

DŁUŻNIEWSKI Artur¹
 JOHN Łukasz²
 LASKOWSKI Mieczysław³

Badania IN SITU EMC w hali lokomotywowni Warszawa Olszynka Grochowska

*kompatybilność elektromagnetyczna,
 postronne zaburzenia radioelektryczne,
 tabor kolejowy*

Streszczenie

W referacie przedstawiono problematykę oceny stanu środowiska elektromagnetycznego na hali lokomotywowni Intercity Warszawa Olszynka Grochowska. Oceny stanu środowiska elektromagnetycznego dokonano w odniesieniu do obecnie obowiązują poziomów dopuszczalnych zawartych w dokumentach normatywnych. Podstawą oceny emisji zaburzeń postronnych (tła) jest wartość natężenia pola elektromagnetycznego zaburzeń radioelektrycznych wokół ruchomych obiektów kolejowych znajdujących się na poligonie pomiarowym.

EMC TESTS IN SITU IN THE LOCOMOTIVE GARAGE HALL OF WARSAW OLSZYINKA GROCHOWSKA

Abstract

The paper presents problems of evaluation of the electromagnetic environment in the locomotive garage hall Intercity Olszynka Grochowska Warsaw. Electromagnetic environmental assessment has been made in relation to acceptable levels currently apply contained in normative documents. The assessment of the emissions outsiders disturbance (background) is the value of the electromagnetic field radio disturbances railway around moving objects that are on the open area test side.

1. WSTĘP

Kolejowe obiekty ruchome takie jak lokomotywy elektryczne, elektryczne zespoły trakcyjne, wagony pasażerskie oraz obiekty stałe takie jak: nastawnie, kontenery, szafy aparaturowe i lokomotywownie z punktu widzenia instalowanych nowoczesnych urządzeń elektronicznych stanowią specyficzne środowisko elektromagnetyczne.

Pracujące w tym środowisku urządzenia nie powinny wpływać wzajemnie na siebie, a w szczególności urządzenia elektryczne zasilane napięciem 3kV DC. Nie powinny one wprowadzać nadmiernych zaburzeń elektromagnetycznych emitowanych na zewnątrz, które mogą mieć wpływ na warunki panujące np. w lokomotywowni. Nasycenie w coraz większym stopniu taboru urządzeniami elektronicznymi w naturalny sposób wymusza konieczność współistnienia tych urządzeń w środowisku elektromagnetycznym.

Urządzenia elektroniczne nie mogą wytwarzać zaburzeń elektromagnetycznych o poziomach wyższych niż dopuszczalne określone w normach, ale również muszą posiadać określoną odporność na różnorodne zaburzenia elektromagnetyczne. Cecha ta określana jest mianem kompatybilności elektromagnetycznej.

Przez zaburzenia elektromagnetyczne rozumiemy wszelkie zaburzenia w całym widmie częstotliwości, w tym wypadku przedmiotem rozważań będzie zakres częstotliwości 9kHz do 1GHz i dlatego określamy je mianem zaburzeń radioelektrycznych.

Celem badań na terenie lokomotywowni było oszacowanie poziomu emisji promieniowanej zaburzeń postronnych w ramach środowiska elektromagnetycznego na terenie hali IC na Olszynie Grochowskiej w Warszawie, w której znajdują się lokomotywy poddawane okresowym przeglądom. Hala lokomotywowni przeznaczona jest do obsługi lokomotyw elektrycznych typu EU07, EP08, EP09. Znajduje się w niej duża ilość sprzętu elektronicznego przeznaczonego do diagnostyki samych lokomotyw, które mają aktualnie przeprowadzane przeglądy. W hali znajdują się cztery pary torów, z czego 3 tory wyposażone są w trakcję elektryczną. W pobliżu jednego z torów znajduje się platforma do badania i wymiany pantografowych odbieraków prądów.

¹ 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

² 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

³ Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem Kolejowym i Teleinformatyki, 04-275 Warszawa; ul J. Chłopickiego 50, Tel. +48224731358, Fax. +48224731036, e-mail: mlaskowski@ikolej.pl



Rys.1. Widok ogólny na halę lokomotywowni Olszynka Grochowska

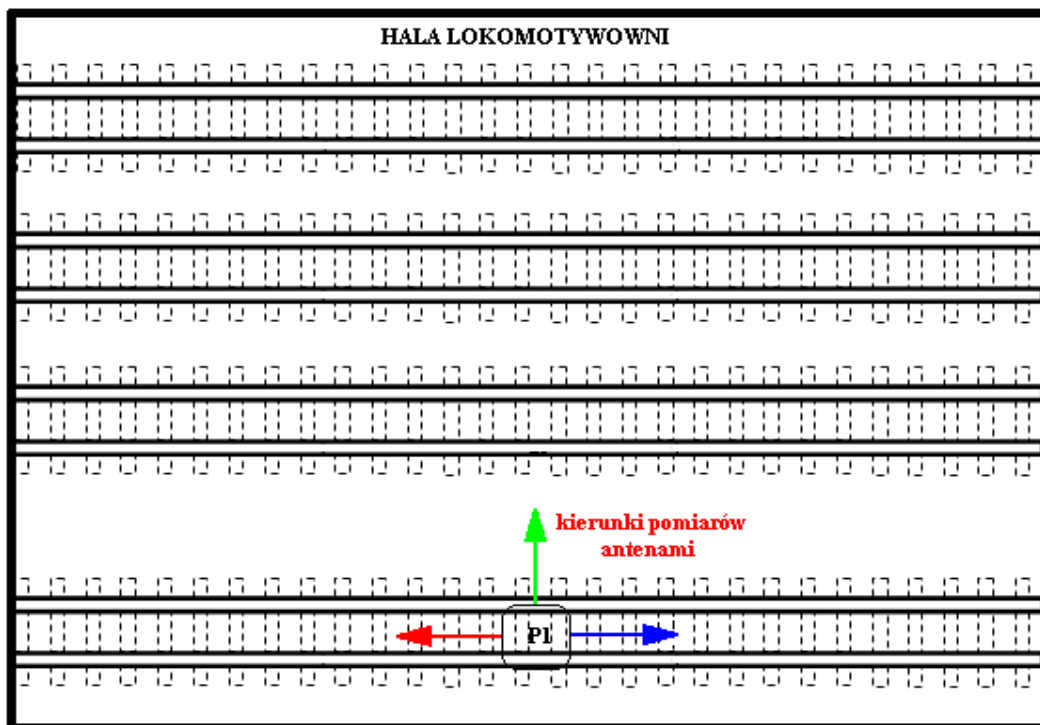
2. METODYKA POMIARÓW

Miernictwo zaburzeń radioelektrycznych należy do specyficznej dziedziny, ponieważ na wynik pomiaru ma wpływ wiele czynników takich jak: parametry aparatury (wartość szczytowa, quasi-szczytowa szerokość pasma pomiarowego miernika), rodzaj anten pomiarowych, wysokość ich umieszczenia nad ziemią i odległość od badanego obiektu. Pomiary emisji niepożądanych na terenie Lokomotywowni mają charakter złożony, ponieważ odległość pomiarowa nie jest zgodna z zaleceniami normy ze względu na obecność elementów odbijających fale elektromagnetyczne. Zgromadzony sprzęt metalowy, ściany, obecność wielu lokomotyw na hali powoduje, że nie został spełniony warunek bezodbiciowości poligonu pomiarowego, który jest podstawowym wymaganiem normy. Czynniki te będą miały wpływ na wynik pomiaru trudny do oszacowania. Pomimo przedstawionych powyżej odstępstw zdecydowano się na przeprowadzenie badań zgodnie z zaleceniami zawartymi w poniżej przedstawionych normach.

- **PN-EN 50121-1** [1]
- **PN-EN 50121-2** [2]

Na rysunku 2 pokazano uproszczony schemat hali wraz z oznaczonym punktem pomiarowy P1, w którym przeprowadzone zostały badania poziomu tła na terenie hali lokomotywowni. Punkt pomiarowy nie znajdował się w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej. Pomiary zostały przeprowadzone w 3 prostopadłych do siebie kierunkach oznaczonych kolorem zielonym, niebieski i czerwonym przy użyciu odpowiednich anten pomiarowych.

Pomiary miały charakter tylko orientacyjny i przeprowadzone zostały w rzeczywistych warunkach środowiskowych panujących na hali ze względu na przyjęte wcześniej założenia. Dotyczyły one rzeczywistego oddziaływania systemu kolejowego w zakresie emisji zaburzeń promieniowanych na pojazdy, urządzenia i systemy znajdujące się na terenie hali lokomotywowni. Cechą charakterystyczną tego środowiska jest występowanie ruchomych źródeł emisji zaburzeń promieniowanych, oddziałujących w sposób nie jednorodny, ponieważ pojazdy trakcyjne poruszały się na terenie hali w różnych trybach pracy (rozruch, hamowanie, postój, jazda z minimalną stałą prędkością).



Rys.2. Schemat hali lokomotywowni wraz z punktem pomiarowym P1

2.1 Pomiar emisji postronnych zaburzeń na terenie hali

Pomiary przeprowadzono za pomocą analizatora widma typu Anritsu MS 2601B z załączonym detektorem wartości szczytowej AV zgodnie z wymaganiami normy [2] w paśmie częstotliwości 9kHz – 1GHz z podziałem na cztery podzakresy przedstawione w tabeli 1. Użyty analizator widma spełniał wymagania normy [3] dotyczącej aparatury pomiarowej.

Tab. 1. Przyjęte do pomiarów zakresy częstotliwości i szerokość pasma

Pasma częstotliwości	Rodzaj pomiaru	Szerokość pasma
9kHz ÷ 150kHz 150kHz ÷ 30MHz	pomiar składowej magnetycznej H natężenia pola zaburzeń przy zastosowaniu anteny pętlowej	200Hz 9kHz
30MHz ÷ 300MHz	pomiar pionowej składowej elektrycznej E natężenia pola przy zastosowaniu anteny logarytmiczno-periodycznej	120kHz
300MHz ÷ 1GHz	pomiar pionowej składowej elektrycznej E natężenia pola przy zastosowaniu anteny bikoniczno-logarytmicznej	120kHz

Pomiary prowadzone zostały naprzemiennie z użyciem dwóch anten, co ilustruje rysunek 3 i 4, pokrywających całe wymagane przez normę [2] pasmo częstotliwości w zakresie 9kHz – 1GHz zgodnie z tabelą 2.

Antena do pomiaru składowej magnetycznej natężenia pola zaburzeń radioelektrycznych umieszczona była na wysokości 1,5 m od płaszczyzny główki szyny, natomiast antena do pomiaru składowej elektrycznej umieszczona była na wysokości 3 m.

Badania w paśmie częstotliwości 9kHz – 30MHz polegały na prostopadłym usytuowaniu płaszczyzny anteny ramowej w kierunku prostopadłym do osi torów. Natomiast w paśmie częstotliwości 30MHz – 1GHz pomiary przeprowadzone zostały dla polaryzacji pionowej anteny bikoniczno-logarytmicznej.

Tab. 2. Ustawienia anten pomiarowych

Typ anteny	Pasma częstotliwości	Wysokość zawieszenia anteny	Polaryzacja anteny
EMCO 6502	9kHz – 30MHz	1,5 m	pionowa
EMCO 3141	30MHz – 300MHz	3 m	pionowa
	300MHz – 1GHz	3 m	pionowa



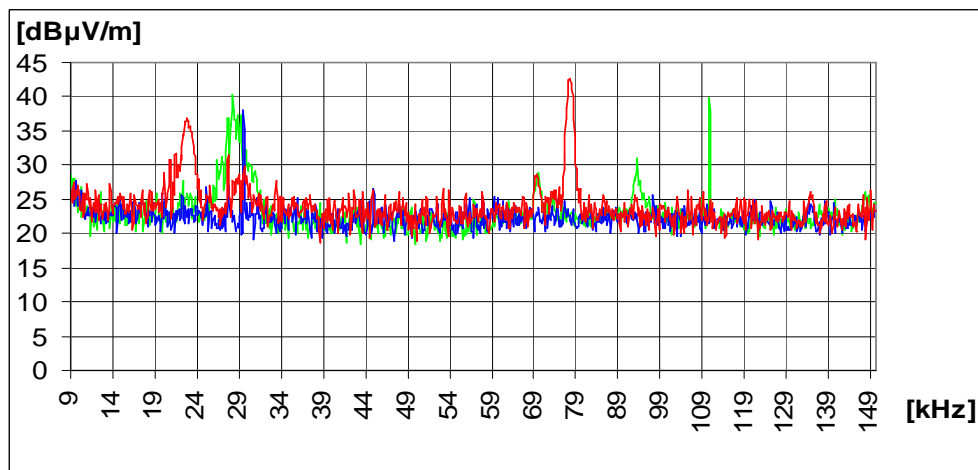
Rys.3. Aktywna antena pętlowa typu EMCO 6502 podczas pomiarów na hali lokomotywowni



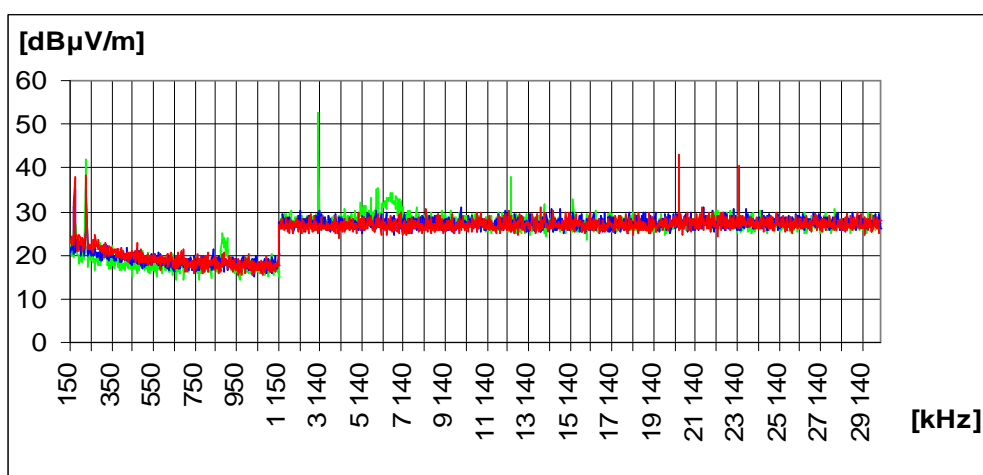
Rys.4. Aktywna bikoniczno-logarytmiczna typu EMCO 3141 podczas pomiarów na hali lokomotywowni

3. WYNIKI Z POMIARÓW

Na rysunkach 5-9 zostały zamieszczone wyniki z pomiarów emisji zaburzeń postronnych na hali lokomotywowni Olszynka Grochowska dla 4 podzakresów pomiarowych. Na rysunkach 5 i 6 kolorem zielonym oznaczony został przebieg charakterystyki natężenia pola w funkcji częstotliwości (dla podzakresu 9kHz – 150kHz i 150kHz – 30MHz) dla normalywnego ustawienia anten względem osi toru. Kolorem niebieskim oznaczono analogiczny przebieg przy ustawieniu prostopadłym anteny ramowej do osi toru Natomiast kolorem czerwonym oznaczono wyniki pomiarów dla anteny ramowej obróconej w stosunku do poprzedniego ustawienia o 180°.

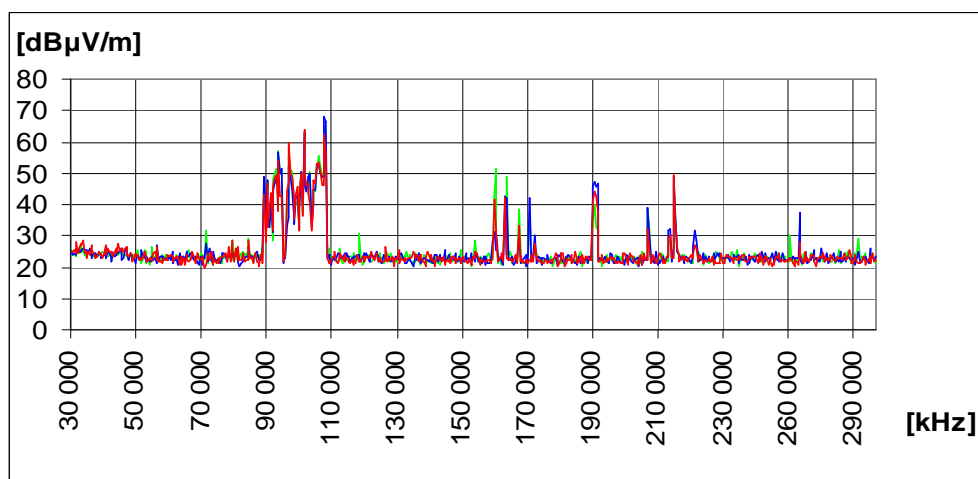


Rys.5. Pomiar zaburzeń postronnych dla pasma częstotliwości 9kHz – 150kHz

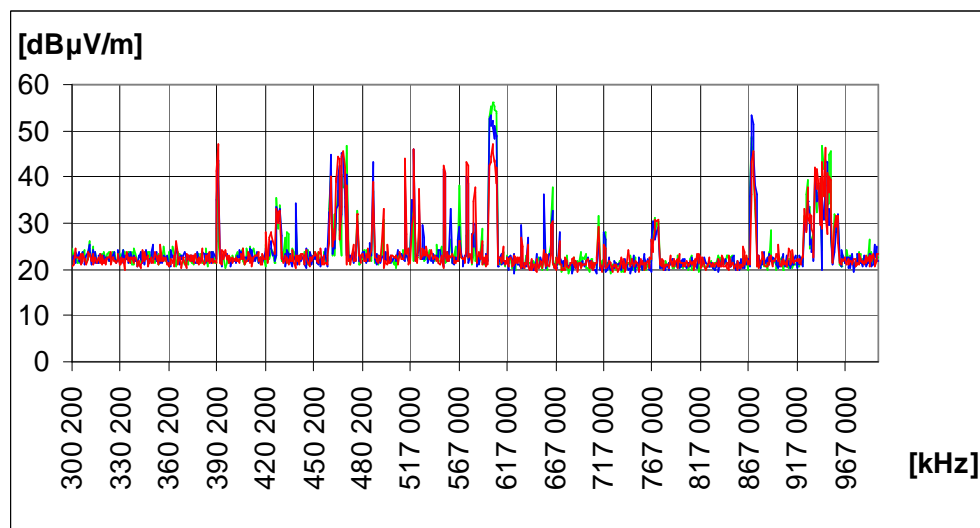


Rys.6. Pomiar zaburzeń postronnych dla pasma częstotliwości 150kHz – 30MHz

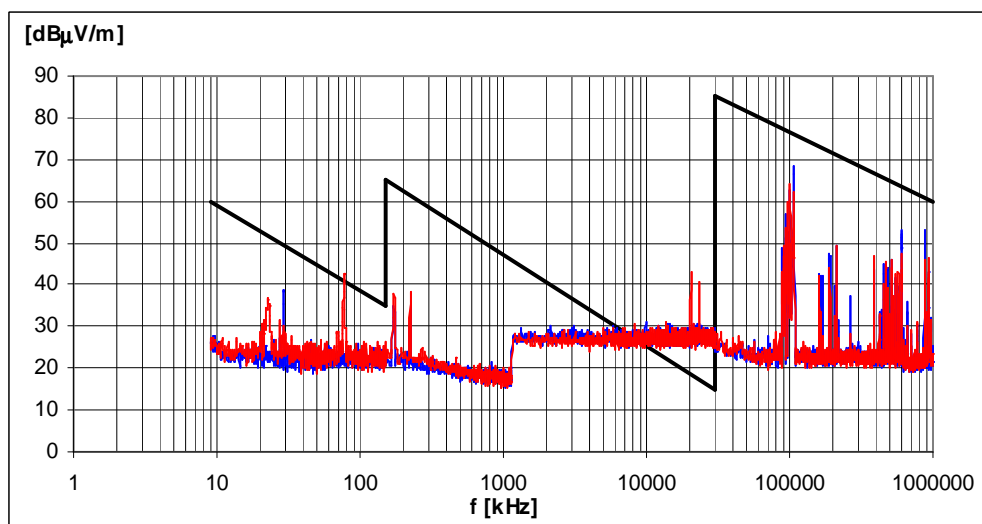
Na rysunkach 7 i 8 kolorem zielonym przedstawiono wyniki z pomiarów składowej elektrycznej natężenia pola w funkcji częstotliwości dla normalywnego ustawienia anteny bikonicznej-logarytmicznej (ustawienie prostopadłe do osi toru). Pomiary z anteną bikoniczną-logarytmiczną zostały wykonane dla podpasma częstotliwości 30MHz – 1GHz. Kolorem niebieskim oznaczono przebieg charakterystyki przy ustawieniu równoległym anteny do osi toru (w stronę prawych drzwi). Natomiast kolorem czerwonym oznaczono wyniki pomiarów dla anteny obróconej w stosunku do poprzedniego ustawienia o 180°.



Rys.7. Pomiar zaburzeń postronnych dla pasma częstotliwości 30MHz – 300MHz



Rys.8. Pomiar zaburzeń postronnych dla pasma częstotliwości 300MHz – 1GHz



Rys.9. Pomiar zaburzeń postronnych dla całego pasma częstotliwości 9kHz – 1GHz

Uzyskane wyniki pomiarów poddano analizie uwzględniającej parametry zastosowanego toru pomiarowego tj. wartości współczynników anten pomiarowych, tłumienności kabla w funkcji częstotliwości. Otrzymany w ten sposób poziom zaburzeń radioelektrycznych w danym paśmie pomiarowym porównano z wartościami dopuszczalnymi zaburzeń radioelektrycznych określonych w normie [2] dla danego podzakresu pomiarowego.

Ogólny wzór analizy dla przeprowadzonej analizy wypadkowej wartości natężenia pola elektrycznego zaburzeń radioelektrycznych określony jest formułą:

$$E(\text{dB}\mu\text{V} / \text{m}) = V(\text{dB}\mu\text{V}) + AF(\text{dB} / \text{m}) + AC(\text{dB}) \quad (1)$$

gdzie: V – wartości odczytane z bezpośrednich rejestracji analizatorem widma,

AF – odpowiednie wartości współczynnika anteny,

AC – wartości tłumienia kabla.

4. NIEPEWNOŚĆ POMIARU

Pomiar emisji zaburzeń postronnych obarczony jest zawsze błędem pomiarowym wynikającym ze specyfiki zastosowanej metody pomiaru i dokładności zastosowanej aparatury pomiarowej jak również samego toru pomiarowego. Prawidłowa ocena uzyskanych wyników wymusza oszacowanie niepewności pomiaru. Najistotniejszym elementem zgodności lub niezgodności zmierzonych poziomów zaburzeń radioelektrycznych z dopuszczalnymi poziomami zaburzeń zawartymi w normie [2] jest uwzględnienie przede wszystkim niepewności przyjętej metody pomiarowej.

Niepewność aparatury pomiarowej wykorzystywanej do badań zaburzeń radioelektrycznych powinno się również oceniać uwzględniając wszystkie wymienione wielkości w normie [4].

5. ANALIZA WYNIKÓW

Na rysunku 5 zawarte są wyniki pomiarów w paśmie częstotliwości 9kHz – 150kHz i z załączonej charakterki wynika, że na częstotliwości 24, 29, 79 oraz 109kHz występują pojedyncze 30dB wzrosty poziomu zaburzeń radioelektrycznych o niezlokalizowanym źródle. Z punktu widzenia wymagań normatywnych w mierzonym paśmie częstotliwości można zauważyć pojedyncze o niewielkiej wartości przekroczenie. Średni poziom emisji zaburzeń mieści się w przedziale od 18 do 28 dB.

Wyniki z pomiarów zaburzeń radioelektrycznych dla podpasma częstotliwości 150kHz – 30MHz zamieszczono na rysunku 6. Porównując uzyskane wyniki z wymaganiami normatywnymi zamieszczonymi na rys. 9 stwierdza się, że w paśmie od 9kHz do 30MHz stwierdzono niewielkie przekroczenie wartości dopuszczalnych.

W zakresie częstotliwości 30MHz – 300MHz i 300MHz – 1GHz (tj dla zakresu częstotliwości w paśmie VHF i UKF) pokazanych na rysunkach 7 i 8 zauważa się występowania wzrostów poziomów zaburzeń radioelektrycznych pochodzących od nadajników służb radiokomunikacyjnych. W powyższych pasmach częstotliwości zalecane poziomy emisji dopuszczalnej są znacznie wyższe niż w pozostałych zakresach mierzonego widma w związku z tym nie występują przekroczenia wartości dopuszczalnych.

6. WNIOSKI

1. W wyniku zastosowanej metody, jako jedynej możliwej, uzyskane wyniki charakteryzują się znaczną niepewnością pomiaru.
2. Stwierdzono nieznaczne przekroczenia w paśmie częstotliwości 79kHz oraz w podpaśmie 8MHz – 300MHz.
3. Zaobserwowane niewielkie przekroczenia poziomu emisji niepożądaną nie powinny mieć wpływu na pracę postronnych urządzeń elektronicznych zainstalowanych na terenie lokomotywowni Olszynka Grochowska.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 50121-1:2008 *Zastosowania kolejowe -- Kompatybilność elektromagnetyczna -- Część 1: Postanowienia ogólne.*
- [2] PN-EN 50121-2:2010 *Zastosowania kolejowe -- Kompatybilność elektromagnetyczna -- Część 2: Oddziaływanie systemu kolejowego na otoczenie.*
- [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.*
- [4] PN-EN 55016-4-2:2011 *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.*
- [5] PN-T-01030:1996 *Kompatybilność elektromagnetyczna – Terminologia.*