

# Pomiary pól magnetycznych generowanych przez urządzenia elektryczne i elektroniczne instalowane na taborze kolejowym w świetle normy kolejowej PN-EN 50500

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono pomiary pól magnetycznych AC i DC generowanych przez urządzenia elektryczne i elektroniczne instalowane na taborze kolejowym. Omówiona została metodyka pomiarowa pól magnetycznych w odniesieniu do normy PN-EN 50500. Ponadto przedstawiono wyposażenie pomiarowe stosowane do badań, sposób wyboru punktów pomiarowych wewnątrz i na zewnątrz w taborze kolejowym. W artykule zilustrowano przykładowe wyniki pomiarów pól magnetycznych pojazdu kolejowego na przykładzie taboru spalinowego i trakcyjnego.

**Abstract.** In the paper presents measurements of the magnetic fields of AC and DC generated by electrical and electronic equipments installed on rolling stock. Discusses the methodology for measuring magnetic fields with standard PN-EN 50500. Moreover there are presented measuring equipment used for testing and the mode of selection of measurement points inside and outside of the rolling stock. The article illustrates an exemplary results of measurements on the example magnetic fields of railway vehicles diesel and electrical railway rolling stock. (**Measurements of the magnetic fields generated by electrical and electronic devices installed on rolling stock according to standards PN-EN 50500**).

**Słowa Kluczowe:** Tabor kolejowy, indukcja magnetyczna, metodyka pomiarów, wyposażenie pomiarowe.

**Keywords:** Railway rolling stock, magnetic induction, methodology of measurements, measuring equipment.

## Wstęp

Eksploatacja wielu urządzeń elektrycznych i elektronicznych zainstalowanych w miejscu pracy, jak również instalacje stanowiące wyposażenie budynków, w których znajdują się pomieszczenia pracy jest związana z oddziaływaniem pól elektromagnetycznych. Do najliczniejszych źródeł pól elektromagnetycznych występujących w środowisku pracy należą instalacje elektroenergetyczne oraz urządzenia do elektronicznej ochrony artykułów przemysłowych np. tzw. bramki detekcyjne, systemy bezprzewodowego przesyłania informacji, a także urządzenia przemysłowe i medyczne. Konieczne jest zatem rozpoznanie źródeł pól elektromagnetycznych i przeanalizowanie zgodności ich poziomów z aktualnie obowiązującymi przepisami prawnymi.

Podobne zjawisko może występować w środowisku kolejowym, a ściślej mówiąc w taborze kolejowym, na którym instalowane są urządzenia elektryczne i elektroniczne.

## Obowiązujące przepisy prawne w środowisku kolejowym

Zgodnie z aktualnie obowiązującym na kolei od zeszłego roku rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju [1] w sprawie dopuszczenia do eksploatacji określonych rodzajów budowli, urządzeń i pojazdów kolejowych, dla których wymagane są szczegółowe warunki oraz tryb wydawania certyfikatów zgodności typu, należy przeprowadzić badania oddziaływania pól magnetycznych dla pojazdów kolejowych. Badania są przeprowadzane wewnątrz i na zewnątrz pojazdu zgodnie z załączonym do niniejszego rozporządzenia MliR [1] dokumencie stanowiącym listę Prezesa UTK [2] w sprawie właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności systemu kolei. Na podstawie jednego z artykułów (25d ust.1) ustawy o transporcie kolejowym [3], tego typu badania są niezbędne w celu stwierdzenia, czy spełnione są istotne wymagania zawarte w specyfikacjach dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej, bezpieczeństwa, niezawodności oraz zgodności technicznej pokładowego systemu zasilania i sterowania. Konieczne są badania dotyczące również oddziaływania na inne pojazdy i na inne systemy zainstalowane w pobliżu toru.

## Pomiary pól magnetycznych AC i DC taboru kolejowego

W środowisku kolejowym występują trzy zasadnicze źródła pól elektromagnetycznych, które mogą mieć wpływ na ludzi: tabor, zasilanie trakcyjne oraz wyposażenie sygnalizacyjne.

Pomiary pól magnetycznych AC i DC generowanych przez urządzenia elektryczne i elektroniczne instalowane na taborze kolejowym przeprowadza się zgodnie z normą PN-EN 50500 [4]. W normie tej zawarte są procedury pomiarowe dotyczące sposobu pomiaru oraz poziomów pól elektrycznych i magnetycznych generowanych przez urządzenia elektryczne i elektroniczne, systemy i instalacje znajdujące się w środowisku kolejowym. Ponadto określone są zasady i kryteria zgodności z dopuszczalnymi poziomami, opisany jest zakres wykonywania pomiarów, stosowane wyposażenie pomiarowe oraz metody oceny i wyników z pomiarów.

Podczas przeprowadzania pomiarów należy wziąć pod uwagę również dokument Rekomendacji Rady 1999/519/EC [5] oraz normę PN-EN 62311 [6] dotyczącą przykładowych metod pomiarów, symulacji oraz oceny wykonywanych badań.

## Metodyka pomiarów wg normy PN-EN 50500

Pomiary poziomów pól magnetycznych AC i DC dla taboru kolejowego zgodnie z zapisami normy [4] należy przeprowadzać w rzeczywistych warunkach atmosferycznych, w wymaganym przez normę paśmie częstotliwości od 0 Hz do 1 Hz dla pola DC i od 5 Hz do 20 kHz dla pola AC. Pomiary przeprowadzane są dla 3 osi składowych natężenia pola magnetycznego przy założeniu, że jedna oś jest równoległa do szyny. Pomiary te wykonuje się w dwóch trybach pracy pojazdu szynowego, a mianowicie:

- Tryb statyczny – pojazd jest na postoju i podłączony do trakcji z załączonymi wszystkim pokładowymi urządzeniami takimi np. jak klimatyzacja, ogrzewanie, oświetlenie wewnętrzne i zewnętrzne, włączone są wszystkie urządzenia elektroniczne. W tym przypadku pomiary wykonuje się zarówno wewnątrz pojazdu (kabina maszynisty oraz przedziały pasażerskie) jak i na zewnątrz pojazdu w pobliżu zainstalowanych urządzeń elektrycznych takich jak np: silniki trakcyjne, przetwornice, falowniki, przekształtniki itp.

▪ Tryb dynamiczny – obiekt zaczyna się poruszać od postoju, po czym z największym możliwym przyspieszeniem rozpędza się do maksymalnej prędkości eksploatacyjnej, utrzymuje tę prędkość na wybiegu przez 10 s, a następnie maksymalnie hamuje, aż do całkowitego zatrzymania. Wszystkie obwody pomocnicze i wszystkie urządzenia powinny być włączone (np. klimatyzacja, ogrzewanie, światła).

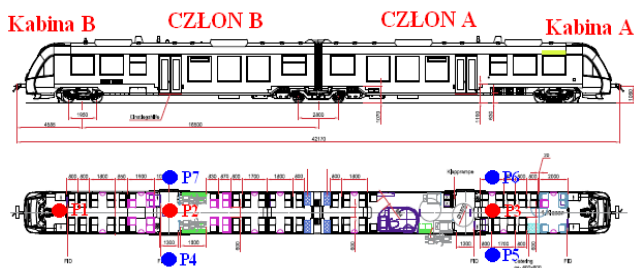
Może wystąpić sytuacja (np. w transporcie miejskim), że istniejące warunki terenowe lub system zasilania nie pozwalają na rozpędzenie taboru do maksymalnej prędkości eksploatacyjnej podczas przeprowadzania testu. W tym przypadku maksymalna wartość natężenia emisji pól magnetycznych powinna być obliczona na podstawie uzyskanych wyników pomiarów oraz monitorowania linii z wykorzystaniem określonej w normie metody. Przykłady tego typu metod zamieszczone są szczegółowo w normie [4], [6].

### Wybór i lokalizacja punktów pomiarowych taboru kolejowego

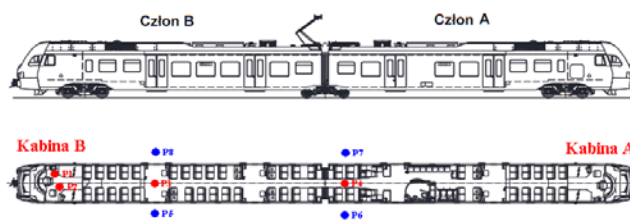
Pomiary pól magnetycznych powinno przeprowadzać się w miejscach i punktach przestrzennych wewnątrz i na zewnątrz taboru, które określone zostały szczegółowo w Tabeli 1. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe rozmieszczenie punktów pomiarowych wewnątrz kabiny maszynisty i w przedziałach pasażerskich oznaczone kolorem czerwonym oraz na zewnątrz pojazdu oznaczone kolorem niebieskim dwuczłonowego spalinowego zespołu trakcyjnego. Natomiast na rysunku 2 przedstawiono podobny schemat oznaczeń punktów pomiarowych w przypadku dwuczłonowego elektrycznego zespołu trakcyjnego.

Tabela 1. Lokalizacja punktów przestrzennych wykonywanych pomiarów

Miejsce	Odległość pionowa od podłogi	Odległość pozioma od ścian
Dostępne tylko dla pracowników. Pomiar blisko źródła emisji urządzeń, gdzie przebywają pracownicy podczas wykonywania normalnych prac.	0,9 m 1,5 m	≥ 0,3 m
Ogólnodostępne. Pomiar w najbliższym możliwym położeniu od źródła emisji, gdzie mogą przebywać pasażerowie.	0,3 m 0,9 m 1,5 m	≥ 0,3 m
Dostępne dla personelu i ogólnodostępne. Pomiar na zewnątrz w pobliżu np. przetwornicy.	0,3 m 1,5 m 2,5 m	0,3 m



Rys.1. Przykładowa lokalizacja punktów pomiarowych wewnątrz i na zewnątrz spalinowego zespołu trakcyjnego



Rys.2. Przykładowa lokalizacja punktów pomiarowych wewnątrz i na zewnątrz elektrycznego zespołu trakcyjnego

### Wyposażenie pomiarowe

W skład wyposażenia pomiarowego służącego do pomiarów pól magnetycznych wchodzi następująca aparatura pomiarowa, która powinna spełniać wymagania normy [4]:

- miernik pola magnetycznego DC,
- miernik pola magnetycznego AC wraz z sondą pola o powierzchni przekroju poprzecznego wynoszącej 100 cm<sup>2</sup>,
- stacja pogodowa do określenia rzeczywistych warunków atmosferycznych,
- komputer z oprogramowaniem służący do analizy FFT otrzymanych pomiarów.

### Kryterium oceny wyników z pomiarów

Do oszacowania poziomów indukcji magnetycznej wewnątrz i na zewnątrz pojazdu kolejowego jako kryterium oceny przyjmuje się wymagania zapisane w normie [4] oraz w Zaleceniu Rady 1999/519/WE (Aneks III) [5].

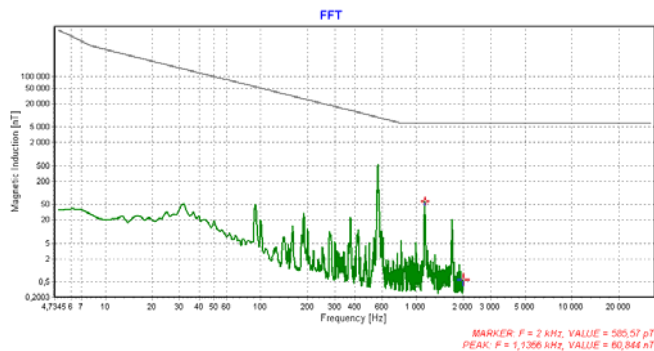
### Przykładowe wyniki pomiarów pól magnetycznych

W tabeli 2 przedstawione zostały wyniki pomiarów pól magnetycznych DC wewnątrz obu pojazdów kolejowych dla kabiny maszynisty i przedziału pasażerskiego w wybranych punktach pomiarowych w celu ich porównania.

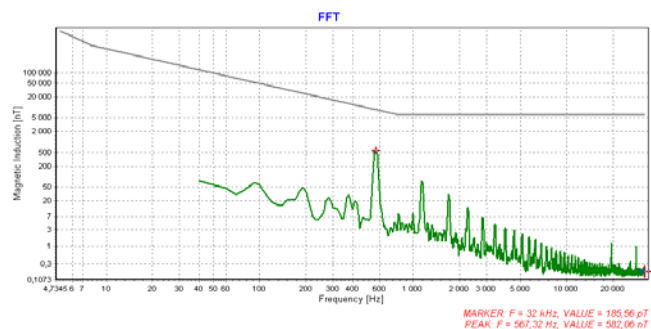
Tabela 2. Wyniki pomiarów pola DC dla pojazdów

Rodzaj pojazdu	Punkt pomiarowy	Tryb pracy	Wysokość punktu pomiarowego	Odległość punktu pomiarowego	Wynik pomiaru B <sub>max</sub>
Spalinowy zespół trakcyjny	P1 kabina maszynisty	Postój	0,9 m	0,3 m	221 μT
		Postój	1,5 m	0,3 m	196 μT
		Jazda	0,9 m	0,3 m	234 μT
		Jazda	1,5 m	0,3 m	236 μT
Elektryczny zespół trakcyjny	P1 kabina maszynisty	Postój	0,9 m	0,3 m	220 μT
		Postój	1,5 m	0,3 m	180 μT
		Jazda	0,9 m	0,3 m	237 μT
		Jazda	1,5 m	0,3 m	245 μT
Spalinowy zespół trakcyjny	P2 Przedział pasażerski człon B	Postój	0,3 m	1,1 m	235 μT
		Postój	0,9 m	1,1 m	210 μT
		Postój	1,5 m	1,1 m	218 μT
		Jazda	0,3 m	1,1 m	267 μT
		Jazda	0,9 m	1,1 m	294 μT
		Jazda	1,5 m	1,1 m	272 μT
Elektryczny zespół trakcyjny	P3 Przedział pasażerski człon B	Postój	0,3 m	1,1 m	238 μT
		Postój	0,9 m	1,1 m	266 μT
		Postój	1,5 m	1,1 m	256 μT
		Jazda	0,3 m	1,1 m	239 μT
		Jazda	0,9 m	1,1 m	280 μT
		Jazda	1,5 m	1,1 m	276 μT

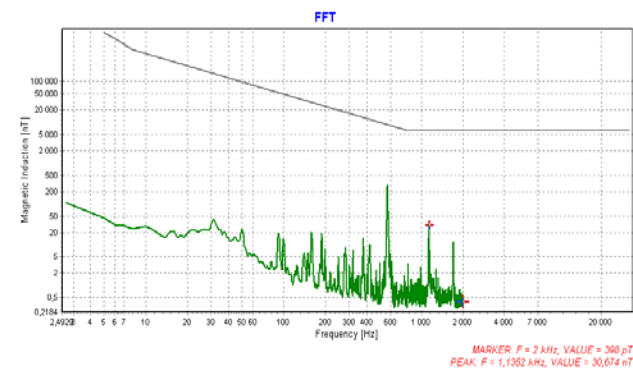
Na rysunkach od 3 do 14 zamieszczono przykładowe charakterystyki poziomów indukcji magnetycznej w funkcji częstotliwości otrzymane z pomiarów pól magnetycznych AC po dokonanej przez oprogramowanie analizie widma w trybie FFT dla obu pojazdów kolejowych w kabinie maszynisty.



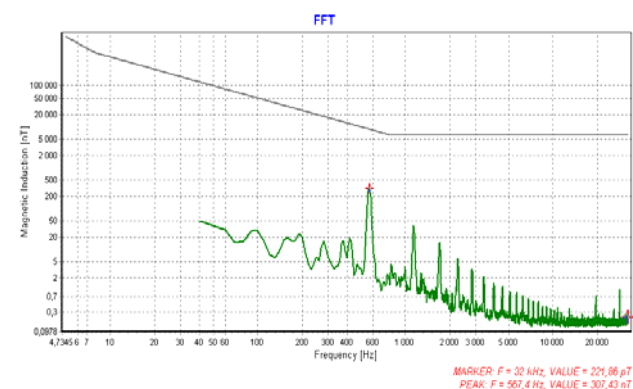
Rys.3. Spalinowy zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, postój, wysokość 0,9 m, zakres pomiarowy 5 Hz – 2 kHz



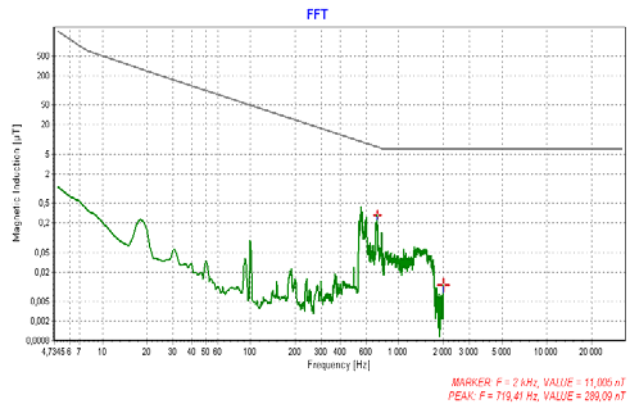
Rys.4. Spalinowy zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, postój, wysokość 0,9 m, zakres pomiarowy 2 kHz – 20 kHz



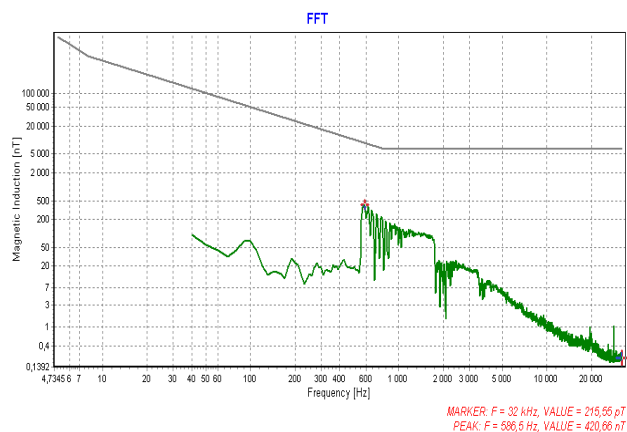
Rys.5. Spalinowy zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, postój, wysokość 1,5 m, zakres pomiarowy 5 Hz – 2 kHz



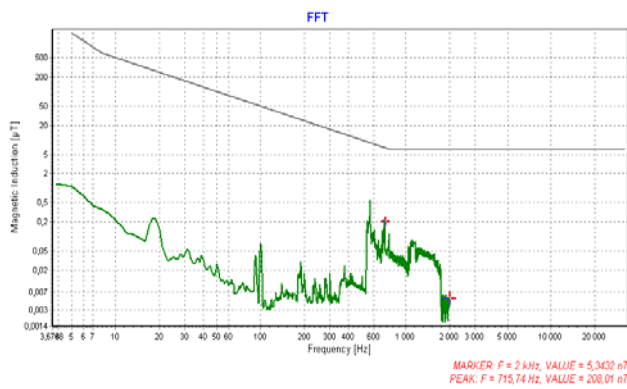
Rys.6. Spalinowy zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, postój, wysokość 1,5 m, zakres pomiarowy 2 kHz – 20 kHz



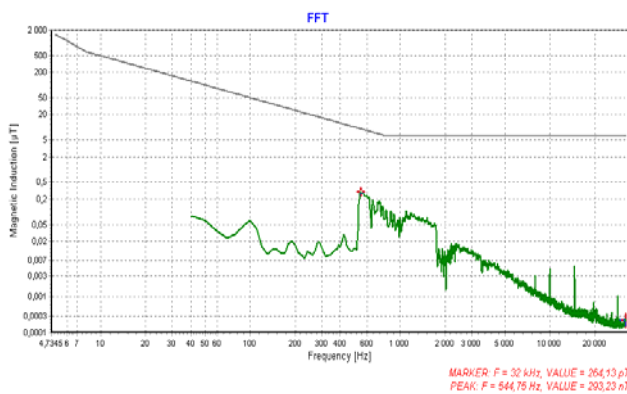
Rys.7. Spalinowy zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, jazda, wysokość 0,9 m, zakres pomiarowy 5 Hz – 2 kHz



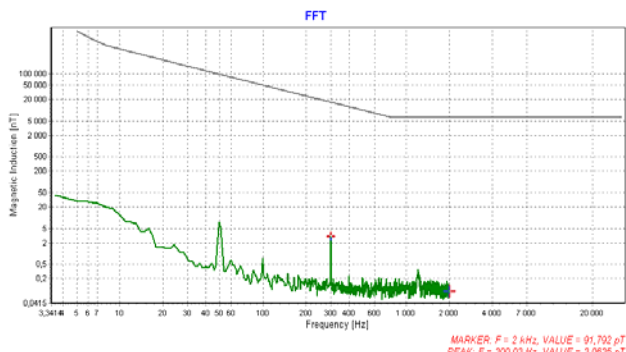
Rys.8. Spalinowy zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, jazda, wysokość 0,9 m, zakres pomiarowy 2 kHz – 20 kHz



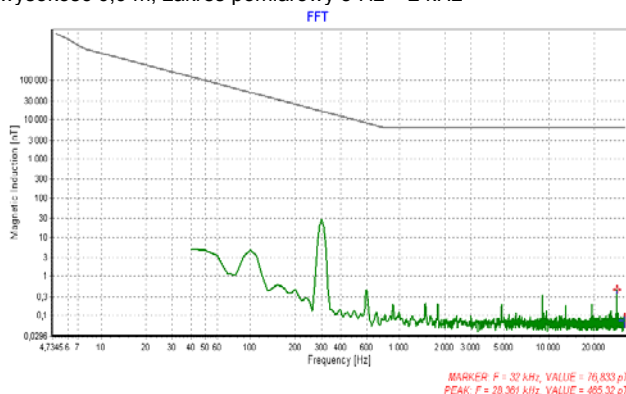
Rys.9. Spalinowy zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, jazda, wysokość 1,5 m, zakres pomiarowy 5 Hz – 2 kHz



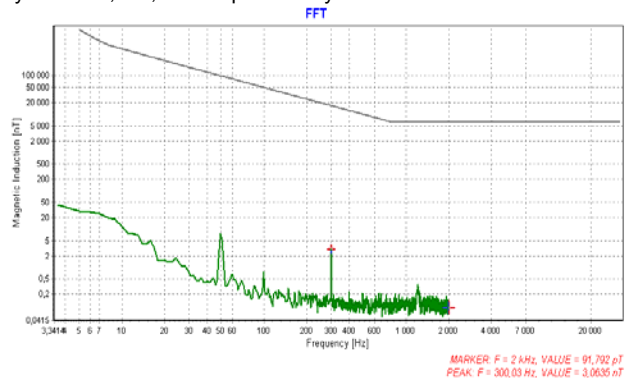
Rys.10. Spalinowy zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, jazda, wysokość 1,5 m, zakres pomiarowy 2 kHz – 20 kHz



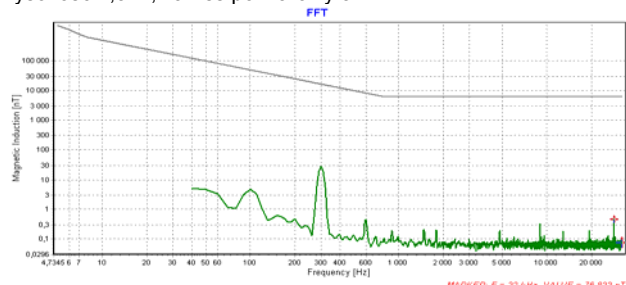
Rys.11. Elektryczny zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, postój, wysokość 0,9 m, zakres pomiarowy 5 Hz – 2 kHz



Rys.12. Elektryczny zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, postój, wysokość 0,9 m, zakres pomiarowy 2 kHz – 20 kHz



Rys.13. Elektryczny zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, postój, wysokość 1,5 m, zakres pomiarowy 5 Hz – 2 kHz



Rys.14. Elektryczny zespół trakcyjny, punkt pomiarowy P1, postój, wysokość 1,5 m, zakres pomiarowy 2k Hz – 20 kHz

## Podsumowanie

W toku pomiarów indukcji pola magnetycznego DC wynik pomiaru otrzymuje się przeważnie z odczytu bezpośredniego przyrządu pomiarowego w formie numerycznej lub graficznej w zależności od badanego trybu pracy pojazdu i zastosowanego detektora w mierniku.

Natomiast w trakcie pomiarów indukcji magnetycznej AC jako wynik pomiaru otrzymuje się rezultaty z wcześniejszego sumowania 3 składowych pola w przedziale czasu po filtrowaniu zarejestrowanych próbek. W tym celu stosuje się miernik natężenia pola magnetycznego o odpowiednich parametrach lub przeprowadza się analizę widmową FFT mierzonych składników natężenia pola.

Otrzymane wyniki pomiarów indukcji magnetycznej AC i DC porównywane są następnie z dopuszczalnymi poziomami, co umożliwi ocenę, czy dany pojazd spełnia wymagania zawarte w odpowiednich normach i przepisach krajowych i czy może zostać wprowadzony do ruchu na terenie kolejowym.

Z przeprowadzonych badań wynika, że poziomy pól urządzeń elektrycznych i elektronicznych zainstalowanych na badanych obu dwuczłonowych pojazdach kolejowych nie przekraczają dopuszczalnych natężeń pola magnetycznego AC i DC zawartych w dokumencie [5] i tym samym pojazd spełnia wymagania normy kolejowej [4].

## LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 13 maja 2014 r. w sprawie dopuszczania do eksploatacji określonych rodzajów budowli, urządzeń i pojazdów kolejowych (Dz. U. 2014 Poz. 720).
- [2] Lista Prezesa UTK w sprawie właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności systemu kolei, Warszawa dnia 26 września 2013 r.
- [3] Ustawa z dnia 15 stycznia 2015 r. o zmianie ustawy o transporcie kolejowym oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2015 r., poz. 200).
- [4] PN-EN 50500, *Procedury pomiaru poziomów pól magnetycznych generowanych przez urządzenia elektroniczne i elektryczne w środowisku kolejowym w odniesieniu do narażenia ludzi*, PKN Warszawa 2008 r.
- [5] Zalecenie Rady 1999/519/WE z dnia 12 lipca 1999 r. dotyczące ograniczenia ekspozycji ludności na pole elektromagnetyczne (0Hz do 300GHz), Dziennik Urzędowy L 199 z 30 lipca 1999 r.
- [6] PN-EN 62311, *Ocena urządzeń elektronicznych i elektrycznych w odniesieniu do ograniczeń ekspozycji ludności w polach elektromagnetycznych (0 Hz-300 GHz)*, PKN Warszawa 2010 r.

**Autorzy:** mgr inż. Artur Dłużniewski, Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, E-mail: [adluzniewski@ikolej.pl](mailto:adluzniewski@ikolej.pl); mgr inż. Łukasz John, Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, E-mail: [ljohn@ikolej.pl](mailto:ljohn@ikolej.pl);