ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2003
Seria: TRANSPORT z. 49 Nr kol. 1605

Krzysztof KARWOWSKI
Mirosław MIZAN
Przemysław PAZDRO

DIAGNOSTYKA TECHNICZNA TRAKCYJNYCH ODBIERAKÓW PRĄDU

Streszczenie. Przedstawiono nową metodę diagnostyki technicznej trakcyjnych odbieraków prądu. Ocena dokonywana jest na podstawie pomiarów nacisku odbieraka na sieć, podczas przejazdu pojazdu trakcyjnego przez odcinek sieci jezdnej ze specjalnym przęsłem pomiarowym o zmiennej wysokości zawieszenia przewodów jezdnych. Przedstawiona koncepcja została zweryfikowana doświadczalnie na utworzonym stanowisku laboratoryjnym, a następnie na przystosowanym do celów diagnostycznych fragmencie przęsła pomiarowego w Zakładzie Taboru PKP.

TECHNICAL DIAGNOSTICS OF TRACTION CURRENT COLLECTORS

Summary. A conception of operational technical diagnostics of overhead current collectors is presented. It is proposed to fit the special section of overhead line with force or displacement sensors and control the action of current collector during the passage of locomotive by this section. Some results of preliminary calculation are presented. The accuracy of measurement system was verified on laboratory model of this section and in PKP depot. The results are promising for practical application.

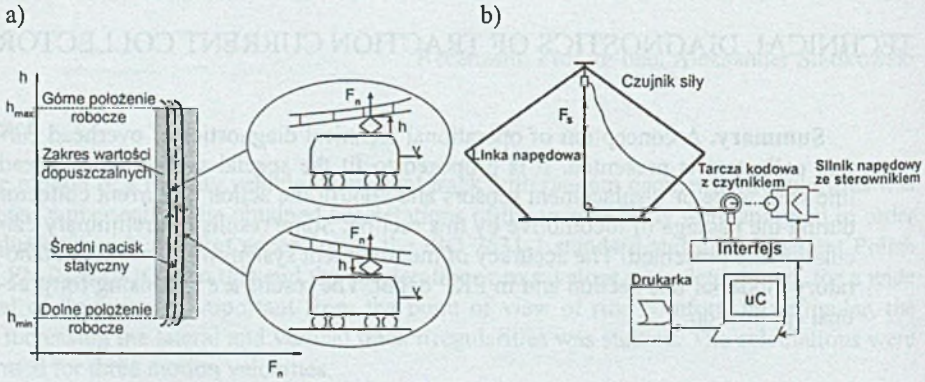
1. WSTĘP

Diagnostyka techniczna jest dynamicznie rozwijającą się dziedziną, której wykorzystanie w systemach transportowych prowadzi do podniesienia niezawodności i bezpieczeństwa eksploatacji. W transporcie szynowym w celu jego prawidłowego działania konieczne jest utrzymanie we właściwym stanie technicznym zarówno infrastruktury, jak i taboru. Kluczowe znaczenie techniczne - z punktu widzenia niezawodności eksploatacyjnej - ma układ odbioru prądu z sieci jezdnej przez poruszające się pojazdy [9,10]. Oprócz problemów ściśle technicznych mamy tu również do czynienia z dwoma podsystemami eksploatacyjnymi: siecią trakcyjną będącą w gestii zarządu infrastruktury (PLK) i pojazdami eksploatowanymi przez różnych operatorów. Świadomość tego faktu doprowadziła do opracowania i wdrożenia urzą-

dzeń diagnostyki sieci jezdnej przy wykorzystaniu współczesnych metod i technik pomiarowych [2, 3, 8]. O ile od strony infrastruktury problem kontroli stanu sieci jest w dużym stopniu rozwiązany, to od strony pojazdów stosowane są nadal „ręczne" metody pomiarowe polegające na pomiarze np. nacisku statycznego odbieraka na sieć jezdną oraz na wizualnej ocenie stanu nakładek ślizgowych. Są one czasochłonne i charakteryzują się dużym wpływem czynników subiektywnych na wynik kontroli, tj. ocenę stanu odbieraka.

2. DIAGNOSTYCZNE UKŁADY POMIAROWE

Właściwości odbieraków prądu mogą być opisane przez kilka charakterystyk i parametrów. Charakterystykę nacisku statycznego odbieraka w zależności od wysokości uniesienia przedstawiono na rys. 1a [10]. Nacisk statyczny (lub też charakterystyka nacisku statycznego) odbieraka prądu może być - w celach diagnostyki - zmierzony: ręcznie przy wykorzystaniu odpowiednich przyrządów pomiarowych rejestrujących wysokość uniesienia ślizgacza i siłę docisku, automatycznie przy wykorzystaniu specjalnego stacjonarnego stanowiska pomiarowego albo podczas przejazdu przez specjalnie wyprofilowany odcinek sieci jezdnej, wyposażony w czujniki sił lub przemieszczeń. Zbyt mały nacisk odbieraka na sieć prowadzi do powstawania przerw stykowych, natomiast zbyt duży - do nadmiernego wypierania sieci jezdnej, a w konsekwencji do ryzyka uszkodzeń mechanicznych i nadmiernego zużycia nakładek stykowych. Nierównomierność zużycia nakładek ślizgowych lub ich nadmierne zużycie prowadzi do powstania sił poprzecznych, które mogą w skrajnym przypadku spowodować nawet zerwanie przewodów jezdnych.



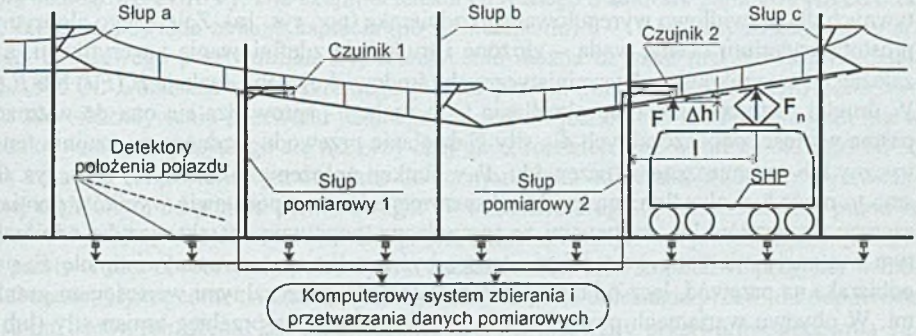
Rys.1. a) Charakterystyka nacisku statycznego F_n odbieraka przy rosnącej i malejącej wysokości uniesienia h; b) układ do pomiaru charakterystyki statycznej odbieraka prądu

Fig.1. a) Static characteristic of the current collector, where h - height of the pantograph, F_n – static vertical force; b) measurement equipment for verification static characteristic

Urządzenie przedstawione na rys. 1b, przeznaczone dla stanowiska przeglądów okresowych, pozwala na wyznaczenie i zarejestrowanie w sposób automatyczny przebiegu charakterystyki statycznej przy wykorzystaniu przenośnego urządzenia sprzężonego z mikrokomputerem. Składa się ono z układu wymuszającego pionowe przemieszczanie się

punktu styku odbieraka (silnik i stalowa linka napędowa), czujnika siły wmontowanego w linkę napędową oraz układu pomiaru wysokości uniesienia w postaci tarczy kodowej i czytnika. Układ sprzęgający z komputerem obejmuje przetwornik a/c sygnału pomiaru siły, układ dekodera pomiaru wysokości uniesienia ślizgacza oraz układ sterowania serwomechanizmu. Urządzenie to zostało sprawdzone w skali laboratoryjnej przy wykorzystaniu typowego odbieraka AKP 4E [1].

Diagnostyka ruchowa może być dokonywana podczas przejazdu lokomotywy przez specjalne przęsło sieci jezdnej. Duża zmiana wysokości zawieszenia przewodu jezdnego w tym przęśle wymusza ugięcie odbieraka w całym roboczym zakresie zmian wysokości. Przykładową koncepcję diagnostycznego odcinka sieci, wyposażonego w słupy pomiarowe z czujnikami sił pionowych, przedstawiono na rys. 2. Ze względu na histerezę charakterystyki nacisku statycznego, przęsło składa się z dwóch odcinków – na pierwszym wysokość uniesienia odbieraka maleje, na drugim rośnie [6,7].



Rys.2. Koncepcja sieciowego przęsła pomiarowego
Fig.2. Idea of the vertical force measurement on checking section

W przedstawionym rozwiązaniu za pomocą czujników tensometrycznych mierzona jest składowa pionowa siły F oddziaływania między przewodem jezdnym a wysięgnikiem słupa pomiarowego. Alternatywą może być pomiar przemieszczenia przewodu jezdnego Δh wywołanego siłą nacisku odbieraka. Obydwie te wielkości są zależne od nacisku statycznego odbieraka F_n. Czujniki pomiarowe połączone są ze stanowiskiem pomiarowym, wyposażonym w komputer z przetwornikami pomiarowymi i odpowiednim oprogramowaniem przetwarzania i oceny wyników. W przypadku wyznaczania siły na podstawie przemieszczenia przewodu, można je wyznaczyć za pomocą prostej konstrukcji – sztywny pręt o znanej długości opiera się jednym końcem swobodnie na przewodzie jezdnym, zaś jego drugi koniec jest połączony sztywno z osią przetwornika obrotowo-kodowego. Mierzony kąt obrotu osi przetwornika pozwala wyznaczyć przemieszczenie Δh.

Z punktu widzenia skuteczności i wiarygodności procesu diagnostycznego, prowadzonego według przedstawionej koncepcji, najistotniejsze jest rozwiązanie problemu oceny wyników. Siła lub przemieszczenie przewodu, mierzone w połowie odcinka między konstrukcjami wsporczymi, są funkcjami siły oddziaływania odbieraka na przewód jezdny, odległości odbieraka od czujnika, elastyczności sieci. Na wyniki pomiaru siły wpływ ma także wstępne naprężenie przewodu względem czujnika (tzn. nacisk zmierzony przy braku odbieraka na odcinku diagnostycznym) oraz szereg czynników zakłóceniowych, jak np. kierunek i siła wiatru, zmiany temperatury otoczenia itp. Aby wyznaczyć siłę, z jaką na przewód jezdny działa odbierak, znajdujący się w pewnej odległości od czujnika siły, konieczne jest określenie tej odległości. Do tego celu służą czujniki indukcyjne (detektory położenia pojazdu) w podtorzu,

rozmieszczone równomiernie wzdłuż odcinka pomiarowego. Wprawdzie taki pomiar ma – z założenia – charakter dyskretny, jednak można programowo, przyjmując stałą wartość prędkości pojazdu między dwoma sąsiednimi detektorami, wyznaczać interpolacyjnie odległość dla wszystkich punktów pomiarowych. W celu kompensacji stałego tła, tzn. składowej siły, wynikającej ze wstępnego naprężenia przewodu, która może się zmieniać w dłuższych przedziałach czasowych, lecz jest w przybliżeniu stała podczas jednego przejazdu, przewiduje się jej pomiar tuż przed wjazdem lokomotywy na przęsło pomiarowe.

Do oceny wyników pomiarowych, zebranych podczas przejazdu lokomotywy przez odcinek diagnostyczny, mogą być zastosowane dwie metody. Pierwszą z nich jest obliczenie rzeczywistej siły F_n nacisku odbieraka na przewód, na podstawie zmierzonej siły F oddziaływania przewodu na czujnik tensometryczny, umieszczony na słupie pomiarowym, lub zmierzonego przemieszczenia przewodu Δh. W obydwu przypadkach uwzględnić należy odległość odbieraka od słupa pomiarowego, wyznaczoną na podstawie sygnałów pochodzących od przytorowych detektorów pojazdu. Siła ta powinna zawierać się w przedziale wartości normatywnych dla prawidłowo wyregulowanego odbieraka (por. rys. 1a). Zaletą tego algorytmu jest prostota kryterium oceny, wadą – złożone i trudne do zdefiniowania i weryfikacji, a także zależne od czynników niedeterministycznych (środowiskowych), funkcje $F_n(F,l)$ lub $F_n(\Delta h,l)$. W drugiej metodzie unika się określania tych funkcji - sprowadza się ona do wyznaczenia pasma wartości dopuszczalnych dla siły F działania przewodu jezdnego na czujnik tensometryczny lub przemieszczenia przewodu Δh w funkcji położenia lokomotywy (por. rys. 6). Pasmo to może być określone na drodze eksperymentalnej, na podstawie wyników pomiaru dla szeregu przejazdów lokomotywami ze sprawdzoną, poprawną charakterystyką odbieraka. W tym wariancie mierzone wartości nie muszą być przeliczane na rzeczywistą siłę F_n nacisku odbieraka na przewód, lecz od razu porównywane z dopuszczalnymi wartościami granicznymi. W obydwu wariantach powinien być analizowany także przebieg zmian siły (lub przemieszczenia), w celu wykrycia jej nagłych zmian. Duże lokalne stromości charakterystyk z rys. 6 świadczą o złej współpracy odbieraka z przewodem jezdnym, nawet jeżeli przebieg siły lub przemieszczenia mieści się w dozwolonym paśmie.

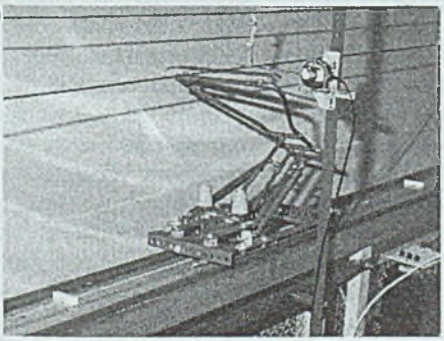
W użytkowej wersji stanowiska diagnostycznego należy także rozwiązać problem automatycznego inicjowania procesu pomiarowego – np. poprzez sygnał z dodatkowego detektora położenia pojazdu, umieszczonego w pewnej odległości przed pierwszym słupem wsporczym, oraz identyfikacji pojazdu. Jednym z możliwych rozwiązań jest np. dołączanie do wyników pomiarów pliku zawierającego fotografię pojazdu z aparatu cyfrowego, sprzężonego z komputerem i wyzwalanego podczas inicjacji (lub podczas trwania) procesu pomiarowego lub odczyt przez skaner kodu kreskowego naniesionego na odpowiedniej wysokości na pudle lokomotywy.

3. BADANIA UKŁADU

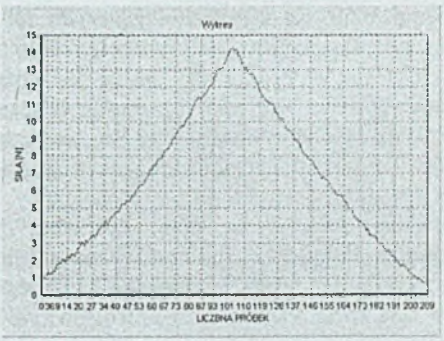
W celu doświadczalnej weryfikacji proponowanej metody oceny charakterystyki statycznej odbieraka, w Katedrze Trakcji Elektrycznej Politechniki Gdańskiej zbudowano odpowiednie stanowisko laboratoryjne. Ze względu na ograniczenia przestrzenne, w laboratorium zamodelowany został odcinek pomiędzy dwoma punktami zawieszenia, tzn. połowa pełnego przęsła pomiarowego z rys. 2, w zredukowanej skali ok. 1:5. Należy podkreślić, że ograniczenie przęsła pomiarowego do połowy pozwala nadal weryfikować charakterystykę statyczną przy obydwu kierunkach zmian uniesienia pantografu, tzn. z uwzględnieniem zjawiska histerezy – wystarczy, aby pojazd przejeżdżał przez ten testowy odcinek w obydwu kierunkach. Przyjęto długość odcinka równą 12 m, zmianę wysokości zawieszenia 0,2 m, przekrój drutu jezdnego

25 mm^2, przekrój linki nośnej 25 mm^2. Stanowisko pomiarowe zlokalizowano w połowie przęsła. W takiej samej skali skonstruowany został odbierak prądu, pozwalający na uzyskanie docisku statycznego do 20 N. Odbierak umieszczono na ciągniętym linką stalową wózku, przemieszczającym się wzdłuż sieci po torze wykonanym z kątowników stalowych. Widok stanowiska laboratoryjnego przedstawiono na rys. 3a. Stanowisko to pozwoliło na sprawdzenie opracowanych algorytmów obliczania odkształceń zwisu przewodu oraz sił występujących w zawieszeniu pod wpływem nacisku odbieraka prądu, przemieszczającego się wzdłuż odcinka. Pozwoliło także na uruchomienie i wstępne przetestowanie oprogramowania sterującego przebiegiem procesu pomiarowego i dokonującego oceny stanu odbieraka. W układzie laboratoryjnym zbadano obydwa warianty pomiarów, zaproponowane w opisie koncepcji stanowiska diagnostycznego. W wersji pierwszej wykorzystano tensometryczny czujnik pomiaru siły, sztywno zamocowany do konstrukcji słupa pomiarowego. Sygnał z czujnika - po wzmocnieniu - wprowadzany jest do karty pomiarowej komputera PC, wyposażonej w przetwornik analogowo-cyfrowy. Dla czujnika tensometrycznego o zakresie pomiarowym od 0 do 20 N, czemu odpowiada zmiana napięcia (po wzmocnieniu) 0 - 10 V, przy zastosowaniu typowego 12-bitowego przetwornika a/c, teoretycznie można uzyskać maksymalną rozdzielczość 0,005 N. Odnosząc to do skrajnego punktu przęsła pomiarowego (w tym położeniu wózka siła oddziaływania przewodu jezdnego na czujnik jest ok. 10-krotnie mniejsza niż w przypadku wózka znajdującego się tuż przy czujniku), rozdzielczość wyniesie ok. 0,05 N, co można uznać za całkowicie wystarczające do oceny nacisku odbieraka prądu w miejscu najbardziej oddalonym od punktu pomiarowego. W wariancie drugim przemieszczenie pionowe przewodu, wywołane naciskiem odbieraka prądu, przetwarzane jest na przemieszczenie kątowe w przetworniku obrotowo-impulsowym o rozdzielczości 0,08 stopnia. W przyjętej w modelu laboratoryjnym geometrii układu, jednemu milimetrowi uniesienia przewodu odpowiada 0,87 stopni kątowych obrotu osi przetwornika α/c. Zastosowany przetwornik zapewnia 12-bitowy zakres pomiarowy, co daje w przeliczeniu rozdzielczość pomiaru liniowego przemieszczenia ok. 0,1 mm. Zmierzone przemieszczenie przewodu w punkcie pomiarowym, przy wywieraniu nacisku 20 N na skraju przęsła pomiarowego, wynosi 8 mm, co w odniesieniu do siły pozwala na uzyskanie rozdzielczości 0,25 N, co również można uznać za wynik zadowalający. W obydwu wersjach do lokalizacji wózka z odbierakiem, wykorzystano przekaźniki kontaktronowe, rozmieszczone równomiernie wzdłuż odcinka kontrolnego i reagujące na pole magnesu trwałego, umieszczonego na wózku.

a)



a)



Rys.3. Badania laboratoryjne: a) widok modelu odbieraka na wózku jezdnym i modelu sieci jezdnej; b) przykładowy wynikiem pomiaru siły nacisku

Fig.3. Laboratory researches: a) view of model of the moving current collector and overhead line; b) exemplary waveform of measured force

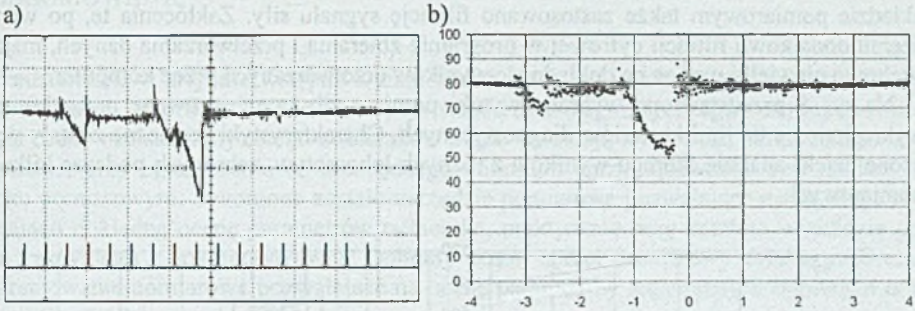
Badania laboratoryjne miały wykazać między innymi, czy za pomocą jednego punktu pomiarowego, umieszczonego na środku przęsła odcinka kontrolnego, można określić nacisk odbieraka prądu na przewód jezdny na całej długości przęsła. W tym celu wywierano stały nacisk (20 N) na przewód jezdny przęsła modelowego i - przemieszczając punkt nacisku - mierzono siłę unoszącą przewód lub przemieszczenie przewodu w punkcie pomiarowym. Uzyskane wyniki dla siły przedstawione są na rys. 3b [4]; przy pomiarze przemieszczenia przewodu uzyskano charakterystykę o podobnym kształcie.

Utworzone stanowisko laboratoryjne pozwoliło na uruchomienie i wstępną weryfikację oprogramowania sterującego przebiegiem procesu diagnostycznego. Program pozwala dokonać wyboru opcji pomiarowej – pomiar siły lub przemieszczenia. Po uruchomieniu programu wykonywany jest tzw. pomiar zerowy – mierzony jest nacisk wywierany przez przewód jezdny na czujnik siły, bez obecności na odcinku pomiarowym odbieraka prądu (w wariancie z pomiarem siły) lub spoczynkowe położenie przewodu jezdnego (w wariancie z pomiarem przemieszczenia). Pomiary rozpoczynają się automatycznie w chwili najazdu lokomotywy na pierwszy czujnik torowy, zaś kończą się w momencie przejazdu przez czujnik ostatni. Rozmieszczone wzdłuż odcinka kontrolnego dodatkowe czujniki pozwalają dokonać bieżącej korekty wartości odległości pojazdu od czujnika pomiarowego. Dzięki temu wyniki pomiaru wybranego parametru mogą być określane w funkcji położenia (zamiast w funkcji czasu), także przy niewielkich zmianach prędkości pojazdu podczas pomiaru. Po zakończeniu cyklu pomiarowego, program formatuje wyniki i zapisuje je na dysku, porównuje wyniki z wartościami progowymi, oraz wykreśla na ekranie charakterystykę w postaci graficznej, na tle wykresów wartości progowych. Punkty na charakterystyce, wykraczające poza dopuszczalne pasmo, wyróżnione są kolorem czerwonym. Przyjęty tekstowy format plików wynikowych ułatwia ich wykorzystanie w innych programach (np. Microsoft Excel) do bardziej zaawansowanych analiz matematycznych. Przykładową graficzną prezentację wyników przedstawiono na rys. 6.

Badania laboratoryjne pozwoliły również na opracowanie metodyki wyznaczania charakterystyk granicznych (dolnej i górnej), tzn. pasma, w którym powinien pracować poprawnie wyregulowany odbierak prądu. Granice te wyznaczano eksperymentalnie na podstawie zebranych danych i ich aproksymacji za pośrednictwem wielomianów 3 stopnia. Współczynniki wielomianów wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów [5]. Graniczne wartości zostały wprowadzone do programu zbierania i przetwarzania danych.

Wykonano także badania układu pozwalającego automatycznie wykrywać nierównomierność zużycia nakładek ślizgowych odbieraka. Jest to bardzo ważny parametr z punktu widzenia eksploatacji. Nierównomierności tego typu, wywołując powstawanie sił poprzecznych, negatywnie oddziaływają na elementy zawieszenia sieci. Dotychczas ocena stanu nakładek pod tym względem opiera się na obserwacji wzrokowej, ma więc subiektywny charakter. W badaniach wykorzystano taki sam czujnik siły zamocowany na słupie pomiarowym, na który – poprzez specjalne sztywne cięgno – przekazywana była składowa pozioma siły oddziaływania odbieraka na przewód jezdny. Przeprowadzono szereg próbnych przejazdów z nakładką ślizgową, na której wykonano 2 wyżłobienia, uzyskując powierzchnią zbliżoną kształtem do powierzchni rzeczywistego, nierównomiernie zużytego ślizgacza. Zarejestrowane za pośrednictwem oscyloskopu cyfrowego oraz programowo przetworzone wyniki pomiarów składowej poziomej siły przedstawiono na rys. 4. Na rysunku wyraźnie widoczne są silne zmiany siły przy przejściu przewodu przez strefę nierównomiernego zużycia.

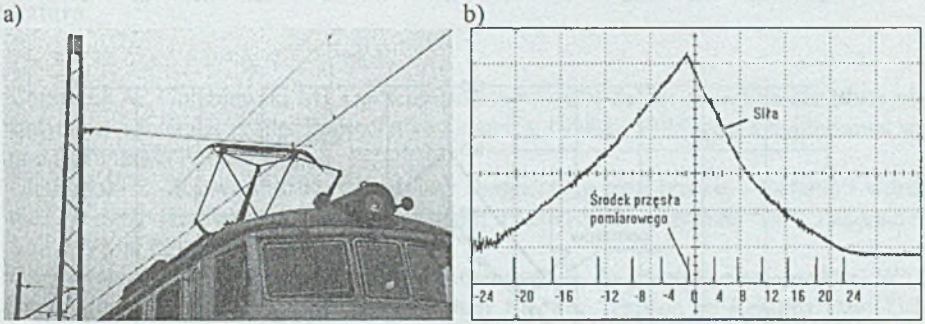
W celu ostatecznej weryfikacji metody wyznaczania nacisku statycznego odbieraka, wykonano wstępne badania w warunkach rzeczywistych. Badania przeprowadzono na końcowym odcinku sieci na terenie lokomotywowni Gdynia Grabówek. Widok sieci z czujnikiem siły, zamocowanym na dodatkowym słupie, przedstawiono na rys. 5a.



Rys.4. Przebieg zmian siły poziomej w funkcji położenia przy przesuwaniu odbieraka prądu ze ślizgaczem o nierównej powierzchni: a) oscylogram; b) rejestracja komputerowa

Fig.4. Waveform of horizontal force related to the distance by irregular wear of pantograph shoe: a) oscillogram; b) results obtained by computer

Wstępne badania w warunkach rzeczywistych wykonano na 48-metrowym odcinku sieci, mierząc siły statyczne przy 13 położeniach lokomotywy, rozmieszczonych co 4 m. Wyjście pomiarowe czujnika siły (umieszczonego na dodatkowym słupie w środku przęsła pomiarowego) podłączono do karty pomiarowej komputera i - dodatkowo - do oscyloskopu cyfrowego. W następnej fazie prób lokomotywa przejeżdżała odcinek sieci w obu kierunkach z niewielką, w przybliżeniu stałą prędkością.



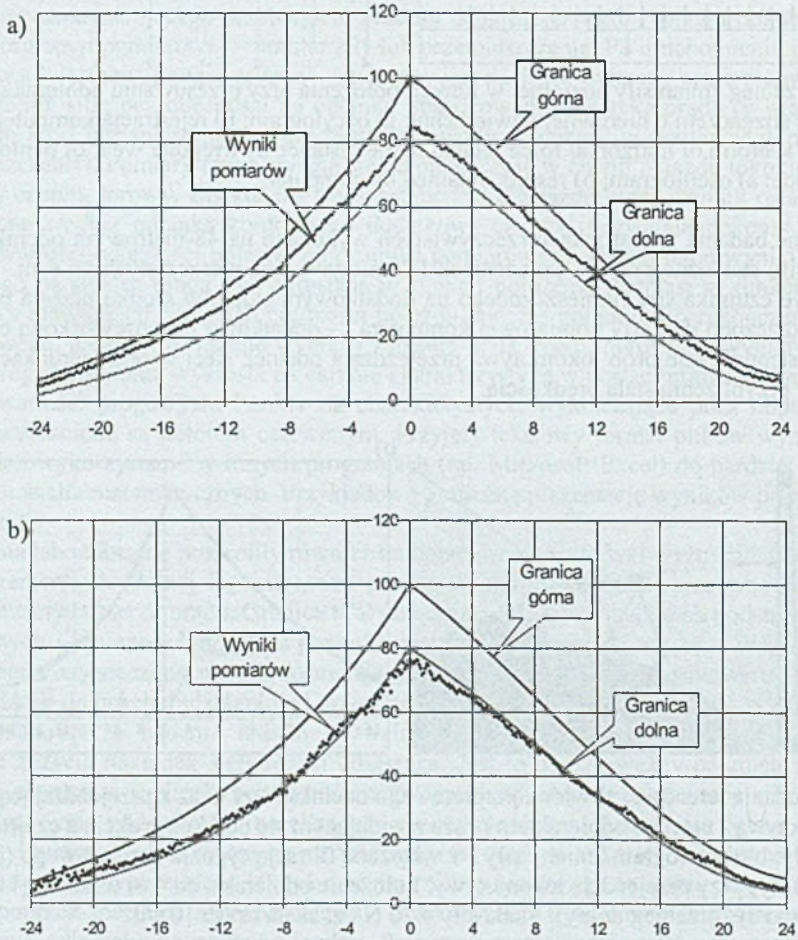
Rys. 5. Badania terenowe: a) widok pomiarowego odcinka sieci wraz z przejeżdżającą lokomotywą - ujęcie z odbierakiem prądu znajdującym się pod konstrukcją z czujnikiem siły; b) Oscylogram zmiany siły – z włączoną filtracją sygnału pomiarowego (przebieg górny) przy przejeździe lokomotywy. Położenie odbieraka, co 4 m wskazują kolejne impulsy (przebieg dolny). Skala siły – 20 N/dz, skala czasu 10 s/dz

Fig.5. Field researches: a) view of the field-testing stand; b) waveforms of the force – with included digital filtration of measuring signal (upper line) during testing of the pantograph. The position of current collector every 4 m show the pulses (lower line); vertical scale: 20 N/div, horizontal scale: 10 s/div

Podczas pomiarów obserwowano dość duży poziom zakłóceń wywoływanych m.in. siłą parcia wiatru, pracą układu napędowego lokomotywy badanej oraz innych lokomotyw pracujących na tej samej sieci. Zakłócenia te mają szerokie pasmo częstotliwości i są trudne do usunięcia, zwłaszcza w niskim zakresie ok. 10 Hz. Na rys. 5b przedstawiono oscylogram sygnału siły (z włączoną filtracją) podczas przejazdu lokomotywy przez odcinek pomiarowy. W

układzie pomiarowym także zastosowano filtrację sygnału siły. Zakłócenia te, po wprowadzeniu dodatkowo filtracji cyfrowej w programie zbierania i przetwarzania danych, mają stosunkowo niewielki wpływ na dokładność wyników przetwarzanych przez komputer.

Na rys. 6 przedstawiono wybrane wyniki pomiaru siły, zarejestrowane przez komputer, wykreślone na tle linii kryteriów diagnostycznych. Charakterystyki graniczne zostały wyznaczone dzięki analizie szeregu wyników z różnych lokomotyw, zebranych podczas kilku sesji pomiarowych.



Rys.6. Przykładowe wyniki pomiaru siły uniesienia F[N] w funkcji odległości l[m] od czujnika siły przy przejeździe lokomotywy: a) z prawidłowo wyregulowanym naciskiem odbieraka, b) z nieprawidłowo wyregulowanym naciskiem odbieraka

Fig.6. The exemplary results of measured force F[N] in function of position of the current collector l[m] on the checking section: a) by correctly adjusted pressure of the current collector; b) by incorrectly adjusted pressure of the current collector

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule wstępne wyniki badań laboratoryjnych i terenowych pozwalają na stwierdzenie, że przedstawiona koncepcja stanowiska diagnostycznego i zaproponowana metoda oceny nacisku statycznego odbieraków prądu stwarzają możliwość praktycznego wykorzystania, przy ograniczeniu do niezbędnego minimum oprzyrządowania sieci jezdnej na odcinku pomiarowym. Stworzone zostało narzędzie pomiarowe pozwalające na szybką i wystarczająco dokładną ocenę parametrów odbieraka, praktycznie przy każdym wyjeździe pojazdu trakcyjnego z lokomotywowni. Dobrany został sprzęt pomiarowy oraz opracowano oprogramowanie pomiarowe pozwalające na ocenę parametrów technicznych odbieraka oraz prezentację wyników na ekranie monitora.

Pełne wdrożenie zaproponowanej metody badania odbieraków prądu wymaga podjęcia dalszych prac badawczych i konstrukcyjnych. Wskazane byłoby przede wszystkim przetestowanie układu pozwalającego automatycznie wykrywać nierównomierność zużycia nakładek ślizgowych odbieraka, w warunkach rzeczywistych, tzn. na stanowisku terenowym i przy wykorzystaniu kilku autentycznych, wyeksploatowanych nakładek ślizgowych o różnym stopniu zużycia i różnych uszkodzeniach powierzchni stykowej. Uzyskane w tym zakresie wyniki badań laboratoryjnych są obiecujące. Należy dążyć również do całkowitego wyeliminowania wpływu zakłóceń, zwłaszcza wywołanych pracą układu napędowego lokomotywy badanej, na wyniki pomiaru i oceny odbieraka.

Literatura

1. Chrząstek A., Gołębiewski M.: Opracowanie stanowiska do zdejmowania charakterystyki statycznej odbieraka prądu. Politechnika Gdańska, Gdańsk 1995 (praca dyplomowa wyk. pod kierunkiem P. Pazdro).
2. Giętkowski Z., Karwowski K., Mizan M.: Diagnostyka sieci jezdnej - badania i wdrożenia. W: VIII Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej „Semtrak '98". Zakopane 5-8.11.1998, s. 121-128.
3. Giętkowski Z.: Identyfikacja danych pomiarowych w diagnostyki sieci jezdnej. W: 5th International Scientific Conference „Modern Electric Traction in Regional and Urban Transport MET '2001". Gdańsk, 31.05.–2.06.2001, s. 35-1 - 35-6.
4. Hinz A., Świtajski M.: Projekt układu sterowania laboratoryjnym stanowiskiem diagnostycznym odbieraka prądu z wykorzystaniem sterowników serii ADAM – 4000 i jego oprogramowanie w środowisku Windows. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2003 (praca dyplomowa wyk. pod kierunkiem K. Karwowskiego).
5. Pazdro P., Karwowski K.: Diagnostyka ruchowa trakcyjnych odbieraków prądu. W: IX Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej „Semtrak '2000". Zakopane wrzesień, 2000, s. 219 - 225.
6. Pazdro P., Karwowski K.: Operational technical diagnostics of current collectors. ZEV+DET Glasers Annalen, vol.125 (2001), No 9/10, pp. 380-383.
7. Pazdro P., Karwowski K., Mizan M.: Diagnostyka techniczna trakcyjnych odbieraków prądu – metody i układy pomiarowe. Raport końcowy projektu badawczego KBN nr 8T10A05817. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2001.
8. Richter U., Schneider R.: Automatische optische Inspektion von Oberleitungen. Elektrische Bahnen, J.99, nr. 1-2,2001, s. 94-97.

9. Roman Z.: Symulacja współpracy odbieraka prądu z siecią trakcyjną. TTS nr 7-8,2001, s. 66-71.
10. Siemiński T., Jarosz T.: Odbieraki prądu i ich współpraca z siecią jezdną. WKŁ, Warszawa 1989.

Recenzent: Prof. nzw. dr hab. inż. Eugeniusz Kałuża

Abstract

A conception of operational technical diagnostics of overhead current collectors is presented. The current collection process is critical for reliability of electric traction. The overhead line diagnostics is well developed on polish railway network but diagnostics of current collector is neglected. The main operational parameter of collector is so named static characteristic F_n=f(h), where F_n is static force between collector and wire and h is a height of contact point.

It is proposed to fit the special section of overhead line with force or displacement sensors and control the action of current collector during the passage of locomotive by this section. This idea was experimental verified by use of special created laboratory model and on the testing field in PKP depot in Gdynia.

Some results of these experiments are presented. Additionally the possibility of detection of the irregular wear of pantograph shoe was checked out. All results are promising for practical application.