

Andrzej Białoń

Impedancja osi zestawu kołowego pojazdu szynowego i jej wpływ na pracę urządzeń srk

W artykule przedstawiono impedancję osi pojazdu szynowego jako jeden z elementów badanych w procesie homologacji pojazdów szynowych. Pokazano także wartości dopuszczalne impedancji osi przyjmowane na polskiej sieci kolejowej oraz metody ich pomiarów. Zaprezentowano również wybrane wyniki pomiarów rezystancji i impedancji pojazdów szynowych.

Słowa kluczowe: pojazd szynowy, impedancja, homologacja.

Jednym z parametrów mających wpływ na bezpieczeństwo ruchu kolejowego jest rezystancja i impedancja osi zestawów kołowych. Ma ona zasadnicze znaczenie przy bocznikowaniu obwodów torowych służących do stwierdzania niezajętości torów i rozjazdów. Chodzi tu przede wszystkim o klasyczne obwody torowe stosowane na polskiej sieci kolejowej, pracujące z częstotliwością roboczą 50 Hz, oraz bezzłączowe obwody torowe pracujące z częstotliwościami od 1 500 Hz do 36 kHz.

Maksymalna wartość impedancji bocznika, która spowoduje prawidłową reakcję odbiornika na zajęcie toru, określa tzw. czułość bocznikowania obwodu torowego. Takie postępowanie wiąże się z tym, że impedancja przejścia z jednego toku szynowego do drugiego przez podtorze może w określonych warunkach osiągnąć minimalną wartość rzędu 1 Ω km lub, co zdarza się często np. na terenach przemysłowych, poniżej 1 Ω km. Stąd w celu zapewnienia wyraźnej zmiany impedancji całego układu przy jego zbocznikowaniu należy wprowadzać bocznik o impedancji różniący się przynajmniej o jeden rząd wielkości od impedancji, którą może przyjmować sam układ.

Graniczna wartość impedancji bocznikowania obwodu torowego jest ustalana w poszczególnych krajach w celu zagwarantowania właściwego oddziaływania różnych typów zestawów kołowych na eksploatowane obwody torowe. Przeważnie zakłada się,

że graniczna wartość impedancji bocznikowania w połączeniu szyna-zestaw kołowy-szyna, w najgorszych warunkach eksploatacyjnych dla częstotliwości 50 Hz, nie może być większa od 0,06 Ω .

Według zapisów w normie PN EN 50617-1 i Technicznych Specyfikacjach Interoperacyjności (np. 919/2016) impedancja między powierzchniami tocznymi kół (a dokładnie impedancja szyna-powierzchnia toczna koła-oś-powierzchnia toczna koła-szyna) leżących po przeciwnych stronach wózka nie powinna przekraczać:

- ♦ 0,01 Ω dla zestawów kołowych nowych lub ponownie montowanych,
- ♦ 0,05 Ω dla zestawów kołowych remontowanych.

Wartość ta może ulegać w rzeczywistości pewnym wahaniom w zależności od:

- ♦ masy taboru (im tabor cięższy, tym mniejsza jest rezystancja przejścia między szyną i kołem),
- ♦ stopnia zanieczyszczenia lub oblodzenia szyny i koła (np. „oblepy” – fot. 1).

Łatwo wywnioskować, iż w celu uzyskania jak największej pewności bocznikowania należy z jednej strony budować obwody torowe o możliwie dużej czułości impedancji bocznikowania, a drugiej zaś strony zapewnić jak najmniejsze wartości rezystancji zestawów kołowych oraz rezystancji przejść między szyną i kołem.

Graniczne wartości impedancji bocznikowania obwodów torowych eksploatowanych na polskiej sieci kolejowej

Dla obwodów torowych stosowanych na polskiej sieci kolejowej przyjmuje się, że dla ich bezpiecznej pracy maksymalne wartości impedancji bocznikowania (rezystancja zestawu kołowego oraz przejście koło-szyna) wynoszą:

- ♦ obwody torowe izolowane z sygnałem roboczym o częstotliwości pracy 50 Hz, 0,06 Ω ,



Fot. 1. Stan powierzchni toczonej koła z widocznymi „oblepami”



- ♦ obwody torowe bezzłączowe z sygnałem roboczym o częstotliwości pracy 1,5–3 kHz, 0,1 Ω,
- ♦ obwody torowe bezzłączowe z sygnałem roboczym o częstotliwości pracy 7–10 kHz, 0,15 Ω,
- ♦ obwody torowe bezzłączowe z sygnałem roboczym o częstotliwości pracy powyżej 10 kHz, 0,2 Ω.

Metody pomiaru rezystancji elektrycznej osi zestawów kołowych pojazdów szynowych

Pomiar rezystancji elektrycznej osi zestawów kołowych przeprowadza się dla nowych pojazdów szynowych. Jest to jeden z elementów badań homologacyjnych dla każdego pojazdu szynowego. Zaleca się również mierzyć rezystancję elektryczną dla pojazdów będących bezpośrednio po naprawie lub regeneracji (po przeobróczowaniu lub przetoczeniu profilu koła) na terenie zakładu zajmującego się tego typu naprawami.

Pomiar rezystancji elektrycznej można przeprowadzać między innymi:

- a) metodą techniczną (rys. 1), przez pomiar spadku napięcia między kołami zestawu; zaleca się do pomiarów używać miliwoltomierza o najmniejszym zakresie pomiarowym do 1 mV, aby źródło zasilania układu pomiarowego miało możliwość regulacji natężenia prądu w zakresie od 5 do 10 A (przy wartości napięcia nieobciążonego źródła od 1 do 2 V).

Po wykonaniu pomiarów rezystancję zestawu kołowego należy obliczyć wg poniższego wzoru:

$$R_z = \frac{U}{I} \quad (1)$$

gdzie:

R_z – rezystancja zestawu kołowego;

I – prąd wskazany przez amperomierz;

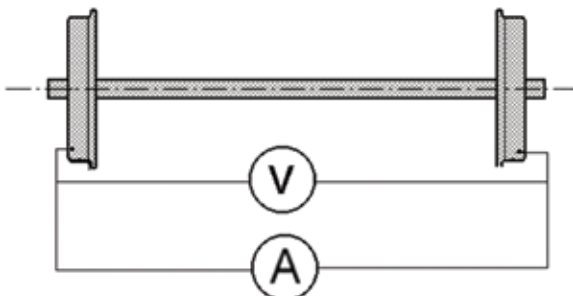
U – napięcie wskazane przez woltomierz;

- b) mostkiem Thomsona pod warunkiem, że zakres pomiarowy mostka umożliwia pomiar oporności zestawu kołowego,

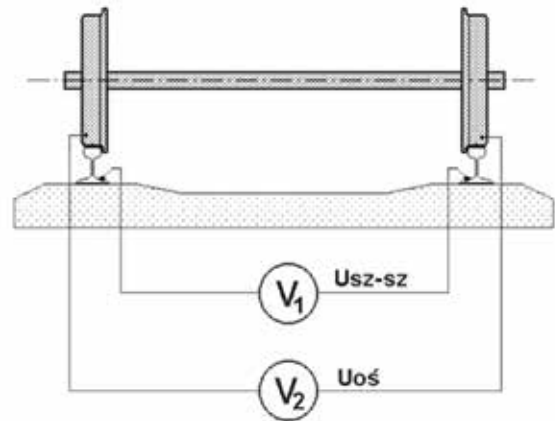
- c) uniwersalnym przyrządem do pomiaru wielkości elektrycznych, pod warunkiem, że zakres pomiarów przyrządu umożliwia pomiar rezystancji zestawu kołowego.

Zaciski pomiarowe należy mocować do obu obręczy w sposób pewny, a miejsca mocowania zacisków powinny być oczyszczone. Zestaw kołowy podczas pomiaru powinien być odizolowany od podłoża metalowego (np. od szyn).

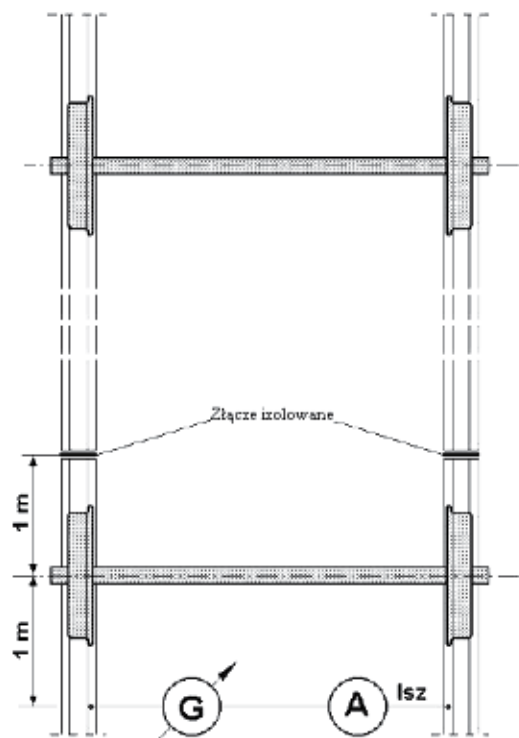
W zapisach normatywnych nie ma dokładnego sprecyzowania parametrów źródła (zapis z TSI CCS 2016/919 – rezystancja elektryczna pomiędzy powierzchniami tocznymi przeciwległych kół zestawu kołowego nie przekracza 0,05 Ω przy pomiarze napięciem w zakresie od 1,8 VDC do 2,0 VDC – obwód otwarty). Zapis ten powinien precyzować wartość prądu pomiarowego na



Rys. 1. Pomiar rezystancji zestawu kołowego w zakładzie wytwórczym



Rys. 2. Miejsca pomiarów spadków napięcia

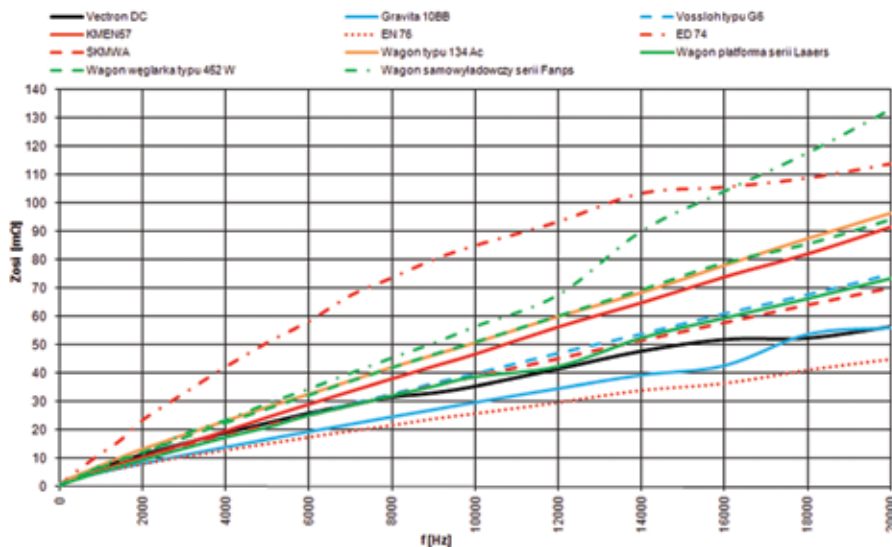


Rys. 3. Rozmieszczenie źródła zasilania w stosunku do badanego pojazdu szynowego i osi w stosunku do złączy izolowanych

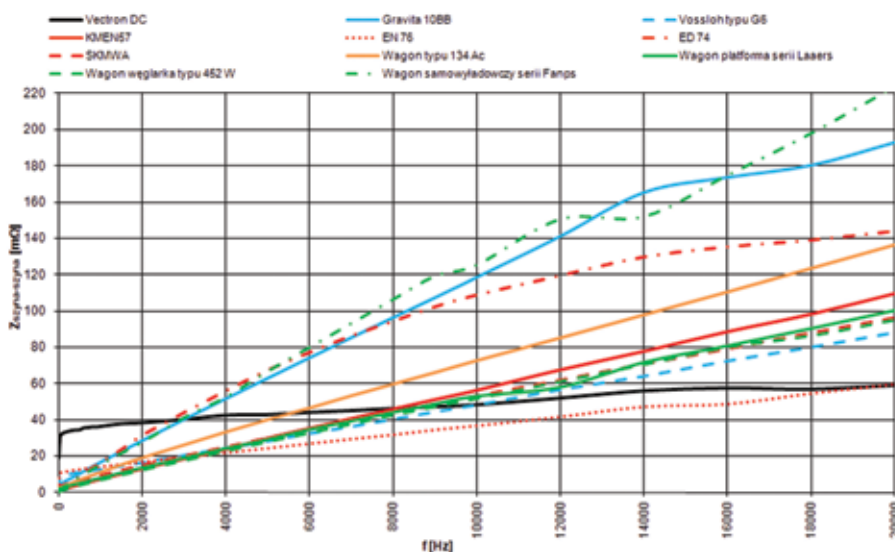
10 A, ponieważ przy zapisie jak wyżej można dojść do wniosku, że prąd, przy rezystancji osi rzędu 20μΩ, wynosić powinien 100 kA (co jest wielkością nierealną).

Pomiary impedancji osi (szyna–oś–szyna) zestawów kołowych pojazdów szynowych

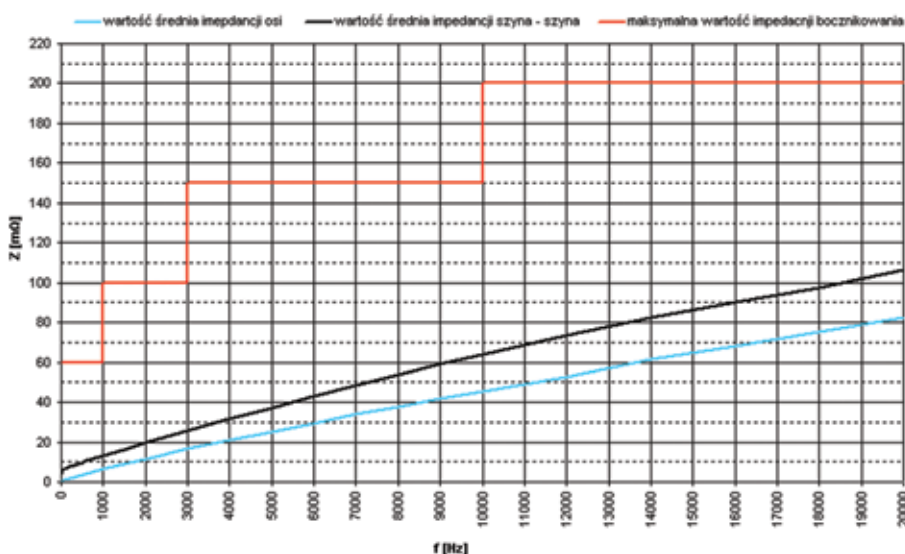
Pomiarów impedancji osi zestawów kołowych pojazdów szynowych dokonuje się obowiązkowo w trakcie badań homologacyjnych pojazdów szynowych. W Instytucie Kolejnictwa, zgodnie z zapisami w dokumentach normatywnych, do badań impedancji osi zestawów kołowych pojazdów szynowych używa się metody technicznej ze źródłem zasilania układu pomiarowego w zakresie od 5 do 10 A oraz częstotliwości z zakresu od 0 Hz do 40 tys. Hz dla pasm częstotliwości pracy obwodów torowych w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 2 i 3. Przy pomiarze oś powinna być odizolowana od innych osi (rys. 3).



Rys. 4. Impedancja osi w funkcji częstotliwości w zakresie częstotliwości 0-20 tys. Hz



Rys. 5. Impedancja szyna-szyna w funkcji częstotliwości w zakresie częstotliwości 0-20 tys. Hz



Rys. 6. Wartości średnie impedancji osi i impedancji szyna-szyna

W zapisach normatywnych są ogólnie sprecyzowane parametry źródła (zapis z TSI CCS 2016/919 – Ponadto reaktancja elektryczna między powierzchniami tocznymi przeciwnych kół zestawu kołowego nie przekracza $f/100$ miliomów, gdzie f pochodzi z zakresu od 500 Hz do 40 kHz, przy prądzie pomiarowym o wartości skutecznej 10 A i napięciu o wartości skutecznej 2 V przy otwartym obwodzie). Zapis ten jest trudny w praktycznej realizacji – wynika to z dostępności przenośnych wzmacniaczy o zwarciodpornym wyjściu i prądzie pracy 10 A przy częstotliwości np. 40 kHz.

Wyniki pomiarów impedancji zestawów kołowych wybranych pojazdów szynowych wykonanych przez Instytut Kolejnictwa

Dla uzyskania rzeczywistych wartości impedancji zestawów kołowych oraz impedancji przejść szyna-koło-szyna przeprowadzono pomiary tych wielkości dla wybranych, reprezentatywnych pojazdów szynowych.

Pomiary przeprowadzono dla następujących pojazdów:

- ♦ lokomotywy elektrycznej;
- ♦ lokomotyw spalinowych;
- ♦ elektrycznych zespołów trakcyjnych;
- ♦ wagonu pasażerskiego;
- ♦ wagonów towarowych.

Pomiary impedancji zestawów kołowych wykonano w zakresie częstotliwości od 0 do 20 tys. Hz. Wyniki pomiarów pokazano na rys. 4.

Na rys. 5 pokazano wyniki pomiarów impedancji szyna-szyna w zakresie częstotliwości od 0 do 20 tys. Hz przy obecności zestawu kołowego.

Na rys. 6 zestawiono wartości średnie impedancji osi i impedancji połączenia szyna-szyna w zakresie częstotliwości od 0 do 20 tys. Hz przy obecności zestawu kołowego oraz naniesiono maksymalne wartości impedancji bocznikowania przyjęte na PKP PLK S.A

Podsumowanie

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że:

- ♦ wartość rezystancji zestawu kołowego (prąd stały) pojazdów wahała się w zakresie od 0,01 mΩ do 0,13 mΩ przy średniej wartości 0,032 mΩ;
- ♦ wartość impedancji zestawu kołowego pojazdów dla częstotliwości 50 Hz wahała się w zakresie od 0,53 mΩ do 1,05 mΩ, przy średniej wartości 0,82 mΩ;

- ♦ wartość rezystancji szyna–zestaw kołowy–szyna wahała się w zakresie od 0,31 mΩ do 18,71 mΩ, przy średniej wartości 3,9 mΩ;
- ♦ wartość impedancji szyna–zestaw kołowy–szyna dla częstotliwości 50 Hz wahała się w zakresie od 1 mΩ do 32,06 mΩ, przy średniej wartości 6,34 mΩ.

Jak widać z przytoczonych wyników pomiarów wartości rezystancji zestawu kołowego w warunkach rzeczywistych nie przekraczają wartości średniej 1 mΩ, czyli że są one o rząd wielkości mniejsze od minimalnych dopuszczalnych wartości.

Przy wymaganej oporności bocznikowania dla obwodów torowych pracujących z sygnałem roboczym o częstotliwości 50 Hz równej 60 mΩ widać, że impedancja szyna–zestaw kołowy–szyna osiągnęła maksymalną wartość 32,06 mΩ, co jest wartością spełniającą wymagania.

Po analizie wyników pomiarów wartości rezystancji i impedancji zestawu kołowego w warunkach rzeczywistych nie przekraczają wartości dopuszczalnych i są o rząd wielkości mniejsze od nich.

Wnioski

Przedstawione wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zmierzone wartości rezystancji zestawów kołowych pojazdów szynowych mieszczą się w wartościach normatywnych (0,01 Ω dla kół nowych i 0,05 Ω dla kół eksploatowanych);
2. Pomierzone wartości impedancji połączenia szyna–zestaw kołowy–szyna dla całego zakresu częstotliwości i dla wszystkich mierzonych pojazdów szynowych nie przekraczają wartości granicznych przyjętych na polskiej sieci kolejowej;
3. Z przeprowadzonych badań rezystancji i impedancji osi wynika, że uzyskanie w warunkach eksploatacyjnych wartości zgodnych z wartościami normatywnymi nie stanowi problemu dla producentów zestawów kołowych.

Bibliografia

1. Ekspertyza zasadności utrzymania dopuszczalnej oporności 0,05 Ω zestawu kołowego wymaganej dla bezpiecznego bocznikowania przez tabor obwodów torowych stosowanych na terenie PKP PLK S.A., Praca Instytutu Kolejnictwa nr 4570/10, Warszawa, styczeń 2013 r.
2. Pawlik M., *Interoperacyjność systemu kolei Unii Europejskiej*, „Technika Transportu Szynowego” 2016, nr 1–2.
3. PN-EN 15313:2010 Kolejnictwo – Wymagania eksploatacyjne dotyczące obsługi zestawów kołowych – Utrzymanie zestawów kołowych pojazdów w eksploatacji i wyłączonych z eksploatacji (oryg.) Data zatwierdzenia: 2010-09-07, Data publikacji: 2010-09-14, Wprowadza: EN 15313:2010 [IDT] Zharmonizowane z dyrektywą: 2008/57/EC.
4. PN-EN 50617-1:2015-12E „Zastosowania kolejowe, Techniczne parametry systemów wykrywania pociągu dotyczące interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolejowego, Część 1: Obwody torowe”.

Autor:

dr inż. **Andrzej Białoń** – Instytut Kolejnictwa

Rolling Stock Wheel Set Axle Impedance and its Influence on the Work of Traffic Control Devices

The article presents impedances of the rail vehicle axle as one of the elements tested in the approval process of railway vehicles. Therefore, shunt impedance limits of track circuits used on the Polish rail network infrastructure and methods of testing rolling stock axle resistance and impedance were discussed. Axles resistance and impedance measurement results of selected rolling stock were presented.

Keywords: rail vehicle, impedance, homologation.

Adam Szelaż, Zbigniew Drażek, Tadeusz Maciołek

Elektroenergetyka miejskiej trakcji elektrycznej

ISBN 978-83-62805-42-6

Liczba stron: 338

Format: B5

Oprawa: twarda

Rok wydania: 2017

Cena 100,00 zł (w tym 5% VAT)

Monografia stanowi podsumowanie wieloletnich prac naukowo-badawczych i wdrożeniowych oraz zajęć dydaktycznych prowadzonych przez autorów w Zakładzie Trakcji Elektrycznej Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej w zakresie elektroenergetyki miejskiego transportu elektrycznego. Omówiono typowe rozwiązania stosowane w miejskiej trakcji elektrycznej przede wszystkim wśród najbardziej rozpowszechnionych systemów tramwajowych, trolejbusów i metra.



Pełna oferta wydawnicza:

www.inw-spatium.pl