

BIAŁOŃ Andrzej<sup>1</sup>  
DŁUŻNIEWSKI Artur<sup>2</sup>  
JOHN Łukasz<sup>3</sup>

### **METODYKA POMIARU ZABURZEŃ RADIOELEKTRYCZNYCH W POKŁADOWEJ SIECI ZASILAJĄCEJ NISKIEGO NAPIĘCIA**

*W referacie przedstawiono problematykę badań taboru kolejowego w zakresie emisji zaburzeń przewodzonych w pokładowej sieci zasilania niskiego napięcia w odniesieniu do dopuszczalnych poziomów zawartych w normach na przykładzie elektrycznego zespołu trakcyjnego 16 Wiek (ED74). Ponadto przedstawiono główne źródła zaburzeń radioelektrycznych występujące w pokładowej sieci zasilającej. Omówiono metodykę pomiarów oraz zamieszczono przykładowe wyniki normatywnych pomiarów jak i dodatkowych w konfiguracji z załączonymi i wyłączonymi filtrami na podstacji zarejestrowanych przy różnych prędkościach.*

### **METHODS OF MEASUREMENT OF RADIOELECTRIC DISTURBANCES IN ON BOARD LOW VOLTAGE SUPPLY NETWORK**

*The paper presents the research problem of railway rolling stock in scope of disturbances emission conducted in low voltage on board supply network. This research refers to permissible levels included in the norms and based on example of electric multiple units 16 Wiek (ED74). Moreover the paper presents major sources of radio electric disturbances in on board supply network. The paper discusses the methodology of measurements and contains an exemplary results of normative and additional measurements in configuration with switch off and switch on filters in substation ,registered with different speed.*

---

<sup>1</sup> Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki; 04-275 Warszawa ; ul. J. Chłopickiego. tel. +48 22 47 31 453, Fax +48 22 47 31 036, e-mail: abialon@ikolej.pl, Politechnika Śląska, Wydział Transportu Zespół Automatyki w Transporcie ,ul. Krasińskiego 8,40-019 Katowice, tel. +48326034136 e-mail: andrzej.bialon@polsl.pl

<sup>2</sup> Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji; 04-275 Warszawa ; ul. J. Chłopickiego. tel. +48 22 47 31 399, Fax +48 22 47 31 036, e-mail: adluzniewski@ikolej.pl

<sup>3</sup> Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji; 04-275 Warszawa ; ul. J. Chłopickiego. tel. +48 22 47 31 421, Fax +48 22 47 31 036, e-mail: ljohn@ikolej.pl

## 1. WSTĘP

Kolejowe obiekty ruchome, takie jak lokomotywy elektryczne, elektryczne zespoły trakcyjne i wagony pasażerskie, stanowią specyficzne i złożone środowisko elektromagnetyczne. Pracujące w tym środowisku urządzenia nie powinny wpływać wzajemnie na siebie, a w szczególności urządzenia zasilane napięciem 3kV nie powinny wprowadzać nadmiernych zaburzeń elektromagnetycznych do obwodów pokładowej sieci zasilania niskiego napięcia oraz obwodów przysyłania sygnałów zainstalowanych w pokładowych urządzeniach elektrycznych.

W obwodach niskiego napięcia znajdują się następujące istotne źródła zaburzeń radioelektrycznych i impulsowych zaburzeń elektromagnetycznych:

- prądnicą prądu stałego,
- styki styczników niskonapięciowych,
- silniki napędów pomocniczych.

W obwodach wysokiego napięcia występują potencjalne źródła zaburzeń radioelektrycznych:

- silniki trakcyjne,
- silnik wentylatora napędzający jednocześnie prądnicę prądu stałego,
- styki styczników liniowych i grupowych,
- styk odbieraka prądu z przewodem jezdny.

## 2. POMIAR EMISJI ZABURZEŃ RADIOELEKTRYCZNYCH PRZEWODZONYCH W POKŁADOWEJ SIECI ZASILANIA NISKIEGO NAPIĘCIA

Emisja zaburzeń przewodzonych definiowana jest jako zaburzenie elektromagnetyczne rozchodzące się wzdłuż przewodów elektrycznych lub linii transmisji sygnałów. Pomiary normatywne emisji zaburzeń przewodzonych w pokładowej sieci zasilania niskiego napięcia wykonywane są w trakcie postoju pojazdu zgodnie z metodyką zapisaną w normie [1].

Zgodnie z zaleceniami wymienionej normy wykonuje się pomiary składowej niesymetrycznej napięcia zaburzeń radioelektrycznych w zakresie częstotliwości od 150 kHz do 30 MHz, z podziałem na dwa podzakresy częstotliwości:

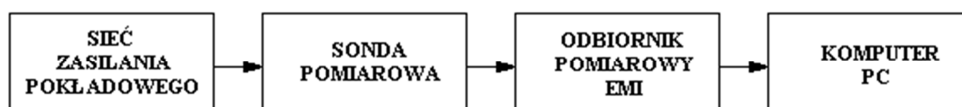
- 150 kHz – 500 kHz,
- 500 kHz – 30 MHz.

Pomiar emisji zaburzeń przewodzonych wykonywany jest na wszystkich portach pokładowej sieci zasilającej a.c. i d.c., do których można zaliczyć:

- porty pomocniczego źródła zasilania prądu sinusoidalnego a.c. lub d.c.,
- porty odnoszące się do baterii akumulatorów,
- porty pomiarowe i porty sterowania służące do zasilania urządzeń elektronicznych.

Typowe wartości napięcia zasilania pokładowego w pojazdach zdefiniowane są w normie [2] i wynoszą: 24V DC, 48V DC, 110V DC oraz 230V AC.

Do pomiaru zaburzeń przewodzonych wykorzystuje się wysokonapięciową sondę pomiarową, do której poprzez kabel koncentryczny podłączony jest odbiornik pomiarowy EMI, co ilustruje rysunek 1 i 2. Uzyskane wyniki porównywane są z wykonanymi uprzednio pomiarami zaburzeń postronnych (tła) występujących w pokładowej sieci zasilającej niskiego napięcia przy odłączonym zasilaniu.



Rys.1. Schemat blokowy układu pomiarowego do zaburzeń radioelektrycznych



Rys.2. Układ pomiarowy do zaburzeń radioelektrycznych w pokładowej sieci zasilającej

Odbiornik pomiarowy EMI wchodzący w skład wyposażenia pomiarowego musi spełniać wymagania normy [3].

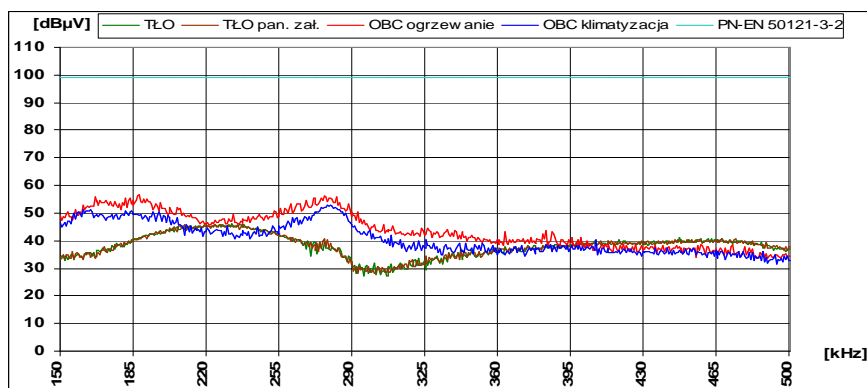
Dopuszczalne poziomy emisji zaburzeń przewodzonych zawarte są w normie [4] i wynoszą:

- dla pasma 150 – 500 kHz – 99 dB $\mu$ V,
- dla pasma 0,5 – 30 MHz – 93 dB $\mu$ V.

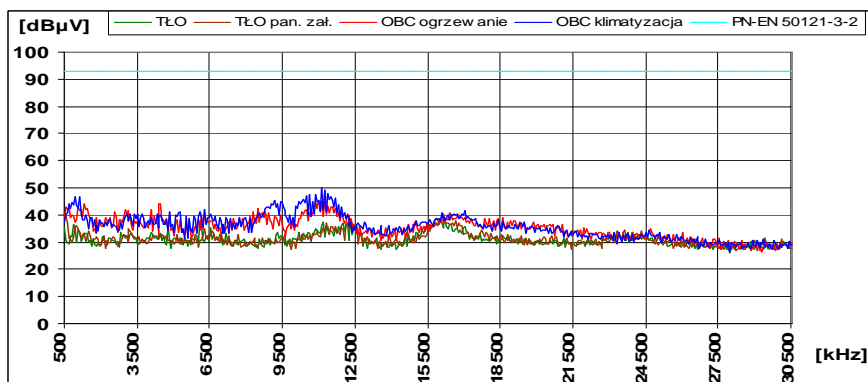
### 3. PRZYKŁADOWE WYNIKI POMIARÓW EMISJI ZABURZEŃ RADIOELEKTRYCZNYCH PRZEWODZONYCH

Na rysunkach 3-6 pokazano przykładowe wyniki pomiarów normatywnych emisji zaburzeń przewodzonych w pokładowej sieci niskiego napięcia elektrycznego zespołu trakcyjnego (EZT) ED74 z uwzględnieniem wymagań zawartych w normie i poziomu zaburzeń postronnych.

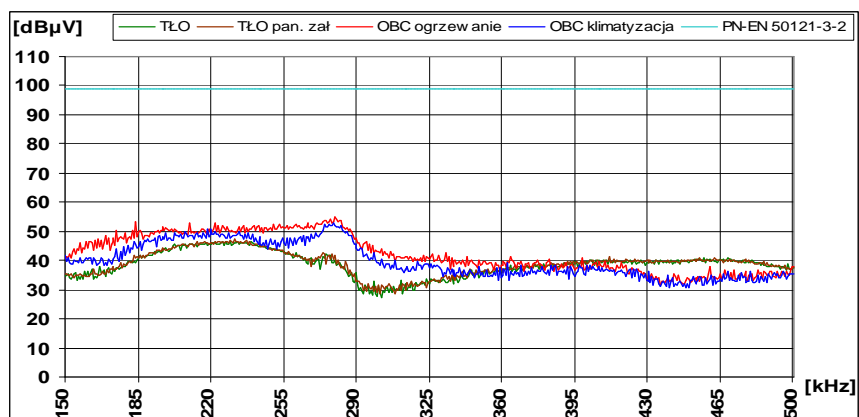
Pomiary emisji zaburzeń przewodzonych wykonano podczas postoju pojazdu zgodnie z normą przy maksymalnym jego obciążeniu (włączona klimatyzacja, oświetlenie, włączony system informacji pasażerskiej). W praktyce maksymalne obciążenie uzyskiwane jest dla wariantu z załączoną na pojeździe klimatyzacją. Pomiary przeprowadzono dla przyłącza zasilania pokładowego niskiego napięcia 24V DC dla obwodu zasilania „+” i „-”. Wariant taki jest determinowany tym, że wszystkie pokładowe urządzenia sterujące zasilane były z wyżej wymienionego portu zasilającego.



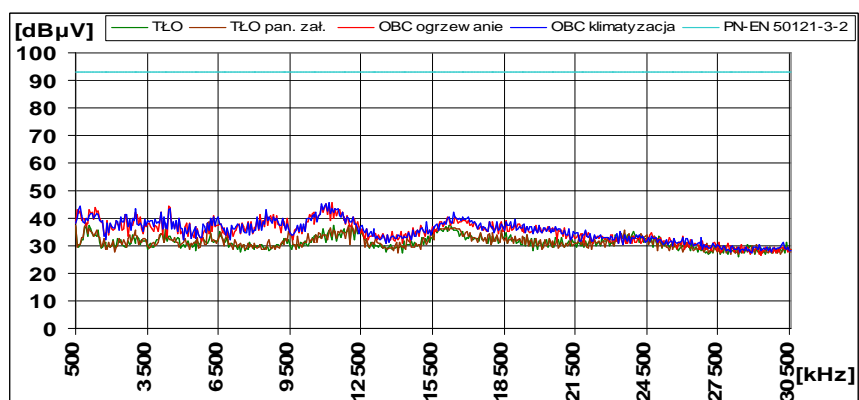
Rys.3. Zaburzenia emisji przewodzonej dla portu +24V DC



Rys.4. Zaburzenia emisji przewodzonej dla portu +24V DC



Rys.5. Zaburzenia emisji przewodzonej dla portu -24V DC



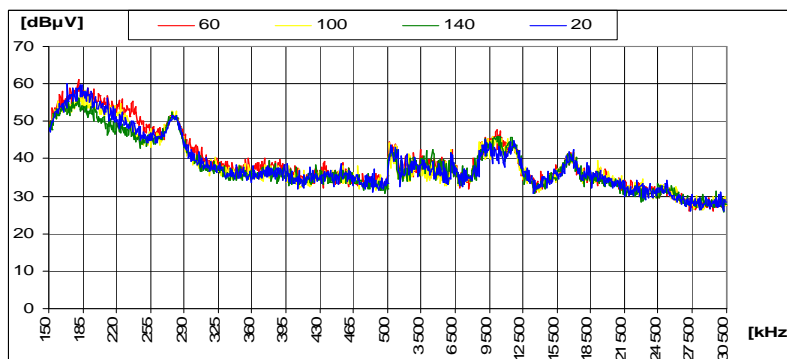
Rys.6. Zaburzenia emisji przewodzonej dla portu -24V DC

Kolejny etap pomiarów polegał na zmierzeniu wartości zaburzeń radioelektrycznych w pokładowej sieci niskiego napięcia 24V DC podczas poruszania się EZT ED74 po torze doświadczalnym w Żmigrodzie dla różnych prędkości (20, 60, 100 i 140 km/h). Pomiary zostały wykonane dla dwóch wariantów:

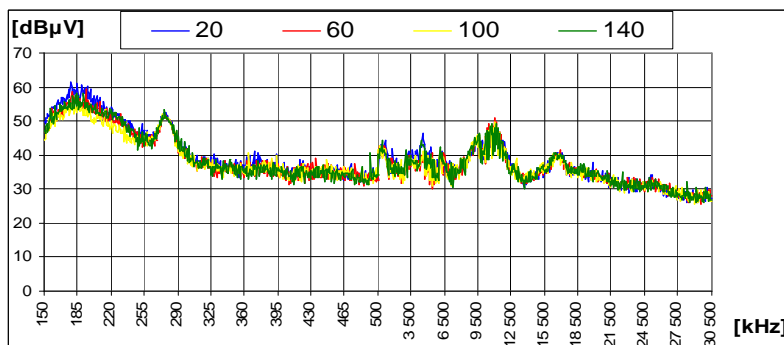
- wyłączone filtry na podstacji,
- włączone filtry na podstacji.

Powyższe warianty badań miały na celu ocenę sprzężenia pokładowych obwodów zasilających ze zmiennymi parametrami w głównym przewodzie jezdnym. Blok filtrów na podstacji trakcyjnej ma za zadanie odfiltrować harmoniczne o częstotliwościach: 600, 1200 i 2400 Hz. W przypadku, gdy blok filtrów jest wyłączony częstotliwość podstawowa 600 Hz nie jest odfiltrowywana i w sieci trakcyjnej pojawiają się harmoniczne powstające w wyniku prostowania napięcia przy pomocy zespołów prostowniczych 12-pulsowych.

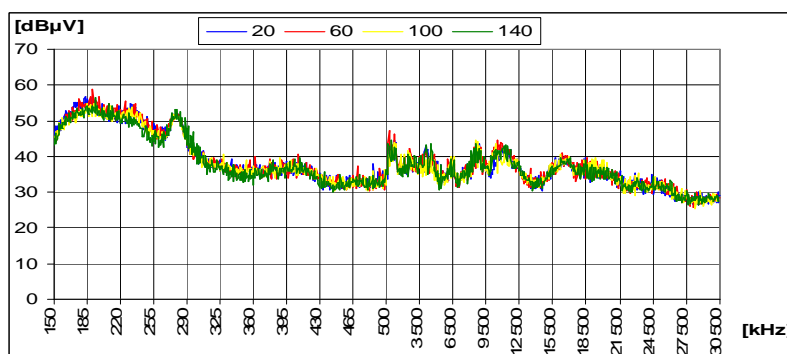
Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 7-10.



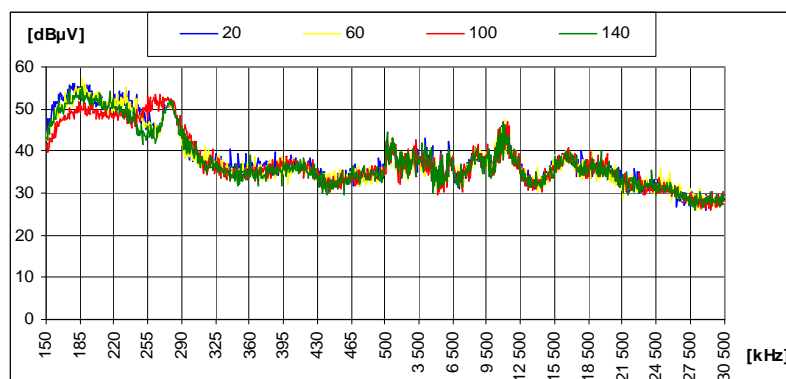
Rys.7. Zaburzenia emisji przewodzonej dla portu +24V DC przy wyłączonych filtrach na podstacji



Rys.8. Zaburzenia emisji przewodzonej dla portu +24V DC przy załączonych filtrach na podstacji



Rys.9. Zaburzenia emisji przewodzonej dla portu -24V DC przy wyłączonych filtrach na podstacji



Rys.10. Zaburzenia emisji przewodzonej dla portu -24V DC przy załączonych filtrach na podstacji

#### 4. PODSUMOWANIE

W trakcie badań zaburzeń radioelektrycznych przewodzonych występujących w pokładowej sieci niskiego napięcia zauważono znaczny odstęp między zmierzonym poziomem zaburzeń radioelektrycznych a dopuszczalnym poziomem zawartym w normie. Ponadto stwierdza się, że elektryczny zespół trakcyjny nie przekracza dopuszczalnych poziomów zawartych w normie [4].

Przeprowadzone badania zaburzeń radioelektrycznych w pokładowej sieci niskiego napięcia wykazały różnice w uzyskanych wynikach pomiędzy metodyką normatywną a dodatkowo przeprowadzonymi badaniami. Poziom zakłóceń przewodzonych zarejestrowany w czasie jazdy był dla pasma 150 kHz do 250 kHz o około 10 do 20 dB wyższy niż dla poziomu uzyskanego dla pomiarów normatywnych. Można zatem wykluczyć bezpośredni wpływ zaburzeń generowanych przez podstację i wypromieniowanych przez sieć trakcyjną na pokładowe obwody niskiego napięcia.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 55011:2010 Przemysłowe, naukowe i medyczne urządzenia o częstotliwości radiowej - Charakterystyka zaburzeń elektromagnetycznych - Dopuszczalne poziomy i metody pomiarów,
- [2] PN-EN 50155:2007 Zastosowania kolejowe - Kompatybilność elektromagnetyczna – Wyposażenie elektroniczne stosowane w taborze,
- [3] PN-EN 55016-1-1:2010 Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiaru zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia - Część 1-1: Aparatura do pomiaru zaburzeń radioelektrycznych i do badań odporności - Aparatura pomiarowa (CISPR 16-1-1),
- [4] PN-EN 50121-3-2:2009 Zastosowania kolejowe - Kompatybilność elektromagnetyczna - Część 3-2: Tabor Aparatura,
- [5] PN-EN 55016-4-2:2006 Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiarów zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia radioelektryczne

- Część 4-2: Niepewność, statystyka i modelowanie poziomów dopuszczalnych. Niepewność w pomiarach EMC,
- [6] PN-T-01030:1996 Kompatybilność elektromagnetyczna - Terminologia,
- [7] Więckowski T. „Pomiary emisyjności urządzeń elektrycznych i elektronicznych”, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997,
- [8] Więckowski, T. „Badania kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych i elektronicznych”, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001.