

Czy spełnienie wymagań norm na kolejowy podkład z przytwierdzeniem zapewnia spełnienie wymagań normy na torowisko?

Does complying with the norms for railway sleepers with anchoring ensure that the requirements of the standard for the track are met?



Józef Dąbrowski

Instytut Elektrotechniki
Zakład Energoelektroniki i
Transportu Elektrycznego,
Warszawa

j.dabrowski@iel.waw.pl

Streszczenie: W pracy zwrócono uwagę, że spełnienie wymagań norm w zakresie parametru elektrycznego podkładu kolejowego z przytwierdzeniem szyn nie prowadzi bezpośrednio do spełnienia wymagań normy na torowisko zelektryfikowane prądem stałym, które wykonano z takich podkładów

Słowa kluczowe: Torowiska budowy otwartej; Rezystancja podkładu; Konduktancja przejścia szyny – ziemia; Obwody torowe; Prądy błędzące

Abstract: The paper points out that compliance with the requirements of standards in the scope of the electrical parameter of the railway sleeper with the attachment of rails does not directly lead to meeting the requirements of the standard for a track electrified with DC current, which were made of such sleepers.

Keywords: Open construction tracks; Electric resistance of the railway sleeper; Conductance of the rail transition – ground; Track circuits; Stray currents

W normalizacji podano/znajduje się szereg wymagań technicznych w tym i elektrycznych na elementy składowe jak i całkowity wyrób jakim jest torowisko. W pracy zwrócono uwagę na elektryczne parametry systemu przytwierdzenia i podkładu oraz na wymagania związane z zastosowaniem toru z wybranym systemem przytwierdzeń do budowy linii zelektryfikowanej prądem stałym. Z pracy wynika, że w przypadku torowisk zelektryfikowanych prądem stałym należy zwiększać minimalne wymagania podane w normach wobec proponowanego do zabudowania w takim torowisku systemu przytwierdzenia na pojedynczym podkładzie.

Torowisko budowy klasycznej

Klasyczne torowisko kolejowe, a nie kiedy i tramwajowe zabudowane w tłuczni jest budowy otwartej czyli, że widoczna jest szyna i sposób przytwierdzenia jej stopki do podkładu. W torowisku budowy otwartej widoczna jest także górna powierzchnia podkładu zanurzonego/zagłębionego w tłuczni. Dzięki temu obserwator jest w stanie podać, czy podkłady są drewniane czy z betonu. Jeżeli na podkładzie widoczne są wymagane normą oznaczenia to można ustalić, czy podkład betonowy

jest zbrojony i w jaki sposób. Przytwierdzenie szyny do podkładu ma zapewnić spełnienie szeregu wymagań w tym również wykazać określoną rezystancję elektryczną. W przypadku drewnianych podkładów, które jako pierwsze były stosowane w budowie torowisk rezystancję tą zapewniało odpowiednie wysuszenie i nasycenie drewna podkładu oraz gładkość jego powierzchni.

Wymagania norm względem podkładu z systemem przytwierdzenia

Szyny wykorzystywane są jako przewody elektryczne w tworzonych z nich obwodów torowych dla celów sygnalizacji, sterowania i bezpieczeństwa jazdy poruszających się po nich pojazdów nie koniecznie elektrycznych. Obwody torowe rozłożone na szlaku dają torowe systemy sygnalizacyjne i sterowania ruchem pojazdów. Szyny jako przewody elektryczne wymagają izolacji od siebie, a zatem minimalnego oporu elektrycznego pomiędzy jedną a drugą szyną [4, 8]. Rezystancja ta stanowi izolację przewodów względem siebie jak również względem otoczenia zwłaszcza tłuczni, w domyśle ziemi – elektrolitu glebowego. Według [4] opór/rezystancja ta jest mierzona zgodnie z [3], a wymagania zostały zdefiniowane w następnym nor-

mie [5]. Powyższy podział wynika z faktu, że w eksploatacji występuje szereg rozmaitych rozwiązań konstrukcyjnych przytwierdzenia szyny do podkładu. Badanie rezystancji zaś zostało znormalizowane – ujednocicone dla wszystkich istniejących i ewentualnie przyszłych systemów przytwierdzenia stopki szyny do podkładu. W [3] zdefiniowane są wymagania jakie musi spełniać badany obiekt – podkład z przytwierdzonymi do niego odcinkami szyn ustawiony w określony sposób pod zdefiniowanymi dyszami zraszającymi podkład podczas badań wodą w ilości ok (7 ± 1) l/min przez 2 minuty. Woda użyta do badań musi być o przewodności elektrycznej w granicach $(20 - 80)$ mS/m w temperaturze 25°C [6]. Rezystancja mierzona jest prądem przemiennym ze źródła o napięciu (30 ± 3) V wartości skutecznej RMS i częstotliwości (50 ± 15) Hz metodą techniczną -woltomierza i amperomierza dla dużych rezystancji. Wobec faktu zastosowania do badania rezystancji prądu przemiennego należy stwierdzić, że z elektrotechnicznego punktu widzenia wyznaczamy impedancję pomiędzy szynami tego fizycznego obiektu. Badany podkład z przytwierdzonymi odcinkami szyn jest ustawiony na izolacyjnych podporach umożliwiających swobodny spływ/ska-

pywanie wody na znajdującą się poniżej płaszczyznę z odpływem. W normie [3] przedstawiono także typowy charakter zmian rezystancji w czasie mierzonej/rejestrowanej dwuminutowej próby z wodą. Podany jest też sposób przeliczeń korekcyjnych dla standardowej przewodności wody 33 mS/m w zależności faktycznie występującej przewodności podczas próby. Z punktu widzenia obserwatora badanego zjawiska w czasie, gdy woda spada na obiekt następuje bocznikowanie izolacji występującej pomiędzy przytwierdzonymi do podkładu szynami. Czym cieńsza jest warstwa wody i słabsze jej przyleganie do materiałów przytwierdzenia oraz podkładu pomiędzy szynami tym szanse na utrzymanie izolacji o dużej wartości rezystancji pomiędzy nimi rosną. Dzięki tej próbie określona zostaje rezystancja przejścia pomiędzy dwiema szynami w torze na jednym podkładzie w przypadku wystąpienia „znormalizowanego” opadu atmosferycznego w postaci deszczu. W normie [5] dotyczącej wymagań eksploatacyjnych systemów przytwierdzeń względem rezystancji elektrycznej systemu przytwierdzenia i podkładu zapisano, że „jeżeli użytkownik wymaga, aby system przytwierdzenia zapewniał izolację elektryczną, to nie powinna być ona mniejsza niż 5 k Ω , jeżeli jest mierzona zgodnie z [3]. Użytkownik może określić wyższą jej wartość w odniesieniu do określonych obwodów torowych”

Wymagania względem pojedynczego toru zelektryfikowanego prądem stałym

W normie [7] dotyczącej torowisk zelektryfikowanych prądem stałym postawione jest wymaganie dopuszczalnej jednostkowej konduktancji przejścia szyny ziemia. W normie rozróżnia się dwa rodzaje torowisk: wcześniej podane budowy otwartej oraz torowisko budowy zamkniętej czyli torowisko całkowicie zabudowane. Dla obserwatora widoczna jest jedynie główka szyny, przy czym w [7] jest podane jednoznacznie, że jedynie jej część ślizgowa, po której porusza się koło pojazdu. W torowisku zabudowanym dopuszczalna jest widoczność większego fragmentu główki. Bez wątpliwości torowiska na przejazdach są budowy zamkniętej = całkowicie zabudowane, gdyż powierzchnia przejazdu jest na pozio-

mie bieżni główki szyny. W przypadku torowisk budowy otwartej w normie [7] postawione jest wymaganie co do jednostkowej konduktancji przejścia szyny ziemia dla pojedynczego toru nie większej niż 0,5 S/km. W polskiej normie [2] oraz w technicznym polskim słownictwie preferowane było określenie rezystancji przejścia szyny ziemia co wyrażane jest w jednostkach Ω km. A zatem jednostkowa rezystancja przejścia szyny ziemia jest odwrotnością jednostkowej konduktancji przejścia szyny ziemia.

W normie [7] z 2011 r są podane dwie metody oceny/badania torowiska, niezależnie od jego budowy. Wcześniejsza metoda wymagała wydzielenia badanego odcinka z całego systemu torowego, co w przypadkach kolejowego torowiska z obwodami torowymi z dławikami i złączami izolującymi nie stwarza innych kłopotów/problemów jak tylko organizacyjnych do wykonywania badań, a w czasie ich realizacji mogą pojawić się wątpliwości co do skuteczności izolacji na złączach. W torowiskach tramwajowych metoda ta jest do zastosowania jedynie w czasie remontu torowisk. W celach dokonania pomiaru należy zbudować układ wymuszający przepływ prądu pomiędzy wydzielonym odcinkiem, a pozostałą siecią torową oraz pomiarowy lub rejestrujący wpływ wymuszenia prądowego o zmierzonej wartości na zmiany potencjału elektrycznego (elektrochemicznego) wydzielonego odcinka szyn.

Dругa metoda wykorzystuje rejestrację potencjału szyn oraz gradientu potencjału prostopadłego do torowiska w czasie normalnej eksploatacji badanego torowiska. Do wyznaczenia lokalnej jednostkowej konduktancji przejścia wymagana jest znajomość rezystywności gruntu oraz geometrii torowiska i rozłożenia elektrod pomiarowych. W zależności od tego czy badane torowisko jest linią jedno czy dwu torową stosujemy odpowiedni podany w normie [7] wzór. W normie [7] nie ma wymagań względem warunków pogodowych w których należy realizować badania. Jednak stosowanie jako pomiarowych elektrody odniesienia półogniw siarczano-miedziowych w obu wymienionych metodach ogranicza możliwości realizacji badań do temperatur powyżej zera. Możliwości pracy współczesnych rejestratorów nie stawiają nam już tak ostrych temperaturowych wymagań.

Geometria torowiska a jego rezystancje

Z punktu widzenia współpracy drogi szynowej z pojazdem geometria torowiska jest kluczowym zagadnieniem, wymagającym od budowniczych oparowania i stosowania odpowiedniej technologii zapewniającej dotrzymania wymaganych reżimów i odchyłek. W przypadku parametrów elektrycznych takiego torowiska jednym z istotnych zagadnień okazuje się odstęp pomiędzy podkładami. W torowisku klasycznym tłuczniowym normalnotorowym z podkładami „betonowymi” – wykonanymi z strunobetonu sprężonego, czy zbrojonych bez naprężenia lub tylko z betonu – pomiędzy osiami podkładów jest odległość 75 cm. Jeżeli podsypka po zagłębieniu podkładu nie znajdzie się na stopce szyny to uzyskamy izolację między szynami jako wypadkową z liczby podkładów o rezystancji nie mniejszej niż 5 k Ω połączonych równolegle na danym odcinku torowym. Oznacza to, że pomiar rezystancji pomiędzy szynami wykonany na odcinku rusztu torowego - dwóch szyn przytwierdzonych do 100 podkładów spełniających wymagania z norm [3, 4 i 5] powinien wykazać wartość większą od 500 Ω i to nie zależnie od zastosowanej metody, czy też przyrządu do pomiaru rezystancji no może po za układami mostkowymi, które są wrażliwe na zewnętrzne zakłócenia np. od prądów błądzących. Jeżeli wartość zmierzona jest równa lub mniejsza od 500, to - o ile pomiary nie zostały dokonane podczas deszczu – oznacza, że któryś z podkładów i przytwierdzeń nie spełnił wymagania normy, nawet w korzystniejszych warunkach wykonywania pomiaru odcinka toru. Długość odcinka toru o 100 podkładach mieści się w granicach 75 – 76,5 mb. Dziesięciokrotnie dłuższy odcinek toru powinien wykazać rezystancję powyżej 50 Ω . Długość spotykanych w praktyce obwodów torowych mieści się w przedziale 1000 podkładów, a zatem oczekiwana izolacja pomiędzy przewodami obwodów torowych w warunkach silnego opadu atmosferycznego nie powinna spadać poniżej 50 Ω . Należy zauważyć, że na jednym kilometrze toru z podkładami co 75 cm ułożonych będzie 1333 podkładów. Wcześniejsza od normy [7] norma [2] tylko w przypadku torowisk w tunelach określała/definiowała jednostkową re-

zystancję przejścia toru względem tunelu na poziomie 20 Ω km. W zakresie pomiarowym norma ta dopuszczała traktowanie odcinka toru jako uziomu, którego rezystancję należy wyznaczyć – w domyśle na ówczesne czasy było to zastosowanie przyrząd IMU (Induktorowy Miernik Uziemień), czego mamy przykład w [9].

Budowany w latach 80-90 tych XX w odcinek metra pomiędzy stacjami Kabaty a Politechnika wyposażono w dławikowy system obwodów torowych na torowisku budowy otwartej [1]. Dzięki temu w prosty sposób można było wydzielać poszczególne odcinki toru separowane złączami izolującymi. Magistrala uziemiająca obejmująca całą długość tej podziemnej konstrukcji zapewnia względnie stałą wartość odniesienia przy pomiarach rezystancji przejścia poszczególnych fragmentów i elementów torowiska. Umożliwiło to badania rezystancji pomiędzy poszczególnymi szynami odcinka a magistralą uziemiającą, a także pomiędzy zwartymi szynami odcinka a magistralą, jak również pomiędzy szynami tego odcinka jeżeli dokonano odpowiedniego rozłączenia dławików torowych. Zauważono, że tylko w przypadkach, gdy rezystancje odcinków szyn względem magistrali były jednakowe to wypadkowa rezystancja toru była równa połowie tej wartości, zaś rezystancja między szynami była z reguły sumą obu wartości. Jeżeli występowała różnica w wartościach rezystancji szyna magistrala pomiędzy poszczególnymi szynami danego odcinka toru to wypadkowa rezystancja dla toru tych szyn była zawsze bliższa mniejszej wartości rezystancji, a pomiędzy szynami nadal była sumą. Przenosząc to spostrzeżenie na podkład z przytwierdzeniem należy stwierdzić, że dokonany pomiar wg norm [3, 4 i 5] daje nam informację, która tylko w jedynym przypadku będzie zgodna z pomiarem torowiska metodą z normy [6]. Wszystkie podkłady na badanym odcinku toru muszą być jednakowe i symetryczne pod względem elektrycznym – rezystancyjnym. Zmierzona na tak rezystancyjnie symetrycznym podkładzie rezystancja pomiędzy szynami będzie dwukrotnie większa od rezystancji tych szyn względem ziemi (otoczenia – elektrolitu glebowego). Przy powyższym założeniu mając na 1 km 1333 podkłady każdy o rezystancji pomiędzy szynami równej 5 k Ω czyli 2,5

k Ω względem ziemi uzyskamy wypadkowo rezystancję przejścia szyny ziemia na poziomie 2500/1333 \sim 1,875 Ω . Przeliczając to na jednostkową konduktancję otrzymamy 0,533 S/km a zatem tor ten nie będzie spełniał wymagań normy [7]. Jakiej zatem należy oczekiwać minimalnej wartości rezystancji pomiędzy szynami, aby tor o tej samej liczbie podkładów spełnił wymagania normy [7]. W tym idealnym przypadku 0,5 S/km uzyskamy, jeżeli rezystancja pomiędzy szynami na podkładzie będzie wynosiła 5,4 k Ω . Poyższy przypadek jest idealnym. W technicznej praktyce mamy do czynienia z tolerancjami – dokładnością wykonania i powtarzalnością w serii. Liczba podkładów przypadająca na 1 km biejący toru oznacza, że nawet w czasie produkcji sprawdzane są one statystycznie. Powtarzalności uzyskiwanych parametrów technicznych poszczególnych podkładów i przytwierdzeń będzie znacznie większa przy w pełni zautomatyzowanej produkcji z zastosowaniem szablonów. Badając podkład z przytwierdzeniami szyn metodą z norm [3, 4 i 5] w stanie suchym i pod opadem oraz po zwilżeniu wodą nie uzyskamy jednoznacznej informacji o symetrycznym elektrycznym rozkładzie rezystancji pod każdym z tych przytwierdzeń w podkładzie. Ale w przypadkach, gdy rezystancja ta na sucho i po zawilgoceniu będzie znacznie większa niż przy opadzie wody, tym jest większe prawdopodobieństwo, że składowe rezystancje pod przytwierdzeniami będą większe od 2,7 k Ω , która to wartość przy symetrii zapewniała spełnienie minimum wymagane przez normę [7]. Czym wartość rezystancji pomiędzy szynami na podkładzie pomierzona na sucho i po zawilgoceniu będzie większa od wartości 5k Ω , to przy założonej tolerancji wykonania podkładu uzyskujemy tym większe prawdopodobieństwo, że torowisko z tymi podkładami spełni wymagania normy [7].

Podsumowanie

Na zakończenie należy zauważyć, że w praktyce pojedyncze doziemnienie obwodu torowego nie wywołuje w nim „awaryjnego” stanu pracy, ale z punktu widzenia wpływu prądów błędzących jest niedopuszczalne zwłaszcza w tunelach i stacjach metra. Doziemnienie drugiej szyny tego obwodu torowego

powoduje awarię srk. To doświadczenie uświadamia, że w przypadku podkładów o „systemowej” wynikającej np. z konstrukcji formy wadzie w symetrii rezystancji w podkładzie, a jednakowym układaniu tych podkładów w torze nie uzyska się negatywnego wpływu na obwody torowe srk. Natomiast sprzyja to możliwości niedotrzymania wymogu normy [7] przez takie torowisko. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Dziuba W.: Sieć powrotna i prądy błędzące Wydawnictwo Instytutu Elektrotechniki Seria A Prace oryginalne 1995
- [2] PN-92/E05024 Ograniczanie wpływu prądów błędzących z trakcji sieci powrotnych prądu stałego
- [3] PN-EN 13146-5 Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń Część 5: Określenie rezystancji
- [4] PN-EN 13230-1 Kolejnictwo – Tor – podkłady i podrozdajdnice betonowe – Część 1 Wymagania ogólne
- [5] PN-EN 13481-2 Kolejnictwo – Tor – Wymagania eksploatacyjne systemów przytwierdzeń Część 2: Systemy przytwierdzeń do podkładów betonowych
- [6] PN-EN 27888 Jakość wody Oznaczanie przewodności elektrycznej właściwej
- [7] PN-EN50122-2 Zastosowanie kolejowe – Urządzenia stacyjne – Bezpieczeństwo elektryczne uziemianie i sieć powrotna – Część 2: Środki ochrony przed skutkami prądów błędzących powodowanych przez system trakcji prądu stałego.
- [8] PN-K-02101:1998 Nawierzchnie kolejowe. Pokłady betonowe. Wymagania i metody badań
- [9] Popczyk M., Prusak J., Zając W.: Pomiary oporności układu szyny tramwajowe - ziemia dla torów wykonanych w technologii płyt monolitycznych V Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej Jurata 2-4.06.1998 r str. 163 -169, <http://www.pkeopk.sep.com.pl/jurata1998/163.pdf>