



NIESPODZIANKI PODCZAS POMIARÓW KONDUKTANCJI PRZEJŚCIA NOWOCZESNYCH TOROWISK TRAMWAJOWYCH

SURPRISES IN TIME OF MEASURES CROSSING CONDUCTANCE IN MODERN TRAM TRACKS

Józef Dąbrowski

Instytut Elektrotechniki, Warszawa – Międzylesie

Słowa kluczowe: korozja, prądy błądzące, konduktancja przejścia szyny ziemia
Keywords: corrosion, stray current, conductance

Streszczenie

Nowoczesne torowiska tramwajowe z założenia spełniają wymagania ochrony środowiska. Ograniczone miejsce w miastach sprzyja układaniu torowisk zamkniętych z wytłumianiem przenoszenia niskoczęstotliwościowych drgań i hałasu akustycznego. Tłumiące pokrycia szyn powinny dodatkowo zapewnić ograniczenie upływu trakcyjnych prądów powrotnych do ziemi, co zostało zapisane w wymaganiach normy PN-EN 50122-2. W pracy podano trudności na jakie napotyka się przy pomiarach tego parametru – jednostkowej konduktancji przejścia szyny ziemia pojedynczego toru – metodą zalecaną w normie na torowiskach budowy zamkniętej i realizowanych w czasie montażu takich torowisk w mieście.

Summary

Modern tram tracks fit requirements of protecting the environment. Lack of space in cities further to lay closed tracks which repress low frequency vibrations and noise. Insulated inserts have to assure limitation leak of stray currents to ground. It was written in PN-EN 50122-2 standard. This elaboration present what kind of difficulties we can meet in measures of conductance per length, rails – ground in one track. The method of measure has to be the same like in the standard. The measure has to do in closed tracks and in time of assembly this tracks in a city.

1. Wstęp

Od kilkunastu już lat zgodnie z europejską normą [1], która ma swoją polską wersję [2] uzyskaną w efekcie tłumaczenia w 2002 r, ograniczanie upływu prądów trakcyjnych z szyn jezdných zelektryfikowanych prądem stałym systemów trakcji szynowej sprowadzone jest do zachowania odpowiedniej wartości jednostkowej konduktancji przejścia szyny ziemia oznaczanej literą G' . Nowelizowana w latach 2009/10 ta norma nadal podtrzymuje zalecane wartości jednostkowej konduktancji przejścia zależnie od rodzaju torowiska. Norma rozróżnia torowiska otwarte i zamknięte, przy czym za otwarte uznane są takie tory, w których szyna wystaje ponad otaczającą ją powierzchnię. Torowisko zamknięte to takie, w którym powierzchnia otaczająca szynę jest na równi z jej główką, a zatem szyna nie wystaje ponad powierzchnię. Według nowelizacji pozostaną jedynie dwie wartości jednostkowej konduktancji przejścia niezależnie już od rodzaju trakcji szynowej. Dla pojedynczego dwu szynowego toru otwartego jednostkowa konduktancja przejścia szyny ziemia nie powinna być większa niż $G' = 0,5$ S/km, a dla toru zamkniętego wartość graniczna wynosi $G' = 2,5$ S/km. W załącznikach norm [1, 2] jest podany zalecany sposób pomiaru konduktancji torowiska i przeliczenia uzyskanych wartości na jednostkowe w celu porównania ich z zaleceniami normy.

2. Zalecana metoda pomiaru konduktancji szyny ziemia

Na rysunku 1 pokazano schemat metody zalecanej do pomiaru konduktancji szyny ziemia odcinka pojedynczego toru o długości L dla torowisk naziemnych znajdujących się na terenach otwartych.

W wyniku wymuszenia przepływu prądu I następuje zmiana potencjału szyn względem elektrody siarczano-miedziowej do wartości U_{SZzal} z wartości początkowej U_{SZwyl} . Wartość jednostkową konduktancji przejścia szyny ziemia odcinka toru określa się według wzoru 1.

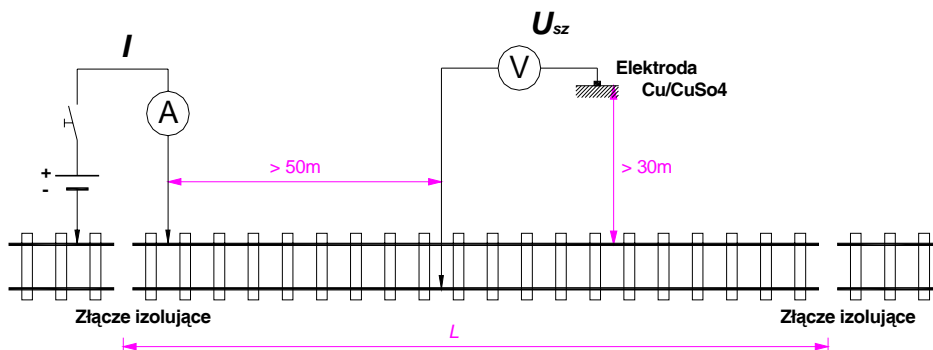
$$G' = \frac{I}{(U_{SZzal} - U_{SZwyl}) * L} \quad (1)$$

gdzie L jest długością odcinka torów sprowadzoną do pojedynczego toru w celu porównania wyniku z wymaganiami określonymi w normie [1, 2].

W szczególnych przypadkach wartość U_{SZwyl} będzie potencjałem spoczynkowym materiału szyn (żelaza – stali), zaś wartość U_{SZzal} zawiera w sobie składową omową wywołaną wymuszeniem prądowym względem szyn odniesienia. Metoda ta ma charakter porównawczy (względny) i dlatego pomiary należy wykonywać w odniesieniu do szyn odcinka o większej długości, ponieważ jego konduktancja przejścia jest bliższa nieskończoności niż tego krótszego odcinka (chyba, że chcemy zadowolić wykonawcę torowiska).

Należy zwrócić uwagę na konieczność stosowania złączy izolowanych przy korzystaniu z tej metody. W Polsce spotykane są złącza izolowane w torowiskach kolejowych z dławikowym systemem sterowania ruchu kolejowego. Systemy torowe z częstotliwościowym nadzorem i sterowaniem nie wymagają już dławików torowych i wklejania złączy izolowanych. Na pierwszej linii metra w Warszawie część torowiska od STP Kabaty do Centrum wykonana jest w systemie dławikowym, zaś dalej złącza izolowane pojawiają się jedynie przy rozjazdach. Natomiast w polskich torowiskach tramwajowych zupełnie nie stosuje się takich złączy. Próbnie na przełomie 2001/2002 zainstalowano trzy odcinki badawcze w Warszawie (12 złączy izolowanych). Do chwili obecnej dotrwał w całości tylko jeden odcinek. W 2005 r.

zainstalowano kolejne dwa odcinki, z czego tylko jeden nadaje się do dalszej obserwacji. Wobec trudności związanych z zakładaniem i następnie z eksploatacją takich złączy, których trwałość okazuje się nie osiągać okresu 8 lat, do badań konduktancji przejścia szyny ziemia zalecaną metodą z normy można (należy!) wykorzystywać remonty torowisk.



Rys. 1. Układ pomiarowy jednostkowej konduktancji przejścia G między szynami a ziemią na odcinkach naziemnych wg [1, 2]

W nowelizacji normy [1, 2] na schemacie pokazanym na rys. 1 występuje jedyna zmiana, polegająca na odsunięciu ustawienia elektrody odniesienia z odległości powyżej 20 m na odległość powyżej 30 m od szyn, którą zaznaczono na rys. 1. W pracy [3] zwrócona została uwaga, że w warunkach miejskich trudno jest o dostęp do rodzimego gruntu w odległościach niekiedy mniejszych niż 20 m a co dopiero 30 m. Wskazano na praktycznych przykładach, że błąd wynikający z bliższego ustawienia elektrody względem szyn niż zalecano w normie nie skutkuje zasadniczym błędem na nowych (wyremontowanych) torowiskach. Metoda ta nadaje się do kontroli konduktancji rozbudowywanego odcinka szyn o kolejne układane fragmenty o ile całkowita długość odcinka nie przekroczy 2 km. Z pomiarowych doświadczeń autora wynika również, że metodą tą można z powodzeniem zastosować przy kilku realizowanych odcinkach wynikających z czasowego wyłączenia z remontu np. przejazdów, przejść dla pieszych, odcinków odwodnień torowiska itp.

Wydaje się, że korzystnym rozwiązaniem jest dokonywanie rejestracji wielkości mierzonej podczas przeprowadzania badań konduktancji torowiska. Do tego celu można wykorzystać dwukanałowe rejestratory składowej stałej lub oscyloskop, najkorzystniej o separowanych wejściach pomiarowych.

3. Nowoczesne torowiska tramwajowe

Klasyczne torowiska transportu szynowego to tzw. torowiska podsypkowe z szynami mocowanymi do podkładów początkowo drewnianych, a następnie wraz z rozwojem technologii produkcji żelbetu i przekładek wibroizolacyjnych, mocowanymi do podkładów struno-betonowych. Wypełnienie przestrzeni między szynowych i między torowych kostkami bru-

kowanymi, lub odpowiednio przygotowanymi płytami żelbetowymi pozwalało uzyskać torowiska zamknięte. Wymagania trwałościowe jak i coraz mocniejsze naciski szczególnie ze strony stowarzyszeń i organizacji ochrony środowiska na zmniejszenie drgań niskoczęstotliwościowych oraz emitowanego hałasu przez miejski transport szynowy (tramwaje, metro, koleje podmiejskie) spowodowały rozwój technologii budowy i utrzymania torowiska z wykorzystaniem tworzyw sztucznych [4]. Z torowisk podsypkowych w pierwszej połowie lat 90. XX wieku w Polsce, a w Europie jakieś dziesięć lat wcześniej, rozpoczęto budowę i eksploatację torowisk bez podsypkowych. Zamiast tradycyjnej podsypki z tłucznia, zastosowano wylewkę betonową ewentualnie na specjalnej macie tłumiącej drgania, na której montuje się szyny np. na dodatkowych podlewkach betonowych, lub też płytę wylewa się w chwili, gdy ruszt torowy z przygotowanymi szynami w osłonach antywibracyjnych został zmontowany i odpowiednio ustabilizowany geometrycznie. Inną odmianą torowiska bez podsypkowego jest torowisko blokowe układane płyt na odpowiednio przygotowanej powierzchni, a następnie wkładanie szyn w specjalne rowki i po ustawieniu geometrii toru mocowanie ich za pomocą specjalnych (profilowanych) wciskanych gum, lub zalewanych odpowiednim tworzywem, o składzie chemicznym zależnym od dostawcy technologii. W przypadku tych rozwiązań spotykane jest określenie torowisko z szyną pływającą lub w otulinie. Cechą charakterystyczną większości z tych technologii układania torowiska jest dostarczanie elementów składowych na miejsce montażu w częściach o długościach umożliwiających wygodny transport. Montaż tych elementów na terenie budowy daje w efekcie wypadkową izolację materiału szyn od otoczenia zarówno pod względem elektrycznym jak i mechanicznym. Pomiar konduktancji pozwala – niestety najczęściej post factum – ocenić uzyskany wynik odizolowania szyn od ziemi. Zastosowanie zalecanej przez normę metody do pomiaru konduktancji szyn względem ziemi montowanego odcinka w różnych etapach szeregu spotkanych metodach budowy nowoczesnego torowiska powoduje otrzymanie wyniku nie adekwatnego do oczekiwań, a często i do ostatecznego wyniku końcowego po montażu.

Przykładowo metoda Reda City (inaczej NBS - Neue Berliner Strassenbahn) – specjalne podkłady, na których układane są szyny w otulinie stopki i wypełnieniem przestrzeni łubkowych (przy szyjce szyny) – pomiar odcinka rusztu szynowego przed wylaniem betonu, bezpośrednio w czasie zalewania jak i po zalaniu realizowany w odstępach czasowych np. co kilkadziesiąt minut daje wyniki o rozpiętości nawet trzech rzędów wielkości. Jest to swoista niespodzianka wymagająca odpowiedniego dopasowania sprzętu pomiarowego, czyli źródła zasilania jak i przyrządów pomiarowych, ale dająca się łatwo wytłumaczyć, ponieważ najkorzystniejsze wyniki są uzyskane na takim odcinku przed zalaniem płyty betonowej, a najgorsze bezpośrednio po zalaniu płyty. Następnie konduktancja przejścia maleje, ale z reguły nie osiąga już wartości początkowych. Zachowanie to związane jest z wilgocią wylewanego betonu i procesem jego wiązania oraz szczelinami, jakie występują w zmontowanej otulinie szyn.

Zupełnie odmiennie może zachowywać się odcinek torów budowany w technologii ERS-M. Technologia ta charakteryzuje się tym, że ruszt torowy z szynami obłożonymi materiałem tłumiącym drgania ustawia się na metalowych podporach (bramkach), które po wylaniu betonu do połowy szyjki szyn i jego związaniu demontuje się, a otwory w płycie betonowej po metalowych śrubach uzupełnia się betonem. Otóż metalowe śruby ustalające położenie rusztu i służące do regulacji geometrii tworzonego toru ze względów mechanicznych, w celu zmniejszenia nacisków, opierają się o podłoże poprzez metalowe podkładki, które mogą dotykać siatki zbrojenia układanej na spodzie podtorza, czyli zwierają metalicznie szyny ze zbrojeniem. Jest to tym bardziej prawdopodobne, czym dłuższy jest odcinek przygotowywany do

zalewania betonem, ponieważ oczka siatki wynoszą ok. 10 cm, czyli mniej więcej tyle co wymiary podkładki, zaś podpory rozstawiane są co 1,5m. Przycinanie prętów siatki, tak aby one nie dotykały do podkładek daje szansę na uniknięcie przypadkowego metalicznego połączenia siatki z szynami, ale niestety jak wykazuje doświadczenie bywa metodą zawodną. Siatka jak i podkładki mogą znajdować się bezpośrednio na wstępnie utwardzonym podłożu, lub na warstwie materiału tłumiącego drgania. Zależnie od tego podłoża pomiar konduktancji przejścia szyny ziemia tego odcinka będzie dotyczył w zasadniczej części konduktancji przejścia siatki zbrojeniowej względem ziemi lub z uwzględnieniem skuteczności izolacji elektrycznej materiału tłumiącego drgania wyłożonego na spodzie podtorza. Ponieważ arkusze siatki zbrojeniowej są z reguły spajane drutem węzłkowym, to rezystancja wzdłużna (wzdłuż toru) charakteryzuje się dużą zmiennością, co przy przypadkowych połączeniach ze śrubami bramek wpływa na skuteczność pomiaru konduktancji, jego dokładność oraz interpretację otrzymanego wyniku. Wartości uzyskane przy pomiarze rusztu torowego w technologii ERS-M są z reguły bardzo niekorzystne (duża konduktancja) – zwarcie rusztu z ziemią lub nawet w szczególnych przypadkach z torem odniesienia, jeżeli jest on wykonany w tej samej technologii co badany odcinek. Po zalaniu rusztu betonem do chwili demontażu wszystkich podpór sytuacja z konduktancją odcinka nie ulega zmianie. Pozostawianie na krańcach wylanej płyty betonowej wystających szyn w podporach uniemożliwia uzyskanie wiarygodnych wyników pomiaru konduktancji przejścia szyny ziemia odcinka toru w technologii ERS-M. Jeżeli dodatkowo występuje woda, np. po opadach deszczu, w wyłożonym warstwą izolacyjną wykopie to interpretacja wyników uzyskanych metodą zalecaną w normie [1, 2] na takim odcinku graniczy wróżeniu z fusów. Dobrze, jeżeli wynik mieści się w przedziale zalecanym w normie, ale w przeciwnym przypadku jak interpretować uzyskany wynik i co zalecać, poza kolejnymi badaniami w tym samym miejscu. Pomiar po zdemontowaniu wszystkich podpór z reguły zmniejszają uzyskiwane wartości konduktancji szyn w stopniu zależnym od ilości i wielkości nieszczelności okładzin tłumiących drgania. Przy niezbyt długich odcinkach wylanego toru w technologii ERS-M można dokonać oddzielnie pomiaru konduktancji przejścia szyny ziemia lub zbrojenie ziemia, gdy zdemontowane zostały wszystkie w tym także i krańcowe bramki. Uzyskane dotychczas wyniki sugerują, że trudno liczyć na dobre elektryczne własności izolujące wykładanej na spodzie w arkuszach warstwy wibroizolacyjnej, ponieważ połowa z nielicznych pomierzonych przypadków dała wynik konduktancji siatki zbrojeniowej względem ziemi na poziomie odpowiadającym zwarciu jej z ziemią pomimo znajdującej się wykładziny tłumiącej drgania.

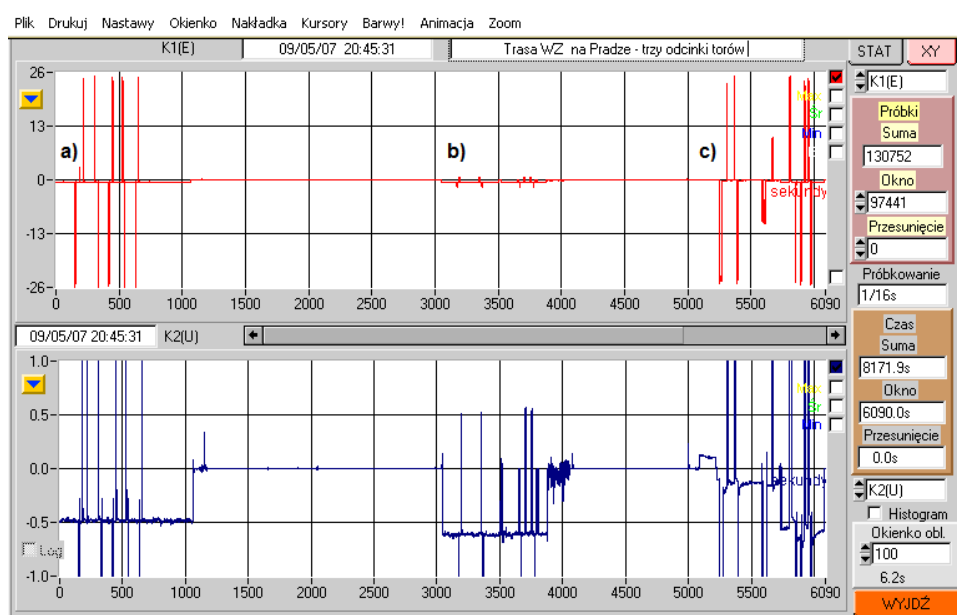
Pomiary konduktancji odcinków torów z szyną pływającą w czasie układania szyn wiążą się z reguły z problemem określenia wpływu na uzyskane wartości konduktancji przejścia tej części szyn tego toru, które są jeszcze ułożone na betonie (technologicznych podkładach najczęściej drewnianych) przed włożeniem do rowka i ewentualnym zalaniem. Należy zauważyć, że przy różnych długościach zrealizowanego układania w rowku szyn linii dwutorowej bywa, tak, iż krótszy odcinek w rowku daje większą konduktancję niż sąsiedni dłuższy mierzony niemalże w tym samym czasie, a na pewno w tych samych warunkach pogodowych. Sytuacja ta występuje najczęściej wtedy, kiedy oba układane tory nie mają jeszcze połączeń między torowych. Jeżeli istnieje już połączenie między torowe to uzyskaną wartość uśrednia się zakładając – nie wiadomo do końca czy błędnie, że wypadkowa konduktancja dotyczy zalanego odcinka szyn w rowku szynowym.

W przypadkach szyny pływającej na wiaduktach i mostach wynik pomiaru konduktancji szyn względem ziemi metodą zalecaną w normie może okazać się równy konduktancji przejścia zbrojenia układanego na warstwie maty mającej tłumić drgania niskoczęstotliwościowe.

Oznacza to, że szyna w otulinie ma metaliczny styk ze zbrojeniem wylanej płyty np. w węzłach dylatacyjnych torowiska.

4. Przypadki pomiarowe z rejestracji wzięte

Zastosowanie rejestracji wielkości mierzonych podczas pomiarów konduktancji przejścia oprócz odczytu przyrządów wskazówkowych (korzystniejszych do obserwacji od mierników cyfrowych), sprzyja weryfikacji wyznaczonej wartości dla badanego odcinka torów. Przeanalizowana rejestracja ukazuje poziom oddziaływania obcych źródeł prądów błądzących na badany odcinek i pozwala na szacowanie wynikającego z tego powodu błędu metody. Im konduktancja przejścia badanego odcinka jest większa tym efekty oddziaływania są bardziej widoczne i koniecznym staje się realizowanie pomiarów w czasie późnych godzin nocnych, czyli przy tzw. „ciszy nocnej” – kiedy nie kursują pojazdy zasilane z sieci trakcyjnej, której to fragment jest przedmiotem prowadzonych badań. Na rys. 2. przykładowo pokazano zwizualizowany programem mRgraph wynik zarejestrowanego (dwukanałowym rejestratorem mR0) przebiegu potencjału na trzech kolejno mierzonych w dniu 07.maja.2009r odcinkach torów znajdujących się po stronie praskiej Trasy WZ.



Rys. 2. Przebiegi czasowe potencjału trzech odcinków szyn względem elektrody siarczano--miedzowej ustawionej zgodnie z normą [1, 2] względem badanych odcinków

- a) nowe szyny ułożone w technologii ERS – M i zalane betonem oraz wypełnione asfaltem (przedział czasu od 0 do 1000 sekundy); b) stare szyny torowiska zamkniętego z ułożonymi żelbetowymi płytami w przestrzeniach między szynowych i między torowych (przedział czasu między 3000 a 4000 sekundą rejestracji); c) ruszt torowy z szyn ułożonych w wykopie na matach tłumiących z siatką zbrojeniową i podkładach drewnianych oraz drugi ruszt ustawiony na bramkach i szynami wypełnionymi otuliną. (przedział czasu od 5000 do 6090 sek)

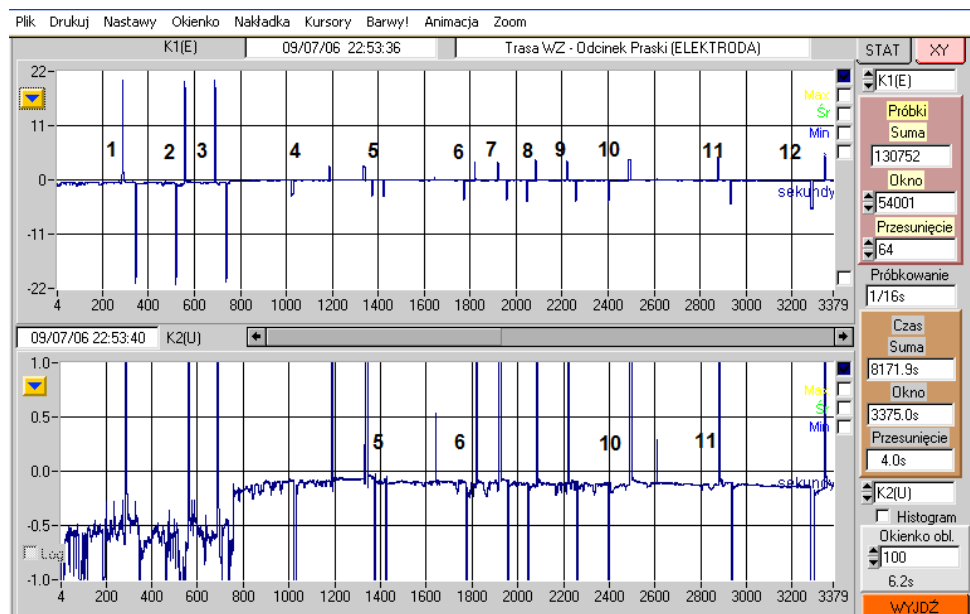
Górny przebieg przedstawiony w skali $\pm 26V$ ukazuje zmiany potencjału pod wpływem wymuszenia prądu pomiarowego, zaś dolny przebieg ukazuje ten sam potencjał co górny, ale w zakresie $\pm 1V$. Dzięki temu na dolnym wykresie widoczne są minimalne oddziaływania prądów błądzących od obcych źródeł na każdy z badanych odcinków oraz przełączenia zacisku do pomiaru potencjału z jednego zestawu szyn na drugi w następujących przedziałach czasu od 1000 do 3000 sekundy rejestracji i od 4000 do 5000 sekundy. W przypadkach b) oraz c) widoczne są przełączania zacisku szyny odniesienia danego odcinka toru w dwutorowej linii – potencjał osiąga wartość zerową. Na trzecim fragmencie przebiegu potencjału c) widoczne jest przełączenie przewodów doprowadzonych od elektrody i od szyn na rejestratorze w początkowym fragmencie – od 5000 do 5200 sekundy – w celu uzyskania odpowiedniej polaryzacji wejścia rejestratora, po czym następuje pierwsze wymuszenie prądowe. Zjawiska depolaryzacyjne w uzyskanej na wykresie skali czasu są wyraźniej widoczne dopiero na odcinku c), gdy nie ma jeszcze styku szyny z betonem lub gruntem, czyli kiedy stratność układu jest najmniejsza. Na uwagę zasługuje również fakt, że potencjał spoczynkowy każdego z tych badanych odcinków jest inny. Najniższą bezwzględną wartość potencjału spoczynkowego zarejestrowano dla szyn spoczywających na fragmentach podkładów drewnianych, zaś największą na starym odcinku torów. W przypadku każdego z badanych odcinków zrealizowano przeniesienie zacisku wymuszenia prądowego na kolejne szyny w linii dwutorowej. Odcinek a) co widoczne jest na zarejestrowanych potencjałach charakteryzuje się tym, że szyny obu torów jak i szyny danego toru są już ze sobą połączone. Dlatego też każdy z impulsów prądowych danej polaryzacji powodował zbliżone zmiany potencjału niezależnie od szyny, w którą wymuszono prąd, zaś ostatnią piątą parą impulsów prądu została załączona na dodatkowo zwarte oba tory. Odcinki szyn starego toru zachowały się przez pewien okres prowadzenia remontu, ponieważ na nich zrealizowano przejazd z jezdni w kierunku Centrum na drugą stronę tj. na jezdnię w kierunku na Pragę. W części mostowej Trasy WZ w czasie remontu po tej stronie wahadłowo kursowały miejskie autobusy. Z fragmentu b) przebiegu na rys. 2 po znacznie mniejszych zmianach potencjału szyn pod wpływem prądu pomiarowego można wywnioskować, że konduktancja przejścia szyny ziemia starego toru jest wielokrotnie większa niż tego pierwszego odcinka bezpośrednio po remoncie. Dodatkowo szyny obu torów tego odcinka nie posiadają metalicznego połączenia między torowego – świadczą o tym parami niemal jednakowe zmiany potencjałów pod wpływem impulsów prądu widoczne na dolnym wykresie rys. 2. Na ostatnim fragmencie oznaczonym literą c) przebiegu z rys. 2. zmiany potencjału pod wpływem wymuszanego prądu są zbliżone, ale minimalnie większe od występujących wcześniej na odcinku a). Spowodowane jest to napięciem źródła, które było wykorzystywane we wszystkich trzech przypadkach. O wartości pomierzonej konduktancji decyduje w takim przypadku wartość prądu, który przy pomiarach na odcinku c) był mniejszy niż przy pomiarach na odcinku a).

W opisanym poniżej przypadku rejestracja pozwoliła zapisać zjawisko występujące kilkakrotnie na jednym z badanych odcinków torów na praskim odcinku trasy WZ. Opisane wcześniej przypadki związane z trudnością dobrania napięcia zasilania i prądu wymuszenia źródła oznaczają praktyczną konieczność kilkakrotnego próbowania załączania zasilania zanim dokona się ostatecznych prób i rejestracji. Remont praskiego odcinka trasy WZ realizowany był w kilku odcinkach ze względu na zachowanie ciągłości ruchu komunikacji autobusowej na jednej z jezdni przez most Śląsko-Dąbrowski na rzece Wiśle. Dzięki temu wykorzystując uzyskane doświadczenie z jednego stanowiska wymuszenia prądu i ustawienia elektrody odniesienia można było po wykonaniu pomiarów na pierwszym zbadanym odcinku dołączać kolejne i dokonywać pomiaru sumy konduktancji przejścia obu i więcej odcinków, aby tylko

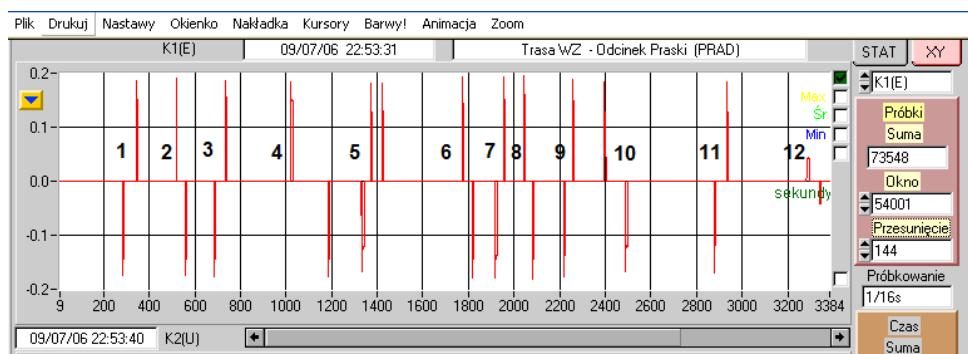
ich sumaryczna długość nie przekroczyła 2 km. Torowisko na trasie WZ między przystankami wykonywane było w technologii ERS-M, zaś na przystankach zastosowano wylanie płyty betonowej z rowkami, w które wpuszczono szynę w otulinie (pływającą). Na wypełnienie przyszyjkowe szyn zastosowano wkładki betonowe, zaś na jednym z torów wykorzystano żywicę poliuretanową jako wypełnienie, czyli inną niż na drugim torze [5]. Na przystanku znajduje się obecnie połączenie między szynowe i między torowe oraz odejście punktu powrotnego. W czasie opisywanych pomiarów nie było jeszcze tego połączenia, ale w odległości 125 m od tego miejsca zrealizowane były już połączenia między szynowe i między torowe. Punkt pomiaru prądu znajdował się od strony eksploatowanych torów tramwajowych przy dworcu Wileńskim i był oddalony o ponad 120 m od istniejącego już połączenia między torowego. Odcinek pomiarowy obejmuje tory na przystanku oraz fragment toru, którego konduktancję wyznaczano w dniu 7.05.09r.. Przenośna elektroda odniesienia była ustawiana w odległości ok. 75 m od przyłączenia wymuszenia prądowego i 30 m od zewnętrznej szyny na rodzimym gruncie (na trawniku w pobliskim Parku Praskim) tj. w tym samym miejscu, co podczas majowych pomiarów – patrz rys. 2 fragment a). Poprzednie pomiary na tym samym odcinku zawierającym tory w dwóch technologiach na szlaku i przystanku wykonywane kilka dni wcześniej (na przełomie czerwca i lipca) charakteryzowały się tym, że podczas sprawdzania układu po kolejnym impulsie prądowym potencjał spoczynkowy szyn z poziomu ok. $-0,6$ V spadał do poziomu $-0,2 \div 0,1$ V bez ruszania elektrody odniesienia – podnoszenie i ponowne ustawienie tej przenośnej elektrody nie miało wpływu na wartość tego potencjału. Na rys. 3 pokazano w dwóch skalach przebieg potencjału szyn względem siarczano-miedziowej elektrody odniesienia, uzyskany podczas wykonywania kolejnych pomiarów na tym odcinku i zrealizowanych w nocy z 6/7 lipca 2009 r. Za każdym razem tradycyjnie wykonywane są pomiary przy obu polaryzacjach wymuszenia prądowego, aby w zestawieniu podać wartość średnią z tych dwóch impulsów prądowych.

Po trzeciej parze wymuszeń prądowych, pomimo w miarę wyraźnego oddziaływania tramwajowych prądów błądzących, co ciekawe przy późniejszej godzinie realizacji rejestracji niż na rys. 2 – wahania potencjału w okolicach $-0,6$ V przekraczające wartość dolnej skali -1 V, następuje wyraźna zmiana potencjału spoczynkowego – dolny wykres rys. 3. – zupełnie podobnie jak to obserwowano kilka dni wcześniej. Pomiędzy wymuszeniami od 1 do 4 z rys. 3. różnica w badanym odcinku polega jedynie na szynie, do której przyłączono zacisk prądowy. Ponieważ szyny są zekwipotencjalizowane połączeniem wyrównawczym między torowym i między szynowym to należy oczekiwać zbliżonych wartości konduktancji. Z rys. 4 przedstawiającego zrealizowane wymuszenia prądowe podczas badań z rys. 3 wynika, że wartości płynącego prądu nie uległy tak drastycznej zmianie, aż do ostatniej pary wymuszeń, przy której zadano ok. połowy napięcia zastosowanego źródła. Można zatem wnioskować z tego, że po trzeciej parze impulsu prądowego nastąpiła zmiana polaryzacji materiału szyn odpowiadająca ustawieniu elektrody na betonie i mierzeniu potencjału szyn (żelaza) względem betonu. Przełożenie zacisku wymuszenia prądowego ponownie na pierwszą szynę i trzykrotne wymuszenie prądowe nie zmieniło potencjału spoczynkowego, zaś dało zupełnie inne (gorsze z punktu widzenia norm [1, 2]) wartości konduktancji tego odcinka torów – wynik zbliżony do uzyskanej wartości z szyny nr 4.. Na odcinkach starych torów podczas przeprowadzania pomiarów konduktancji metodą zalecaną [1, 2] spotyka się niekiedy zjawisko podobne do przebijania izolacji po przyłożeniu wymuszenia prądowego przy zwiększanej wartości napięcia. Wtedy to miękkie źródło, jakie stosowane jest zazwyczaj podczas takich badań, obniża napięcie i uzyskuje się zmniejszenie przesunięcia potencjału pod wpływem prądu, ale po zdjęciu wymuszenia potencjał szyn powraca do pierwotnego stanu spoczynkowego.

Ponowne załączenie wymuszenia prądowego po takim przeskoku wywołuje od razu duże wartości prądu, a wyznaczana konduktancja jest większa od pierwotnej o ile udało się ją wyznaczyć.



Rys. 3. Przebiegi czasowe zmian potencjału szyn badanych odcinków pod wpływem wymuszeń prądowych obcych źródeł – kursujących tramwajów i własnego układu zasilającego. Wykres górny: zakres zmian od wymuszeń własnego źródła, wykres dolny: potencjał spoczynkowy i zmiany wywołane poborem prądu trakcyjnego przez tramwaje



Rys. 4. Przebiegi czasowe impulsów prądowych z własnego źródła zasilania podczas pomiarów konduktancji przejścia szyny ziemia pokazanych na rys. 3

W zaprezentowanym przypadku następuje zmiana innego rodzaju. Zjawisko to okazuje się być na tyle dominujące, że pomiary po dołączeniu drugiego odcinka tylko w technologii ERS-M – impulsy od 6 do 10 z rys. 3. są zdominowane dużą konduktancją pierwszego odcin-

ka, zaś powrót z pomiarami do pierwotnego układu badanych szyn (impuls 11) daje wyniki jak w przypadkach 4 i 5. Zmniejszenie napięcia wymuszenia prądu sugeruje nieliniową zależność konduktancji przejścia szyny ziemia tego odcinka toru. Czas depolaryzacji tego układu elektrochemicznego nie jest autorowi znany, ale przerwa dwóch, trzech dni powodowała powrót potencjału spoczynkowego szyn do typowych wartości z przedziału od $-0,7$ do $-0,4$ V.

Postępowanie remontu torowiska na trasie WZ uniemożliwiło dalsze badania w tym miejscu.

Z doświadczeń tej próby wynika jeszcze jeden wniosek: jeżeli konduktancja przejścia pierwszego lub drugiego dołączanego odcinka jest znaczna, to pomiar konduktancji kolejnego dołączanego odcinka z jednego stanowiska obarczony zostanie tak dużym błędem, że korzystniej jest wykonać kolejne stanowisko odniesienia z wymuszeniem prądu na tym odcinku do którego mieliśmy dołączyć ten nowy odcinek. Jest to niewątpliwie pewna wada tej proponowanej metody, bo związana z ryzykiem i organizacją prowadzenia pomiarów na każdym następnym odcinku.

Literatura

- [1] EN 50122-2:1998 Railway application – Fixed installations. Part 2: Protective provisions against the effects of stray currents caused by d.c traction.
- [2] PN-EN 50122-2. Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Część2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błądzących wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego. Luty 2002.
- [3] Dąbrowski J.: *O pewnych zmianach w wymaganiach europejskiej normy PN-EN 50122-2 po jej aktualizacji*, MET, Gdańsk 2009.
- [4] Makuch J.: *Zastosowanie tworzyw sztucznych w nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcji torowisk tramwajowych w Polsce*, XLVII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Opole–Krynica 2001.
- [5] Prezentacja firmy Tor-Kar-Sson na Komisji Torowej IGKM Żywica ALH serii sześć kompozycja poliuretanowa do posadowienia szyn Warszawa 11-12.03.2010 <http://www.igkm.pl/site/wiadomosci,2494,zzyciaizby.html>.