



Mieczysław LASKOWSKI, Łukasz JOHN

CHARAKTERYSTYKA ŚRODOWISKA ELEKTROMAGNETYCZNEGO W POBLIŻU SZLAKU KOLEJOWEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono ocenę środowiska elektromagnetycznego na przykładzie nowo powstających obiektów mieszkalnych, budowlanych sąsiadujących wzdłuż szlaku kolejowego. Omówiono główne źródła zaburzeń radioelektrycznych oraz opisaną metodykę pomiarów na przykładzie aktualnie obowiązujących norm mających wpływ na potencjalne urządzenia elektryczne i elektroniczne znajdujące się w przyszłych obiektach tego typu.

WSTĘP

Zaburzenia radioelektryczne występujące w pobliżu szlaku kolejowego powstają jako produkt uboczny pracy zainstalowanych tam urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz przejeżdżających lokomotyw w składzie pociągu, spalinowo-elektrycznych, elektrycznych zespołów trakcyjnych lub ciężkich pociągów towarowych ciągniętych przez lokomotywy pracujące w systemie trakcji ukrotnionej. Aktualnie obowiązujące normy, które określają dopuszczalne poziomy emitowanych zaburzeń radioelektrycznych mają na celu przede wszystkim ochronę urządzeń radiowych i telewizyjnych.

W wyniku przeprowadzonych prac badawczych w Instytucie Kolejnictwa stwierdzono, że spośród wszystkich urządzeń znajdujących się na szlaku kolejowym lub w jego pobliżu najwyższe poziomy zaburzeń radioelektrycznych wytwarzają pojazdy trakcyjne.

Problem ten jest istotny, ponieważ budynki mieszkalne, nowo powstałe biurowce czy centra handlowe umiejscawiane są coraz częściej bardzo blisko zelektryfikowanych szlaków kolejowych. Na szlakach kolejowych eksploatowane są obecnie pojazdy trakcyjne starszego typu, które tylko w niewielkim stopniu zostały zmodernizowane.

Ponadto źródłem zaburzeń radioelektrycznych są urządzenia, w których występują podczas pracy nagłe i krótkotrwałe zmiany prądu, przerwy i włączenia pobudzające pasożytnicze elementy LC do drgań elektrycznych. Przebiegi elektryczne generowane w czasie pracy urządzeń rozprzestrzeniają się po przewodach sieci zasilającej i są emitowane w przestrzeń za pośrednictwem pola elektromagnetycznego.

Celem artykułu jest ocena środowiska elektromagnetycznego na terenie nowego budynku biurowego na terenie Warszawy, który będzie znajdował się z założenia blisko sąsiadującego szlaku kolejowego.

1. STACJONARNE ŹRÓDŁA ZABURZEŃ RADIOELEKTRYCZNYCH

Do głównych źródeł zaburzeń radioelektrycznych można zaliczyć obiekty stacjonarne umieszczone na szlaku kolejowym lub w jego pobliżu oraz elektryczne i spalinowo-elektryczne pojazdy trakcyjne. Do najważniejszych obiektów stacjonarnych zatem należą:

1. Sieć trakcyjna 3kV DC,
2. Podstacje trakcyjne,
3. Urządzenia sterowania ruchem (srk).

Zawieszane nad ziemią przewody sieci trakcyjnej same w sobie nie są źródłem zaburzeń radioelektrycznych lecz zachowują się jak niesymetryczna linia transmisyjna przenosząca zaburzenia wytwarzane przez podstacje trakcyjne i przejeżdżające elektryczne pojazdy trakcyjne. Sieć trakcyjna w tej sytuacji stanowi również antenę promieniującą zaburzenia do środowiska. Parametry transmisyjne sieci zależą od takich czynników jak:

1. Właściwości elektryczne ziemi,
2. Rozwiązania konstrukcyjne,
3. Warunki atmosferyczne.

Zaburzenia radioelektryczne wytwarzane w zespołach prostownikowych podczas zmiany warunków zasilania mogą przedostawać się poprzez sieć trakcyjną na szlak kolejowy. Składowa niesymetryczna napięcia zaburzeń powstająca w podstacjach zasilających płynie wzdłuż przewodów sieci trakcyjnej i ziemi, a jej pętla może mieć znaczne rozmiary i dobre właściwości promieniowania. Generowane w tym przypadku zaburzenia mają widmo sięgające do niezbyt wysokich częstotliwości [7].

2. CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBIEKTU BUDOWLANEGO

Przedmiotem badań była ocena stanu środowiska elektromagnetycznego na działce budowlanej planowanego budynku biurowca w Warszawie przy ulicy Aleje Jerozolimskie 98. Przeprowadzone badania na zlecenie inwestora miały na celu ocenę potencjalnego oddziaływania systemu kolejowego w zakresie emisji zaburzeń promieniowanych na urządzenia i systemy mające znajdować się w planowanym budynku.

Działka budowlana zlokalizowana była w sąsiedztwie linii dalekobieżnej kolejowej nr 1 oraz linii kolejowej podmiejskiej 448 pomiędzy stacją Warszawa Ochota i Warszawa Zachodnia, po której poruszały się pojazdy trakcyjne ruchu podmiejskiego dalekobieżnego i Warszawskie Kolei Dojazdowej [1]. W trakcie przeprowadzania badań po wymienionej linii kolejowej poruszały następujące pojazdy trakcyjne:

- elektryczny zespół trakcyjny (EZT) – EN-94 (typ 101Na)
- EZT – typu EN57
- EZT – typu 14WE
- EZT – typu 19WE
- EZT – typu 22WE
- EZT – typu 27WE
- Lokomotywa elektryczna typu EP07/EU07
- Lokomotywa elektryczna typu EP09
- Lokomotywa elektryczna typu ES64U4
- Zestaw Push-Pull (lokomotywa elektryczna TRAXX P160 DC + wagon sterujący + wagon piętrowy)

W trakcie przeprowadzanych badań lokomotywy elektryczne wraz ze składem wagonów pasażerskich poruszały się obciążone wagonami w liczbie od 4 do 10. W przypadku elektrycznych zespoły trakcyjne występowały najczęściej dwa człony.

3. METODYKA POMIARÓW

Ocenę oddziaływania systemu kolejowego w miejscu planowanego budynku biurowca przeprowadzono zgodnie z wymaganiami zawartymi w normie [3] i w trybie wykonywanych pomiarów podanych w tabeli 1 i 2 oraz w różnych odległościach od osi pierwszego toru, które zostały wybrane na podstawie obrysów kształtu przyszłego obiektu przedstawionego przez inwestora (punkty pomiarowe P1, P2, P3, P4).

Obowiązująca norma [3] nie uwzględnia wszystkich przypadków, jakie mogą występować podczas oceny stanu środowiska elektromagnetycznego, dlatego dodatkowo przeprowadzono badania uzupełniające, które polegały na zmianie polaryzacji anteny z pionowej na poziomą i wykonanie pomiarów emisji zaburzeń promieniowanych. W tych badaniach uwzględniono, które inne postronne źródła zaburzeń mogłyby stanowić zagrożenie dla potencjalnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych planowanych do zainstalowania w tym obiekcie budowlanym.

Badania dodatkowe w paśmie częstotliwości 9 kHz – 30 MHz polegały na prostopadłym usytuowaniu płaszczyzny anteny w kierunku prostopadłym do osi torów. Natomiast w paśmie częstotliwości 30 MHz – 1 GHz dla polaryzacji poziomej anten pomiarowych. Anteny zostały ustawione odmiennie niż zaleca norma, co powoduje, że zwiększa się zakres selektywnych informacji na temat poruszających się po tym torze zaburzeń.

Cechą charakterystyczną tego środowiska jest występowanie ruchomych źródeł emisji zaburzeń promieniowanych oddziaływujących w sposób nie jednorodny, ponieważ pojazdy trakcyjne poruszały się w różnych trybach pracy (rozwój, hamowanie, postój, jazda ze stałą prędkością). Celem przeprowadzenia dodatkowych badań było zidentyfikowanie źródeł emisji zaburzeń promieniowanych, które mogą znajdować się na terenie kolejowym lub poza nim.

Pomiary przeprowadzono dla wariantu oceny środowiska elektromagnetycznego polegającego na pomiarze emisji zaburzeń postronnych (TŁO) i promieniowanych pochodzących od przejeżdżających pojazdów trakcyjnych zwanych obciążeniem (OBC) przy użyciu anten pomiarowych pokazanych na fotografiach 1-3 oraz odbiornika pomiarowego EMI. Aparatura pomiarowa spełniała wszystkie wymogi i zalecenia dotyczące wyposażenia pomiarowego zgodnie z normą [4].

Tab. 1. Podstawowe parametry pomiarów [3]

Zakres częstotliwości	Szerokość pasma	Tryb wykonywanych pomiarów	
9 kHz – 150 kHz	200 Hz	TŁO	OBC
150 kHz – 30 MHz	9 kHz	TŁO	OBC
30 MHz – 300 MHz	120 kHz	TŁO	OBC
300 MHz – 1 GHz	120 kHz	TŁO	OBC

Tab. 2. Ustawienia anten pomiarowych

Typ anteny	Pasmo częstotliwości	Wysokość zawieszenia anteny	Polaryzacja i kierunek ustawienia anteny	Rodzaj pomiaru
HLA 6120	9 kHz – 30 MHz	1,5 m	równoległy i prostopadły	pomiar składowej magnetycznej H natężenia pola zaburzeń przy zastosowaniu aktywnej anteny pętlowej
VBA 6106A	30 MHz – 300 MHz	3 m	pionowa / pozioma	pomiar składowej elektrycznej E natężenia pola przy zastosowaniu anteny dwustożkowej
UPA 6108	300 MHz – 1 GHz	3 m	pionowa / pozioma	pomiar składowej elektrycznej E natężenia pola przy zastosowaniu anteny logarytmiczno-periodyczna



Fot. 1. Aktywna antena pętlowa



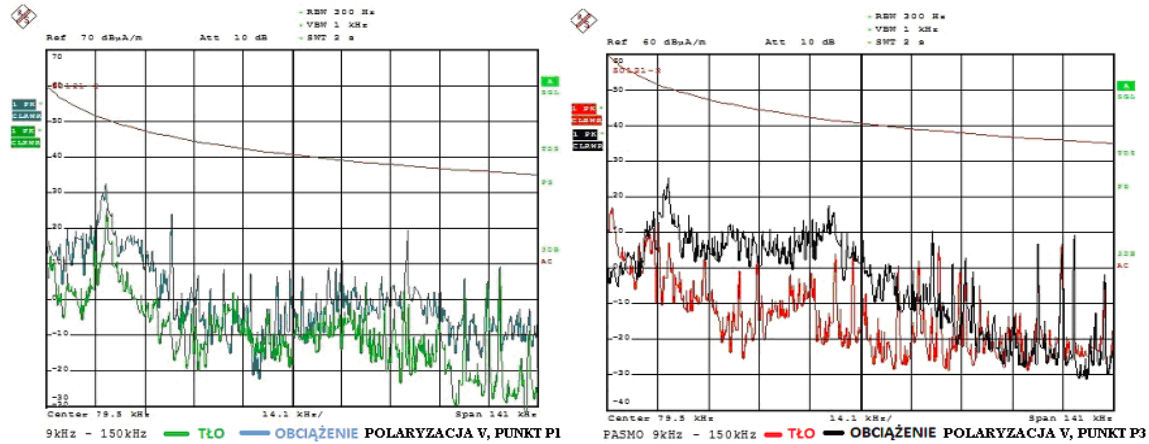
Fot. 2. Antena dwustożkowa



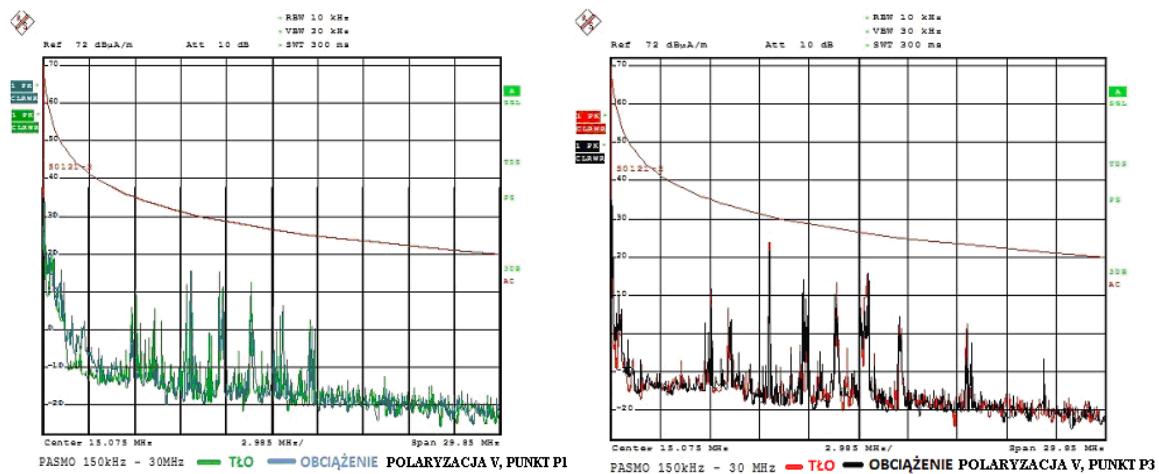
Fot. 3. Antena logarytmiczno-periodyczna

4. WYNIKI Z PRZEPROWADZONYCH POMIARÓW

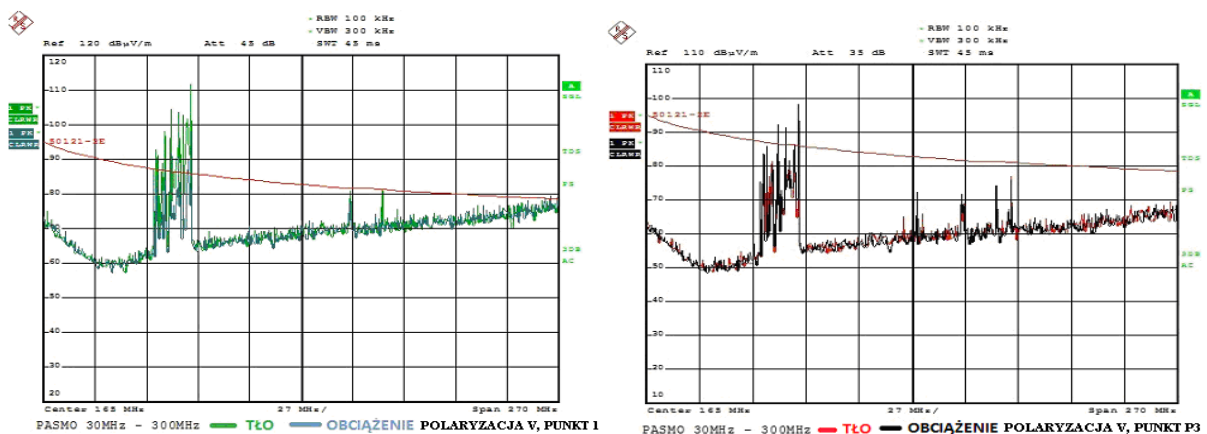
Na rysunkach 1-4 przedstawiono wyniki z pomiarów dla normatywnych ustawień i zapisów normy [3], natomiast na rysunkach 5-8 przedstawiono wyniki z dodatkowych badań uzupełniających w celu rozszerzenia charakterystyka środowiska zarejestrowanych w dwóch charakterystycznych punktach pomiarowych P1 i P3.



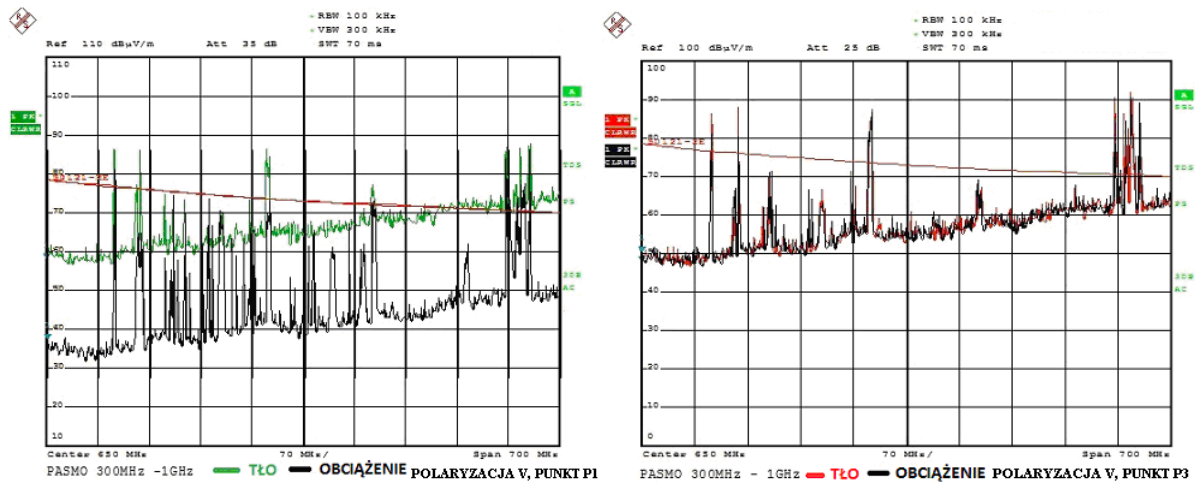
Rys. 1. Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 9 kHz – 150 kHz



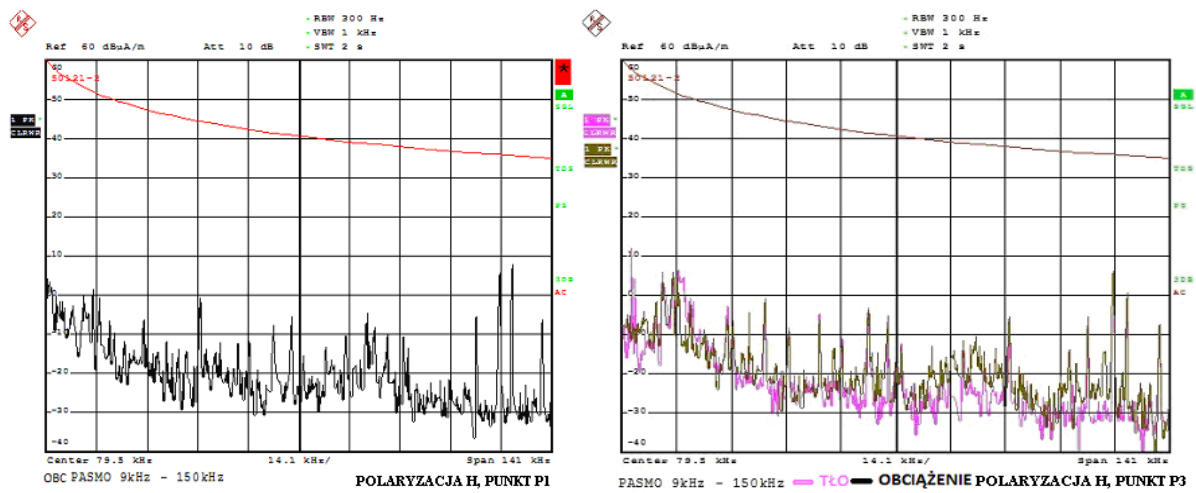
Rys. 2. Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 150 kHz – 30 MHz



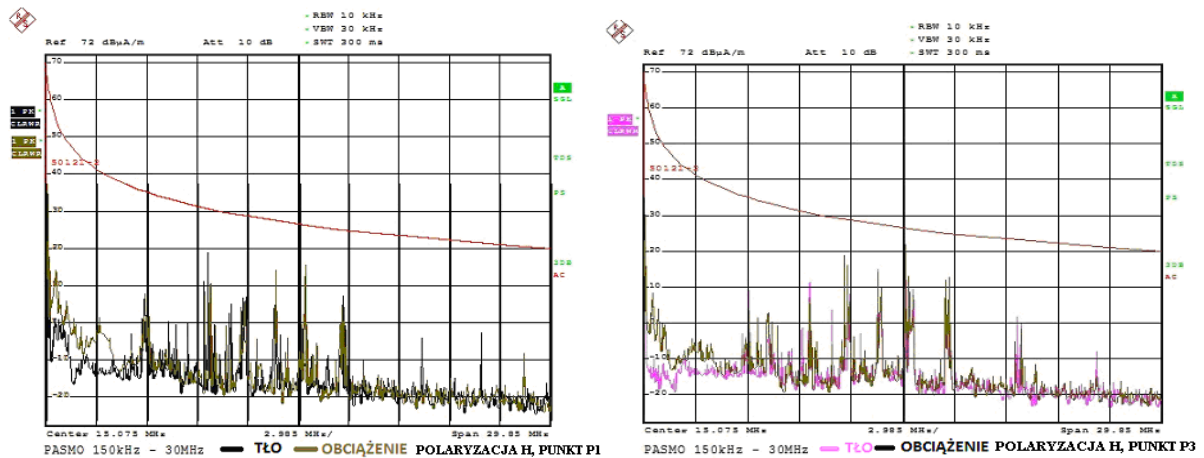
Rys. 3. Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 30 MHz – 300 MHz



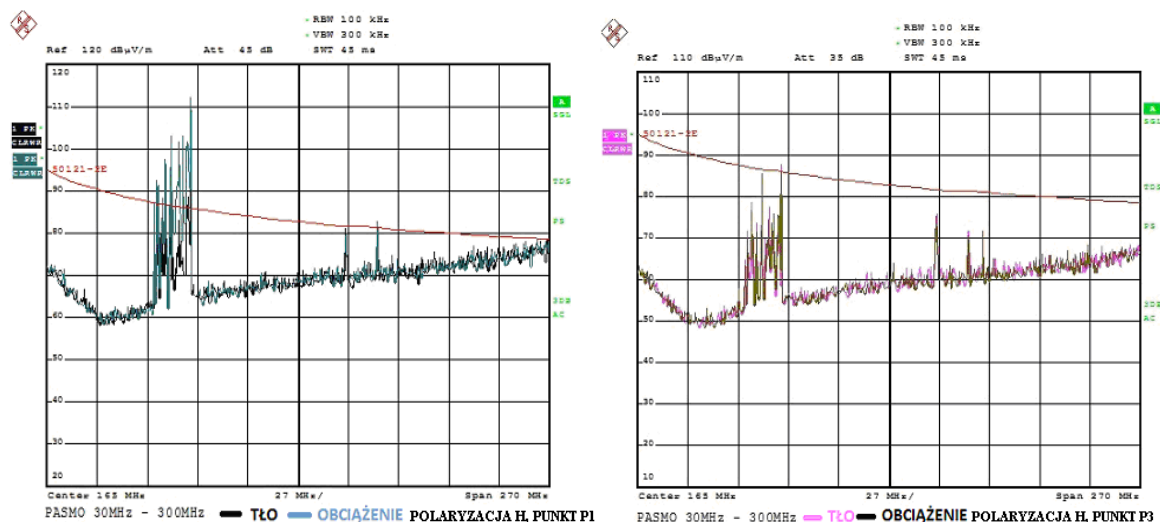
Rys. 4. Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 300 MHz – 1 GHz



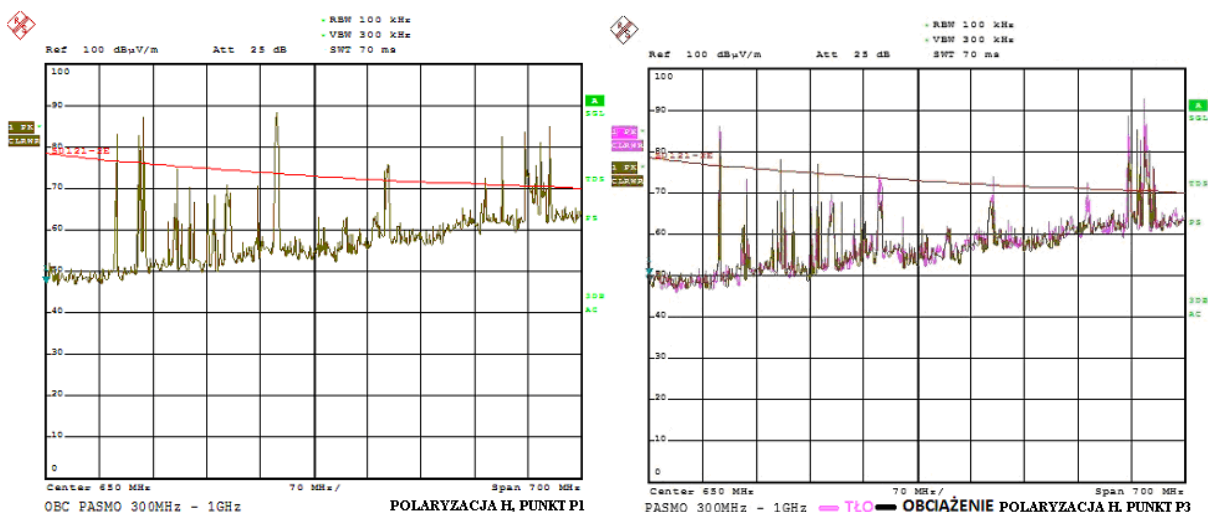
Rys. 5. Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 9 kHz – 150 kHz



Rys. 6. Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 150 kHz – 30 MHz



Rys. 7. Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 30 MHz – 300 MHz



Rys. 8. Pomiar emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 300 MHz – 1 GHz

Przeprowadzone badania podstawowe zgodne z normą [3] oraz badania uzupełniające nie wykazały zagrożenia ze strony ruchomych obiektów kolejowych w zakresie emisji zaburzeń promieniowanych na potencjalne urządzenia elektryczne i elektroniczne, które będą w przyszłości zainstalowane w przyszłym budynku. Zarejestrowane poziomy w żadnym zakresie częstotliwości nie wykazują przekroczeń poziomów dopuszczalnych. Naturalne środowisko elektromagnetyczne (pochodzenia miejskiego) w tym przypadku stanowi w większym stopniu zagrożenie niż obiekty kolejowe. Ocenę faktycznego zagrożenia przez naturalne środowisko elektromagnetyczne wymagałoby przeprowadzenia długofalowych badań o charakterze monitorowania dla różnych pór roku.

PODSUMOWANIE

Zarejestrowane w trakcie badań przekroczenia poziomu dopuszczalnego są spowodowane obecnością pól elektromagnetycznych pochodzących od radiofonii w zakresie UKF oraz od analogowej i cyfrowej telefonii komórkowej. Powszechnie wiadomo, że tego typu emisje nie powinny wpływać na prace np. elektronicznych urządzeń przetwarzania danych, ponieważ źródła tych emisji są oddalone od przyszłego obiektu.

Z przedstawionego schematu przyszłego budynku przedstawionego przez inwestora określającego jego położenie względem torów kolejowych wynika, że przyszły obiekt budowlany będzie znajdował po za strefą oddziaływania trakcji elektrycznej.

Szlak kolejowy, przy którym będzie znajdował się nowo powstały biurowiec ma charakter prostoliniowy między dworcami kolejowymi (Zachodni - Ochota), więc należy zatem przypuszczać, że wpływ prądów błądzących na zainstalowane kable i przynależne danemu obiektowi, które zostaną umieszczone w glebie będzie pomijalny.

CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC ENVIROMENT AROUND THE RAILWAY ROUTE

Abstract

The article describes the evaluation of the electromagnetic environment on example of newly built estates and buildings situated along the railway route. The main sources of radio disturbance are discussed and measurement methodology is described on the base of mandatory standards which have influence on the potential electric and electronic devices installed in estates and buildings in the future.

BIBLIOGRAFIA

1. John Ł., Dłużniewski A., Laskowski M.: *Sprawozdanie nr LA/25/11 z oceny środowiska elektromagnetycznego na terenie planowanego budynku NIMBUS*. Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji, październik 2011 r.
2. PN-EN 50121-1: *Zastosowania kolejowe – Kompatybilność elektromagnetyczna Część 1: Postanowienia ogólne*. PKN, Warszawa 2008 r.
3. PN-EN 50121-2: *Zastosowania kolejowe – Kompatybilność elektromagnetyczna Część 2: Oddziaływanie systemu kolejowego na otoczenie*. PKN, Warszawa 2010 r.
4. PN-EN 55016-1-1: *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*. PKN, Warszawa 2010 r.
5. PN-EN 55016-4-2: *Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiaru zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia -- Część 4-2: Niepewność, statystyka i modelowanie poziomów dopuszczalnych -- Niepewność przyrządów pomiarowych*. PKN, Warszawa 2011 r.
6. PN-T-01030: *Kompatybilność elektromagnetyczna – Terminologia*. PKN, Warszawa 1996 r.
7. Rotkiewicz W.: *Kompatybilność elektromagnetyczna w radiotechnice*. WKiŁ, Warszawa 1978 r.

Autorzy:

dr inż. Mieczysław LASKOWSKI – Instytut Kolejnictwa – Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki,

mgr inż. Łukasz JOHN – Instytut Kolejnictwa – Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji.