

KOMPUTEROWE SYSTEMY POMIARU KONDUKTANCJI PRZEJŚCIA TOROWISKA

Streszczenie

W pracy omówiono stosowane układy pomiarowe do wyznaczanie jednostkowej konduktancji przejścia szyny – ziemia lub szyny – tunel. Technika mikroprocesorowa umożliwiła rejestrację mierzonych elektrycznych wielkości niezbędnych przy wyznaczaniu konduktancji torowiska wybraną metodą. Zwrócono uwagę, na różne możliwości realizacji rejestracji i wynikających z nich zalet oraz praktycznych trudności oraz zagrożeń. Opisano algorytm analizy wyników rejestracji w celu wyznaczenia badanej wielkości. Sposób jest zbliżony dla każdej ze znanych metod pomiarowych. Podano praktycznie stwierdzone zalety wynikające z rejestracji i analizy przebiegów podczas całego procesu badawczego, a nie tylko wymuszeń prądem pomiarowym.

WSTĘP

W Europie pod koniec XX w normą [1] wprowadzono parametr jednostkowej konduktancji przejścia szyny ziemia pojedynczego toru do oceny jakości wykonania torowiska pod względem elektrycznym jako elementu sieci powrotnej dla zelektryfikowanych pojazdów szynowych zasilanych prądem stałym z zewnętrznego źródła (podstacji trakcyjnej). W pierwszym wydaniu [1] zaproponowano metodę pomiarową tego parametru wymagającą wydzielenia badanego odcinka od pozostałego torowiska. Wspomniana norma rozróżnia dwa rodzaje torów:

budowy otwartej – cała szyna jest widoczna nad powierzchnią gruntu (podtorza)

budowy zamkniętej – widoczna jest jedynie główka szyny będąca na równi z powierzchnią gruntu. Nowelizacja tej normy w 2010 roku [2] podaje jeszcze jedną metodę, którą można zastosować nawet w czasie normalnego ruchu po torowisku jeżeli jest możliwy dostęp do metalu szyny.

1. METODY POMIARU KONDUKTANCJI

W literaturze przedmiotu [3, 4, 5] opisane są również inne układy pomiaru umożliwiające wyznaczenie rezystancji przejścia szyny ziemia. Ponieważ konduktancja jest odwrotnością rezystancji więc faktycznie metody te pozwalają określić/wyznaczyć znormalizowany parametr. Każdorazowo niezbędnym jest uwzględnianie długości badanego odcinka, aby podać wartość konduktancji przejścia przypadającą na jednostkę długości szyn. Taka jednostkowa konduktancja pojedynczego toru umożliwia ocenę poszczególnych konstrukcji torowisk pod względem izolacji elektrycznej szyn od otoczenia oraz pozwala sprawdzić spełnienie wymagań normy [1].

Najstarsza klasyczna metoda pomiaru konduktancji/(rezystancji) przejścia szyny ziemia wykorzystuje napięcie sieci zasilającej (górznej) do wymuszenia prądu pomiarowego w sieci powrotnej, a więc i w szynach. W zależności od lokalnego układu połączeń kabli powrotnych w obszarze zasilania danej podstacji trakcyjnej stosowane są odmiany metody klasycznej, ale w każdej z nich charakterystyczną cechą jest metaliczna ciągłość sieci torowej, konieczność realizacji badań podczas ciszy nocnej (brak ruchu pojazdów trakcyjnych po torowisku) oraz pomiar prądu w szynach na krańcach badanego odcinka toru i potencjału szyn względem rodzimego gruntu. Układ pomiarowy wraz z podłączonymi kablami powrotnymi konfiguruje się tak, aby wymuszony prąd pomiarowy wracał na

podstację przepływając przez badany odcinek – przez oba jego końce na których dokonywany jest pomiar prądu. Prąd pomiarowy uzyskuje się podłączając odpowiedni opornik pomiędzy sieć górną i szyny lub co bywało bezpieczniejsze przepuszczając prąd rozruchowy przez klasyczny pojazd trakcyjny z rozruchem oporowym. Na marginesie należy zauważyć, że współczesne pojazdy z energoelektronicznym układem napędowym zarówno prądu stałego jak i zmiennego stają się mniej przydatne w metodzie klasycznej, ze względu na sprzężenia zwrotne w sterowaniu napędem – nabierania prędkości jazdy – a z tym związana jest zmiana położenia w układzie pomiarowym oraz z powodu naturalnego ograniczania prądu pobieranego z sieci podczas rozruchu pojazdu. W większości odmian metody klasycznej wymagana była znajomość wartości prądu wpuszczanego w szynę – pomiar dokonywany amperomierzem (lub bocznikiem z miliwoltomierzem) na pojeździe wykorzystywanym do pomiarów. Prądy w szynach określa się metodą pośrednią – spadku napięcia na odcinku szyn. Do wyznaczenia wartości prądu w przekroju szyn stosowane są dwa podejścia. W pierwszym przyjmuje się stałą wartość rezystancji jednostkowej (rezystywności rzędu kilkunastu $\mu\Omega/m$) szyn wynikającą z typu szyny występującej na badanym odcinku, a dla uproszczenia przeliczeń mierzy się spadki napięcia na odcinkach o jednakowych długościach. W drugim sposobie podejścia do określenia prądu w szynach uwzględnia się stan techniczny szyn każdorazowo we wszystkich przekrojach konieczne jest wykonanie skalowania – wyznaczenia rezystancji odcinków szyn na których mierzono miliwoltomierzami spadki napięć. W tym przypadku równość długości odcinków szyn na których dokonywany jest pomiar spadku napięcia nie jest już tak istotny. W obu tych podejściach należy zapewnić czysto metaliczne połączenie przewodów pomiarowych z szynami. Przy skracaniu długości odcinka pomiaru spadku napięcia minimalizuje się wymianę mierzonego prądu z otoczeniem na tym odcinku natomiast na mierzonej wartości zaczynają dominować zjawiska związane z termoogniwami na stykach różnych metali zastosowanych w układzie pomiarowym. Długość odcinka na którym dokonywane jest badanie konduktancji przejścia metodą klasyczną powinna być co najmniej o rząd wielkości większa niż długości szyn na których metodą pośrednią wyznaczany jest prąd przez nie płynący. W celu wyznaczenia konduktancji odcinka toru pomiędzy przekrojami pomiaru prądu dokonywany jest pomiar zmiany potencjału szyn względem wystawionych elektrochemicznych elektrod odniesienia (najpopularniejsze są elektrody siarczano-miedziowe). Po wystąpieniu wymuszenia prądowego z reguły na krańcach odcinka i w miej-

scu wymuszenia prądu pomiarowego jeżeli jest ono pomiędzy przekrojami pomiaru prądu w szynach następuje zmiana potencjału szyn. Wielkość tej zmiany zależna jest od upływności prądu z szyn do ziemi.

Metoda zalecana w normie [1] charakteryzuje się tym, że odcinek badanego toru należy wydzielić od reszty torowiska. W przypadku torów kolejowych, gdzie do sygnalizacji zajętości torów wykorzystywane jest samo torowisko w którym płynie również prąd trakcyjny pobierany przez jadący pociąg, a system srk (sterowania ruchu kolejowego) oparty jest na dławikach torowych separujących odcinki torów można do pomiaru konduktancji przejścia szyny ziemia wykorzystywać bezpośrednio złącza izolujące zamontowane w szynach odłączając odpowiednie zaciski na dławikach. Układ pomiarowy w tej metodzie jest zbliżony do metody technicznej pomiaru rezystancji ponieważ składa się ze źródła prądu, amperomierza i woltomierza. Zewnętrzne źródło prądu przyłącza się na czas pomiaru pomiędzy badany odcinek szyn, a resztę torowiska wymuszając impulsy przepływu prądu raz o jednej, a następnie o drugiej polaryzacji. Woltomierzem mierzony jest potencjał badanego odcinka szyn względem elektrochemicznej elektrody odniesienia ustawionej na rodzimym gruncie w zalecanej przez normę odległości od miejsca wymuszenia prądu. W przypadku torowisk tramwajowych, gdzie nie ma tradycji stosowania złączy izolujących oraz na współczesnych liniach kolejowych, gdzie srk oparte są na licznikach osi lub elementach wysokoczęstotliwościowych opisaną powyżej metodę można stosować w przypadkach szczególnych jak rozbudowa sieci torowej o nowe torowiska, modernizacja lub remont starego torowiska. Z doświadczeń wynika, że najdokładniejsze (powtarzalne z najmniejszym rozrzutem) wyniki serii pomiarów uzyskuje się w godzinach ciszy nocnej [6].

Po dziesięciu latach od wydania normy [1] przystąpiono do prac związanych z jej nowelizacją. W efekcie zatwierdzono normę [2] w której zalecana jest jeszcze jedna metoda pomiaru jednostkowej konduktancji torowiska na otwartym powietrzu. Metoda ta w czasach przed zastosowaniem mikroprocesorów realizowana byłaby za pomocą dwóch woltomierzy odczytywanych na „hop” np. co 10 sekund, ponieważ wymaga synchronicznej rejestracji dwóch parametrów – potencjału elektrochemicznego elektrody ustawionej w większej odległości od szyn oraz gradientu pomiędzy dwiema elektrodami ustawionymi w jednej linii prostopadle do szyn torowiska. Dalsza z tych elektrod jest wspólnym punktem do pomiaru obu wymienionych wielkości. Cechą charakterystyczną tej metody jest możliwość wykonania pomiarów w ciągu normalnego ruchu pojazdów, oczywiście jeżeli jest zapewniony dostęp do podłączenia przewodu pomiarowego do szyny. Współczesne konstrukcje torowisk budowy zamkniętej wymagają z reguły wcześniejszego zaprojektowania i wbudowania punktu przyłączenia przewodu do zewnętrznej szyny torowiska.

Dla torowisk znajdujących się w tunelach normy [1, 2] zalecają pewną odmianę metody klasycznej. Wymuszenie prądowe znajduje się wewnątrz badanego odcinka toru i dokonywane jest z obcego źródła pomiędzy magistralą uziemiającą tunelu a torowisko. Koniecznym jest wyznaczenie prądu w szynach na krańcach badanego odcinka i norma zaleca metodę spadku napięcia w szynach na odcinku 10 m. W celu wyznaczenia konduktancji niezbędne są również pomiary napięcia - podobnie jak na otwartym terenie – przy czym w tym przypadku mierzy się napięcie pomiędzy szynami a tunelem (magistralą uziemiającą) w miejscach wymuszenia prądu pomiarowego oraz w miejscach pomiaru prądu w szynach. Przykładowe wyniki zaprezentowano w pracach [7, 8].

1.1. Idea systemu komputerowego pomiaru jednostkowej konduktancji

Powyższy przegląd spotykanych w praktyce odmian pomiaru jednostkowej konduktancji przejścia szyny-ziemia wykazuje, że architektura komputerowego systemu w istocie nie zależy od zastosowanej metody pomiaru i będzie w swojej idei bardzo podobna dla każdej z metod. Zasadniczo taki system komputerowy można podzielić ją na trzy warstwy:

1. Pierwszą stanowić będzie układ zbierania danych z miejsc przyłączania przyrządów pomiarowych, a obecnie przetworników wielkości mierzonych (z reguły napięcia od μV do V);
2. Drugą istotną warstwą jest wizualizacja danych pomiarowych – przebiegów czasowych z możliwością wyznaczania generowanych impulsów pomiarowych i uzyskanych odpowiedzi badanego torowiska;
3. Trzecia warstwa to obliczenia z wytypowanych zarejestrowanych wielkości wartości liczbowych oraz odpowiednie do zastosowanej metody pomiaru przeliczenie ich na jednostkową konduktancję.

2. WARSTWA AKWIZYCJI DANYCH POMIAROWYCH

W każdej z metod pomiaru konduktancji przejścia szyny ziemia występuje pomiar wielkości elektrycznych, które mogły być dawniej odczytywane z przyrządów wskazówkowych, a później z przyrządów cyfrowych na ustalony sygnał. Rozwój techniki mikroprocesorowej umożliwił wprowadzenie w miejsce mierników wejść pomiarowych do rejestratora. Ze względu na rozległość obszaru pomiarowego – od kilkuset metrów do nawet 2 km, a warunkach kolejowych do 4 km – zastosowanie wielokanałowego rejestratora z separowanymi kanałami [9] wiąże się trudnościami bezpiecznego rozłożenia układu – zwłaszcza przewodów pomiarowych. Zagadnienie to jest istotne szczególnie w warunkach miejskich, gdzie występują przejścia dla pieszych, przejazdy przez tory oraz przystanki. Wielokanałowy rejestrator zapewnia synchroniczny pomiar wszystkich wielkości. Powyższa zaleta wiąże się jednakże z czasochłonnym przygotowaniem układu pomiarowego, który de facto służy do wykonania „jednego” pomiaru w czasie jednej nocnej przerwy w ruchu. Pojawienie się małych rejestratorów dedykowanych pomiarom służącym do oceny zagrożenia podziemnych metalowych konstrukcji pozwoliło na odtworzenie rozproszonych klasycznych układów pomiaru konduktancji przejścia. Dwu lub trzykanałowy rejestrator z dostępnych na rynku [10 - 15] o odpowiednich zakresach pomiarowych umożliwił pomiary spadków napięć w szynach pojedynczego toru oraz potencjały szyn względem elektrody odniesienia. Na linii dwutorowej, które są najczęściej spotykane w eksploatacji, do zrealizowania metody klasycznej wystarcza od ośmiu do dziesięciu dwukanałowych rejestratorów zależnie od realizowanego wariantu. Nie muszą one mieć separowanych wejść. Rozłożenie układu pomiarowego nie wymaga czasochłonnego rozwinięcia dużej ilości długich przewodów, ale jednoznaczne przypisanie każdego rejestratora do miejsca w układzie pomiarowym. Przy analizie wyników jednym z najistotniejszych czynników jest dokładna synchronizacja rejestratorów. Korzystnym faktem jest również start zapisu danych w pamięciach wszystkich zastosowanych rejestratorów o tym samym czasie oraz nastawa jednakowego kroku rejestracji danych. Niezależnie od ilości zastosowanych rejestratorów przed lub po zasadniczych pomiarach można dokonać skalowania spadku napięcia przeliczonego do wyznaczenia prądu pomiarowego w poszczególnych szynach.

Obie metody pomiaru konduktancji przejścia szyn torowiska na otwartym terenie zalecane w normie [2] wymagają w zasadzie

jednego dwukanałowego rejestratora z izolowanymi/separowanymi kanałami pomiarowymi. W przypadku stosowania rejestratorów o wspólnej masie podczas badania wydzielonego odcinka szyn należy wykorzystać dwa rejestratory, jeden do pomiaru prądu, a drugi do pomiaru potencjału. W pracy [16] pokazano wyniki badań odcinków torowisk metodą zalecaną w [1] z wykorzystaniem dwóch rejestratorów, przy czym rejestrowano jednocześnie dwa potencjały elektrod ustawionych w różnej odległości od zewnętrznej szyny badanego torowiska.

W przypadku wszystkich metod pomiaru dokonywanego przyrządami analogowymi, cyfrowymi czy systemem rejestracji każdorazowo należy dobrać zakresy pomiarowe. Czynność ta decyduje o dokładności pomiarów i może być również przyczyną zupełnie nieudanego pomiaru (badań) jeżeli zostaną przekroczone zakresy pomiarowe. Doświadczenia pomiarowe wskazują, że metoda testowania dobranych zakresów wydłuża czas przygotowań całego układu i bywa przyczyną utraty możliwości dokonania faktycznego pomiaru szczególnie metodą klasyczną w ciągu nocnej przerwy w ruchu tramwajów. Rejestratory mRO [10] mają wbudowaną funkcję automatycznego doboru zakresu pomiarowego w czasie rejestracji. Pozwala to realizować pomiary praktycznie po zmontowaniu układu. Zwiększenie czułości przyrządu – obniżenie zakresu pomiarowego do kilkunastu mV niestety eliminuje tę korzystną z punktu widzenia pomiarów konduktancji cechę. Rejestratory mRA [13, 14] mają wbudowany wyświetlacz umożliwiający na bieżąco podglądanie zapisywanych wyników i ewentualną reakcję na przekraczanie zakresu. Jednak każda taka ingerencja utrudnia później analizę wyników.

Ostatnim zadaniem, które należy rozwiązać przed rejestracją pomiarów konduktancji torowiska to jest częstotliwość zapisu archiwizowanych danych pomiarowych. Ze względu na szybkość zachodzenia procesów elektrochemicznych w praktycznych pomiarach używano częstości zapisu od 25 do 8 Hz. Z reguły przyjmowano największą dopuszczalną częstotliwość próbkowania, a więc decydowały o tym możliwości stosowanych rejestratorów.

3. WIZUALIZACJA WYNIKÓW REJESTRACJI

Wszystkie dostępne rejestratory są wyposażone w oprogramowanie do prezentacji zapisanych wyników. Podstawowym wykresem jest przebieg danych w funkcji czasu. Niezależnie od realizowanej metody pomiaru konduktancji prowadząc badania należy wykonywać notatki (zapis na dyktafonie itp.). Są one niezbędne podczas przeglądania zarejestrowanych przebiegów czasowych. Praktycznie każde przeprowadzone badania konduktancji charakteryzuje się indywidualnymi interwałami czasu pojawiania się i trwania impulsów prądu pomiarowego. Dlatego wykorzystując funkcję „zumu” dla podstawy czasu na wykresie prądu należy ustalić przedziały czasu występowania impulsów wymuszenia prądowego w badanym układzie. Na kolejnych przebiegach czasowych w określonych już przedziałach czasu odnotować zmiany spadku napięcia w szynach oraz potencjału szyn. Przy analizie rejestracji z wielokanałowego rejestratora proces ten ze zrozumiałych względów jest bardzo ułatwiony, natomiast przy dwu- lub trój- kanałowych rejestratorach konieczne jest otwieranie kolejnych plików danych. Jeżeli w czasie badania wykonywane było skalowanie odcinków spadku napięcia w szynach to dla każdej szyny w obu przekrojach należy znaleźć przedziały czasu wykonywania skalowania i podstawić wymuszone danym czasie wartości prądu. Jeszcze przed pełną analizą przebiegów czasowych można obejrzeć korelacje przebiegów na poszczególnych kanałach wykorzystując wbudowane do rejestratorów specjalistyczne oprogramowanie. Doświadczenie z przeprowadzonych wcześniej badań umożliwia stosunkowo szybką ocenę, że obróbka

oglądanych danych wykaże realne fizycznie wartości, a nie ujemną konduktancję, co najczęściej jest skutkiem błędnego szacowania prądu w szynach. Metoda zalecana tylko w normie [2] (oparta jest) wykorzystuje wprost zależność korelacyjną pomiędzy dwoma rejestrowanymi sygnałami.

Rejestracje uzyskane podczas normalnego ruchu tramwajów [5] charakteryzują się tym, że wyniki dotyczące przepływu prądu w szynach uzyskane na tym samym odcinku zależne są również od pory roku i związanych z tym poziomem potrzeb własnych pojazdów. Wybór impulsów prądowych wymaga znacznego doświadczenia, i jest wyraźnie prostszy dla linii jednotorowych, ale zależy też od miejsca w obszarze zasilania a to ze względu na układ kabli powrotnych i prowadzony tam ruch – mijanki. Rejestracje prowadzone podczas ruchu charakteryzują się również tym, że na spadkach napięć w szynach zwłaszcza linii dwutorowych widoczne są prądy trakcyjne pojazdów, które znajdują się nie tylko na sąsiednim torze, ale na obszarze zasilania podstacji trakcyjnej zawierającej badany odcinek toru.

3.1. Obliczanie jednostkowej konduktancji przejścia

Każda odmiana metody klasycznej jak i metody zalecane w normie [2] mają wyprowadzone wzory obliczania jednostkowej konduktancji/rezystancji przejścia szyny otoczenie (ziemia). Dlatego też zależnie od wykorzystanej metody pomiarowej należy z rejestracji przenieść wyselekcjonowane czasowe przedziały danych do np. EXEL-a zachowując przy tym, szczególnie dla metod klasycznych, odpowiedniość miejsca każdego rejestratora oraz odpowiedniość mierzonej wielkości i jej polaryzacji. W metodzie klasycznej należy przeliczyć spadki napięć na prądy w szynach oraz sumować je w odpowiadających im przekrojach. W metodzie z wyseparowanym z całego torowiska badanym odcinkiem zgodnie z [1] zarejestrowane miliwolt na boczniku należy także przeliczyć na wartości prądu wymuszenia. Tak przygotowane pakiety danych umożliwiają wyliczanie konduktancji z wartości uśrednionych dla stanów quasi ustalonych po każdym wymuszeniu prądowym lub też przyrostów przy narastaniu albo zanikaniu prądu pomiarowego. Zapisany algorytm można użyć do wszystkich impulsów pomiarowych zrealizowanych w czasie takich badań.

Powyższy algorytm postępowania może być zastosowany do rejestracji uzyskanych w klasycznym układzie pomiaru konduktancji przejścia szyny-ziemia na liniach wybiegowych jedno i dwutorowych również podczas ruchu pojazdów. W końcowym efekcie uzyskuje się wyniki o znacznie większych rozrzutach niż podczas badań nocnych. Doświadczenia wskazują, że przy opadaniu (zanikaniu) prądu trakcyjnego pojazdu uzyskuje się najmniejsze rozrzuty wyliczonej konduktancji [5]. Być może jest to spowodowane relatywnie krótszym odcinkiem przemieszczenia pojazdu na torze w przedziale czasu zaniku prądu niż jego narastaniem.

Metoda zalecana w znowelizowanej normie [2], wymaga tylko jednego rejestratora. Wyniki tej rejestracji należy opracować statystycznie – weryfikując czy zależności wielkości potencjału szyn jest funkcją liniową gradientu tegoż potencjału przy znanym rozstawie elektrod oraz geometrii torowiska. W przypadku rejestratorów dedykowanych do oceny zagrożenia podziemnych konstrukcji metalowych od prądów upływających z sieci szynowych funkcja regresji jest zawarta w oprogramowaniu. W przypadku tej metody konieczne do wyliczenia konduktancji jest wykonanie pomiarów dodatkowych rezystywności gruntu na których ustawiono elektrody. Norma nie precyzuje metody tego pomiaru, a praktycznie uzyskane już doświadczenia z metodą czteroelektrodową Wenera wykazują, że w warunkach miejskich rezystywność gruntu na różnych głębokościach różni się może i to znacznie. W efekcie wyliczenia jednost-

kowej konduktancji dla skrajnych wartości rezystywności gruntu daje jednostkowe konduktancje mieszczące się i nie mieszczące się w wymaganiach normy.

PODSUMOWANIE

Rozwój przenośnych autonomicznych wielokanałowych rejestratorów umożliwił zastąpienie zespołu ludzkiego odczytującego przyrządy rozłożone w terenie. Dzięki temu również zmniejszone zostają trudności komunikacyjne pomiędzy zespołami tworzonymi do realizacji badań metodą klasyczną czy też jej odmianami. Organizacja pomiarów konduktancji przejścia szyny ziemia z użyciem kilku rejestratorów dwu- trójkanałowych wymaga zaangażowania jeszcze mniejszego zespołu ludzi do zbudowania układu pomiarowego i obsługi samych pomiarów. Zastosowanie przenośnych autonomicznych rejestratorów w pomiarach konduktancji przejścia umożliwia weryfikację przeprowadzonych pomiarów, ale prowadzący - kierujący zespołami pomiarowymi na torowisku oraz współpracujący z obsługą pojazdu trakcyjnego musi prowadzić notatki (zapis głosowy) uwzględniający czas następowania poszczególnych operacji. Najistotniejsze są oczywiście impulsy prądu pomiarowego, ale czas dojazdu składu na miejsce, jego przemieszczanie z toru na tor w linii dwutorowej i powrót do zajezdni zawierają informacje, które przy układach z przyrządami pomiarowymi bez rejestracji wręcz umykają. Jeżeli nie są prowadzone notatki dotyczące pojazdu będącego źródłem prądu pomiarowego, to przedziały czasu poza wymuszeniami prądowymi są trudne do interpretowania. Analiza zarejestrowanych wartości prądów w szynach oraz potencjałów w czasie manewrowania pojazdu pozwala stwierdzić, że układ pomiarowy został niewłaściwie przygotowany [17], ponieważ nie odłączono na podstacji niezbędnych do prawidłowego badania odpowiednich kabli powrotnych. Opracowywanie wyników rejestracji w tym przypadku początkowo sugerowało nieprawidłowe skalowanie odcinków pomiaru spadku napięć w szynach.

W przypadku gdy jednostkowa konduktancja przejścia badanego odcinka jest znaczna i tym samym nie spełnia wymagań normy [1, 2] to przy opuszczaniu przez pojazd trakcyjny – zastępcze źródło prądu pomiarowego – obszaru zasilania w którym znajduje się badany odcinek toru może nastąpić nawet zmiana kierunku przepływu prądu w jednym z rejestrowanych przekrojów szyn [18]. Wymieniony efekt zdarza się wyraźniej, jeżeli badania prowadzone są na odcinku toru będącym fragmentem oczka [19] niż na torach wybiegowych [17].

Zalecany w znowelizowanej normie [2] układ pomiarowy do wyznaczenia jednostkowej konduktancji torowiska sugeruje stosowanie rejestratora i minimalizuje ich ilość do jednego na odcinku 1 km podwójnego toru. W takim przypadku zespół pomiarowy ze względu na BHP musi składać się z dwóch osób, czyli jest najmniejszy z możliwych.

Na przeszkodzie pomiarom konduktancji w torowiskach budowy zamkniętej przy ciągłym torowisku w czasie jeżdżących pojazdów trakcyjnych staje się sama konstrukcja obudowy szyny. W takich torowiskach już na etapie projektowania, a następnie budowy należy przewidywać punkty przyłączenia przewodu pomiarowego do zewnętrznej szyny linii dwutorowej. Miejsce takie nie może być zupełnie przypadkowe, ponieważ w odległości 30 m od szyny zalecane jest ustawienie elektrody odniesienia i nieco bliżej elektrody do pomiaru gradientu. W warunkach miejskich praktyczna realizacja wymagań normy jest zapisem trudnym do spełnienia czemu dano wyraz w pracy [16]. Następnym zagadnieniem do rozwiązania jest to przez kogo - jaką firmę - ma być prowadzona długotrwała eksploatacja takiego układu pomiarowego i dla kogo powinny być dostępne wyniki. W jaki sposób zabezpieczyć taką instalację przed oddzia-

lywaniem stron trzecich – innych miejskich służb czy też inwestorów.

BIBLIOGRAFIA

1. EN-50122-2:1998 *Railway applications – Fixed installations. Part 2: Protective provision against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems* CENELEC, May 1998 – polskie tłumaczenie 2002 r
2. EN-50122-2:2011 *Railway applications – Fixed installations. Part 2: Protective provision against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems* CENELEC, May 2011
3. Dziuba W., *Sieć powrotna i prądy błędzące* Wydawnictwa Książkowe Instytutu Elektrotechniki. Warszawa, 1995
4. Dąbrowski J., Dziuba W., *Sposoby pomiaru kondukcyjności torów tramwajowych względem ziemi* Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Nowoczesne Rozwiązania Techniczne w Komunikacji Tramwajowej Wrocław 31 maja – 2 czerwca 2000r, s. 73 - 77
5. Dąbrowski J., Dziuba W., *Nowe sposoby pomiaru jednostkowej konduktancji przejścia torów względem ziemi* VII Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej, 18-20 września 2002 r, s. 13 - 24
6. Dąbrowski J., i in., *Wykonanie pomiarów konduktancji przejścia szyny-ziemia na ul. Marymonckiej w Warszawie zgodnie z warunkami Tramwajów Warszawskich* Dok. IEI nr arch.: NTE/11/07 Warszawa listopad 2007 r
7. Dąbrowski J., *Anomalie w pomiarach konduktancji torowisk na podlewie betonowej* Doroczna IX Konferencja Naukowo-Techniczna WSPÓŁCZESNE TECHNOLOGIE PRZECIWKOROZYJNE Ostróda 22-24.04.2015r, 396 wydarzenie Europejskiej Federacji Korozyjnej (materiał na CD)
8. Dąbrowski J., *Pomiary konduktancji torowisk na podlewie betonowym w tunelach lub halach* Ochrona przed Korozją nr 8/2015 rocznik LVIII s. 273 - 278
9. Dziuba W., Hanasz M., *Technika mikroprocesorowa przy pomiarach zagrożenia korozyjnego prądami błędzącymi* Ochrona przed Korozją nr 3 1991 s. 62-66
10. Barański J., *Rejestrator mR do pomiaru prądów błędzących* V Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej 1998. Materiały, s. 143- 148
11. Hanasz M., *Pomiary prądów błędzących za pomocą rejestratorów mR oraz programu mRgraph*. V Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej 1998. Materiały, s. 149-155
12. Kozłowski J., Machczyński W., *Mikroprocesorowy rejestrator dla potrzeb techniki antykorozyjnej* V Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej 1998. Materiały, s. 157-162
13. Barański J., *Nowy rejestrator do pomiarów w ochronie antykorozyjnej* IX Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej 2006. Materiały, s. 81-88
14. Barański J., *Nowe możliwości pomiarowe rejestratora mRA* X Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej 2008. Materiały, s. 79-83
15. Barański J., *Rejestratory mR4 i mR3p w pomiarach korozyjnych* XIII Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej 2014. Materiały, s. 147-157
16. Dąbrowski J., *Zmiany w wymaganiach normy europejskiej PN-EN 50122-2 po jej aktualizacji* IX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna – Nowoczesna Trakcja MET'2009 Gdańsk 24-26 września 2009 r. Materiały s. 273-279
17. Dąbrowski J., *Wykonanie pomiarów konduktancji przejścia szyny-ziemia na ul. Grójeckiej, Słonimskiego i Al. Krakowskiej*

- w Warszawie zgodnie z warunkami Tramwajów Warszawskich Dok. IEl nr arch.: NTE/46/2007 Warszawa listopad 2007 r
18. Dąbrowski J., Wykonanie pomiarów konduktancji przejścia na torowisku tramwajowym w rejonie najazdów na Most Północny w Warszawie. Część 1 Odcinek odtworzeniowy wzdłuż ul. Marymonckiej i „Zgrupowania AK Kampinos” Dok. IEl nr arch.: NTE/4/2011 Warszawa wrzesień 2011 r.
 19. Dąbrowski J., Pomiar konduktancji przejścia szyny-ziemia torowiska tramwajowego na ul. Zielenieckiej w Warszawie Dok. IEl nr arch.: NTE/13/2011 Warszawa grudzień 2011 r.

COMPUTER SYSTEMS FOR MEASURING THE CONDUCTANCE TRANSITION TRACK

Abstract

The paper discusses the measurement systems used for determination of unit conductance rail crossing - earth or rail - tunnel. Microprocessor technology has allowed registration of the size of the measured electrical conductance necessary for determining the track chosen method. It was pointed out to various feasibility of registration and the resulting advantages and practical difficulties and threats. Described Algorithm registration results to determine the test magnitude. The method is similar to any known methods. Given practically confirmed the advantages of recording and analyzing the waveforms during the entire test, and not only the measurement current excitations

Autor:

mgr inż. **Józef Dąbrowski** – Instytut Elektrotechniki, Zakład Trakcji Elektrycznej, 04-703 Warszawa – Międzyzylesie, ul. Pożaryskiego 28, e-mail: j.dabrowski@iel.waw.pl