

Krzysztof Karwowski, Sławomir Leman, Mirosław Mizan, Przemysław Pazdro, Władysław Reducha

Terenowe stanowisko pomiarowe do diagnostyki technicznej odbieraków prądu

Diagnostyka techniczna jest dynamicznie rozwijającą się dziedziną, której wykorzystanie w systemach transportowych prowadzi do zmniejszenia kosztów, podniesienia niezawodności i bezpieczeństwa eksploatacji. W trakcji elektrycznej zasadnicze znaczenie – z punktu widzenia niezawodności eksploatacyjnej – ma układ odbioru prądu z sieci jezdnej przez poruszające się pojazdy. Świadomość tego faktu doprowadziła do opracowania i wdrożenia urządzeń diagnostyki sieci jezdnej, przy wykorzystaniu współczesnych metod i technik pomiarowych [1]. O jakości współpracy odbieraka prądu z siecią jezdnią zasadniczo decydują nacisk odbieraka na sieć oraz stan powierzchni nakładek ślizgowych [2, 3].

Zbyt mały nacisk odbieraka na sieć prowadzi do powstawania przerw stykowych, co ma negatywny wpływ na komutację maszyn wysokiego napięcia, prowadzi do zapalania się łuku elektrycznego między przewodem jezdny a ślizgaczem – powoduje to osłabienie przewodu jezdny oraz nadpalanie nakładek ślizgacza. Natomiast zbyt duży nacisk odbieraka na sieć powoduje nadmierne wypieranie sieci jezdnej, a w konsekwencji duże ryzyko uszkodzeń mechanicznych i nadmierne zużywanie nakładek stykowych ślizgaczy i przewodu jezdny.

Terenowe stanowisko diagnostyki technicznej odbieraków prądu czteroramiennych i jednoramiennych jest unikalnym rozwiązaniem, pozwalającym w szybki sposób dokonać pomiaru charakterystyki statycznej odbieraka prądu, tj. zależności nacisku statycznego ślizgacza na przewód jezdny w funkcji wysokości jego uniesienia, bez konieczności wchodzenia na dach pojazdu i instalowania na pojeździe urządzeń pomiarowych. Pomiar odbywa się w sposób automatyczny przy przejeździe badanej lokomotywy przez wydzielony tor pomiarowy. Wykorzystuje się naturalną elastyczność sieci, a więc uniesienie przewodu jezdny pod wpływem nacisku odbieraka, a w konsekwencji uniesienie przewodu również w pewnej odległości od punktu styku, w którym wywierany jest nacisk. Dzięki specjalnemu pionowemu wyprofilowaniu sieci jezdnej na odcinku pomiarowym, uzyskuje się zależność mierzonej siły nacisku odbieraka na sieć od wysokości uniesienia punktu styku odbieraka z przewodem jezdny. Wykorzystanie dwóch sąsiednich przęseł sieci, na których wysokość zawieszenia przewodu jezdny kolejno maleje, a następnie rośnie, umożliwia – przy przejeździe lokomotywy – pomiar siły przy zmniejszaniu i zwiększaniu się wysokości uniesienia odbieraka. Pozwala to określić tzw. podwójną siłę tarcia w przegubach konstrukcji odbieraka. Zarówno średnia siła nacisku statycznego, jak i podwójna siła tarcia są podstawowymi parametrami, które po-

winny być sprawdzane i regulowane w ramach okresowych przeglądów technicznych pojazdów trakcyjnych.

PKP CARGO Zakład Taboru w Gdyni do budowy stanowiska diagnostyki technicznej odbieraków wybrał tor w sąsiedztwie punktu przeglądów kontrolnych. Na odcinku pomiarowym odpowiednio wyprofilowano sieć jezdny. Terenowe stanowisko pomiarowe powiązane z istniejącym w Zakładzie Taboru centralnym stanowiskiem diagnostyki lokomotyw LOKTEST. Stanowisko to integruje systemy diagnostyki technicznej taboru.

Metoda pomiaru

Nacisk statyczny (lub też charakterystyka nacisku statycznego) odbieraka prądu w celach diagnostyki może być zmierzony:

- ręcznie przy wykorzystaniu prostych przyrządów pomiarowych (dynamometr, przmiar liniowy) pozwalających określić wysokość uniesienia ślizgacza i siłę docisku;
- automatycznie przy wykorzystaniu specjalnego stacjonarnego stanowiska pomiarowego;
- automatycznie podczas przejazdu przez specjalnie wyprofilowany odcinek sieci jezdny, wyposażony w czujniki sił lub przemieszczeń.

Zaletą ostatniej metody jest fakt, że pomiar wykonywany jest podczas współpracy odbieraka prądu z przewodem jezdny, tzn. w warunkach zbliżonych do rzeczywistych warunków eksploatacyjnych. Przejazd lokomotywy przez specjalne przęśło sieci jezdny, o dużej zmianie wysokości zawieszenia przewodu jezdny, wymusza ugięcie odbieraka w całym roboczym zakresie zmian wysokości. Ponadto dzięki pionowemu wyprofilowaniu sieci jezdny na odcinku pomiarowym, uzyskuje się zależność mierzonej siły nacisku odbieraka na sieć od wysokości uniesienia punktu styku odbieraka z przewodem jezdny, a więc parametr istotny do wyznaczenia charakterystyki statycznej odbieraka prądu. Zastosowaną metodę ilustruje rysunek 1. Uniesienie przewodu Δh jest miarą siły F wywieranej na sieć przez odbierak prądu. Związek tej siły z wielkością uniesienia przewodu może być opisany ogólną zależnością:

$$F = f(l, k) \cdot \Delta h$$

gdzie:

- l – odległość między odbierakiem prądu a punktem pomiarowym,
- k – współczynnik uwzględniający elastyczność sieci wyznaczany empirycznie.

Wyprofilowanie sieci w dwóch pionowych kierunkach pozwala na wyznaczenie różnicy między siłami nacisku przy obniżaniu i unoszeniu odbieraka, a więc sił tarcia w przegubach mechanizmu odbieraka. Przedstawioną zasadę ilustruje rysunek 2, na którym przedstawiono lokomotywę poruszającą się z niewielką prę-



Rys. 1. Metoda pośrednia pomiaru siły nacisku odbieraka na przewód jezdny

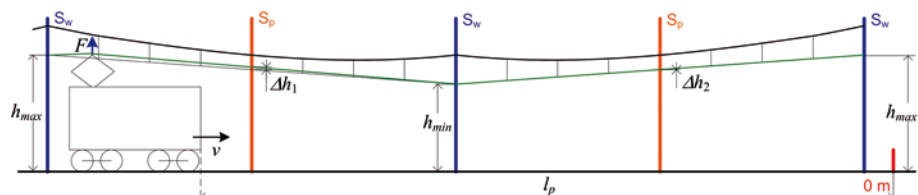
kością v , dla której w sposób ciągły mierzona jest odległość l_p jej czoła kabiny od przyjętego punktu odniesienia. Odległość l między odbierakiem prądu a punktem pomiarowym obliczana jest z uwzględnieniem parametrów rozmieszczenia elementów toru pomiarowego oraz typu lokomotywy i uniesionego odbieraka (przedni lub tylny).

Terenowe stanowisko pomiarowe

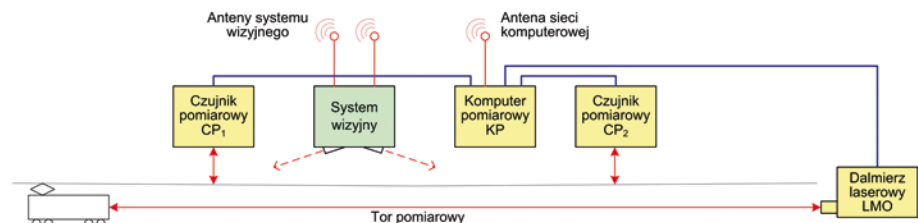
Schemat blokowy terenowego stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 3, na którym wyróżniono tor pomiarowy długości ok. 250 m, którego widok pokazano na rysunku 4. Ukształtowanie toru umożliwia zastosowanie laserowego miernika odległości LMO, wyznaczającego odległość od punktu odniesienia do czoła poruszającej się podczas pomiaru lokomotywy. Znaczącymi wymiary konstrukcyjne określonych typów lokomotyw można obliczyć odległość między ślizgaczem odbieraka prądu a czujnikiem pomiarowym. Laserowy dalmierz LMO ma interfejs analogowy i szeregowy interfejs cyfrowy. Umożliwia to jego łatwe podłączenie do komputera pomiarowego KP. Zestaw komend pozwala na odpowiednią konfigurację programową LMO. Miernik ten oprócz pomiaru odległości umożliwia wyznaczenie prędkości poruszającej się lokomotywy. W przedstawionym układzie, przemieszczenia przewodu jezdnego Δh , wywołane siłą nacisku odbieraka F , są mierzone za pomocą czujników laserowych CP_1 i CP_2 o zasięgu ok. 10 cm. Zmiana wysokości przewodu jezdnego przekazywana jest za pośrednictwem przekładni mechanicznej, składającej się z poziomego wysięgnika izolacyjnego i pionowego ramienia z tarczą odbijającą promień światła lasera. Sposób usytuowania szafy z czujnikiem przemieszczenia na słupie pomiarowym przedstawiono na rysunku 5. Wyjścia sygnałowe czujników pomiarowych połączone są z komputerem pomiarowym torami kablowymi, umieszczonymi w ziemi. Widok szafy z komputerem przemysłowym i interfejsami przedstawiono na rysunku 6. Ze względu na rozbudowany układ torowy lokomotywni oraz dużą odległość do budynku, w którym znajduje się pomieszczenie z centralnym stanowiskiem diagnostycznym, zastosowano bezprzewodową transmisję danych komputerowych, umożliwiającą zdalne sterowanie procesem pomiarowym oraz przesyłanie plików z danymi pomiarowymi.

Terenowe stanowisko pomiarowe wyposażono dodatkowo w system wizyjny. Dwie kamery pozwalają na podgląd przebiegu przejazdu lokomotywy. Kamery te przesyłają sygnał wizyjny drogą radiową do rejestratora i monitora TV, które znajdują się w centralnym stanowisku diagnostycznym. Na podstawie zarejestrowanego obrazu możliwa jest identyfikacja: typu i numeru lokomoty-

Rys. 5. Przekładnia mechaniczna wraz z szafą czujnika przemieszczenia przewodu, umieszczone na słupie pomiarowym



Rys. 2. Zasada pomiaru z wykorzystaniem odcinka toru pomiarowego, gdzie: S_w – słupy wsporcze sieci; S_p – słupy z czujnikami pomiarowymi uniesienia przewodu Δh_1 , Δh_2 ; F – rzeczywista siła nacisku odbieraka na sieć; h_{max} , h_{min} – maksymalna i minimalna wysokość zawieszenia przewodu jezdny; l_p – odległość od punktu odniesienia do czoła poruszającej się lokomotywy

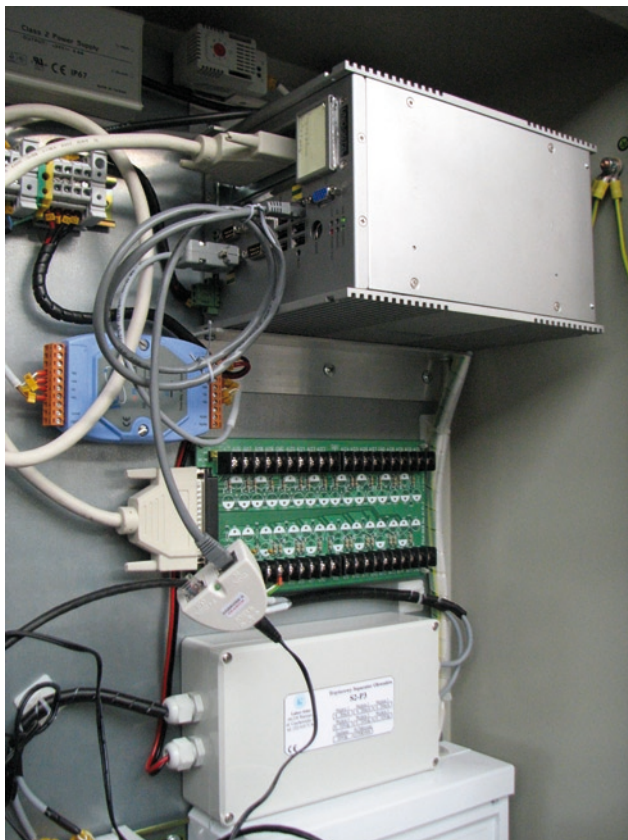


Rys. 3. Struktura blokowa terenowego stanowiska pomiarowego z bezprzewodową łącznością z centralnym stanowiskiem diagnostycznym



Rys. 4. Tor pomiarowy





Rys. 6. Szafa z komputerem pomiarowym i interfejsami

wy, kierunku jazdy – kabiną A lub B, oraz podniesionego odbieraka.

Centralne stanowisko diagnostyczne

Centralne stanowisko diagnostyczne umieszczone jest w wydzielonym pomieszczeniu diagnostyki wewnątrz budynku lokomotywni. Schemat blokowy i widok stanowiska centralnego przedstawiono na rysunku 7. Głównym elementem jest komputer diagnostyczny, który – za pośrednictwem bezprzewodowej sieci lokalnej (WLAN) – pozwala zdalnie obsługiwać komputer pomiarowy KP umieszczony przy torze. Ponadto w tym komputerze przetwarzane są zebrane wyniki pomiarów diagnostycznych oraz przechowywane są archiwalne wyniki badań. Zastosowano kom-

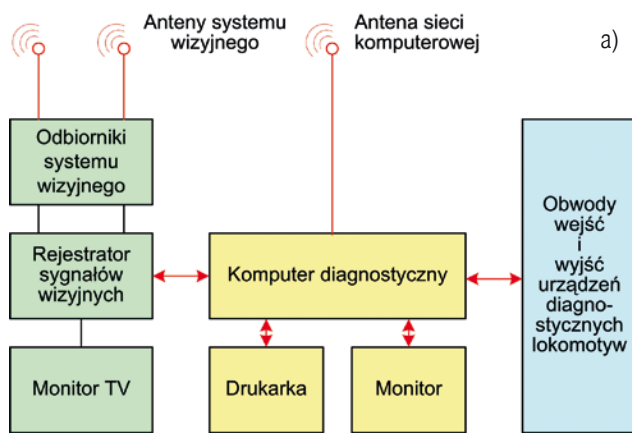
puter w wykonaniu przemysłowym o dużej mocy obliczeniowej, który równocześnie pełni rolę jednostki sterującej dla układów diagnostyki innych urządzeń lokomotyw – w tym celu wyposażony jest w zestaw cyfrowych i analogowych układów wejść–wyjść. Do realizacji transmisji bezprzewodowej między komputerami zastosowano punkty dostępowe sieci WLAN pracujące w paśmie 5 GHz, przystosowane do pracy w warunkach zewnętrznych.

Drugą grupę urządzeń stanowiska centralnego stanowią elementy podsystemu wizyjnego: rejestrator sygnałów wizyjnych, wyposażony w dysk twardy o dużej pojemności, oraz monitor TV, umożliwiający bezpośredni podgląd sytuacji na torze pomiarowym. Do odbioru radiowych sygnałów wizji, pochodzących z kamer zainstalowanych wraz z nadajnikami na słupie sieci trakcyjnej przy torze pomiarowym, służą odbiorniki umieszczone na dachu budynku lokomotywni, oraz wzmacniacz. Rejestrator jest również połączony sieciowo z komputerem diagnostycznym; umożliwia to przeglądanie nagrań wideo i ich archiwizację bezpośrednio na tym komputerze.

Oprogramowanie stanowiska

Z uwagi na strukturę sprzętową stanowiska, obejmującą dwa komputery – pomiarowy i diagnostyczny, oprogramowanie składa się z dwóch realizowanych przez nie i wzajemnie powiązanych programów. Obsługa obydwu programów odbywa się na centralnym stanowisku diagnostycznym, za pośrednictwem konsoli komputera diagnostycznego, który jest przełączany podczas realizacji przejazdów testowych w tryb zdalnego pulpitu dla komputera pomiarowego.

Program komputera pomiarowego obsługuje w czasie rzeczywistym pomiary uniesienia przewodu jezdnego przez czujniki CP₁ i CP₂ oraz lokalizuje lokomotywę na torze podczas przejazdu diagnostycznego. Program przystosowany został w zasadzie do pracy w trybie bezobsługowym, tzn. po jego uruchomieniu wykrywa on automatycznie wjazd kolejnego pojazdu w strefę objętą pomiarami, rozpoczyna rejestrację sygnałów z czujników, a po opuszczeniu strefy przez pojazd zapisuje plik wynikowy na dysku lokalnym i – za pośrednictwem łącza bezprzewodowego – także na dysku komputera diagnostycznego. Nazwa pliku zawiera datę i czas pomiaru, co pozwala na skojarzenie wyników z odpowiednią lokomotywą i odbierakiem na podstawie zapisu obrazu w systemie wizyjnym (w przyszłości identyfikator czipowy lokomotywy



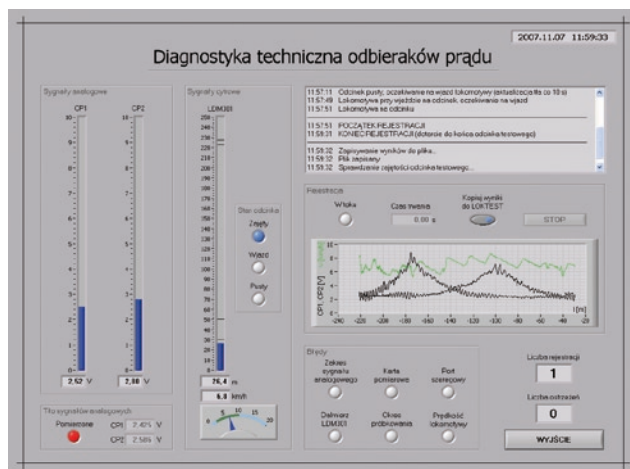
Rys. 7. Centralne stanowisko diagnostyczne
a) struktura blokowa, b) widok



pozwole na całkowitą automatyzację pomiaru). Operator może także bieżąco śledzić stan zaawansowania procesu pomiarowego na ekranie – okno programu zawiera szereg elementów informacyjno-sterujących, które przedstawiono na rysunku 8.

Poszczególne grupy elementów wyświetlają na ekranie następujące informacje:

- aktualne wielkości i przebiegi czasowe mierzonych sygnałów uniesienia przewodu jezdny z czujników CP₁ i CP₂ oraz prędkości lokomotywy;
- położenie lokomotywy na odcinku pomiarowym – mierzona odległość od miejsca umieszczenia dalmierza laserowego LMO;
- stan zaawansowania procesu pomiarowego – odpowiednie wskaźniki informują o zajętości toru, rozpoczęciu i czasie trwania pomiarów, o ich zakończeniu oraz zapisaniu wyników;
- liczbę zarejestrowanych przejazdów pomiarowych od chwili uruchomienia programu;
- wykryte błędy w działaniu systemu lub przebiegu procesu pomiarowego (np. nadmierna prędkość lokomotywy).



Rys. 8. Panel programu pomiarowego

Do przetwarzania zebranych danych pomiarowych i oceny stanu odbieraka prądu służy program komputera diagnostyczny. Jego zadaniem jest wyznaczenie charakterystyk sił nacisku statycznego odbieraka w funkcji wysokości jego uniesienia, w oparciu o zmierzone przebiegi czasowe zmian uniesienia przewodu i położenia lokomotywy. Program umożliwia ekranową wizualizację wyników pomiarów oraz ich wydruki w postaci graficznej i tekstowej.

Przed przetworzeniem danych pomiarowych operator wprowadza informacje identyfikujące badany pojazd i odbierak – typ i numer lokomotywy oraz który z odbieraków był podniesiony. Informacje te, oprócz znaczenia dokumentacyjnego, służą w programie do znalezienia w bazie danych informacji o typie odbieraka i pobrania właściwych dla niego kryteriów oceny. Pozwalają również wprowadzić korektę dla mierzonego położenia lokomotywy (zastosowany dalmierz laserowy mierzy bowiem odległość do ściany czołowej lokomotywy – por. rys. 3), co jest konieczne, aby dokładnie określić położenie badanego odbieraka. Wszystkie niezbędne dane identyfikacyjne operator może ustalić na podstawie obserwacji zarejestrowanego nagrania obrazu z kamer w systemie wizyjnym. Okno służące do wprowadzania danych identyfikacyjnych przedstawiono na rysunku 9.

Rys. 9. Okno do wprowadzania danych identyfikacyjnych

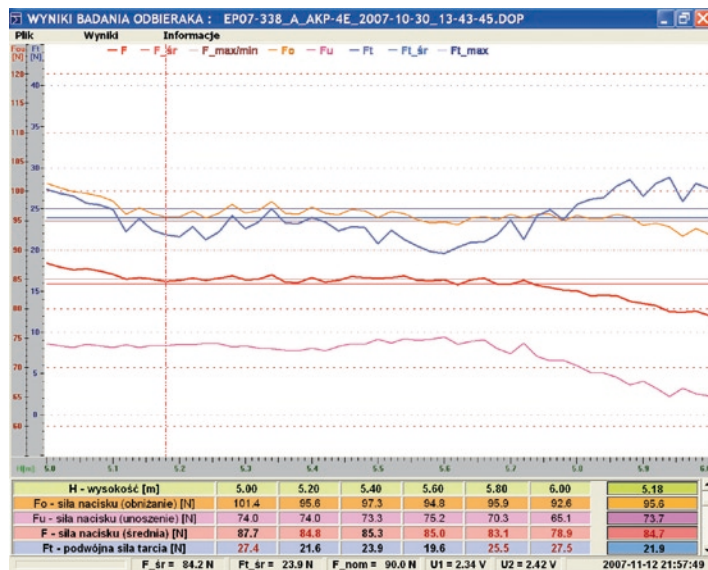
W procesie przetwarzania zarejestrowanych wielkości mierzonych są wyznaczone charakterystyki quasi-statyczne odbieraka, tzn. wielkości siły nacisku odbieraka na przewód jezdny w funkcji wysokości uniesienia ślizgacza – przy zmniejszaniu i zwiększaniu tej wysokości, ich wielkość średnia oraz różnica, stanowiąca podwójną siłę tarcia. Przeliczenie przebiegów czasowych przemieszczenia przewodu na charakterystyki statyczne sił nacisku wykonywane jest w oparciu o wyznaczone empirycznie funkcje skalujące. Podczas procedury skalowania toru pomiarowego rejestrowano sygnały mierzone przez czujniki CP₁ i CP₂ przy oddziaływaniu na przewód jezdny siłą o nastawialnych i dokładnie zmierzonych kilku wielkościach, mieszczących się w przewidzianym zakresie roboczym. Pomiary te wykonano przesuwając punkt przyłożenia siły co 5 m wzdłuż całego odcinka testowego. Współczynniki skalujące dla położenia odbieraka między dwoma sąsiednimi punktami probierczymi obliczane są interpolacyjnie. Ze względu na stosunkowo dużą gęstość punktów probierczych, metoda zapewnia wystarczającą dokładność wyznaczenia siły.

Po przetworzeniu wyników na ekranie wyświetlane są wyznaczone charakterystyki sił w funkcji wysokości H uniesienia odbieraka nad płaszczyzną szyn – odpowiednio:

- F_o siła nacisku odbieraka na sieć przy zmniejszaniu się wysokości,
- F_u siła nacisku odbieraka na sieć przy zwiększaniu się wysokości,
- F średnia siła nacisku odbieraka na sieć – średnia arytmetyczna wielkości F_o oraz F_u ,
- F_t podwójna siła tarcia w przegubach konstrukcji odbieraka – różnica wielkości F_o i F_u .

Dodatkowo wyświetlany jest poziom średniej wielkości siły nacisku i średniej siły tarcia dla całego zakresu roboczego wysokości, oraz linie wskazujące graniczne wielkości dopuszczalne. Oprócz wykresów w tabeli u dołu ekranu przedstawione są wyniki w postaci liczbowej w zakresie roboczym pantografu, tzn. od 5 m

do 6 m co 20 cm, zaś przesuując położenie kursora można obejrzeć wyniki liczbowe z gęstością co 2 cm. Wygląd głównego okna graficznego programu z przykładowymi wykresami charakterystyk przedstawiono na rysunku 10. Program pozwala również wydrukować wykresy wyznaczonych charakterystyk zarówno w postaci graficznej, jak i tabelarycznej, a ponadto drukuje syntetyczną formę raportu, zawierającą skróconą wersję tabeli wyników z gęstością co 20 cm – zgodnie z wymaganiami normy oraz informacje o przekroczeniu przez poszczególne wielkości dopuszczalnych dla danego typu odbieraka wielkości granicznych.

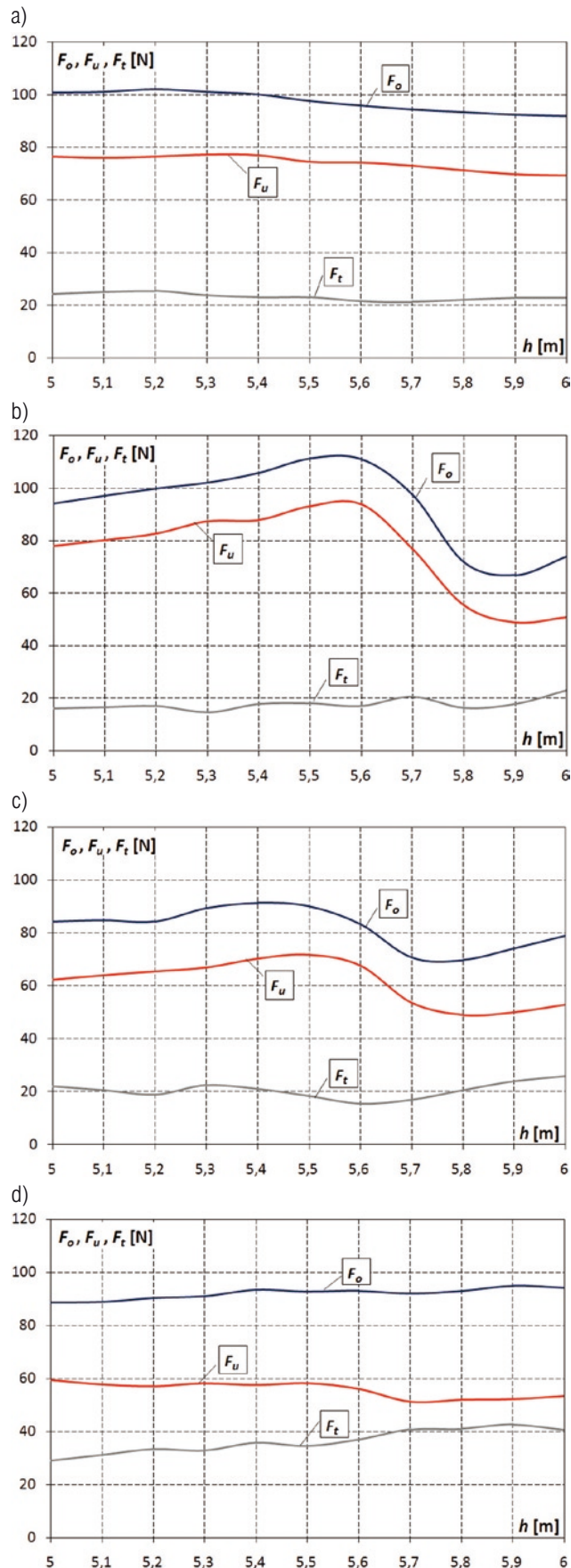


Rys. 10. Widok głównego okna graficznego zawierającego przykładowe wyznaczone charakterystyki odbieraka

Wyniki pomiarów diagnostycznych

Do weryfikacji wyników generowanych przez stanowisko pomiarowe, przeprowadzono kilka serii pomiarów porównawczych. Dla wybranych lokomotyw zmierzono charakterystyki odbieraków klasyczną metodą, tzn. mierząc siły nacisku odbieraka precyzyjnym dynamometrem w całym zakresie roboczym dla obydwu kierunków ruchu pionowego. Przykładowe wyniki tych pomiarów dla odbieraków typu AKP-4E przedstawiono na rysunku 11. Następnie przeprowadzono pomiar na stanowisku diagnostycznym podczas przejazdu tych lokomotyw.

Już pierwsze przeprowadzone pomiary wskazują, że wdrożone stanowisko diagnostyczne może w znacznym stopniu poprawić stan techniczny odbieraków w zakresie regulacji siły nacisku statycznego. Przeprowadzone klasyczną metodą dokładne pomiary charakterystyk odbieraków wykazały, że często wykazują one dość duże odchylenia od wymagań określonych przez normę i producenta. Często zdarzają się charakterystyki, w których wielkości siły zmieniają się w znacznym stopniu wraz ze zmianą wysokości uniesienia – z reguły siły maleją w górnym przedziale zakresu roboczego (rys. 11b, c), wykazują zbyt niską wielkość siły nacisku (rys. 11c, d), zbyt dużą wielkość siły nacisku w pewnym przedziale wysokości (rys. 11b), lub nadmiernie dużą wielkość podwójnej siły tarcia (rys. 11d). Należy podkreślić, że ręczne wyznaczanie charakterystyk statycznych odbieraka w warunkach typowej lokomotywni jest bardzo kłopotliwe i czasochłonne (średnio badanie wynosi ok. 3 godzin). Wymaga montażu oprzyrządowania na dachu lokomotywy oraz stosowania dokładnych



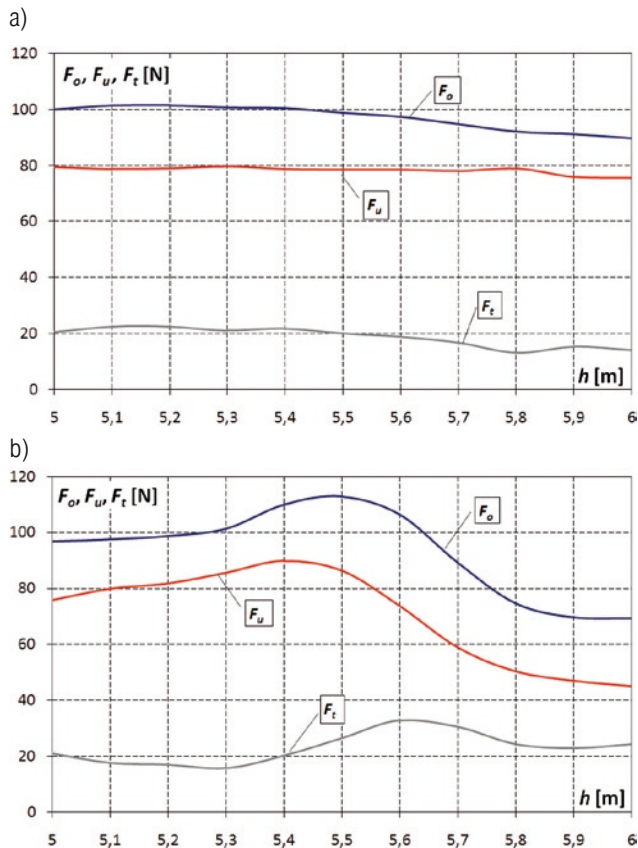
Rys. 11. Przykładowe charakterystyki statyczne rzeczywistych odbieraków zmierzono ręcznie za pomocą dynamometru, gdzie F_o , F_u – odpowiednio siła nacisku odbieraka przy zmniejszaniu i zwiększaniu się wysokości, F_t – podwójna siła tarcia w przegubach odbieraka

przyrządów. Wykorzystanie opracowanego stanowiska pomiarowego rozwiązuje te problemy pod warunkiem, że generowane wyniki nie będą obciążone nadmiernymi błędami.

Na rysunku 12a, b przedstawiono przykładowe charakterystyki wyznaczone przez program analizy wyników stanowiska diagnostycznego na podstawie zarejestrowanych danych, których „ręcznie” wyznaczone charakterystyki przedstawiają rysunki 11a, b. Dla łatwiejszego porównania wykresów uzyskanych obydwiema metodami, wyniki generowane przez program komputera diagnostycznego przeniesiono do programu Excel i wykreślono w identycznym formacie jak wyniki pomiarów „ręcznych”. Uzyskano dobrą zbieżność wyników dla obydwu metod pomiaru. Na podstawie obserwacji, przeprowadzonej na większej liczbie przejazdów testowych, można stwierdzić, że wyniki wyznaczone programowo wykazują błędy mieszczące się w pasmie $\pm 5\%$. Dotyczy to większej części zakresu roboczego wysokości. Jedynie powyżej wysokości 5,8 m zdarzają się odchyłki sięgające 10%, zwłaszcza gdy pomiary wykonywane są przy silnym wietrze – wywołuje to dodatkowe ruchy przewodu, stanowiące zakłócenia nałożone na sygnał roboczy przemieszczenia przewodu, pochodzącego od oddziaływań odbieraka. W tej strefie wysokości odbierak znajduje się w dużej odległości od czujnika, zatem sygnał roboczy ma małą wielkość; w tych warunkach amplituda sygnału zakłócenia może go nawet przewyższyć. Ten zakres wysokości ma jednak mniejsze znaczenie eksploatacyjne. W przypadku przekroczenia wielkości granicznych zmierzonych na stanowisku terenowym lokomotywa będzie kierowana do hali, gdzie może być przeprowadzona naprawa lub wymiana pantografu – stąd też precyzyjność pomiaru na stanowisku terenowym nie ma dużego znaczenia.

Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że przedstawione rozwiązanie stanowiska diagnostycznego i metoda oceny nacisku statycznego odbieraków prądu, mogą być użyteczne w praktyce eksploatacyjnej, przy ograniczeniu do niezbędnego minimum oprzyrządowania sieci jezdnej na odcinku pomiarowym. Dobrany został sprzęt pomiarowy oraz opracowano odpowiednie oprogramowanie diagnostyczne. Zbudowane zostało narzędzie pomiarowe, pozwalające na szybką i wystarczająco dokładną ocenę stanu odbieraków prądu zarówno w ciągu dnia, jak i w nocy. Analizując kolejne wyniki badań konkretnej lokomotywy, możemy również zaobserwować zmiany parametrów odbieraków prądu. Należy podkreślić również fakt, że badanie odbieraków prądu w warunkach lokomotywni przeprowadza się co ok. 25 dni. Zastosowanie terenowego stanowiska do diagnostyki technicznej odbieraków prądu umożliwia przeprowadzenie badań przed każdym wyjazdem lokomotywy do pociągu, umożliwi częstsze niż dotychczas sprawdzanie nacisków i charakterystyki pantografu. Terenowe stanowisko zagwarantuje, że na szlak nie wyjedzie lokomotywa z niesprawnym pantografem. Taka diagnostyka w znacznym stopniu umożliwi zminimalizowanie uszkodzeń odbieraków prądu oraz sieci trakcyjnej, a tym samym powstają wymierne korzyści ekonomiczne – zmniejszenie awaryjności maszyn elektrycznych. Terenowe stanowisko do diagnostyki technicznej odbieraków prądu nie zastępuje całkowicie stanowiska ręcznego w lokomotywni, gdyż trudno byłoby organizować pracę umożliwiającą regulację pantografu na stanowisku terenowym (wyłączenie napięcia w sieci, warunki atmosferyczne).



Rys. 12. Charakterystyki quasi-statyczne odbieraków wyznaczone za pomocą stanowiska pomiarowego
a) charakterystyka odbieraka, dla którego wyniki pomiarów ręcznych przedstawiono na rys. 11a; b) charakterystyka odbieraka odpowiadająca rys. 11b

Literatura

- [1] Giętkowski Z., Karwowski K., Mizan M., Pazdro P.: *Review of research and development on the technical diagnostics in the field of electric traction*. *Pomiary Automatyka Kontrola* 12/2003, s. 66-70.
- [2] Pazdro P., Karwowski K., Mizan M.: *Diagnostyka ruchowa odbieraków prądu*. *Technika Transportu Szynowego* 7-8/2002, s. 78-83.
- [3] Siemiński T., Jarosz T.: *Odbieraki prądu i ich współpraca z siecią jezdnią*. Warszawa: WKŁ 1989.

Autorzy

dr hab. inż. Krzysztof Karwowski
Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki
mgr inż. Sławomir Leman
PKP Cargo, Zakład Taboru w Gdyni
dr inż. Mirosław Mizan
Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki
prof. dr hab. inż. Przemysław Pazdro
Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki
mgr inż. Władysław Reducha
PKP Cargo, Zakład Taboru w Gdyni

