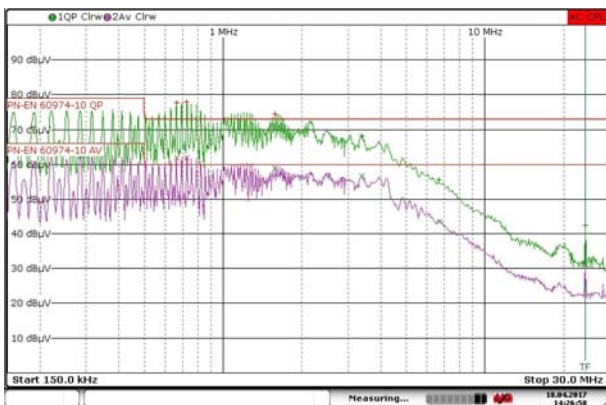
Wyniki pomiarów bez dodatkowego filtra EMI

W pierwszym etapie spawarka inwerterowa została przebadana dla stanu jałowego. Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów emisji zaburzeń przewodzonych na tle poziomów zawartych w normie PN-EN 60974-10 dla urządzeń klasy A.



Spawarka inwerterowa, Port L 230V AC, Bez filtra EMI

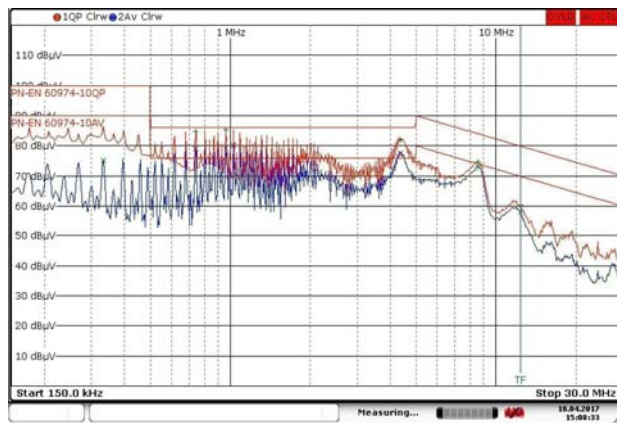
Rys. 3. Wyniki pomiarów dla stanu jałowego (przewód fazowy)



Spawarka inwerterowa, Port N 230V AC, Bez filtra EMI

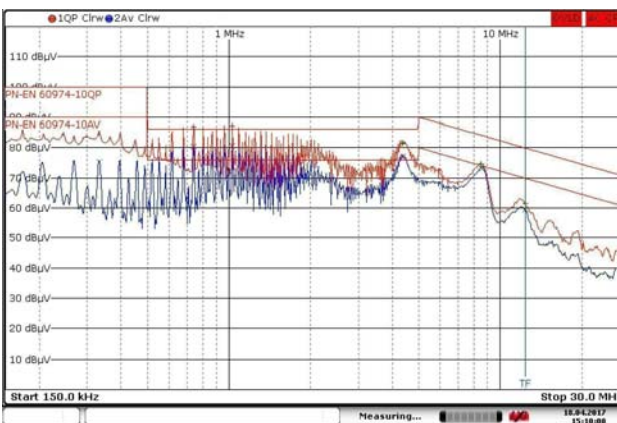
Rys. 4. Wyniki pomiarów dla stanu jałowego (przewód neutralny)

Następnie urządzenie przebadano podczas pracy przy obciążeniu rezystancyjnym. Wartość rezystancji dobrano tak, aby prąd wyjściowy wynosił 70 A. Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów emisji zaburzeń przewodzonych na tle poziomów zawartych w normie PN-EN 60974-10 dla urządzeń klasy A.



Spawarka inwerterowa, Port L 230V AC, Bez filtra EMI, Obciążenie

Rys. 5. Wyniki pomiarów dla pracy pod obciążeniem (przewód fazowy)



Spawarka inwerterowa, Port N 230V AC, Bez filtra EMI, Obciążenie

Rys. 6. Wyniki pomiarów dla pracy pod obciążeniem (przewód neutralny)

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że zbyt duże poziomy zaburzeń przewodzonych występują w paśmie od 505,5 kHz do 4,3890 MHz. W paśmie tym największe przekroczenie dopuszczalnego poziomu wynosi 4,82 dBμV (zmierzone detektorem quasi-szczytowym podczas pracy jałowej) dla częstotliwości 726 kHz.

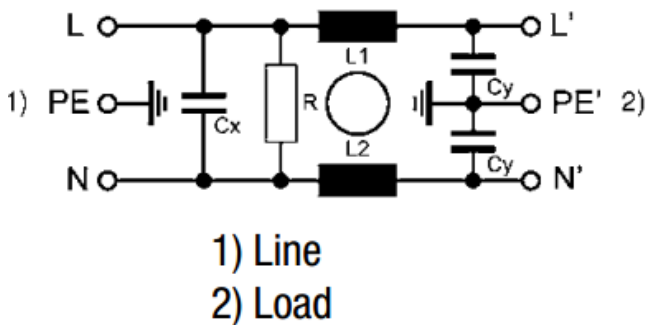
Zastosowanie filtra EMI

W celu ograniczenia emisji zaburzeń przewodzonych spawarki inwerterowej do poziomów akceptowalnych przez normę PN-EN 60974-10 zastosowano gniazdo zasilające z filtrem 5130.0001 (rys. 7) szwajcarskiej firmy Schurter.



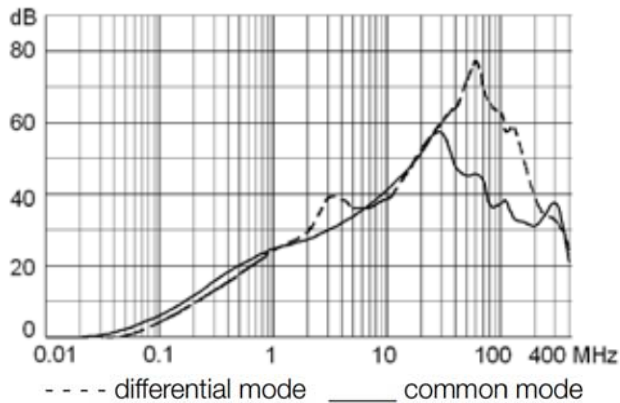
Rys. 7. Gniazdo zasilające z filtrem

Złącze to umożliwia przepływ prądu o wartości skutecznej do 20 A. Filtr umożliwia tłumienie zarówno zakłóceń różnicowych (pomiędzy wejściami aktywnymi układu) jak i wspólnych (pomiędzy wejściami aktywnymi układu a ziemią). Topologia filtra została przedstawiona na rysunku 8 [5].



Rys. 8. Topologia filtra EMI

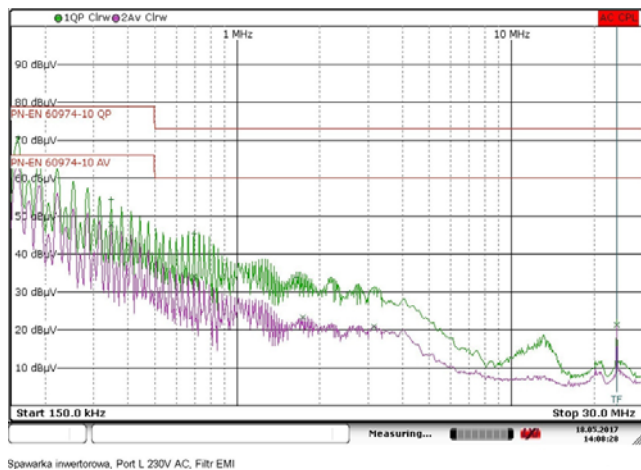
Charakterystyka częstotliwościowa została przedstawiona na rys. 9 [5].



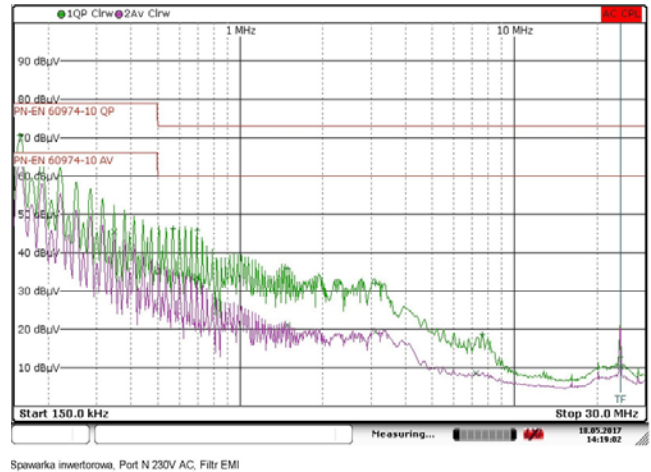
Rys. 9. Charakterystyka częstotliwościowa zastosowanego filtra

Wyniki pomiarów z zastosowaniem dodatkowego filtra EMI

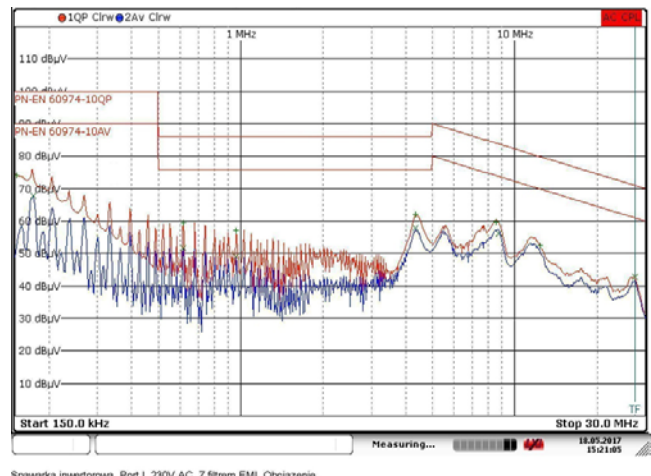
Filtr został zamontowany w obudowie spawarki inwerterowej. Wszystkie pomiary zostały ponownie powtórzone. Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów emisji zaburzeń przewodzonych na tle poziomów zawartych w normie PN-EN 60974-10 dla urządzeń klasy A.



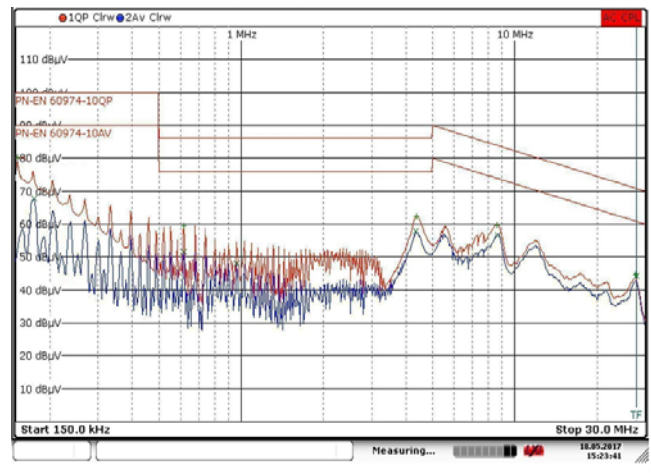
Rys. 10. Wyniki pomiarów dla stanu jałowego (przewód fazowy)



Rys. 11. Wyniki pomiarów dla stanu jałowego (przewód neutralny)



Rys. 12. Wyniki pomiarów dla pracy pod obciążeniem (przewód fazowy)



Rys. 13. Wyniki pomiarów dla pracy pod obciążeniem (przewód neutralny)

Wnioski

Zastosowanie filtra EMI pozwoliło zredukować emisję zaburzeń przewodzonych spawarki inwerterowej nie tylko do poziomów akceptowanych przez normę PN-EN 60974-10 dla urządzeń klasy A, ale znacznie poniżej. Tłumienie niepożądanych sygnałów jest jednak inne niż wynikałoby to bezpośrednio z charakterystyki częstotliwościowej filtra zadeklarowanej przez producenta. Przyczyną tego jest fakt,

iż zamontowanie filtra EMI w obudowie spowodowało zmniejszenie długości i zmianę rozmieszczenia przewodów zasilających wewnątrz spawarki inwertorowej. W związku z tym wartości pasożytniczej pojemności, indukcyjności i rezystancji przewodów zasilających uległy zmianie. Dodatkowo, w celu ograniczenia emisji zaburzeń przewodzonych urządzenia, można zastosować koraliki ferrytowe oraz tak ułożyć przewody wewnątrz urządzenia, aby wyeliminować sprzężenia drogą przenikania.

Autorzy: mgr inż. Rafał Białek, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych, Zakład Systemów Informacyjno- Pomiarowych, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, E-mail: rafal.bialek@wat.edu.pl;
mgr inż. Kamil Białek, Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji, ul. Józefa Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, E-mail: kbialek@ikolej.pl.

LITERATURA

- [1] Białek R., *Projekt i badania laboratoryjne spawarki inwertorowej*, praca magisterska, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2015,
- [2] PN-EN 60974-10, Sprzęt do spawania łukowego- Część 10: Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej (EMC), 2014,
- [3] Charoy A., Kompatybilność elektromagnetyczna- zakłócenia w urządzeniach elektronicznych, tom 1,2,3, Warszawa 1999-2000,
- [4] W. Ott. H.: *Electromagnetic compatibility engineering*; NJ: Wiley, Hoboken, 2009,
- [5] Nota katalogowa złącza zasilającego Schurter 5130.0001, www.schurter.com