

Badania dopuszczeniowe i eksploatacyjne odbieraków prądu

Marek Sitarz, Andrzej Helka, Adam Mańka, Andrzej Adamiec

We wstępie przedstawiono ogólne założenia i podstawy prawne wprowadzenia nowego typu ślizgaczy z nakładkami węglowymi. W dalszej części opisano wybrane badania i pomiary wykonywane w trakcie eksploatacji obserwowanej nowego typu ślizgaczy i nakładek. Skupiono się na jednym z podstawowych parametrów związanych z eksploatacją: wielkością zużycia nakładek stykowych. Określono zależność tej wielkości od tych parametrów eksploatacyjnych, które mają największy na nią wpływ. Następnie przedstawiono urządzenie pomiarowe i przykładowe wyniki pomiarów współpracy ślizgacza z siecią trakcyjną w czasie przejazdu lokomotywy.

Artykuł recenzowany zgodnie z wytycznymi MNiSW

data zgłoszenia do redakcji: 31.03.2012

data akceptacji do druku: 14.05.2012



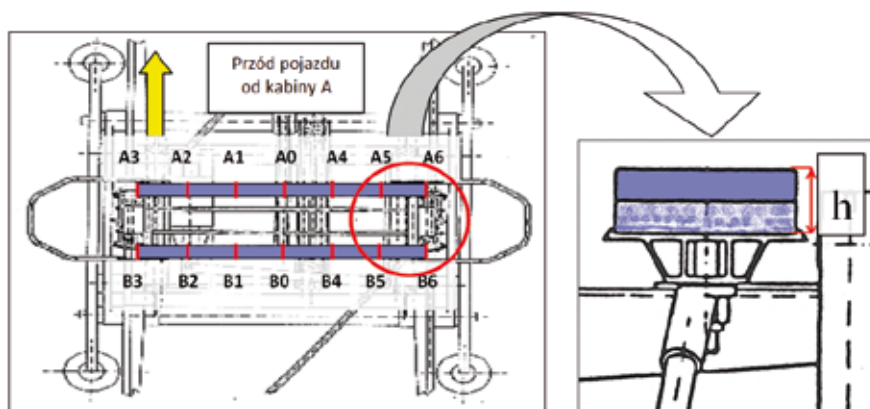
prof. dr hab. inż.
Marek Sitarz
Katedra Transportu
Szynowego
Politechnika Śląska
marek.sitarz@polsl.pl



1. Lokomotywa ET-41 142: a) przed halą lokomotywni, b) na przesuwnicy



dr inż. Andrzej Helka
Katedra Transportu
Szynowego
Politechnika Śląska
andrzej.helka@polsl.pl



2. Położenie punktów pomiarowych dla nakładek węglowych typu Morgan na odbieraku prądu trakcyjnego AKP-4E



dr inż. Adam Mańka
Katedra Transportu
Szynowego
Politechnika Śląska
adam.manka@polsl.pl



mgr inż. Andrzej Adamiec
Katedra Transportu
Szynowego
Politechnika Śląska
adamiec@poczta.onet.pl

[5]. PKP PLK S.A. zgodnie z przepisami TSI [4] (Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności) wprowadziła z dniem 01.02.2011 roku obowiązek używania przez pojazdy trakcyjne nakładek stykowych wykonanych z materiału węglowego.

Katedra Transportu Szynowego Politechniki Śląskiej przeprowadziła badania certyfikacyjne materiałów węglowych kompozytowych różnych firm przeznaczonych do stosowania na nakładki stykowe [6], [7].

Ponadto przeprowadzono w ramach badań własnych pomiary i obserwacje dotyczące zachowania się nowych nakładek i ślizgaczy w warunkach eksploatacyjnych. Badania te obejmowały m.in. przedstawione w publikacji pomiary zużycia oraz pomiary sił pomiędzy nakładkami a przewodem jeżdżącym w trakcie jazdy.

Pomiary zużycia

Badania nakładek stykowych zostały przeprowadzone na lokomotywie serii ET41-142 (fot. 1) w PKP CARGO S.A. Śląski Zakład Spółki w Tarnowskich Górach i trwały od 10 grudnia 2010 roku do 13 grudnia 2011 roku. W tym czasie mierzono wielkość zużycia nakładek miedzianych i węglowych poprzez przeprowadzanie pomiarów ich wysokości w trakcie przeglądów okresowych (P1, P2, P3 i NB), (rys. 2 i 3) co 30 dni. Pomiar zużycia wysokości nakładek węglowych oraz miedzianych dokonywany był w 7 punktach – od A0/B0 do A6/B6.

Dana lokomotywa była wyposażona w rejestr dodatkowych parametrów. Zapisy były dokonywane przez maszynistów w Książce Pojazdu z Napędem zgodnie z tabelą 1.

Polska, do stycznia 2011 roku była jedynym krajem w UE, w którym elektryczne pojazdy trakcyjne mogły jeździć z pantografami wyposażonymi w miedziane nakładki stykowe

W okresie 12 miesięcy lokomotywa serii ET41-142 przejechała przy podniesionych odbierakach prądu trakcyjnego 55 077 km, przy czym na pantografach A – 26 161 km (rys. 4), natomiast na pantografach B – 28 916 km (rys. 5). W badaniach uwzględniono również 679 km jazdy przy podniesionych czterech pantografach (po dwa A oraz po dwa B) w okresie zimowym w czasie oszronienia lub osiadającego się lodu na przewodzie jezdnym. Wyniki pomiarów zużycia liniowego nakładek stykowych dla lokomotywy ET41 przedstawiono na rys. 4 oraz 5. W dniu 09.06.2011 roku nastąpiła wymiana nakładek miedzianych ze względu na ich zużycie (wartość graniczna). Dla miedzianych nakładek wartość graniczna w okresie wiosna-jesień wynosi 2,5 mm a zimą 5 mm. Węglowe nakładki stykowe były dalej eksploatowane z uwagi na to, że nie osiągnęły swojej wartości granicznej, która wynosi dla nich w okresie wiosna-jesień 5 mm oraz 8 mm w zimie.

W badaniach nakładek stykowych stwierdzono dużą zależność ich zużycia od pory roku. Dla lokomotywy serii ET41 największe zużycie nakładek było w okresie zimowym – grudzień i styczeń 2010 roku oraz grudzień 2011 roku (rys. 6 oraz 7).

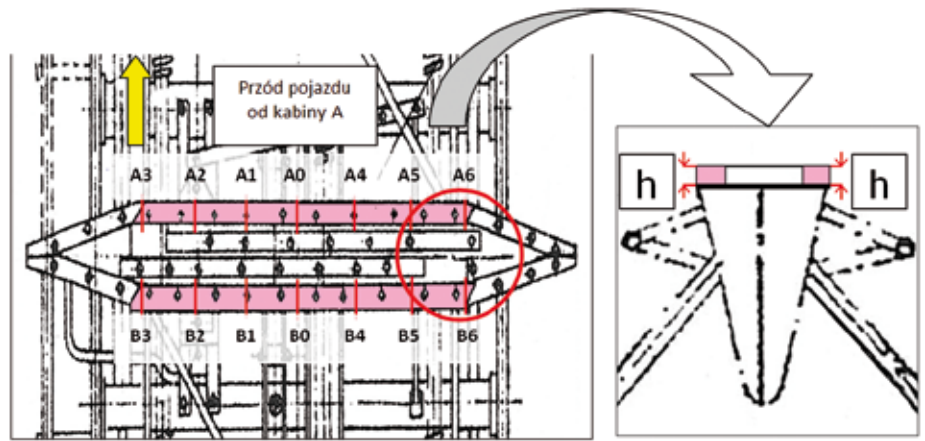
Z analizy rysunku 6 oraz 7 wynika, że zużycie węglowych nakładek stykowych w okresie zimy (przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych) jest 3-krotnie większe niż w pozostałym okresie. Generalnie w okresie wiosna – jesień, zużycie nakładek węglowych oraz miedzianych było znacznie mniejsze niż w grudniu 2010, styczniu oraz grudniu 2011 roku.

Wyniki badań zużycia procentowego dla całego okresu pomiarowego przedstawiono na rysunku nr 8 oraz 9. Na opisanych wykresach przedstawiono procentowe zużycie węglowych i miedzianych nakładek stykowych jako stosunek zużycia liniowego do wartości granicznej, która wynosi dla nakładek:

- węglowych 5 mm (okres wiosna-jesień) oraz 8 mm (zima),
- miedziane 2,5 mm (okres wiosna-jesień) oraz 3 mm (zima).

Zużycie wyrażone procentowo jest o tyle ważne, że pokazuje eksploatującemu, kiedy nakładki stykowe osiągnęły wartość graniczną, która kwalifikuje je do wymiany. Z pomiarów przedstawionych na rysunku 8 i 9 wynika, że w badanym okresie zużycie względne miedzianych nakładek było większe niż węglowych. Z uwagi na to, że początkowa grubość węglowych nakładek stykowych była 3-krotnie większa niż miedzianych, były one dłużej eksploatowane (później osiągnęły wartość graniczną niż miedziane).

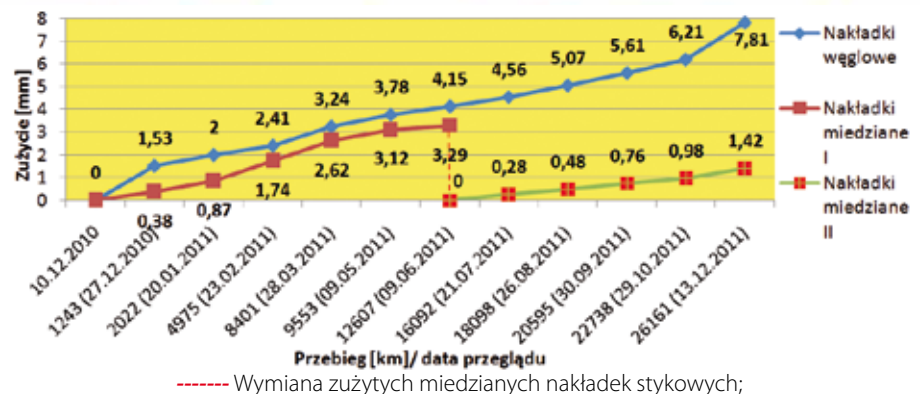
W trakcie prowadzonych badań stwierdzono, że w okresie zimy, z uwagi na oszronienie lub oblodzenie przewodu jezdny, następuje utrata styku pary ciernej NSPJ (nakładka stykowa-przewód jezdny), a co za



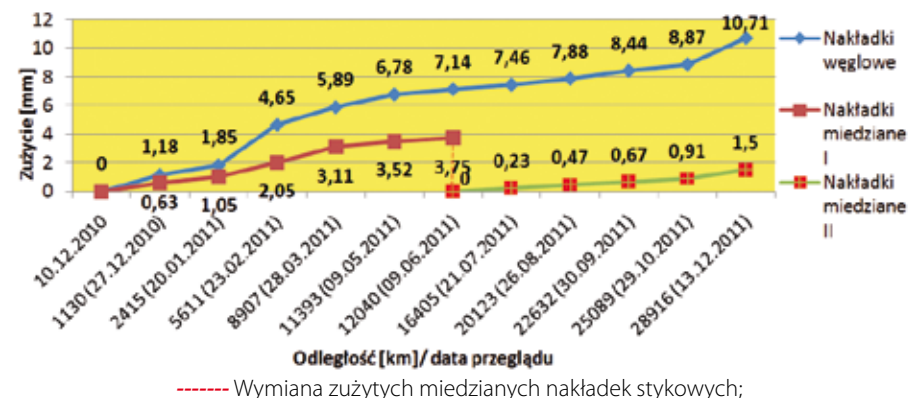
3. Położenie punktów pomiarowych dla nakładek miedzianych na odbieraku prądu trakcyjnego AKP-4E

Tab.1: Rejestr dodatkowych parametrów przejazdu na danej trasie

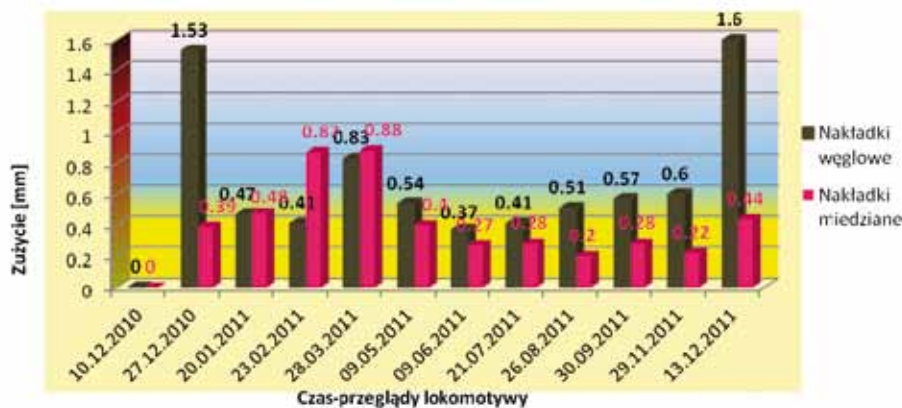
LP	Dzień	Trasa	Pantograf (A – B)	Kabina sterownicza (A – B)	Przebieg [km]	Brutto [t]	Temperatura otoczenia (około $\pm 1^\circ\text{C}$)	Warunki atmosferyczne (1 – śnieg, 2 – deszcz, 3 – śnieg, 4 – brak opadów)
30	19.06	Bytom - Leszczyny	A	B	8	1528	23°C	4
31	18.08	Leszczyny - Chwałupin	B	A	65	550	23°C	4
34	07.08	Chwałupin - Bytom	A	B	69	2130	22°C	4
35	17.08	Bytom - Leszczyny	B	A	12	180	23°C	4
36	18.08	Bytom - Bytom	B	A	4	1000	18°C	4
37	18.08	Bytom - Marcel	B	A	5	1092	18°C	4
38	18.08	Marcel - Chwałupin	A	B	65	1859	20°C	3
40	19.08	Chwałupin - Bytom	A	B	115	1685	22°C	4
41	24.08	Bytom - Chwałupin	A	B	88	1989	17°C	4
42	24.08	Chwałupin - Bytom	A	B	110	1819	23°C	4
43	24.08	Bytom - Chwałupin	B	A	110	724	23°C	3/4



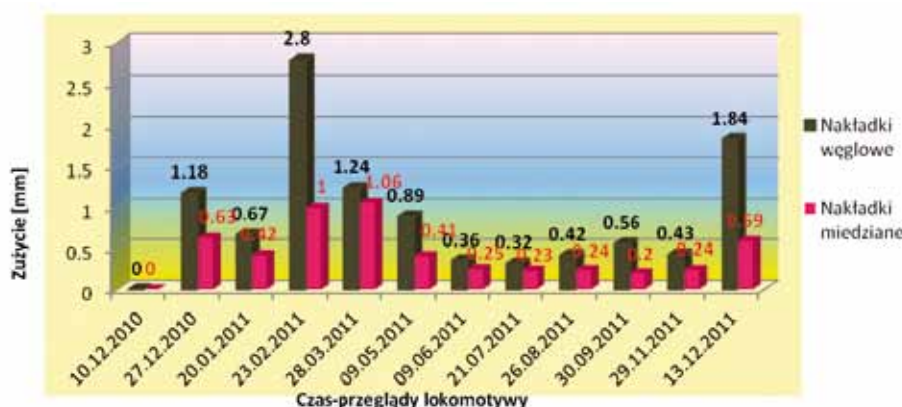
4. Zużycie liniowe nakładek węglowych i miedzianych pantografu A w zależności od przejechanych kilometrów



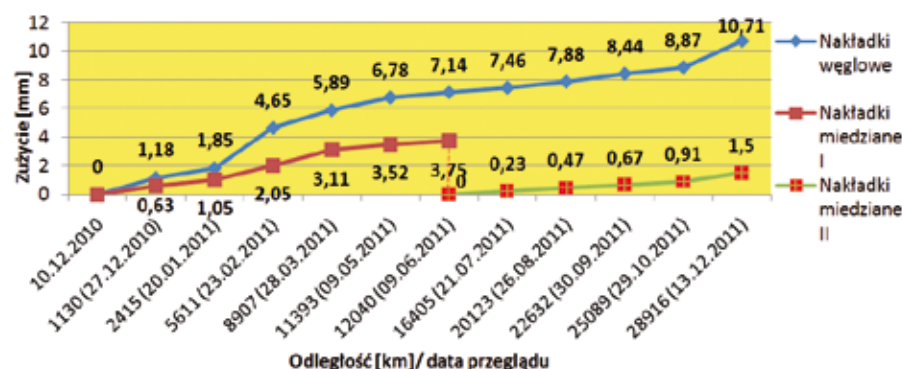
5. Zużycie liniowe nakładek węglowych i miedzianych pantografu B w zależności od przejechanych kilometrów



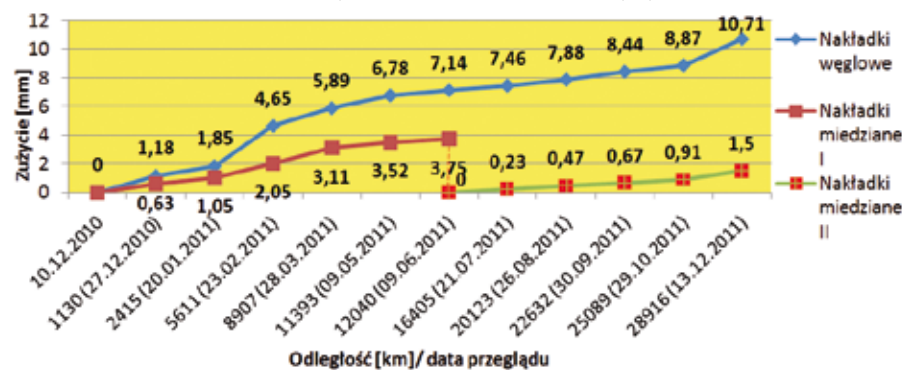
6. Średnie zużycie węglowych i miedzianych nakładek stykowych pantografu A dla lokomotywy ET41 – 142 w okresie między przeglądami



7. Średnie zużycie węglowych i miedzianych nakładek stykowych pantografu B dla lokomotywy ET41 – 142 w okresie między przeglądami



8. Zużycie % nakładek węglowych oraz miedzianych pantografu A w czasie przeglądów okresowych zgodnie z DTR dla Lokomotywy ET41 – 142



9. Zużycie % nakładek węglowych oraz miedzianych pantografu B w czasie przeglądów okresowych zgodnie z DTR dla Lokomotywy ET41 – 142

tytuł idzie – zwiększenie rezystancji styku. W przypadku powstania krótkiej przerwy na styku NSPJ w czasie kilku lub kilkunastu milisekund następują straty na rezystancji połączonej z iskrzeniem oraz wydzielaniem się dużej ilości ciepła w miejsce styku pary ciernej powodując uszkodzenia nakładek ślizgowych. W czasie utraty styku nakładki ślizgowej z przewodem jezdny powstaje łuk elektryczny (fot. 10 a, b), który powoduje nadtopienie przewodu jezdny oraz nakładek stykowych.

Obserwacja nakładek stykowych w trakcie badań pozwoliła również ustalić, że w ślizgaczu z nakładkami miedzianymi w wyniku nadtopienia następuje rekryształizacja materiału w warstwie wierzchniej. Materiał w wyniku tego zjawiska staje się bardziej kruchy i podatny na wyrywanie cząstek z nakładek miedzianych ślizgacza (fot. 11 c). W skrajnie ekstremalnych niekorzystnych warunkach np. zwłaszcza podczas oblodzenia przewodu jezdny sieci trakcyjnej może dojść do poważnych uszkodzeń mechanicznych przewodu jezdny oraz nakładek stykowych. Uszkodzenia (fot. 11 a, b) mogą powodować:

- a) zniszczenie całego ślizgacza;
- b) stopienie w ślizgaczu miedzianych nakładek stykowych;
- c) zużycie ślizgacza miedzianego spowodowane wydzielaniem się ciepła w czasie powstania łuku elektrycznego;
- d) zerwanie się przewodu jezdny sieci trakcyjnej.

Przy zastosowaniu miedzianych nakładek stykowych zdarzały się przypadki „przyspawania” pantografu do przewodu jezdny. Takiego zjawiska nie zauważono przy zastosowaniu węglowych nakładek stykowych. Natomiast w czasie postoju składu do przewodu osób przy włączonym ogrzewaniu, w okresie zimowym przy zastosowaniu węglowych nakładek stykowych następuje znaczący wzrost temperatury przewodu jezdny. Dlatego zgodnie z instrukcją Ct-1[1] maszynista musi mieć podniesione przynajmniej dwa pantografy.

Natomiast przy zastosowaniu węglowych nakładek stykowych w trakcie powstania łuku elektrycznego, w punkcie styku nakładka – przewód jezdny powstają zmiany strukturalne materiału, które są tym głębsze im dłużej występuje łuk elektryczny. Zmiany w strukturze węglowych nakładek występują nieodwracalnie, powodując trwałe uszkodzenia mechaniczne. Przykłady takich uszkodzeń przedstawiono na fot. nr 12 (a, b, c).

Takim samym, niekorzystnym oddziaływaniem łuku elektrycznego ulegają listwy aluminiowe podtrzymujące węglowe nakładki stykowe. Na przedstawionej fot.13 widać jak łuk elektryczny wypalił, a następnie wytopił aluminiową listwę nakładki stykowej.

W trakcie eksploatacji badanej lokomotywy stwierdzono, że pierwsza nakładka sty-

kowa będąca w kierunku jazdy zużywa się znacznie szybciej niż druga. Wprowadzenie węglowych nakładek stykowych w znaczący sposób poprawiło czystość taboru kolejowego oraz sieci trakcyjnej (fot. 14 a, b), gdyż podczas stosowania miedzianych ślizgaczy musiały one być smarowane smarem grafitowym, który brudził zarówno tabor, jak i sieć trakcyjną.

Badanie współpracy ślizgacza i nakładek nowego typu z siecią jezdnią

Jednym z istotnych badań było określenie jakości współpracy ślizgacza nowego typu z nakładkami węglowymi z siecią jezdnią. W tym celu na lokomotywie ET22-1137 (fot. 15) zamontowano ślizgacz typu FAN wyposażony w nakładki firmy Morgan Carbon, wykonane z materiału węglowego: MY131 [7]. Chcąc dokonać analizy zachowania się ślizgacza w trakcie jazdy lokomotywy, skonstruowano specjalne urządzenie pomiarowe składające się z foliowych czujników siły typu FlexiForce A201-440 połączonych z modulem pomiarowym, który zbiera dane i dalej, przy pomocy przemysłowych modułów Bluetooth firmy SENA, transmituje je torem radiowym do komputera PC (fot. 16). Tak skonstruowany ślizgacz pomiarowy zamontowany na pantografie, umożliwia pomiar i rejestrację w czasie rzeczywistym sił występujących pomiędzy nakładkami a przewodem jezdnią sieci trakcyjnej (fot. 17).

Dodatkowo w czasie pomiarów sił z wykorzystaniem ślizgacza pomiarowego, dokonywano precyzyjnej rejestracji położenia lokomotywy z wykorzystaniem czujnika GPS. Ponadto za pomocą kamer video jakości HD rejestrowano zachowanie się pantografu i ślizgacza w czasie jazdy.

Tak opomiarowaną lokomotywę z zamontowanymi urządzeniami pomiarowymi dokonano przejazdu na wybranych trasach.

Przykładowy wykres sił pomiędzy nakładkami stykowymi a przewodem jezdnią otrzymany w wyniku rejestracji na wybranym szlaku pomiarowym pokazano na rys. 18.

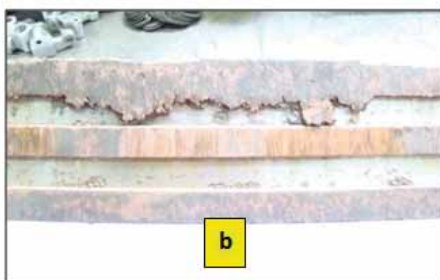
Jak widać z tego wykresu, na badanym szlaku nastąpiło w pewnym momencie znaczne przekroczenie dopuszczalnych wartości sił. W wyniku niewłaściwej współpracy z izolatorem sekcyjnym siły te osiągnęły wartość prawie 1150 N, przy dopuszczalnych wartościach 350 N dla sztywnych elementów sieci trakcyjnej wg TSI Energia [4].

Wnioski

Badania i pomiary węglowych oraz miedzianych nakładek stykowych przeprowadzonych na lokomotywie serii ET-41 podczas eksploatacji pantografów AKP-4E z nowym ślizgaczem pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:



10 a, b. Iskrenie pantografów spowodowane oblodzeniem sieci trakcyjnej



11 a, b, c. Uszkodzenia ślizgacza miedzianego spowodowane wydzielaniem się ciepła w czasie powstania łuku elektrycznego



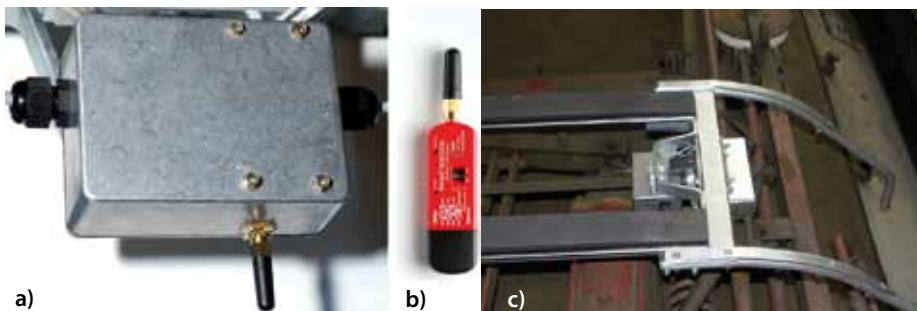
12 a, b, c. Zużycie nakładki węglowej spowodowane wydzielaniem się ciepła w czasie powstania łuku elektrycznego



14. Pozostałości smaru grafitowego na przewodzie jezdnym sieci trakcyjnej: a) - przewód jezdny toru zwrotnego na rozjeździe sieciowym, b) - zacisk przewodu jezdniego.



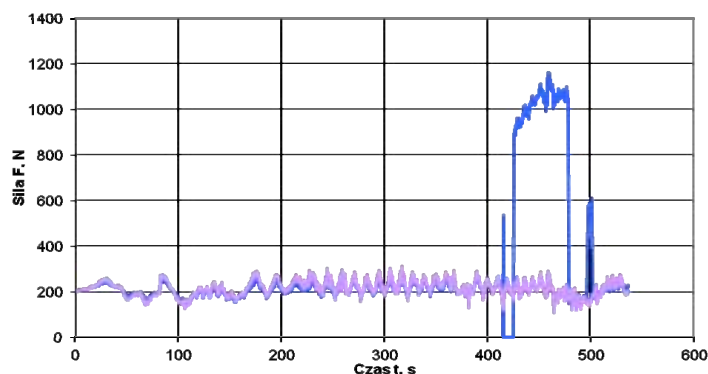
15. Lokomotywa ET-22 z zamontowanym ślizgaczem przed pomiarami



16. Wielokanałowy rejestrator sił: a) moduł pomiarowy, b) moduł Bluetooth, c) rejestrator zamontowany na ślizgaczu pomiarowym



17. Pomiarowy ślizgacz zamontowany na pantografie



18. Przykładowy wykres sił pomiędzy ślizgaczem a przewodem jezdnym

1. W trakcie badań eksploatacyjnych stwierdzono większe liniowe zużycie węglowych nakładek stykowych w porównaniu do nakładek miedzianych.
2. Analizując zużycie liniowe węglowych i miedzianych nakładek stykowych oraz ze względu na różną początkową ich grubość (miedzianych 7 mm, węglowych 20 mm), węglowe nakładki stykowe są 1,7 razy dłużej eksploatowane od miedzianych do czasu wymiany.
3. Z przeprowadzonych badań eksploatacyjnych wynika, że na zużycie węglowych i miedzianych nakładek stykowych mają duży wpływ warunki atmosferyczne (szczególnie oblodzenie i oszronienie przewodu jezdniego). W okresie zimowym zużycie liniowe nakładek węglowych jest kilkukrotnie większe niż w okresie letnim. Tak dużego zwiększenia zużycia nie zaobserwowano w nakładkach miedzianych.
4. Duży wpływ na trwałość nakładek stykowych ma również dynamika oraz styl jazdy maszynisty prowadzącego ciężki skład pociągu, np. ruszanie na bardzo wysokim prądzie rozruchu, zwłaszcza w okresie zimowym. Pobór bardzo dużych prądów rozruchowych powoduje wydzielenie się w punkcie NSPJ dużych ilości ciepła, szczególnie w przypadku stosowania nakładek węglowych.
5. Konieczne jest w przypadku stosowania ślizgaczy z nakładkami węglowymi, szczególnie zwrócenie uwagi na prawidłowy stan techniczny pantografów zgodnie z normą PN-K-91001 [3] oraz utrzymanie sieci trakcyjnej zgodnie z Instrukcją Let-2 [2] w celu zapobieżenia przypadkom uszkodzeń pantografów i sieci trakcyjnej. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Ct-1 Instrukcja dla maszynisty pojazdu trakcyjnego.
- [2] Let-2 Instrukcja utrzymania sieci trakcyjnej. Warszawa 2004 r.
- [3] PN-K-91001 Elektryczne pojazdy trakcyjne. Odbieraki prądu. Wymagania i metody badań.
- [4] Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności, podsystem Energia. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 stycznia 2008 r. Dz.U. z 2008 r. nr 11;
- [5] Ustalenie z spotkania zorganizowane przez PKP PLK S.A. w dniu 8 listopada 2010 roku z Dyrektorem Biura Energetyki Panem Kazimierz Woźniak.
- [6] U641RT4/2011 Badania materiałowe węglowych nakładek ślizgowych wg wymogów PKP PLK S.A. Let-4. Katedra Transportu Szynowego Politechniki Śląskiej w Katowicach 2011 rok.
- [7] U694/RT4/2010 Badania nakładek węglowych MY131 i S4202 Morgan Carbon. Katedra Transportu Szynowego Politechniki Śląskiej w Katowicach 2010 rok.