

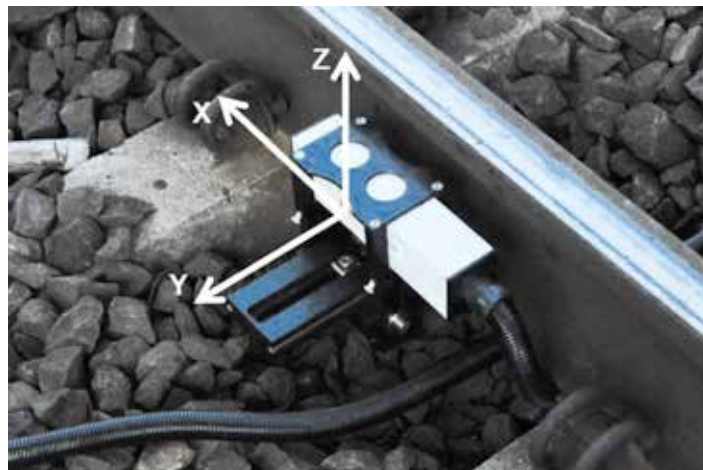
Łukasz Zawadka, Juliusz Furman, Dominik Adamski, Andrzej Białoń, Krzysztof Ortel

# Pola magnetyczne generowane przez pojazdy w systemie trakcji prądu przemiennego

Powszechne stosowanie licznikowych systemów stwierdzenia niezajętości torów i rozjazdów przez europejskich zarządców infrastruktury kolejowej uwiocznio problematykę odporności tych urządzeń na zaburzenia generowane przez tabor kolejowy. Innym aspektem związanym z tą problematyką jest również wyposażenie pojazdów szynowych w urządzenia elektroniczne i elektroniczne o coraz bardziej rozbudowanej strukturze. Zarówno pojazdy trakcyjne jak i wagony pasażerskie z zainstalowanymi urządzeniami elektronicznymi generują zakłócenia o częstotliwościach zbliżonych lub identycznych z częstotliwościami pracy czujników koła wykorzystywanych przede wszystkim w licznikowych systemach stwierdzenia niezajętości torów i rozjazdów. Czujniki koła wykorzystywane w systemach stwierdzenia obecności pociągu w określonym miejscu układu torowego są narażone na zakłócenia w równym stopniu jak czujniki koła wykorzystywane w systemach liczenia osi. Uwarunkowania prawne w zakresie interoperacyjności kolei nakazują producentom taboru spełnienie określonych w Technicznych Specyfikacjach Interoperacyjności (TSI) wymagań. W zakresie tematyki poruszanej w niniejszym artykule głównym dokumentem określającym wymagania dla taboru jest dokument ERA/ETRMS/033281, w którym przedstawiono m.in. limity natężeń pól magnetycznych dla trakcji prądu przemiennego i metodę pomiaru tych pól. Warto zaznaczyć, iż obecnie brak jest jednolitych wymagań europejskich dotyczących limitów pól magnetycznych dla systemu trakcji prądu stałego, są to tzw. punkty otwarte, których wymagania definiowane są na poziomie prawa krajowego. W związku z Instytut Kolejnictwa stworzył przenośne stanowisko pomiarowe do badań pól magnetycznych generowanych przez pojazdy kolejowe niezależnie od ich systemu zasilania.

Zdobyte doświadczenia pokazują, że szczególnie nowoczesne pojazdy (w tym pojazdy dużej mocy) z zainstalowanymi urządzeniami elektronicznymi powodują zakłócenia w pracy czujników koła wykorzystywanych przede wszystkim w licznikowych systemach stwierdzenia niezajętości torów i rozjazdów. Dlatego też, od lat trwają prace normalizacyjne na poziomie europejskim mające na celu ujednoczenie i uproszczenie procedur związanych z dopuszczaniem poszczególnych typów taboru kolejowego do eksploatacji na europejskiej sieci kolejowej z punktu widzenia ich wpływu na czujniki koła. Starania te w dużej mierze ukierunkowane są również na tzw. proces zarządzania częstotliwościami wykorzystywanymi w urządzeniach sterowania ruchem kolejowym, którego efektem będzie ustalenie dopuszczalnych poziomów zakłóceń dla poszczególnych zakresów częstotliwości.

Uwarunkowania prawne w zakresie interoperacyjności kolei nakazują producentom taboru spełnienie określonych w Technicznych Specyfikacjach Interoperacyjności (TSI) wymagań. W zakresie tematyki poruszanej w niniejszym artykule głównym dokumentem określającym wymagania dla taboru jest dokument ERA/ETRMS/033281, w którym przedstawiono m.in. limi-



Rys. 1. Sposób montażu anteny pomiarowej ze wskazanymi kierunkami płaszczyzn

ty natężeń pól magnetycznych dla trakcji prądu przemiennego i metodę pomiaru tych pól. Warto zaznaczyć, iż obecnie brak jest jednolitych wymagań europejskich dotyczących limitów pól magnetycznych dla systemu trakcji prądu stałego, są to tzw. punkty otwarte, których wymagania definiowane są na poziomie prawa krajowego.

## Badania pól magnetycznych generowanych przez tabor

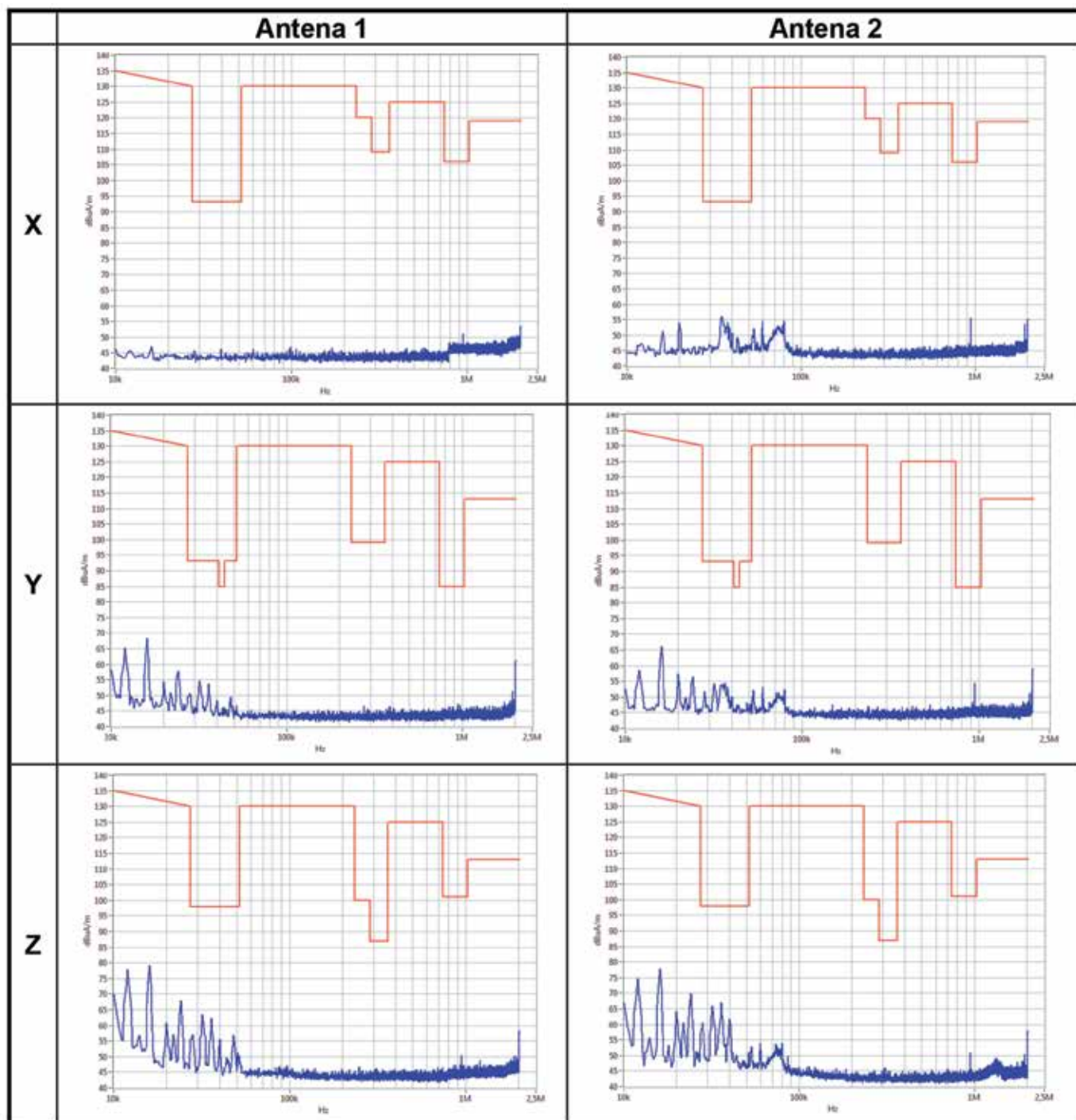
Zgodnie z zapisami zawartymi w dokumencie ERA/ETRMS/033281 pomiary pól magnetycznych generowanych przez tabor należy przeprowadzić anteną o standaryzowanych wymiarach (długość 15 cm, szerokość 5 cm i wysokość 5 cm) niezależnie dla trzech płaszczyzn pomiarowych: X, Y, Z (rys. 1). Wartości dopuszczalne natężenia pola magnetycznego od pojazdów trakcyjnych określa się dla trzech zakresów częstotliwości:

- ◆ 27 kHz–52 kHz,
- ◆ 234 kHz–363 kHz,
- ◆ 740 kHz–1 250 kHz.

Instytut Kolejnictwa dysponuje wzorcowaną aparaturą pomiarową, która spełnia obowiązujące wymagania europejskie w zakresie tego typu badań. W skład wyposażenia pomiarowego wchodzi:

- ◆ 2 anteny pomiarowe,
- ◆ przenośny komputer typu laptop z oprogramowaniem do przetwarzania i archiwizacji danych,
- ◆ 3 karty oscyloskopowe,
- ◆ 2 moduły TNB z wbudowanymi transformatorami impedancji,
- ◆ rozgałęziacz USB z zewnętrznym zasilaniem,
- ◆ przewody pomiarowe.

Wartości napięć indukowane w antenach rejestrowane są przez karty oscyloskopowe. Wyniki rejestracji przesyłane są później do komputera pomiarowego, gdzie w następnej kolejności przeprowadzana jest analiza FFT, przy zastosowaniu specjalistycznego oprogramowania. Rezultatem tej analizy są charak-



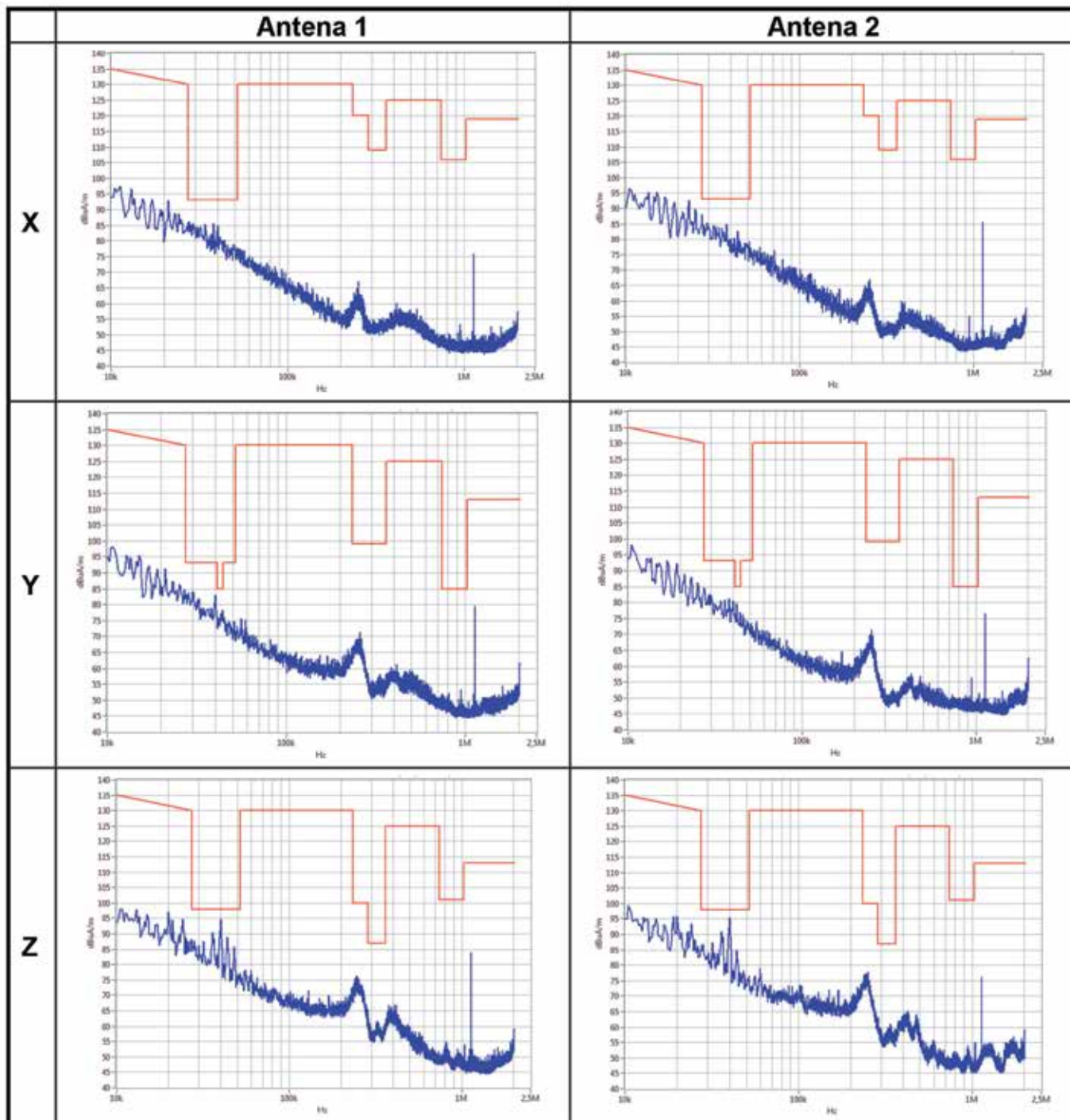
Rys. 2. Natężenie pola magnetycznego w płaszczyznach X, Y, Z zarejestrowane na szlaku bez obecności pojazdu

terystyki wartości natężeń generowanych pól magnetycznych w funkcji częstotliwości zestawione z wartościami granicznymi dla każdej z mierzonych płaszczyzn.

W dokumencie ERA/ETRMS/033281 mówi się o pomiarach natężenia pól magnetycznych jedną anteną pomiarową. Stosowana w Instytucie Kolejnictwa metoda pomiaru dwoma antenami pomiarowymi w znacznym stopniu redukuje liczbę wykonywanych przejazdów oraz umożliwia kompleksową ocenę badanego taboru, niezależnie od ewentualnej asymetrii położenia źródła zakłóceń na pojeździe względem osi toru, co ma szczególne znaczenie podczas badań prowadzonych na szlaku kolejowym.

Dotychczas prowadzone przez Instytut Kolejnictwa prace badawcze wykonywane były dla pojazdów eksploatowanych w systemie zasilania 3 kV DC i dotyczyły oceny spełnienia wymagań w procesie homologacji pojazdów na sieć zarządzaną przez PKP PLK S.A oraz innych zarządców infrastruktury.

Nowym obszarem działalności Instytutu Kolejnictwa są badania pojazdów eksploatowanych w systemie trakcji prądu przemiennego. Przykładem mogą być pomiary pól magnetycznych generowanych przez elektryczne zespoły trakcyjne eksploatowane na sieci kolei norweskich z systemem zasilania trakcyjnego 15 kV 162/3 Hz. Badania zostały przeprowadzone przez zespół



Rys. 3. Natężenie pola magnetycznego w płaszczyznach X, Y, Z zarejestrowane podczas przyspieszania pojazdu

pracowników Instytutu Kolejnictwa przy udziale przedstawicieli kolei norweskich i producenta licznikowych systemów stwierdzenia niezajętości torów i rozjazdów w pierwszej połowie 2016 r.

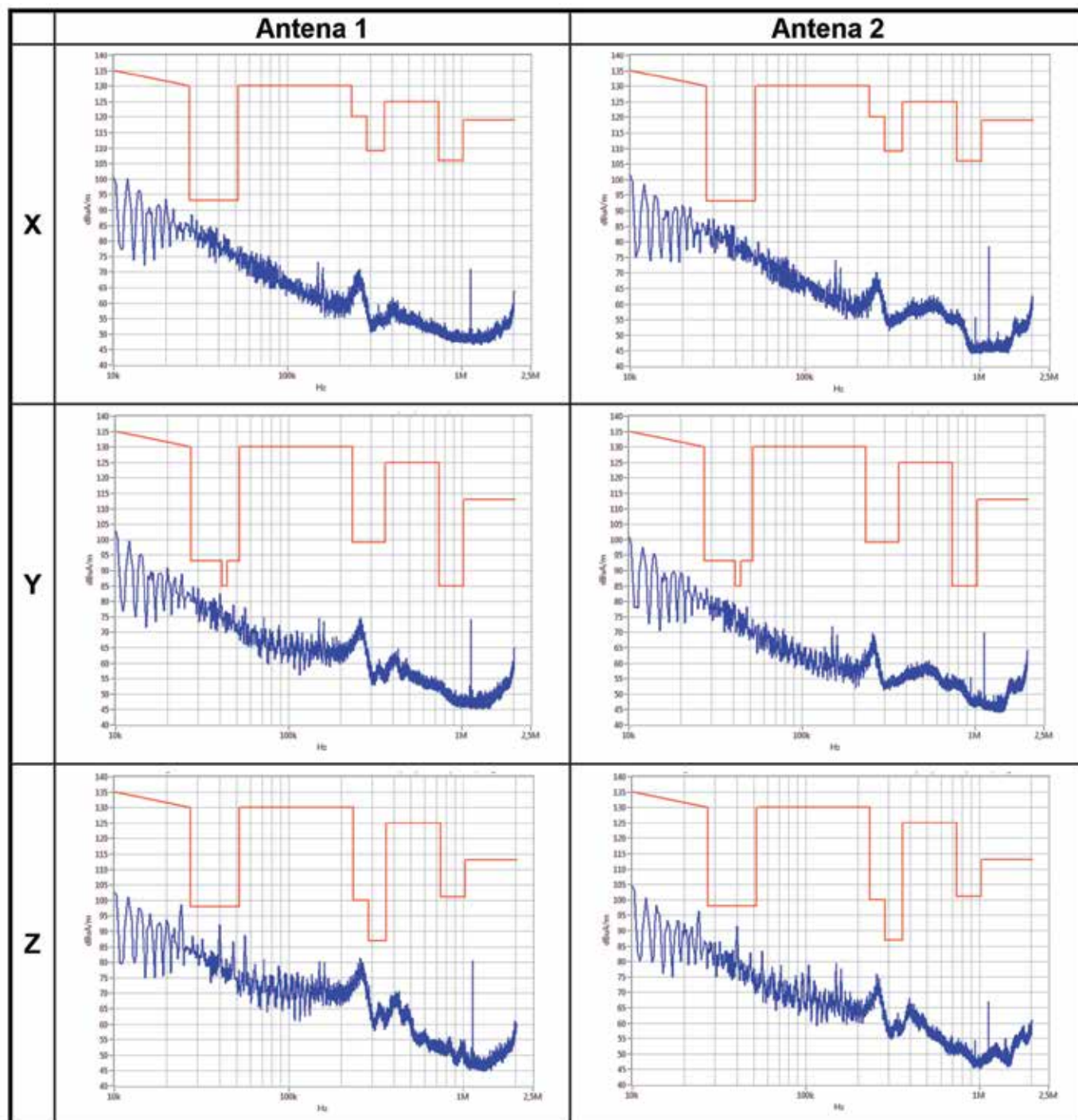
### Wyniki badań

Stanowiska pomiarowe zlokalizowano w dwóch miejscach: na szlaku przyległym do stacji Mysen oraz na szlaku przyległym do stacji Spydeberg. Pomiary przeprowadzono dla podstawowych stanów eksploatacyjnych taboru (hamowanie, przyspieszanie, jazda ze stałą prędkością) oraz dla przypadków braku obecności pojazdu w pobliżu anten pomiarowych (tzw. pomiar tła). Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe wyniki rejestracji tła,

natomiast na rysunkach 3 i 4 natężenia pola magnetycznego zarejestrowane podczas przyspieszania badanego pojazdu oraz wdrożonego hamowania elektrodynamicznego. Kolorem czerwonym oznaczono graniczne wartości pól magnetycznych zgodnie z wymaganiami dokumentu ERA/ETRMS/033281, a kolorem niebieskim wartości zmierzone.

### Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że system trakcji prądu przemiennego, w odróżnieniu od systemu trakcji prądu stałego 3 kV, charakteryzuje stosunkowo wysoka wartość natężenia pola magnetycznego w płaszczyznach Y i Z. Potencjalnym źród-



Rys. 4. Natężenie pola magnetycznego w płaszczyznach X, Y, Z zarejestrowane podczas przejazdu z wdrożonym hamowaniem elektrodynamicznym

dłem tych zaburzeń może być powrotny prąd trakcyjny płynący tokami szynowymi. Największe wartości natężeń pól magnetycznych obserwuje się w przedziale częstotliwości 10–40 kHz. Analizując przedstawione wykresy można stwierdzić także, iż osi czujników koła pracujące w tych pasmach częstotliwości są szczególnie narażone na tego typu zaburzenia. Dlatego też uzasadnione jest przeprowadzanie badań emisji natężeń pól magnetycznych w przypadku wprowadzania do eksploatacji nowego, jak również modernizowanego taboru. Na kolejach norweskich badania takie zostały przeprowadzone przez Instytut Kolejnictwa dopiero po wprowadzeniu pojazdów do eksploatacji i pojawieniu się w eksploatacji sytuacji niejednoznacznych zwią-

zanych z kompatybilnością elektrycznych pojazdów trakcyjnych z czujnikami koła wykorzystywanymi w licznikowych systemach stwierdzenia niezajętości torów i rozjazdów. Przeprowadzanie badań pól magnetycznych na etapie homologacji pozwala wyeliminować źródła zakłóceń pochodzące od pojazdów już na tym etapie badań.

Instytut Kolejnictwa dla pomiaru pól magnetycznych dysponuje wzorcowaną aparaturą pomiarową, mobilnym stanowiskiem pomiarowym z możliwością instalacji na dowolnym szlaku kolejowym, a także stanowiskiem na okręgu doświadczalnym w Żmigrodzie oraz zespołem wykwalifikowanych pracowników mających duże doświadczenie w opisanych badaniach.

## Wnioski

Przedstawione wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- ♦ Zastosowana metoda pomiaru pól magnetycznych może być stosowana zarówno przy trakcji prądu stałego 3 kV, jak i przy trakcji prądu przemiennego 15 kV 16 $\frac{2}{3}$  Hz, a także na liniach niezelektryfikowanych.
- ♦ Badania pól magnetycznych emitowanych przez pojazdy trakcyjne i wagony należy bezwzględnie prowadzić na etapie homologacji pojazdów.
- ♦ Przy wprowadzaniu w Polsce trakcji prądu przemiennego należy podjąć prace dotyczące pól magnetycznych emitowanych przez pojazdy trakcyjne i wagony.

## Bibliografia:

1. INTERFACES BETWEEN CONTROL-COMMAND AND SIGNALLING TRACKSIDE AND OTHER SUBSYSTEMS, ERA/ERTMS/033281, Version 2.0, 12.05.2014.
2. Badania zakłóceń elektromagnetycznych emitowanych przez pojazdy szynowe w Norwegii, Praca IK nr 4765/10, Warszawa 2016.
3. Białoń A., Dłużniewski A., John Ł., Aktualny stan środowiska elektromagnetycznego na terenie PKP w świetle wymagań normatywnych, „Technika Transportu Szynowego” 2010, nr 9.
4. Białoń A., Laskowski M., Zaburzenia radioelektryczne i impulsowe w sieci niskiego napięcia zasilającej obiekty kolejowe, „Technika Transportu Szynowego” 2006, nr 9.
5. Białoń A., Pawlik M., Problematyka bezpieczeństwa i ryzyka na przykładzie urządzeń sterowania ruchem kolejowym, „Technika Transportu Szynowego” 2015, nr 9.
6. CLC/TS 50238-3:2013 Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems – Part 3: Compatibility with axle counters (Zastosowania kolejowe. Kompatybilność pomiędzy taborem i urządzeniami wykrywania pociągu. Część 3: Kompatybilność z licznikami osi), CENELEC, 2013.
7. Określenie dopuszczalnych poziomów i parametrów zakłóceń dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym, Praca IK 4430/10, Warszawa 2011.
8. Białoń A., Dłużniewski A., John Ł., Aktualny stan środowiska elektromagnetycznego na terenie PKP w świetle wymagań normatywnych, „Technika Transportu Szynowego” 2010, nr 9.

## Autorzy:

mgr inż. **Łukasz Zawadka** – Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki  
mgr inż. **Juliusz Furman** – Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki  
mgr inż. **Dominik Adamski** – Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki  
dr inż. **Andrzej Białoń** – Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki  
mgr inż. **Krzysztof Ortel** – Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki

### Magnetic Fields Generated by Vehicles in Alternating Current Traction System

Common using of axle counting technology as a track vacancy detection systems by the European railway infrastructure managers has visualized issues of immunity of these devices to interferences generated by the rolling stock. Another aspect of this issue is also equipping rail vehicles with electrical and electronic devices with increasingly complex structure. Both electric traction units and coaches with installed electronic equipment generate interferences at frequencies similar to or identical with frequencies used by above mentioned vacancy detection systems. Wheel sensors used by train detection systems in particular part of a track layout are exposed to disturbances at the same rate as wheel sensors used in axle counting systems. Legal circumstances of rail interoperability require rolling stock manufacturers to fulfill requirements of Technical Specification of Interoperability (TSI). In the scope of issue described in this article a main document describing rolling stock requirements is ERA/ERTMS/033281, which amongst others presents magnetic fields strength limits for alternating current traction and measurement methods of these fields. It is worth highlighting, that currently there are no uniform requirements for magnetic field limits for direct current traction, there are so called 'open points', defining of which is required at the domestic law level. Therefore Railway Research Institute has acquired all necessary components and build up complete mobile measurement system that allows testing whole spectrum of rolling stock no matter of a power supply system.



**Maciej Stajniak, Adam Koliński (red.)**

### Współczesne technologie transportowe w łańcuchach dostaw

ISBN: 978-83-62805-18-1

Liczba stron: 188

Format: B5

Oprawa: miękka

Rok wydania: 2016

Obecnie w transporcie spotykane są coraz to nowocześniejsze technologie. Związane jest to z optymalizacją czasu dostawy oraz kosztów, które stanowią jeden z najważniejszych czynników decyzyjnych wyboru gałęzi transportu. Złożoność i rozległość tematyki ujętej w tym obszarze badawczym, zdecydowała o formie i zakresie przedstawionej publikacji. Wyniki badań zaprezentowano w 4 grupach tematycznych obejmujących łącznie 15 rozdziałów. W pierwszej części skoncentrowano się wokół technologii transportowych w logistyce. Część drugą poświęcono infrastrukturze transportowej w łańcuchach dostaw. Część trzecia dotyczy nowoczesnych technologii informacyjnych stosowanych w przedsiębiorstwach logistycznych i transportowych. Ostatnia, czwarta część monografii zawiera rozważania przedstawiające praktyczne zastosowanie rozwiązań transportowych umożliwiających racjonalizację kosztów prowadzonej działalności.

Pełna oferta wydawnicza na stronie [www.inw-spatium.pl](http://www.inw-spatium.pl)