

Marek Kaniewski

Odbieraki prądu stosowane na europejskiej sieci kolejowej

System zasilania energią elektryczną pojazdów szynowych składa się z podsystemów: urządzenia zasilające (podstacje, kabiny sekcyjne, hamowanie odzyskowe), sieć trakcyjna (sieć jezdna), w skład którego wchodzi górna sieć jezdna i sieć powrotna oraz odbierak prądu (pantograf). Dla zapewnienia interoperacyjności systemu kolejowego konieczna jest standaryzacja rozwiązań technicznych objętych tymi podsystemami.

W Unii Europejskiej zagadnieniom systemu zasilania i powiązaniom tego systemu z innymi poświęcona jest Dyrektywa 96/48 [4] i związana z nią specyfikacja TSI Energia (Technical Specification for Interoperability), normy przedmiotowe (EN) i wymagania dla interoperacyjności. Natomiast tzw. składnikami interoperacyjności (elementy od których zależy bezpośrednio lub pośrednio interoperacyjność transeuropejskiego systemu) są: górna sieć jezdna, pantograf i nakładki stykowe. Dyrektywa zajmuje się również metodyką badań i oceną jakości wzajemnego oddziaływania odbieraka prądu i górnej sieci jezdnej.

Norma europejska EN 50206-1 [1], przyjęta także w Polsce przez PKN, określa, że pantograf to aparat odbierający prąd z jednego lub dwóch przewodów jezdnych. Składa się z ramy podstawy, urządzenia napędowego, ramy przegubowej i ślizgacza. Aparat ten zmienia swoją geometrię. W pozycji pracy jest całkowicie lub częściowo pod napięciem. Jest elektrycznie odizolowany przez interfejs (izolator) od dachu lokomotywy. Umożliwia on przesyłanie prądu z sieci jezdnej do układu elektrycznego pojazdu. W normie krajowej PN-K-91001 [2] odbierak prądu jest definiowany w podobny sposób. Do tej definicji dodana jest informacja, że odbierak prądu to aparat służący do ruchomego połączenia stykowego jednego i więcej przewodów jezdnych.

Podział i budowa odbieraków prądu

Odbieraki prądu współpracujące z górną siecią jezdnią zawieszoną nad torem mają kształt pantografu i w zależności od systemu zasilania oraz wymaganych warunków pracy można podzielić je na:

- symetryczne,
- półówkowe (niesymetryczne).

Konstrukcja pantografu składa się z: ramy podstawy i połączonej z nią lekkiej ramy przegubowej, na której w górnym przegubie jest umieszczony w sposób wahliwy i odsprężynowany ślizgacz lub zespół listew ślizgowych. To ten element współpracuje z przewodami jezdnyimi i tworzy jeden zestaw z przewodem. Różnica w poszczególnych rozwiązaniach odbieraków dotyczy sposobu zawieszenia lub usprężynowania ślizgacza względem górnego przegubu ramy, kształtu ram, sposobu rozwiązania układu napędowego, materiału nakładek stykowych, dodatkowych urządzeń tłumiących i zabezpieczających.

Układ napędowy odbieraka jest urządzeniem, które umożliwia jego pracę. Wytwarza wymaganą stałą lub skokowo zmienną siłę nacisku statycznego ślizgacza na przewody jezdne przez siłę układu rozciągniętych sprężyn lub przez siłę parcia siłownika pneumatycznego (mieszkowego).

Zawieszenie ślizgacza to element odbieraka, który zmniejsza wpływ masy ślizgacza na składową zmienną siłę stykowej. Ślizgacz jest połączony z ramą przegubową za pośrednictwem układu sprężyn spiralnych bądź płaskich. W zależności od wielkości prądu znamionowego odbieraka stosowane są układy jedno- lub dwuślizgaczowe o 2, 3 i 4 nakładkach stykowych. Konstrukcja ślizgacza może być zwarta lub w postaci dwóch listew połączone belką.

Porównując odbieraki półówkowe i symetryczne można zauważyć, że półówkowe mają mniej członów ruchomych i co się z tym wiąże mniej przegubów i mniejszą siłę tarcia. Natomiast siła aerodynamiczna tych odbieraków zależy od kierunku jazdy. W niektórych konstrukcjach, przy dużych prędkościach jazdy jest ona niewystarczająca i wówczas stosuje się specjalne zabiegi zwiększające siłę aerodynamiczną przez dodanie dodatkowego elementu w górnym przegubie lub na ramie przegubowej, bądź okresowe zwiększanie siły stykowej. Cechą ujemną ich jest mniejsza sztywność w kierunku poprzecznym.

Wymagania

Ze względu na wymagania Dyrektywy 96/48 i specyfikacji TSI [4] oraz norm przedmiotowych wymagane jest, żeby odbierak prądu przekazywał prąd z sieci jezdnej do obwodów pojazdu szynowego:

- bez oderwań od przewodów jezdnych,
- unoszenia ich ponad wartość ustaloną,
- jak najmniej zużywał przewód jezdny i własne nakładki stykowe.

Jednocześnie odbierak prądu powinien zapewnić przesył prądu o żądanym natężeniu bez nadmiernego nagrzewania przewodów jezdnych i elementów odbieraka w całym zakresie prędkości jazdy i na postoju, bez różnicy na kierunek jazdy. Powinien on być zdalnie sterowany, a przeznaczony dla największych prędkości jazdy musi mieć urządzenie samoczynnie opuszczające ślizgacz podczas awarii. Wytwarzana przez układ napędowy siła statyczna musi mieścić się w założonym zakresie.

Ze względu na interoperacyjność sieci kolejowych, długość ślizgacza powinna być jedna i wynosić 1600 mm. Obecnie długość ślizgacza w Polsce, Austrii, Hiszpanii, Francji (system DC), Niemczech i Szwecji wynosi 1950 mm. Specyfikacje TSI dopuszcza odstępstwa derogacji w specyficznych przypadkach. Związane jest to z dużymi kosztami przystosowania sieci trakcyjnej do krótszych ślizgów. W efekcie pojazdy trakcyjne przekraczające granice systemów zasilania są wyposażane w dwa lub więcej typów pantografów.

Pantograf musi pracować pod siecią jezdnią zawieszoną na wysokości od 4800 do 6400 mm. Na materiał nakładek stykowych zaleca się węgiel lub węgiel impregnowany (dopuszcza się stosowanie miedzi i jej stopów lub inne materiały, pod warunkiem, że ich właściwości nie są gorsze od materiałów zalecanych).

Odbieraki prądu stosowane na polskiej sieci kolejowej

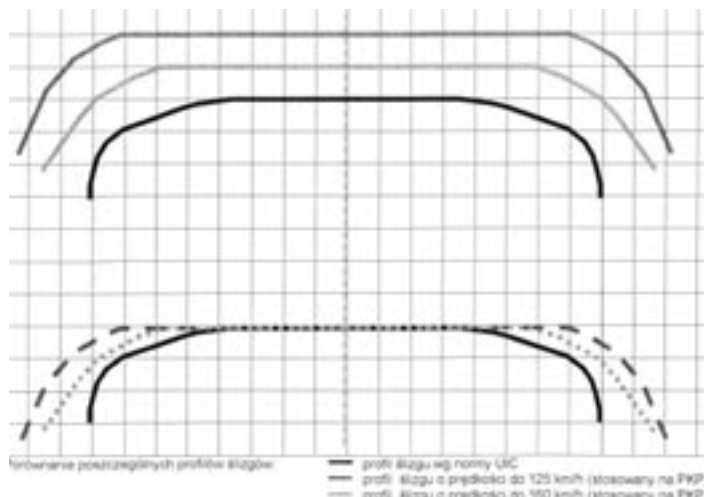
Na dachach elektrycznych zespołów trakcyjnych i lokomotywach spółek PKP stosowane są dwa typy pantografów symetrycznych i dwa typy pantografów półówkowych. Większość z nich (ponad

99%) to pantografy symetryczne AKP4E umieszczone na pojazdach o maksymalnej prędkości jazdy do 120 km/h i 5ZL montowane na pojazdach o maksymalnej prędkości jazdy 160 km/h. Mają one pojedyncze ślizgacze o szerokości 235 mm z trzema lub czterema rzędami nakładek. Ramy przegubowe wykonane są z rur stalowych. Pierwowzorem odbieraka prądu AKP4E był AKP1 zbudowany na bazie angielskiej konstrukcji o symbolu MV1353 (firma Metropolitan Vickers). W Polsce AKP4E jest eksploatowany od początku lat 50. Odbierak 5ZL powstał przez modyfikację zawieszenia ślizgacza i napędu pantografu AKP4E. Prace modyfikacyjne prowadzone były w COBiRTK w latach 1977–1978.

Najnowsza polska konstrukcją (dokumentacja z 1988 r.) to pantograf 55ZW. Jest to odbierak półówkowy o ślizgaczu jak w AKP4E i 5ZL. Górna część ramion przegubowych została wykonana z rur aluminiowych. Sposób zawieszenia ślizgacza jest podobny jak w 5ZL. W Polsce eksploatowanych jest ok. 10 szt. takich odbieraków.

Na lokomotywach serii EU43 i EU11 budowanych dla PKP, a ostatecznie sprzedanych kolejom zagranicznym, były montowane pantografy półówkowe typu WBL 85 3 kV DC firmy Schunk Bahntechnik GmbH. Jest to pantograf półówkowy, o bliźniaczym ślizgaczu składającym się z dwóch listew ślizgowych niezależnie usprężynowanych. Listwy ślizgacza zawieszane są na sprężynach płaskich. Siła statyczna w tym odbieraku jest również wytwarzana przez siłownik mieszkowy.

W celu uzyskania odnośnego świadectwa, z wykorzystaniem lokomotywy serii EU11, badany był również pantograf DSA200



Rys. 1. Profile ślizgaczy

Opr. Z. Szafranski

Tablica 1

Podstawowe dane techniczne odbieraków prądu używanych w spółkach PKP

Parametry	Typ odbieraka prądu			
	AKP4E	5ZL	55ZW	DSA 200 3kV
Rodzaj konstrukcji	symetryczny	symetryczny	półówkowy	półówkowy
Maksymalna prędkość jazdy [km/h]	125	160	160	200
Napięcie systemu zasilania [V DC]	3000	3000	3000	3000
Typ ślizgacza	pojedynczy	pojedynczy	pojedynczy	bliźniaczy
Profil ślizgacza według [2] [mm]	2030	1950	1950	1950
Materiał nakładek ślizgowych	Cu (M1E)	Cu (M1E)	Cu (M1E)	Cu (M1E) **
Liczba nakładek stykowych	3	3	3	2x2
Rodzaj usprężynowania ślizgacza	„mały pantograf”	2 amortyzatory teleskopowe	2 amortyzatory teleskopowe	4 amortyzatory teleskopowe
Maksymalne ugięcie ślizgacza [mm]	—	40	—	55
Długość części roboczej ślizgacza [mm]	1270	1100	1100	1097*
Odległość między listwami ślizgaczy [mm]	—	—	—	580
Minimalna wysokość konstrukcja pantografu bez izolatora [mm]	365	365	365	300±10
Maksymalna wysokość konstrukcyjna pantografu [mm]	2300	2300	2000	2900*
Minimalna wysokość robocza pantografu [mm]	800	800	800	800
Maksymalna wysokość robocza pantografu [mm]	1800	1800	1800	2060
Średni nacisk statyczny [N]	90	90	90	97*
Podwójna siła tarcia [N]	20	20	20	17*
Czas podnoszenia [s]	od 6 do 12	od 6 do 12	od 6 do 12	8 (0–2000 mm)
Czas opuszczania [s]	od 5 do 10	od 5 do 10	od 5 do 10	7 (2000–0 mm)
Układ napędowy	sprężynowy	sprężynowy	sprężynowy	siłownik mieszkowy
Znamionowe ciśnienie w przewodzie pneumatycznym [Pa]	> 4×10 ⁵	> 4×10 ⁵	> 4×10 ⁵	5×10 ⁵ *
Zakres regulacji ciśnienia [Pa]	—	—	—	3,5–7×10 ⁵
Siła utrzymująca [N]	150	200	200	390*
Siła opuszczająca [N]	80	130	130	400*
Prąd znamionowy [A]	800	1200	1200	1800
Maksymalna wartość prądu pobieranego przez odbierak [A]	1200	1800	1800	2600
Masa [kg]	380	380	245	156

* Wartość zmierzona.

** Jest możliwość zastosowania nakładek grafitowych.

3 kV DC firmy Stemmann. Jest to również pantograf połówkowy o bliźniaczym ślizgaczu składającym się z dwóch listew ślizgowych niezależnie usprężynowanych. Ma on ślizgacz zawieszony na amortyzatorach teleskopowych ze sprężynami spiralnymi. Każda z listew jest odsprężynowana niezależnie. Siła statyczna w tym odbieraku jest wytwarzana przez siłownik mieszkowy. Od marca 2002 r. na lokomotywie EP09-43 zamontowane są dwa pantografy DSA 200 3 kV DC o ramie podstawy przystosowanej do rozstawu izolatorów stosowanego w spółkach PKP. Po rocznych testach odbieraki są eksploatowane w normalnej pracy lokomotywy.

Podstawowe dane wymienionych pantografów podano w tabelicy 1.

Odbieraki prądu stosowane w innych kolejach europejskich Faiveley

Firma Faiveley produkuje rodzinę odbieraków o symbolach SX, AX, AL, CX i GPU. Różnią się one między sobą zakresem dopuszczalnej prędkości jazdy i wielkością przesyłanego prądu. Wszystkie odbieraki mają konstrukcję pantografu połówkowego i można je stosować do wszystkich systemów zasilania prądu stałego i przemiennego. Są wykonane zgodnie z wymaganiami EN 50206-1 [1] i spełniają narzucone tam warunki.

Za pomocą pantografu SX można zasilać elektryczne lokomotywy i zespoły trakcyjne prądem do 3200 A. Maksymalna prędkość jazdy wynosi 160 km/h, a po adaptacji – 200 km/h. Odbierak ten może zmieniać siłę nacisku stykowego w zależności od prędkości jazdy i kierunku jazdy. Gdy zostanie przekroczona wartość progowa prędkości, siła ulega skokowej zmianie. Czynność ta dokonywana jest automatycznie.

Pantografy AX i CX mają zmieniony kształt ślizgacza w stosunku do SX. Maksymalna prędkość jazdy dla AX wynosi 220 km/h, a dla CX 300 km/h. Maksymalna wartość prądu to 2500 A. Stosowane są w wielu lokomotywach francuskich i pociągach Pendolino ETR 460. Pantograf CX może współpracować z urządzeniem IPCU, które reguluje siłę stykową przez sprzężenie zwrotne z siłownikiem mieszkowym.

Odbierak AL cechuje się oryginalną konstrukcją, ma cztery górne ramiona przegubowe wykonane z aluminium i dwa ślizga-

cze o klasycznej budowie. Stosowany jest do lokomotyw systemu prądu stałego 1,5 kV, gdzie wymagany jest duży pobór prądu.

Pantograf GPU to najnowsza konstrukcja. Ślizgacz mocowany jest na ramie przegubowej na jednym amortyzatorze teleskopowym ustawionym centralnie. Maksymalna prędkość jazdy wynosi 300 km/h (przy jego pomocy bito rekord SNCF – 515,3 km/h). Maksymalny prąd – 2500 A. Podstawowe parametry pantografów zawarto w tabelicy 2.

Stemmann

Firma Stemmann-Technik GmbH i związana z nią Stemmann-Polska produkuje rodzinę odbieraków o symbolach DSA200, DSA250, DSA350 SEK, DSA350 R, DSA350 G, DSA380 F i DSA 380 D. Pierwowzorem ich był pantograf zaprojektowany przez firmę „Dornier” DSA350 S na zamówienie niemieckiego Ministerstwa Badań Naukowych i Technologii. Jest to odbierak połówkowy. Układem napędowym jest siłownik mieszkowy. Ślizgacz stanowi zespół dwóch listew ślizgowych pokrytych węglem (dla systemu 3 kV DC zastosowano miedź) zawieszonych na czterech amortyzatorach bądź poziomej belce ze sprężynami spiralnymi ukrytymi w niej [8].

Pantografy spełniają wymagania EN 50206-1 [1]. Maksymalna prędkość jazdy dla pantografu DSA350 D wynosi 330 km/h, przy poborze prądu 1000 A dla systemu 25 kV AC i 2400 A dla systemu 3 kV DC. W 1988 r. przy jego pomocy ustanowiono rekord prędkości jazdy na DB – 406 km/h. Stosowane są na wielu lokomotywach DB, jednostkach ICE 1, ICE2, ICE3 i Pendolino S220. Ostatnio używany jest również w Chinach. Podstawowe parametry pantografów podano w tabelicach 1 i 2.

Badania odbieraków prądu

Odbieraki prądu 5ZL i 55ZW stosowane w PKP zostały poddane badaniom w CNTK. Po ich wykonaniu stwierdzono, że współpraca tych odbieraków z sieciami trakcyjnymi jest poprawna do prędkości jazdy 160 km/h.

W opracowaniach [5] i [6] podano wyniki badań stanowiskowych i poligonowych pantografów typu WBL 85 3 kV DC i DSA200 3 kV DC przy wykorzystaniu lokomotywy EU11. Odbieraki te współpracowały z siecią trakcyjną na Centralnej Magi-



Fot. 1. Odbierak typu SX Faiveley



Fot. 2. Odbierak typu DSA200 Stemmann

Podstawowe dane techniczne europejskich pantografów

Parametry	Typ odbieraka prądu				
	DSA 350/380	SX	AX lub CX	AL	GPU
Rodzaj konstrukcji	Połówkowy	Połówkowy	Połówkowy	Połówkowy	Połówkowy
Maksymalna prędkość jazdy [km/h]	280 (DSA350), 330 (DSA380) 406 (rekord)	160, 200 (modyfik.)	200 (AX) 300 (CX)	200	300 (25 kV) 270 (1,5 kV) 515,3 (rekord)
Napięcie systemu zasilania [kV]	15 i 25 (AC)		1,5 i 3 (DC); 15 i 25 (AC)		
Typ ślizgacza	Bliźniaczy	Bliźniaczy	Bliźniaczy	Dwa ślizgacze	Jeden ślizgacz
Profil ślizgacza pantografu [mm]	1950 ('350SEK, '380D, '350R, '350G), 1450 ('380F)	1600 wg [4]	1600 wg [4]	—	—
Materiał nakładek ślizgowych	Grafit	Grafit	Grafit	—	—
Liczba nakładek stykowych	2	2×4	2	2×4	2
Rodzaj sprzężnowania ślizgacza	Sprężyny spiralne lub 4 amortyzatory teleskopowe	2 lub 4 amortyzatory teleskopowe	4 amortyzatory teleskopowe	4 amortyzatory teleskopowe	1 amortyzator teleskopowy
Maksymalne ugięcie ślizgacza [mm]	60 (DSA200)	—	—	—	150
Odległość między listwami ślizgaczy [mm]	380 ± 2 (DSA350SVR) 580 ± 2 (pozostałe)	—	—	250	—
Minimalna wysokość konstrukcyjna pantografu [mm]	540 (z izolatorem)	390 (bez izolatora)	—	354 (bez izolatora)	474 (bez izolatora)
Maksymalna wysokość konstrukcyjna [mm]	3000	2600	—	2600	2800
Minimalna wysokość robocza pantografu [mm]	1100 840 ('350SVR)	—	—	700	—
Maksymalna wysokość robocza pantografu [mm]	2800 3000 ('350SVR)	2500	—	2400	—
Średni nacisk statyczny [N]	od 60 do 140 ('350G) od 70 do 120 (pozostałe)	Dwustanowy w zależności od prędkości	—	max 300 (ze ślizgaczem)	max 240 (ze ślizgaczem)
Czas podnoszenia [s]	5 (DSA200)	—	—	—	6–10
Czas opuszczania [s]	4 (DSA200)	—	—	—	6–11
Układ napędowy	Siłownik mieszkowy	Siłownik mieszkowy	Siłownik mieszkowy	Zespół sprężyn i siłownik	Zespół sprężyn i siłownik
Znamionowe ciśnienie w przewodzie pneumatycznym [Pa]	—	5×10 ⁵	5×10 ⁵	5,2×10 ⁵	—
Zakres regulacji ciśnienia [Pa]	od 3,4 do 4,6×10 ⁵	—	od 1,5 do 5,5×10 ⁵	od 5,2 do 10×10 ⁵	od 7 do 10×10 ⁵
Urządzenie automatycznego opuszczania	+	+	+	+	+
Masa [kg]	100 ('350SVR), 106 ('350SEK, 380F, 350R), 109 ('380D), 125 ('350G)	120/139	105	225	229
Prąd znamionowy [A]	2400 ('350G) 1000 (pozostałe)	—	—	5000 (z 8 nakładkami ślizgowymi)	1500 (z 2 nakładkami węglowymi), 2000 (z 4 nakładkami metalowymi)
Maksymalna wartość prądu pobieranego przez odbierak [A]	—	3200	2500 (DC)	6000	2500

strali Kolejowej typu 2C120-2C. Maksymalna prędkość jazdy wynosiła 220 km. Próby nagrzewania nakładek ślizgowych przeprowadzono w normalnych warunkach eksploatacyjnych. Maksymalny prąd pobierany przez lokomotywy wynosił odpowiednio: dla WBL 85 – 1932 A (chwilowy pobór mocy – 5,79 MW), dla DSA200 – 2679 A (chwilowy pobór mocy – 7,5 MW). Otrzymano przyrosty temperatur odpowiednio: 58°C i 91°C. Jakość wzajemnego oddziaływania pantografów z siecią trakcyjną przy maksymalnej prędkości jazdy była dobra. Wynik badań obu typów odbieraków był pozytywny.

Od marca 2002 r., przez rok, PKP CARGO S.A. prowadziło testy eksploatacyjne dwóch pantografów DSA 200 3 kV DC na lokomotywie EP09-43. Po zakończeniu testów stwierdzono, że:

- zużycie nakładek miedzianych było 2–3 razy mniejsze niż dla pantografu 5ZL (nakładki wymieniono, gdy lokomotywa przejechała 120 tys. km);

- wykazują mniejszą podatność na uszkodzenia w stosunku do pantografów 5ZL;
- w trakcie eksploatacji lokomotywy nie było przypadku uszkodzenia uniemożliwiającego dalszą jazdę lokomotywy;
- naprawa oraz bieżąca konserwacja jest prosta, mało pracochłonna i nie nastęrcza trudności pracownikom zakładu taboru. PKP CARGO oceniło test pozytywnie i stwierdziło, że pantografy w pełni odpowiadają wymaganiom eksploatacyjnym.

Najnowsze tendencje w budowie odbieraków prądu

Pantografy montowane na lokomotywach wybudowanych w Europie w czasie ostatnich 8 lat, bez różnicy na system zasilania (25 kV, 15 kV, 3 kV DC i 1,5) i moc lokomotywy (od 6,5 do 2,7 MW), mają odbieraki połówkowe [7]. Napędem jest siłownik mieszkowy, który wytwarza siłę statyczną zmienianą skokowo w funkcji prędkości jazdy. Może również służyć do regulacji war-



Fot. 3. Odbierak typu WBL Schunk



Fot. 4. Odbierak typu DSA200 Stemann na lokomotywie EP09-043

tości siły stykowej. Pantografy muszą mieć urządzenie zapewniające automatyczne opuszczanie ślizgacza, gdy nastąpi uszkodzenie jego elementu (A.D.D. według [1]). Pantograf musi mieć jak najmniejszą masę całkowitą, zwłaszcza małą masę nieodsprężynowaną, współpracującą z przewodami jezdnyymi.

Prace związane z rozwojem konstrukcji odbieraków prądu, związane ze zwiększoną prędkością jazdy i zwiększoną wartością prądu odbieranego przez lokomotywy, prowadzą do odbieraka kolumnowego, aktywnego z samoczynnie regulowaną siłą stykową. Taki odbierak, oprócz dobrej współpracy pantografu z siecią trakcyjną, ma również mały opór aerodynamiczny i wydajnie ogranicza hałas wywołany opływem powietrza. Będzie również mniej zakłócać środowisko falami elektromagnetycznymi.

Podsumowanie

Najczęściej uszkodzeniu w pantografach eksploatowanych przez spółki PKP ulega ślizgacz lub ślizgacz i ramiona przegubowe pantografu. Na fotografii 5 pokazano zakres uszkodzeń odbieraka 5ZL przy kolizji z elementami sieci jezdnej (prędkości jazdy 140–160 km/h). W takich przypadkach rama podstawy pozostaje nie-

naruszona, a odbierak można odbudować. Proces ten praktycznie może trwać bez końca i jest doraźnie najtańszy. Stosowane przez spółki PKP pantografy poziomem technicznym zbliżone są do rozwiązań z lat 50–70 i pozostają daleko za najlepszymi osiągnięciami europejskimi. Obecnie standardem staje się odbierak półówkowy, o układzie napędowym w postaci siłownika mieszkowego, ślizgaczu bliźniaczym, listwach z nakładkami węglowymi impregnowanymi (dla systemu 3 kV DC). W niedalekiej przyszłości będzie to pantograf aktywny o praktycznie stałej sile stykowej. Stosowanie takiego pantografu wymusi nowa lokomotywa, którą zamierzają kupić spółki PKP. Zastosowanie nowych konstrukcji do istniejących lokomotyw poprawi jakość współpracy odbieraków prądu z siecią jezdnią, zmniejszy ich awaryjność i zużycie nakładek stykowych.



Fot. 5. Uszkodzony odbierak prądu typu 5ZL, listwy ślizgaczu ulegają uszkodzeniu podczas silnych oblodzeń sieci trakcyjnej (ślizgacze innych pantografów też ulegają uszkodzeniu w podobnych warunkach)



Literatura

- [1] PN EN 50206-1 (U). *Zastosowania kolejowe – Tabor – Pantografy. Charakterystyki i badania. Część 1: Pantografy pojazdów linii głównej (Railway applications - Rolling stock Pantographs: Characteristics and tests Part 1: Pantographs for main line vehicles)*.
- [2] PN-K-91001. *Elektryczne pojazdy trakcyjne. Odbieraki prądu. Wymagania i badania*.
- [3] PN IEC 50811. *Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki*. Kwiecień 1997.
- [4] *Dyrektywa 96/48 i TSI, v.12 09-2002*.
- [5] Kaniewski M.; *Badania dynamiczne i eksploatacyjne odbieraka prądu typu DSA 200*. CNTK. Warszawa, październik 2000 r.
- [6] Kaniewski M.; *Badania lokomotywy EU11. Badania dynamiczne odbieraka prądu WBL85 3 kV DC oraz próby nagrzewania*. CNTK. Warszawa, wrzesień 2000 r.
- [7] Wolfram T.; *Elektryczne lokomotywy pociągowe – stan rozwoju*. Technika Transportu Szynowego 11/2003.
- [8] Stach M., Cichoński M.; *Odbieraki prądu firmy Stemann*. Technika Transportu Szynowego 10/2003.

Autor

mgr inż. Marek Kaniewski

Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa