

PRZENOŚNE STANOWISKO DO BADANIA ODBIERAKÓW PRĄDU TABORU MIEJSKIEGO I KOLEJOWEGO

Streszczenie

Jednym z ważnych czynników niezawodnego funkcjonowania zelektryfikowanego transportu szynowego jest utrzymanie w dobrym stanie technicznym odbieraków prądu pojazdów. Uszkodzenie lub niepoprawna regulacja odbieraka pogarsza warunki odbioru prądu, a nawet może doprowadzić do awarii trakcyjnej sieci jezdnej. Rozwój techniki oraz rosnąca świadomość techniczna skłaniają do opracowywania nowych metod diagnostycznych, zwiększających zakres i precyzję kontroli odbieraków oraz skracających czas badania.

Przedstawiono przegląd nowoczesnych rozwiązań stanowisk diagnostyki i monitoringu odbieraków prądu – wdrożonych do eksploatacji oraz będących efektem prac badawczych. Omówiono wymagany zakres diagnostyki. Przedstawiono stanowisko do wyznaczania charakterystyki statycznej podczas przejazdu lokomotywy przez opomiarowany odcinek toru. Zaprezentowano stanowisko monitoringu odbieraków prądu na linii kolejowej MOP. Zaproponowano wykorzystanie systemu skanowania trójwymiarowego do oceny zużycia i wykrywania uszkodzeń nakładek stykowych odbieraków WINS. Przedstawiono rozwiązanie przenośnego stanowiska do badania odbieraków prądu taboru miejskiego i kolejowego.

WSTĘP

Elektryczne pojazdy szynowe najczęściej zasilane są z górnej sieci trakcyjnej, za pośrednictwem odbieraka prądu, popularnie zwanego także pantografem, zamontowanego na dachu pojazdu. Prawidłowy odbiór energii elektrycznej przez pojazd ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia niezawodności i bezpieczeństwa szynowego systemu transportowego. Przykładowo, na podstawie analiz przyczyn uszkodzeń sieci trakcyjnej prowadzonych przez PKP Polskie Linie Kolejowe, stwierdzono w latach 2009-2011 łącznie 383 uszkodzeń sieci wywołanych niewłaściwym stanem technicznym odbieraka prądu. Analiza tego typu sytuacji awaryjnych przeprowadzonych w 2004 r. przez koleje SNCF, DB i Trenitalia wykazała 915 uszkodzeń, które spowodowały łącznie 443 000 minut opóźnień. Łączny koszt nimi spowodowany oszacowano na poziomie 443 mln Euro. W latach 2009-2013 w Wielkiej Brytanii straty spowodowane nieprawidłową współpracą sieć trakcyjna – odbierak prądu wyniosły 21 mln funtów przy łącznym czasie opóźnień 239 000 minut. Obejmuje to koszty napraw oraz opłat związanych z nieprzejezdnością szlaku, wpływającą na płynność ruchu w całym systemie transportowym [8, 9]. Wskazuje to na duże znaczenie i rolę systemów diagnostycznych, zwłaszcza że dane te obejmują również pociągi dużej prędkości i nowoczesną infrastrukturę [5]. Podobne problemy występują także w przypadku szynowej komunikacji miejskiej i podmiejskiej, dla której wzajemne powiązania komunikacyjne są jeszcze bardziej złożone. Ze względu na intensywną modernizację, podobnych statystyk należy spodziewać się również w przypadku polskich kolejowych systemów transportowych [10].

Właściwości dynamiczne odbieraka prądu i trakcyjnej sieci zasilającej są bardzo istotne w prawidłowym przepływie energii elektrycznej z sieci do pojazdu trakcyjnego i odwrotnie w tzw. hamowaniu odzyskowym. Przy niewłaściwej sile oddziaływania pomiędzy ślizgaczem i przewodem jezdny, występuje zazwyczaj nadmierne zużycie nakładki ślizgacza i przewodu jezdny. Natura tego zużycia ma charakter mechaniczny (zbyt duża siła nacisku) lub elektroerozji (zbyt mała siła).

Obecnie typową praktyką jest ocena stanu technicznego odbieraków prądu metodą prewencyjną (ang. *preventive maintenance*). Realizowane jest to w zakładach taboru lub zajezdniach w trakcie przeglądów okresowych pojazdów i polega głównie na wyznaczeniu charakterystyki statycznej odbieraka, z reguły przy użyciu prostych narzędzi ręcznych. W konsekwencji kontrola odbieraka jest czasochłonna, nieprecyzyjna, nieekonomiczna a jej wynik w wielu aspektach uzależniony od staranności i subiektywnej oceny personelu. Niedogodności te można wyeliminować poprzez automatyzację pomiaru oraz zastosowanie komputerowych algorytmów przetwarzania wyników. Metoda prewencyjna charakteryzuje się tym, że w okresie pomiędzy przeglądami, niewłaściwie wyregulowany odbierak może przyczynić się do wystąpienia stanów awaryjnych.

Alternatywnym podejściem jest stosowanie monitoringu stanu technicznego (ang. *condition-based maintenance*). Realizacja tego sposobu monitoringu w trybie on-line, w warunkach eksploatacyjnych, jest obecnie jednym z najprężniejszych kierunków rozwoju w metodyce oceny stanu technicznego pantografów [1, 10].

Najbardziej efektywną formą utrzymywania dobrego stanu technicznego odbieraków prądu jest jednocześnie wykorzystanie obu metod monitoringu. Swoistą niedogodność stanowi w tym zakresie brak w ofercie rynkowej urządzeń pomiarowych, dedykowanych dla operatorów taboru, które pozwoliłyby na wyeliminowanie głównych wad stosowanych obecnie narzędzi diagnostycznych. W referacie przedstawiono przenośny system do badań technicznych odbieraków prądu pojazdów szynowych. Układ został sprawdzony w warunkach laboratoryjnych, a także przetestowany w czasie kilkumiesięcznej eksploatacji w zakładzie zajmującym się obsługą taboru.

1. ZAKRES DIAGNOSTYKI ODBIERAKÓW PRĄDU

Odbierak prądu powinien umożliwić poprawny odbiór prądu z sieci jezdnej w dynamicznych warunkach ruchowych. Ważne są także właściwości odbieraka podczas jego unoszenia oraz opuszczania. Zakres diagnostyki odbieraków prądu uszczegółowiony jest w normach – m.in. EN 50367, EN 50119, EN 50206 oraz w kartach czynności obsługowych.

Jednym z najistotniejszych parametrów odbieraka, warunkujących jego poprawną współpracę z siecią, jest statyczna siła nacisku na przewód jezdny. Wartość znamionowa tej siły wynosi typowo ok. 100 N w przypadku odbieraków kolejowych i ok. 80 N w przypadku odbieraków tramwajowych. Wysokość zawieszenia przewodu jezdnego zmienia się. Wartość siły powinna zawierać się w określonych granicach dla całego zakresu roboczego wysokości pracy pantografu. Z uwagi na tarcie w przegubach odbieraka, siła oddziaływania statycznego jest różna przy jego ruchu w górę (F_u) oraz w dół (F_o). Uwzględnienie tych czynników prowadzi do potrzeby wyznaczenia tzw. charakterystyki statycznej, tj. zależności siły oddziaływania na przewód w funkcji wysokości uniesienia odbieraka. Charakterystykę należy wyznaczyć podczas unoszenia i opuszczania odbieraka. Podczas badania prędkość ruchu pionowego powinna być jednostajna, nie większa niż 5 cm/s. Dodatkowo obliczana jest średnia siła statyczna F_s oraz tzw. podwójna siła tarcia $F_o - F_u$.

Diagnostyka techniczna pojazdów szynowych obejmuje także sprawdzenie napędu odbieraków. W celu umożliwienia wymiernej oceny stanu napędu zdefiniowano parametry takie jak: czas podnoszenia, czas opuszczania oraz czas odłączenia się styku ślizgacza. Dodatkowo określono, że ruch pionowy ślizgacza przy podnoszeniu i opuszczaniu powinien odbywać się płynnie, bez zatrzymań i gwałtownych zmian prędkości, a jego dojście do przewodu i opadanie powinno się odbywać bez uderzeń.

Czynności obsługowe odbieraków prądu obejmują również kontrolę stanu technicznego węglowych nakładek stykowych. Nakładki ulegają zużyciu w wyniku tarcia przewodu jezdnego o ich powierzchnie. Kryterium dopuszczenia do użytkowania stanowi zmiana grubości warstwy węglowej. Akceptowalny zakres lokalnego zmniejszenia grubości względem nakładki nowej wynosi ok. 10-15 mm w zależności od rodzaju odbieraka i typu nakładki. Dodatkowo nakładki ulegają uszkodzeniom. Kryteria dopuszczenia nakładki do ruchu zdefiniowane są w zależności od rodzaju uszkodzenia. Przykładowo małe wykruszenia nie stanowią podstawy do wycofania nakładki z eksploatacji. Większe, o szerokości przekraczającej 30% szerokości nakładki, mogą spowodować uszkodzenie przewodu jezdnego, i w związku z tym tego typu uszkodzenie uniemożliwia jej dalszą eksploatację. Zdemontować należy także nakładkę, w której pojawiły się dwa lub więcej poprzeczne pęknięcia lub w której stwierdzono wyłamanie fragmentu listwy węglowej.

Poza wymienionymi miarodajnymi parametrami zakres diagnostyki odbieraków prądu obejmuje również ocenę, zazwyczaj poprzez oględziny, stanu głównych elementów konstrukcji, tj.: zawieszenia (amortyzatory ślizgacza), ustroju ramy dolnej i górnej, przewodnika ramy górnej, zespołu ślizgacza, przewodnika ślizgacza, łączników bocznikujących i izolatorów.

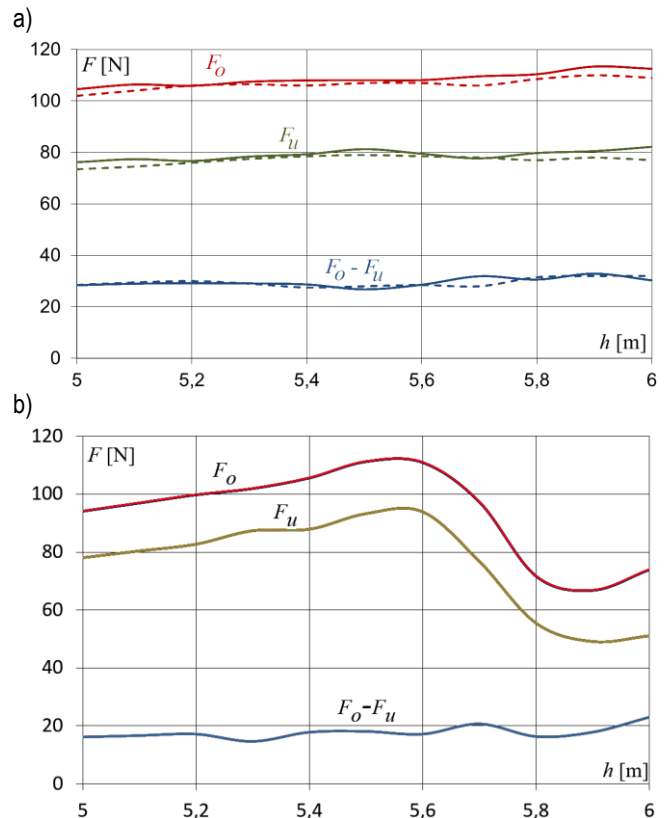
Przedstawione ważniejsze kryteria diagnostyczne odbieraków prądu wskazują, w aspekcie automatycznej diagnostyki i monitoringu, na konieczność zastosowania różnorodnych metod pomiarowych oraz opracowywania złożonych algorytmów podejmowania decyzji diagnostycznych.

2. METODY DIAGNOSTYCZNE

W bieżącej praktyce eksploatacyjnej najczęściej pomiary, będące podstawą decyzji o sprawności odbieraka prądu, wykonywane są w sposób ręczny. Do ich realizacji wymagany jest dostęp do dachu pojazdu. Uzyskane wyniki są silnie zależne od sposobu prowadzenia pomiarów. Ze względu na to, że staranne sprawdzenie jest czasochłonne, powszechną praktyką jest kontrola tylko wybranych parametrów, najczęściej wartości siły statycznej, tylko w kilku punktach pomiarowych, bądź dla niewielkiego zakresu zmian. Często wykorzystywana jest także metoda porównawcza, nie dająca informacji o wartościach wielkości mierzonych.

Najlepszym sposobem eliminacji niedoskonałości pomiaru ręcznego jest jego automatyzacja. W Polsce eksploatowane są stacjonarne, automatyczne stanowiska do diagnostyki kolejowych odbieraków prądu. Do 2011 roku w okazjonalnie wykorzystywane były dwa z nich, a w 2007 jedno przeszło istotną modernizację [16]. W 2011 roku Instytut Kolejnictwa we współpracy z partnerem przemysłowym opracował nowe stanowisko do stacjonarnej diagnostyki odbieraków prądu [15].

W 2007 r. zespół Katedry Inżynierii Elektrycznej Politechniki Gdańskiej wdrożył przejazdowe stanowisko diagnostyki odbieraków, które umożliwia w szybki sposób dokonać pomiaru charakterystyki statycznej, bez konieczności wchodzenia na dach pojazdu i instalowania na pojeździe urządzeń pomiarowych. Pomiar odbywa się w sposób automatyczny przy przejeździe lokomotywy przez wydzielony odcinek pomiarowy toru. Wykorzystana koncepcja pomiaru pośredniego opiera się na elastyczności sieci, dzięki której przewód jezdny unosi się pod wpływem nacisku odbieraka. Przejazd pojazdu przez opomiarowany odcinek toru odbywa się z niewielką prędkością – poniżej 10 km/h. Mierzone jest uniesienie przewodu jezdnego pod wpływem siły nacisku odbieraka oraz położenie lokomotywy. Specyficzne wyprofilowanie sieci w osi pionowej pozwala na wyznaczenie charakterystyki statycznej przy opuszczaniu i unoszeniu (rys. 1).

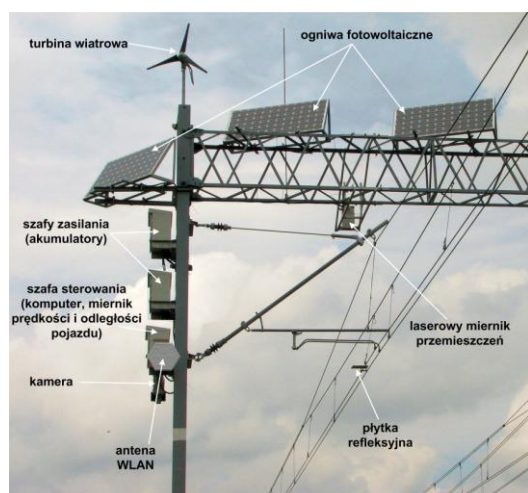


Rys. 1. Przykład charakterystyki statycznej odbieraka a) dobry stan techniczny – charakterystyki wyznaczone automatycznie (linia ciągła) oraz ręcznie (linia przerywana), b) o niewłaściwym stanie technicznym

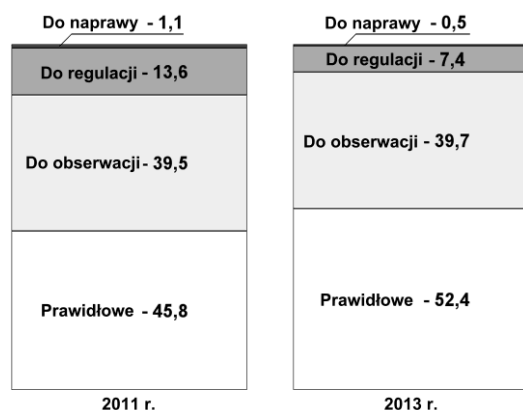
Kontrolą odbieraków zainteresowani są także zarządcy sieci trakcyjnych. W takim przypadku kluczową kwestią jest wykrycie odbieraków uszkodzonych lub znacząco rozregulowanych, które mogą doprowadzić do poważnych uszkodzeń. Pomiar powinien być realizowany na linii kolejowej bez konieczności ograniczania prędkości lub częstotliwości ruchu pojazdów. Wymagania takie spełnia stanowisko Monitoringu Odbieraków Prądu (MOP) [4]. Estymacja siły nacisku odbieraka odbywa się na podstawie analizy przebiegu

uniesienia przewodu jezdnego w punkcie pomiarowym w warunkach dynamicznych. Na rysunku 2 przedstawiono porównanie statystyczne wyników z dwuletniego okresu eksploatacji systemu MOP. Pomiar obejmują kilka tysięcy odbieraków. Można zauważyć wyraźne zmniejszenie udziału odbieraków do regulacji i wymagających naprawy świadczących o znacznym i krytycznym przekroczeniu dopuszczalnych parametrów siły statycznej. Przedstawione wyniki wskazują również na istotną rolę monitoringu i diagnostyki odbieraków prądu już po wyjeździe pojazdu szynowego z zakładu taboru [4].

a)



b)



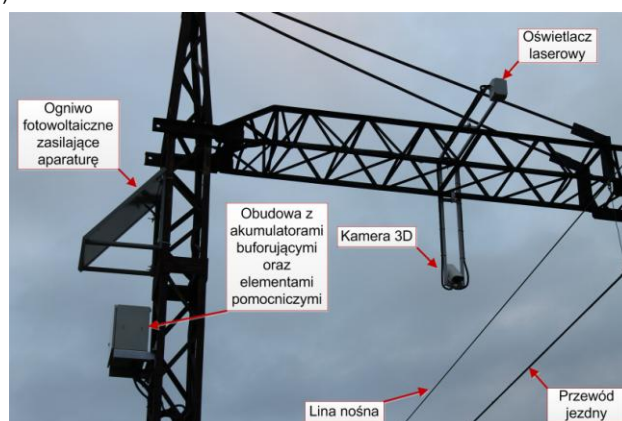
Rys. 2. Stanowisko MOP: a) widok ogólny; b) procentowy rozkład rejestrowanych odbieraków wg obserwowanych stanów odbieraków tuż po wdrożeniu systemu i po 2-letniej eksploatacji

Elementami odbieraka bezpośrednio współpracującymi z przewodem jezdny sieci trakcyjnej są nakładki stykowe. Nakładki ulegają zużyciu ze względu na tarcie przewodu jezdnego o ich powierzchnię. W 2011 r. w Polsce przeprowadzono kompleksową wymianę nakładek stykowych dopuszczonych do eksploatacji na infrastrukturze zarządzanej przez PKP PLK, z miedzianych na metalizowane węglowe. Poskutkowało to pojawieniem się nowych rodzajów uszkodzeń, takich jak: wykruszenia, oderwania segmentów czy pęknięcia węglowych listew stykowych. W transporcie miejskim nakładki węglowe eksploatowane są od kilkudziesięciu lat. Istnieje więc technicznie uzasadniona potrzeba szybkiego wykrywania tego typu uszkodzeń, zagrażających poprawnemu odbiorowi prądu, a nawet mogących skutkować uszkodzeniem sieci jezdnej.

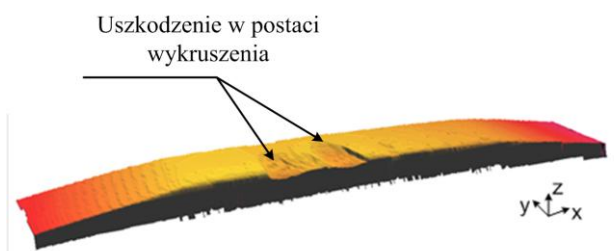
Zaproponowano innowacyjną, wizyjną metodę monitoringu i diagnostyki stanu technicznego nakładek stykowych odbieraków prądu [3]. Na tej podstawie opracowano nowatorskie, bezobsługowe

stanowisko realizujące akwizycję i przetwarzanie danych pomiarowych podczas przejazdu pojazdu przez punkt kontrolny na trasie przejazdu. Stanowisko do Wizyjnej Inspekcji Nakładek Stykowych (WINS) umożliwia określenie stopnia zużycia nakładek oraz wykrycie ewentualnych uszkodzeń dzięki wykorzystaniu techniki skanowania 3D (rys. 3). Dzięki jego wykorzystaniu monitorowanie stanu nakładek może być realizowane znacznie częściej, niż wynika to z harmonogramu przeglądów technicznych pojazdów. Dodatkowo wynik kontroli pozbawiony jest subiektywnego czynnika ludzkiego. Możliwa jest także predykcja zużycia nakładek stykowych.

a)



b)



Rys. 3. Stanowisko WINS: a) widok ogólny stanowiska, b) wizualizacja 3D wyniku pomiaru uszkodzonej nakładki stykowej

Bezkontaktowe metody pomiarowe w zastosowaniu do diagnostyki pojazdów szynowych znajdują coraz szersze zastosowanie. W szczególności wyróżnić można tu metody wizyjne [11, 12, 13].

Nową grupę rozwiązań w diagnostyce odbieraków stanowią metody pośrednie wykorzystujące bezprzewodowe sieci sensorowe instalowane na elementach konstrukcyjnych sieci jezdnej [5, 6, 14]. Istotną grupą są metody wykorzystujące modelowanie i symulację [2, 3, 7] – wspomagające sprzętowe rozwiązania pomiarowe.

3. SYSTEM DO BADAŃ TECHNICZNYCH ODBIERAKÓW PRĄDU POJAZDÓW SZYNOWYCH

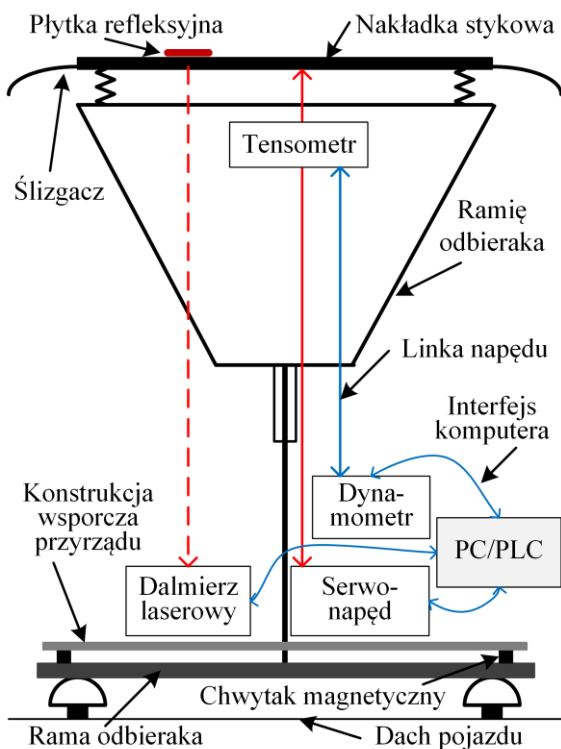
Z przedstawionej analizy wybranych rozwiązań stosowanych do diagnostyki odbieraków prądu pojazdów szynowych wynika, że najbardziej efektywną formą utrzymywania dobrego stanu technicznego pantografów jest jednocześnie wykorzystanie zarówno diagnostyki realizowanej w czasie przeglądu pojazdu w zakładzie taboru, jak i w trybie online podczas typowej eksploatacji. Swoistą niedogodnością stanowi w tym obszarze brak w ofercie rynkowej urządzeń pomiarowych, dedykowanych dla operatorów taboru, które pozwoliłyby na wyeliminowanie głównych wad stosowanych przez nich obecnie metod pomiarowo-diagnostycznych. Z tego względu opracowano przenośny, półautomatyczny system do badań technicznych odbieraków prądu pojazdów szynowych.

Ze względu na specyfikę prowadzonych badań oraz znaczną różnorodność typów odbieraków, wykorzystano kilka odmiennych narzędzi i odpowiadających im metod pomiarowych.

Działanie napędu odbieraka oceniane jest na podstawie pomiaru czasu unoszenia i opuszczania od minimalnej do maksymalnej wysokości konstrukcyjnej, charakterystycznej dla danego egzemplarza. Pomiar realizowany jest pośrednio za pomocą dalmierza laserowego i współpracującej z nim aplikacji programowej. Możliwy jest również prosty pomiar ręczny, za pomocą stopera. Pełna automatyzacja procesu pomiarowego jest możliwa poprzez doposażenie systemu w wejścia i wyjścia cyfrowe sprzężone z obwodami sterowania pojazdu. Rozwiązanie takie zwiększa pewność pomiaru, przy jednoczesnej komplikacji układu połączeń. Z tego względu rozwiązanie to jest opcjonalne. Oprócz pomiaru czasów, możliwe jest również wykrycie anomalii w działaniu napędu. Analiza zmian wysokości roboczej w czasie pozwala na ocenę płynności ruchu mechanizmu odbieraka.

Inspekcja nakładek stykowych wykonywana jest metodą wizualną, wystarczającą do doraźnej kontroli. Zużycie określane jest za pomocą łaty pomiarowej ułatwiającej efektywne i skuteczne oszacowanie ubytku materiału stykowego. W przypadkach granicznych zalecany jest pomiar bezpośredni. W przypadku wystąpienia uszkodzeń wykonywana jest dodatkowa dokumentacja fotograficzna.

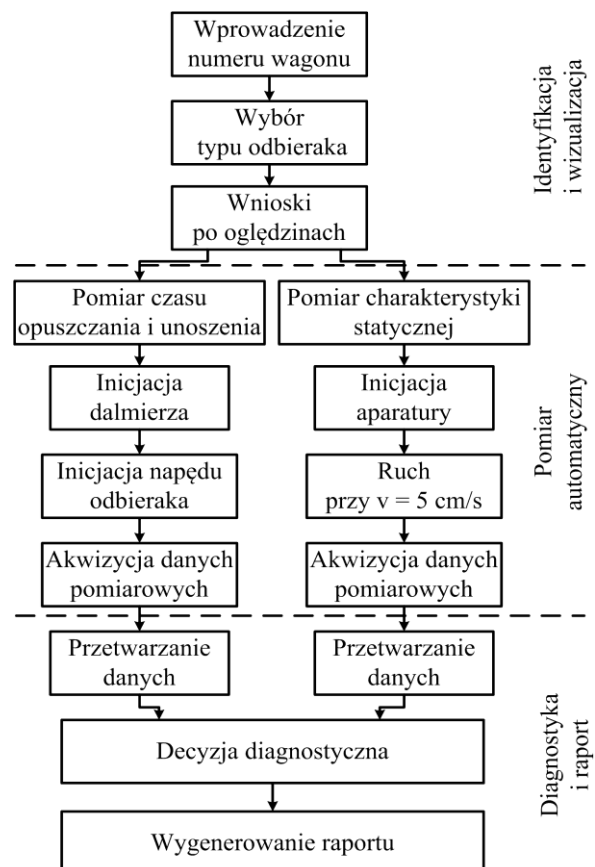
Charakterystyka statyczna odbieraka mierzona jest za pomocą specjalnie zaprojektowanego i wykonanego przyrządu, którego najważniejsze cechy wyróżniono na rysunku 4. Umożliwia on wykonanie pomiaru w sposób automatyczny.



Rys. 4. Przyrząd pomiarowy do badania odbieraków prądu - struktura sprzętowa

Przygotowanie do pracy polega tylko na zainstalowaniu przyrządu pomiarowego, za pomocą chwytaków magnetycznych, do ramy podstawy odbieraka prądu i programowym wybraniu typu badanego aparatu. Dzięki współpracy z dedykowaną aplikacją, akwizycja danych pomiarowych możliwa jest z wyłączeniem działania człowieka – eliminacja pomyłek, uzyskujemy znaczące usprawnienie procesu pomiarowego (rys. 5). Do pomiaru wysokości wyko-

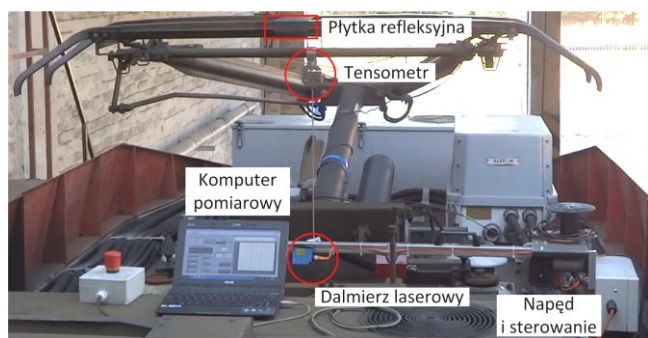
rzystano dalmierz laserowy z interfejsem analogowym. Do prawidłowego działania dalmierza konieczna jest płytka refleksyjna, montowana do nakładek stykowych. Istnieje możliwość programowej zmiany zakresu pomiarowego w zależności od rodzaju (kolejowy, tramwajowy) badanego odbieraka prądu – dopasowanie do zakresu zmian wysokości roboczych. Wyjściowy sygnał prądowy przekonwertowano na postać cyfrową w przetworniku analogowo-cyfrowym wyposażonym w interfejs USB. Do pomiaru siły wykorzystano dynamometr cyfrowy współpracujący z zewnętrznym tensometrycznym czujnikiem siły w zakresie ± 200 N. Dynamometr umożliwia odbiór danych pomiarowych za pośrednictwem portu USB. Do wymuszenia ruchu jednostajnego w górę i w dół, z wymaganą przez normę prędkością 5 cm/s, wykorzystano napęd elektryczny z przekształtnikiem DC/DC zasilający silnik prądu stałego wyposażony w odpowiednią przekładnię mechaniczną i układ regulacji prędkości obrotowej, tzw. serwonapęd. Wykorzystano sprzężenie zwrotne z enkoderowym pomiarem prędkości. Sterowanie pracą napędu odbywa się poprzez port USB z poziomu aplikacji pomiarowej. Wszystkie elementy zamocowano na zaprojektowanej konstrukcji wsporczej. Sposób wykonania elementów konstrukcyjnych przyrządu umożliwia łatwe jego przekonfigurowanie, konieczne ze względu na różnice konstrukcyjne badanych typów odbieraków. Dzięki zastosowanemu podejściu czas potrzebny na przebadanie jednego odbieraka prądu zawiera się w przedziale 15-20 minut licząc od momentu gotowości wagonu do badań, do opuszczenia dachu przez osoby wykonujące pomiar.



Rys. 5. Przyrząd pomiarowy do badania odbieraków prądu - struktura programowa

Fotografię z widokiem ogólnym przyrządu do pomiaru charakterystyki statycznej przedstawiono na rysunku 6. Ze względu na specyfikę prowadzonych działań, stanowisko powinno umożliwiać swobodny dostęp do dachu pojazdu, oraz umożliwiać ruch pionowy

odbieraka w całym zakresie spodziewanych wysokości konstrukcyjnych.

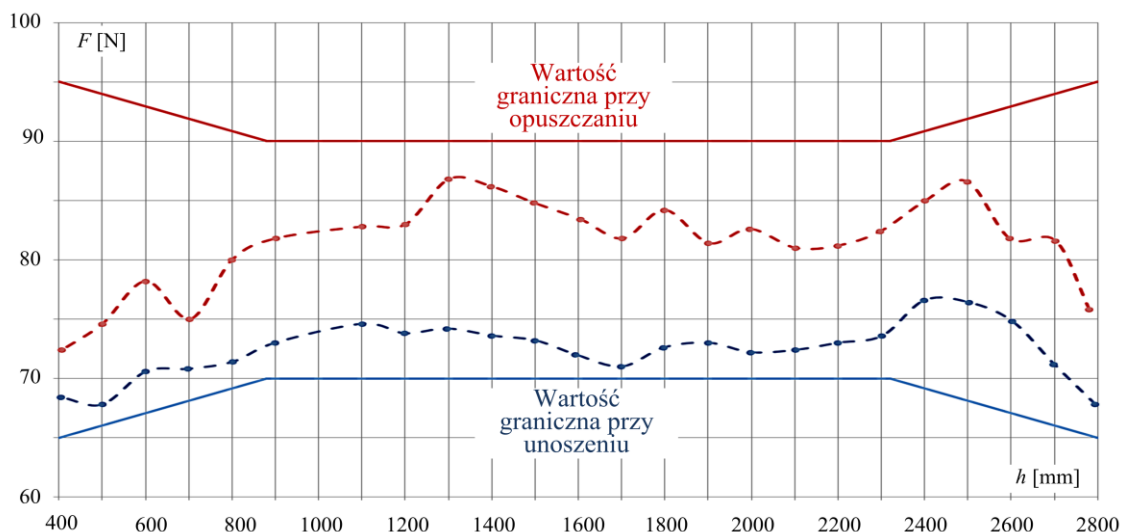


Rys. 6. System do badań technicznych odbieraków prądu pojazdów szynowych

Zmierzona charakterystyka statyczna, w postaci wykresu stanowi istotną część raportu z badań technicznych (rys. 7). W celu liczbowego opisu charakterystyki wprowadzono dodatkowe wskaźniki liczbowe w postaci średniej siły statycznej oraz podwójnej siły tarcia. Przekroczenie wartości znamionowej o więcej niż dopuszczalna w normie tolerancja świadczy o znacznym rozregulowaniu odbieraka. Podobne znaczenie ma także istotne przekroczenie siły tarcia.

Efektom zakończenia procedury pomiarowej jest raport. Jest on tworzony w sposób półautomatyczny. Główne wyniki pomiarów zamieszczone są w sposób uniemożliwiający ingerencję w dane. W przypadku zgromadzenia obfitej dokumentacji fotograficznej (np. dla niestandardowych uszkodzeń) użytkownik systemu decyduje, które zdjęcia zostaną włączone jako integralna część raportu. Formularz raportu został zaprojektowany w taki sposób, aby nie przekraczał objętościowo jednej kartki w formacie A4. Zawartość raportu może zostać zmodyfikowana na życzenie odbiorcy systemu.

System do badań technicznych odbieraków prądu pojazdów szynowych został przetestowany w warunkach eksploatacyjnych, podczas których usprawniono procedurę badawczą. Przebadano łącznie ponad sto odbieraków kolejowych jak i tramwajowych, o pięciu różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych, eksploatowanych powszechnie w warunkach krajowych. Potwierdzono wysoką użyteczność systemu, wiarygodność uzyskanych wyników oraz łatwość obsługi. Zastosowane rozwiązania i metody pomiarowe, z technicznie uzasadnionym nadmiarem, spełniają określone przez normy wymagania dotyczące dokładności.



Rys. 7. Przykładowa charakterystyka statyczna odbieraka prądu

PODSUMOWANIE

Opracowany przenośny system do badań technicznych odbieraków prądu pojazdów szynowych umożliwia wykonywanie w łatwy sposób rejestracji w trudnych warunkach eksploatacyjnych. Uzyskane wyniki pomiarów cechuje duża dokładność i powtarzalność, wystarczająca do kontroli zużycia eksploatacyjnego oraz uszkodzeń odbieraków prądu. Szereg badań, wykonano zarówno w laboratorium jak i w zakładach taboru. W obu przypadkach uzyskano potwierdzenie zasadności i celowości zastosowania systemu do oceny zużycia i detekcji uszkodzeń odbieraków prądu. Szeroki zakres przeprowadzonych testów wskazuje na możliwość wdrożenia systemu. Opracowana konstrukcja może z powodzeniem uzupełnić ofertę przyrządów pomiarowych wspierających operatorów taboru w podniesieniu niezawodności i bezpieczeństwa przewozów.

BIBLIOGRAFIA

1. Lisanti G., Karaman S., Pezzatini D., Del Bimbo A., A Multi-Camera Image Processing and Visualization System for Train Safety Assessment, ArXiv150707815 Cs, Jul. 2015.
2. Wilk A., Karwowski K., Judek S., Mizan M., A new approach to determination of the two-mass model parameters of railway current collector, Twelfth International Conference MET'2015 Modern Electrified Transport 4 - 7 October 2015 Croatia.
3. Judek S., Jarzębowski L., Algorithm for automatic wear estimation of railway contact strips based on 3D scanning results, in 2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), 2014, pp. 724–729.
4. Karwowski K., Michna M., Mizan M., Wilk A., Analiza drgań przewodu jezdnego sieci trakcyjnej w aspekcie oceny jej stanu technicznego. Logistyka 2015 nr 3.
5. Karwowski K., Mizan M., Ochal M., Woźniak K., Analiza wyników monitoringu odbieraków prądu w warunkach eksploatacyjnych na linii kolejowej, TTS 1/2013.
6. Karwowski K., Diagnostyka sieci trakcyjnej i monitoring odbieraków prądu, Wiadomości Elektrotechniczne 7/2015.
7. Usuda T., Ikeda M., Yamashita Y., Method for Detecting Step-shaped Wear on Contact Strips by Measuring Catenary Vibration, QR of RTRI, Vol. 52, No. 4, Nov. 2011.
8. Judek S., Karwowski K., Mizan M., Wilk A., Modelowanie współpracy odbieraka prądu z siecią trakcyjną, Przegląd Elektrotechniczny, No. 12 (2015).

9. Tanarro F., Fuerte V., OHMS-real-time analysis of the pantograph-catenary interaction to reduce maintenance costs, (RCM 2011), 5th IET Conference on, 2011.
10. Daadbin A., Rosinski J., Smurthwaite D., Online monitoring of essential components helps urban transport management and increases the safety of rail transport, Urban Transport XVIII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century. WIT Press, 2012, pp. 541–552.
11. Schöbel A., Maly T., Operational fault states in railways, Eur. Transp. Res. Rev., vol. 4, no. 2, pp. 107–113, Jun. 2012.
12. Hamey L. G. C., Watkins T., Yen S. W. T., Pancam: In-Service Inspection of Locomotive Pantographs. in Digital Image Computing Techniques and Applications, 9th Biennial Conference of the Australian Pattern Recognition Society on, 2007.
13. Sacchi M., Ascari L., Cagnoni S., Piazzini A., Spagnoletti D., PANTOBOT: A Computer Vision System for the Automatic Inspection of Locomotive Pantographs, Proc. of First International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, 2012.
14. Kin, E.C.W., Pioneer Design in Automatic Pantograph Wear Monitoring, Engineering Integrity, 19, 2006, pp. 12-17.
15. Makowski L., Michalski A., Selected aspects of wireless sensors network protocol designs and their practical use, IEEE Instrum. Meas. Mag., vol. 13, no. 5, pp. 45–49, Oct. 2010.
16. Borsiak J., Iłski J., Kaniewski M., Kopycki T., Morawski W., Piłka K., Rojek A., Szubko A., Szymański S., Stanowisko do badań pantografów przeznaczone do eksploatacji w procesie produkcji oraz utrzymania taboru kolejowego i tramwajowego – założenia, TTS 1-2/2011.
17. Kaniewski M., Sześćdziesiąt lat badań sieci trakcyjnej i odbieraków prądu, Problemy Kolejnictwa. Tom 55, Zeszyt 152, Warszawa 2011.

was proposed for wear estimation and damages detection of pantographs' contact strips. Finally the mobile stand for urban and rail transport current collectors' was described.

Autorzy:

dr inż. **Sławomir Judek** – Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki; e-mail: slawomir.judek@pg.gda.pl

dr hab. inż. **Krzysztof Karwowski** – Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki; e-mail: krzysztof.karwowski@pg.gda.pl

MOBILE STAND FOR TESTING CURRENT COLLECTORS OF UR- BAN AND RAIL ROLLING STOCK

Abstract

Technical condition of vehicles' current collectors has significant impact on safe and punctual operation of railway transportation. Failure or maladjustment of a current collector may lead to serious damage of catenary. To avoid such a situation the periodic diagnostic and service is necessary. Recent development in the field of measurement tools leads to extension of the range of diagnostics, increase of the measurement precision and shortening of maintenance time. On the other hand pantograph monitoring stands are developed in order to detect the clearly faulty current collectors.

The review of modern monitoring and diagnostics stands is presented. The range of pantographs' diagnostics was described. A test stand for determination of current collectors' uplift when the vehicle passes a sensed railway line section was presented. For brief assessment of current collectors on vehicles passing through a check point at the rail line a specialized monitoring system was introduced. The 3D scanning tool