

Marek Kałas

Niezawodność pracy sieci trakcyjnej a nowe rozwiązania konstrukcyjne

Artykuł przedstawia podstawowe konstrukcyjne elementy trakcyjnej sieci kolejowej. Poszczególne elementy kojarzone są z charakterystycznymi uszkodzeniami sieci trakcyjnej. Sklasyfikowane zostały przyczyny uszkodzeń i ich następstwa. Prawie każde uszkodzenie sieci trakcyjnej powoduje przerwę w zasilaniu i spadek wskaźników niezawodności. Aby do takich zdarzeń nie dochodziło należy poszukiwać rozwiązań technicznych i organizacyjnych, które ograniczą liczbę występujących awarii do minimum (bo nie da się ich całkowicie wyeliminować), co wpłynie na wzrost niezawodności eksploatacyjnej. Celowe jest wykorzystywanie osiągnięć inżynierii materiałowej i wprowadzanie do eksploatacji nowych konstrukcji i materiałów. Ważne jest również stosowanie zautomatyzowanych systemów pomiarowych do diagnostyki sieci trakcyjnej. W artykule zaprezentowano kilka rozwiązań, które są wdrażane do eksploatacji obserwowanej. Wnioski z eksploatacji nowych rozwiązań mogą zostać wykorzystane do sformułowania wymagań wobec parametrów eksploatacyjnych sieci trakcyjnej, co przyczyni się do wzrostu jej niezawodności.

Wstęp

Nieodłącznym elementem współczesnej linii kolejowej jest sieć trakcyjna wraz z mocnym i skutecznym układem jej zasilania. Obecnie, w obliczu wzrastających oczekiwań klientów korzystających z infrastruktury kolejowej, dążymy do tego by jeździły pociągi cięższe i z wyższą prędkością. Istotną staje się jakość sieci trakcyjnej. Zakładając wzrost ilości przewożonych towarów oraz liczby pasażerów, korzystających z ofert przewoźników kolejowych niezawodność pracy sieci trakcyjnej staje się istotnym czynnikiem warunkującym ciągłą dostępność linii kolejowej dla eksploatacji. Istotne jest spojrzenie na ten składnik infrastruktury kolejowej, pod kątem zapewnienia wysokiej sprawności, odporności na uszkodzenia co w efekcie przekłada się na zapewnienie jej niezawodności, inaczej gotowości do pracy, i tym samym utrzymanie ciągłości zasilania odbiorców energii elektrycznej trakcyjnej jakimi są przewoźnicy kolejni [2, 4]. Jednym z głównych celów wprowadzania interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej jest wzrost niezawodności linii kolejowej [3] poprzez zapewnienie właściwej współpracy taboru z torem kolejowym.

1. Problemy w eksploatacji sieci trakcyjnej

Istotna jest analiza czynników, które wpływają na obniżenie niezawodności sieci trakcyjnej w trakcie jej eksploatacji.

Sieć trakcyjna kolejowa jest z jednej strony linią średniego napięcia 3 kV przesyłającą energię elektryczną trakcyjną z podstacji trakcyjnej do odbiorników elektrycznych jakimi są pojazdy trakcyjne. Z drugiej strony jest specyficznym układem elektromechanicznym, który ma również umożliwić właściwe przekazanie energii do poruszającego się pojazdu za pośrednictwem odbieraka prądu [5]. W związku z takim charakterem sieci trakcyjnej, możemy wyróżnić w niej następujące, podstawowe elementy:

- ♦ przewody jezdne;
- ♦ liny nośne;
- ♦ wieszaki;
- ♦ izolatory wsporcze i odciągu;

- ♦ osprzęt (ramiona, wysięgniki, odciągi);
- ♦ konstrukcje wsporcze;
- ♦ fundamenty konstrukcji;
- ♦ urządzenia naprężające.

Innymi elementami związanymi z siecią trakcyjną i mającymi związek z niezawodnością jej pracy są:

- ❖ odłączniki sieci trakcyjnej;
- ❖ napędy odłączników sieci trakcyjnej;
- ❖ system sterowania odłącznikami (linie sterownicze, szafy USb-2, systemy informatyczne).

Każdy z wyżej wymienionych elementów może ulegać uszkodzeniom i wpływać na niezawodność pracy sieci trakcyjnej. Uszkodzenia te, można sklasyfikować w następujący sposób:

- zerwania przewodów jezdnych;
- zerwania liny nośnej;
- zerwania wieszaków;
- pęknięcia izolatorów;
- zużyty osprzęt sieci trakcyjnej;
- złamania/przechylenia konstrukcji wsporczych;
- pękanie fundamentów konstrukcji;
- rozregulowanie sieci trakcyjnej (zbyt duży odsuw, zbyt duże pochYLENIE);
- awarie urządzeń naprężających;
- awarie odłączników sieci trakcyjnej;
- awarie związane z układem sterowania odłącznikami sieci trakcyjnej, uniemożliwiające właściwe sekcjonowanie zasilania odcinków sieci trakcyjnej.

Uszkodzenia sieci trakcyjnej wynikać mogą również z interakcji z pantografem podczas poboru prądu [5, 11]. Wówczas można wyróżnić dwa charakterystyczne obszary współpracy tych elementów:

- izolatory sekcyjne;
- przewody jezdne na styku z odbierakiem prądu.

Dla tych obszarów uszkodzenia wpływające na niezawodność sieci trakcyjnej można sklasyfikować następująco:

- ♦ uszkodzenia izolatorów sekcyjnych (wynikające z niewłaściwego wyregulowania położenia w sieci trakcyjnej) lub niewłaściwych parametrów (nacisk, szerokość lub uszkodzenia nakładek stykowych) odbieraków prądu [11];
- ♦ przepalenia elektryczne, zerwania przewodów jezdnych (wynikające z niewłaściwej techniki jazdy – intensywny rozruch, zbyt duży prąd na postoju, odrywanie się odbieraka od przewodów z powodu zbyt małego nacisku);
- ♦ wplątanie wieszaków (wynikające z przepaleń lub wypięć);
- ♦ uszkodzenie podwieszów sieci trakcyjnej przez odbieraki prądu (zbyt duży nacisk).

Możemy zidentyfikować jeszcze inną grupę przyczyn uszkodzeń. Są to między innymi:

- ❖ wyładowania atmosferyczne;
- ❖ przewrócone na sieć trakcyjną drzewa (wskutek silnych wiatrów);
- ❖ wykolejenia taboru połączone z kolizją z konstrukcjami wsporczymi;
- ❖ kradzieże elementów sieci trakcyjnej;
- ❖ zarzutki elementów obcych na sieć trakcyjną;

- ❖ oblodzenia i oszronienia sieci trakcyjnej (wywołujące łuk elektryczny);
- ❖ niewłaściwe sekcjonowanie sieci trakcyjnej skutkujące długotrwałymi przeciążeniami.

Wszystkie wymienione powyżej aspekty zmniejszenia przez sieć trakcyjną niezawodności jej pracy poza kradziejami uważane są za techniczne. Związane z jej konstrukcją, eksploatacją i obszarem, na którym została zabudowana. Analizując głębiej to zagadnienie, można postawić tezę, że jest wysoce prawdopodobne, iż zdarzenia te mają charakter wtórny w stosunku do przyczyn uszkodzeń natury organizacyjnej (systemowej) związanej ze strategią ciągłego utrzymania i eksploatacji.

Poniżej lista przyczyn organizacyjnych, które mogą mieć wpływ na niezawodność sieci trakcyjnej:

- ◆ niedostateczny proces utrzymaniowy (małe nakłady finansowe, konieczność nadrabiania zaległości remontowych z poprzednich lat, zróżnicowane czasokresy zabiegów utrzymaniowych – przeglądów, oględzin, obchodów);
- ◆ zbyt długi czas życia budowli sieci trakcyjnej (wiek powyżej 50 lat);
- ◆ niedostateczna diagnostyka stanu technicznego – system wykonywania pomiarów, który w niezadawalającym stopniu pozwala na prognozowanie przydatności do eksploatacji;
- ◆ niedobór lub brak narzędzi do oceny wpływu dynamicznego oddziaływania pojazdu trakcyjnego na sieć trakcyjną.

W zakresie systemu diagnozowania i oceny stanu technicznego, który powinien umożliwić zapobieganie występowaniu awarii i prognozowaniu procesu zużycia dla niektórych elementów sieci trakcyjnej, koniecznym wydaje się dokonanie analizy pod kątem:

- ❖ częstotliwości wykonywanych zabiegów utrzymaniowych;
- ❖ jakości wykonywanych zabiegów utrzymaniowych;
- ❖ metod wykonywania pomiarów eksploatacyjnych;
- ❖ metod wykonywania oceny stanu technicznego elementów takich jak konstrukcje wsporcze stalowe lub betonowe, izolatorów ceramicznych po wieloletnim okresie eksploatacji;
- ❖ skuteczności identyfikacji „słabych punktów” sieci trakcyjnej narażonych szczególnie na uszkodzenia i wymagających natychmiastowej interwencji służb utrzymaniowych.

W świetle przedstawionej powyżej klasyfikacji samych uszkodzeń sieci trakcyjnej, jak i przyczyn, które do nich doprowadzają należy stwierdzić, że ich pojawianie się pomimo podejmowania działań zapobiegawczych będzie miało charakter losowy. Stosowanie środków zaradczych niewątpliwie wpłynie na częstość ich pojawiania się, co bezpośrednio przełoży się na zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia zakłóceń w przewodzeniu ruchu pociągów z powodu zdarzeń związanych z uszkodzeniem sieci trakcyjnej. Stosowanie tych środków nie pozwoli na dokładne przewidzenie lokalizacji takiego zdarzenia, może jedynie mieć wpływ na określenie obszarów, na których konkretnie zdefiniowane zdarzenia nie będą miały miejsca lub prawdopodobieństwo ich wystąpienia będzie bliskie zeru. Losowość zdarzenia i jego lokalizacji można uzasadnić tym, że:

- ◆ ruch pociągów prowadzony jest w oparciu o rozkład jazdy, którego zmienności w czasie nie można pominąć;
- ◆ ruch pociągów obejmuje różne typy pojazdów o odmiennych wymaganiach eksploatacyjnych i wyposażeniu (szczególnie istotne są typy odbieraków prądu);
- ◆ technika prowadzenia pociągu zależy indywidualnie od prowadzącego pojazd oraz ukształtowania terenu i panujących, konkretnych warunków atmosferycznych (wiatr, opady, wzniesienie, masa pociągu);

- ◆ infrastruktura wzdłuż linii kolejowych jest zróżnicowana pod względem długości okresu eksploatacji (mającego związek z procesami takimi jak: starzenie i zużycie eksploatacyjne).

Ocena zmienności niezawodności sieci trakcyjnej lub jej całkowitej utraty powinna obejmować również wpływ warunków pogodowych. W powyższym świetle należy zwrócić uwagę na jej charakterystykę latem i zimą. Szczególnymi przyczynami zatrzymania ruchu są tutaj przepalenia i oblodzenia. W takim ujęciu większe problemy eksploatacyjne sprawia pora zimowa.

Zima jest trudnym okresem dla urządzeń sieci trakcyjnej. Ujemne temperatury i obfite opady mokrego śniegu są ogromnym utrudnieniem w jej normalnej eksploatacji i bardzo często są główną przyczyną jej uszkodzeń. Kilkunastostopniowe mrozy są szczególnie niebezpieczne dla izolatorów, na których jest zawieszona sieć trakcyjna. Obecnie większość sieci trakcyjnych na zelektryfikowanych liniach kolejowych wyposażona jest w izolatory ceramiczne. Ujemne temperatury mają na nie szkodliwy wpływ na dwa sposoby:

- po pierwsze na skutek właściwości fizycznych związanych z rozszerzalnością termiczną, pod wpływem mrozu, znacząco wzrastają w nich naprężenia wewnętrzne, przez co ceramika staje się bardziej wrażliwa na udary mechaniczne (uderzenia, szarpnięcia), bardziej krucha i podatna na pęknięcie;
- po drugie występują okresy z częstymi przejściami temperatury powietrza przez zero, w dzień jest odwilż, a w nocy temperatura spada dużo poniżej zera. Woda z roztopów, przy dodatniej temperaturze w dzień, dostaje się we wszystkie możliwe szczeliny, mikropęknięcia izolatora i jego okuć, a w nocy zamrażając powoduje rozsadzanie tych elementów.

Śnieg, jeżeli jest mokry, przywiera do lin i przewodów jezdnych, a pod wpływem mrozu zamienia się w lód. Stanowi on dodatkowe obciążenie dla sieci trakcyjnej i ma bardzo negatywny wpływ na jej współpracę z pantografem. Marzący śnieg może być również przyczyną blokowania się łożysk i przegubów urządzeń naprężających. Ich właściwa praca ma istotny wpływ na sprawne funkcjonowanie sieci trakcyjnej. Decydują one o właściwym naprężeniu lin nośnych i przewodów jezdnych oraz elastyczności całej sieci trakcyjnej. Przy skrajnie niekorzystnych warunkach pogodowych może dojść do całkowitego oblodzenia sieci trakcyjnej, co wstrzyma jakikolwiek ruch pociągów trakcją elektryczną z powodu braku możliwości przepływu prądu pomiędzy przewodami jezdny a odbierakiem prądu. Takie zdarzenia miały już miejsce na odcinkach linii kolejowych. Mżawka i mróz, w krótkim czasie obładzały bardzo długie odcinki sieci trakcyjnej. Warstwa lodu była tak gruba, że konieczne było ręczne odrywanie go od sieci.

Sieć trakcyjna jest urządzeniem liniowym obejmującym bardzo duży obszar, dlatego walka z niekorzystnymi zjawiskami w zimie jest niezmiernie trudna. Niemniej jednak podejmowane są wszelkie dostępne środki, aby wpływ tych zjawisk na utrzymanie ciągłości zasilania pociągów był jak najmniejszy. Środki te możemy podzielić na dwa rodzaje: techniczne i organizacyjne.

Środki techniczne:

1. Częstsze objazdy szlaków pociągiem sieciowym obejmujące ręczne oczyszczenie sieci z nagromadzonego śniegu i lodu.
2. Jazda pociągów z podniesionymi dwoma pantografami, przy czym pierwszy z nich od strony kierunku jazdy nie powinien pobierać prądu.
3. Tzw. „przecieranie sieci” – w przypadku dużych odstępów czasowych pomiędzy przejazdem kolejnych pociągów rozkładowych stosuje się dodatkowy przejazd samej lokomotywy elektrycznej, która ma za zadanie pantografem oczyścić sieć

i jednocześnie uniemożliwić nagromadzenie się na niej większej ilości lodu.

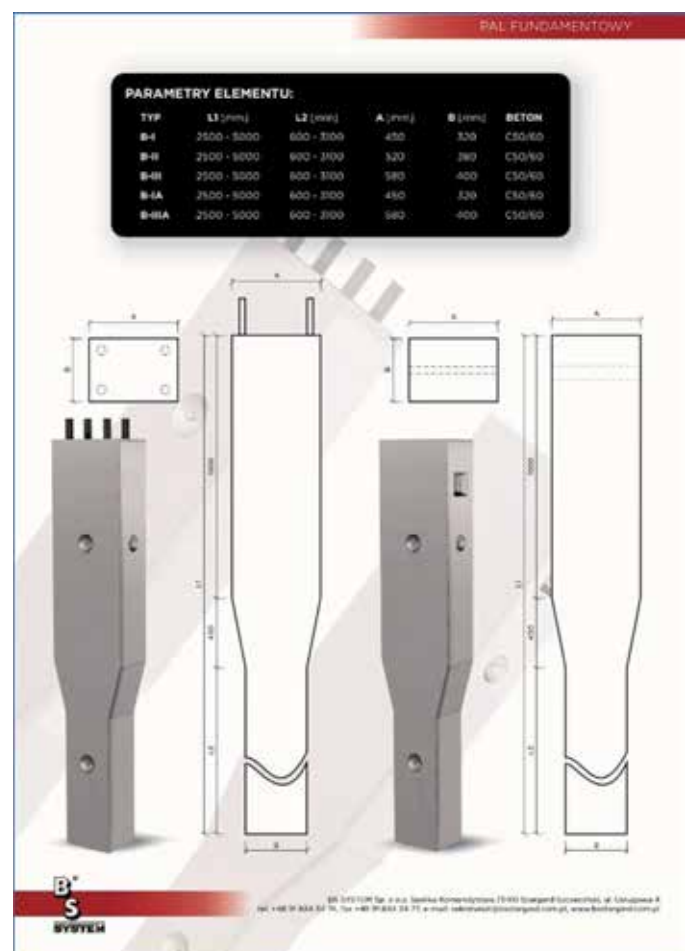
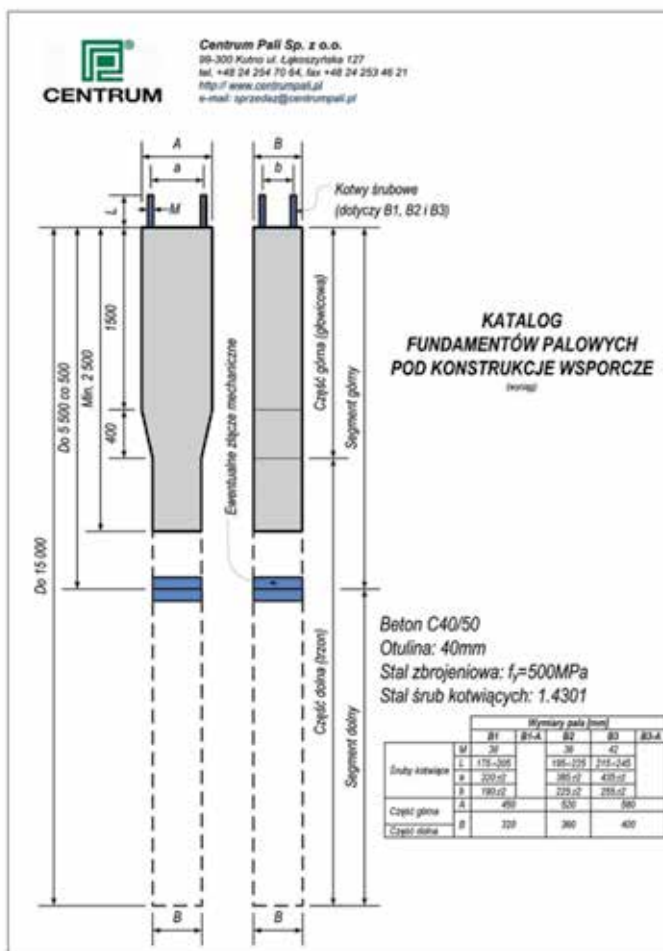
Środki organizacyjne:

1. Częstsze obchody zelektryfikowanych linii kolejowych mające na celu obserwację sieci trakcyjnej, jej oblodzenia, ośnieżenia izolatorów, stanu urządzeń naprzężających (położenie ciężarów, naciąg lin, oblodzenie przegubów i łożysk).
2. Zalecenie dokładnej obserwacji sieci trakcyjnej przez maszynistów wszystkich przejeżdżających pociągów i natychmiastowe powiadomienie najbliższego dyżurnego ruchu o wszelkich zaobserwowanych nieprawidłowościach.

Zagadnieniem oblodzenia sieci trakcyjnej zajmują się różne firmy, które starają się wyeliminować tą uciążliwość. Dwa najciekawsze sposoby to: smarowanie przewodów jezdnich (djp) sieci preparatami chemicznymi, które mają uniemożliwić osadzanie się grubej warstwy lodu, oraz elektryczne ogrzewanie sieci trakcyjnej uniemożliwiające powstawanie osadów lodu i szadzi [10]. O ile smarowanie sieci trakcyjnej preparatami jest już stosowane na niektórych odcinkach linii kolejowych, o tyle rozwiązania techniczne dotyczące sposobów ogrzewania sieci trakcyjnej, nie są w Polsce stosowane. W związku z tym, nieznaną jest ich skuteczność i efektywność ekonomiczna.

Na Politechnice Warszawskiej został opracowany system odładzania polegający na wykonaniu instalacji podgrzewającej sieć trakcyjną prądem okrężnym [8]. Urządzenie generujące prąd o wymaganych parametrach zasilane jest bezpośrednio z sieci trakcyjnej. Zasada pracy tego urządzenia opiera się na

utworzeniu z sieci trakcyjnej, obwodu umożliwiającego przepływ prądu stałego, jednokierunkowego o regulowanej wartości tak, aby temperatura sieci utrzymywała się w przedziale od $+1,5^{\circ}\text{C}$ do $+2,0^{\circ}\text{C}$. Zastosowanie przekształtnika i czujników temperatury na sieci trakcyjnej pozwala na dokładną regulację prądu w zależności od rzeczywistej temperatury. Zużycie energii elektrycznej na nagrzewanie sieci jest ograniczone do niezbędnego minimum. Niewątpliwą zaletą takiego rozwiązania jest to, że 100% energii elektrycznej zużywane jest na nagrzewanie sieci trakcyjnej. W rozwiązaniach wykorzystujących wymuszenie rezystorowe [12] od 60% do 90% energii „wytracane” jest poza siecią trakcyjną, na rezystorach. Relatywnie małe zużycie energii elektrycznej w tym rozwiązaniu przypuszczalnie powinno pozwolić na eksploatację „urządzenia odładzającego” nie tylko w trybie wytopiania powstałego już lodu (w przypadku opóźnienia w załączeniu), ale również w trybie pracy ochronnej (ciągłej) skutkującej utrzymaniem stałej, dodatniej temperatury sieci trakcyjnej, uniemożliwiającej powstawanie osadów szadzi i lodu. Nieodłącznym elementem tej instalacji wygrzewającej sieć trakcyjną jest dedykowany system monitorowania temperatury sieci trakcyjnej w celu sterowania pracą tych urządzeń oraz system sterowania, który musi być zintegrowany z istniejącym i funkcjonującym systemem sterowania pracą podstacji trakcyjnych. Wykonanie instalacji prototypowej na eksploatowanej sieci trakcyjnej umożliwi wykonanie dalszych pomiarów, prób i wydanie oceny skuteczności tego rozwiązania oraz oszacowanie kosztów eksploatacji systemu.



Rys. 1. Przykładowe fundamenty palowe na podstawie danych katalogowych [14, 15]

2. Nowoczesne rozwiązania techniczne

Nowe rozwiązania techniczne i materiałowe, które są lub będą wprowadzane do eksploatacji w sieci trakcyjnej powinny poprawiać jej parametry eksploatacyjne i wpływać na podniesienie niezawodności jej pracy. Poniżej krótki przegląd wybranych elementów wraz z oczekiwaniami jakie są z nimi związane.

2.1. Fundamenty palowe

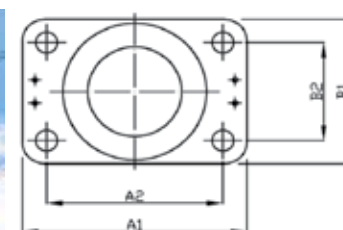
Stosowanie fundamentów palowych największe zalety ujawnia podczas procesu ich zabudowy. Technologia wbijania ich w grunt, bez konieczności wykonywania wykopów i późniejszego ich zagęszczania przyczynia się do szybkości realizacji inwestycji. Równocześnie nie zachodzi konieczność wywożenia i składowania ziemi zastąpionej przez fundament prefabrykowany. Właściwe dobranie długości pala uwzględniające właściwości gruntu, sił oddziałujących na słup w tej lokalizacji (łuk czy prosta), w którym zostaje posadowiony, daje gwarancję stabilności tej konstrukcji i długotrwałe utrzymywanie pozycji pionowej. „Na tle zastosowań światowych ciekawie wygląda udokumentowana historia zastosowań pali prefabrykowanych na ziemiach polskich. Przykładem ich stosunkowo wczesnego wykorzystywania jest budowa w latach 1902–1907 fundamentów podpór zalewowych mostu przez San w Radymnie posadowionych na wbijanych palach żelbetonowych prefabrykowanych o wymiarach 30x 30 cm. Pale po odkopaniu podczas przebudowy obiektu w 2002 r. okazały się być w bardzo dobrym stanie i zostały wykorzystane w nowym moście drogowym klasy B zlokalizowanym w ciągu DK4. Należy oczekiwać, że nie było to zastosowanie ani jednostkowe, ani wyjątkowe” [13]. Natomiast ciągle rozwój i doskonalenie materiałów z betonu pozwala na założenie, że trwałość ta będzie jeszcze większa. Stosując zatem fundamenty palowe jako elementy nośne dla konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej oczekujemy wyeliminowania przypadków przechylania się słupów trakcyjnych w obu osiach, czyli wchodzenia tych konstrukcji w skrajnie taboru, jak również wynoszenia sieci trakcyjnej poza strefę współpracy z odbierakiem prądu wskutek degradacji fundamentów.

2.2. Słupy trakcyjne

Kolejnym elementem, który jest istotny ze względu na niezmienną położenia sieci jezdnej nad torem jest konstrukcja wsporcza. Konstrukcje wsporcze ŻK i STż wyprodukowane w poprzednim wieku mają wiele wad. Począwszy od jakości stali użytej do wykonania zbrojenia, a na jakości betonu kończąc. Nagminne jest zjawisko wykruszania się zewnętrznej warstwy betonu powodujące odkrywanie zbrojenia i doprowadzające do jego korozji. Obecny postęp techniki w zakresie takich materiałów jak stal i beton oraz nowa jakość wykonywania powłok antykorozyjnych powinny zmniejszyć ilość awarii związanych z konstrukcjami



Rys. 2. Przykładowy słup stalowy z bramką [16]

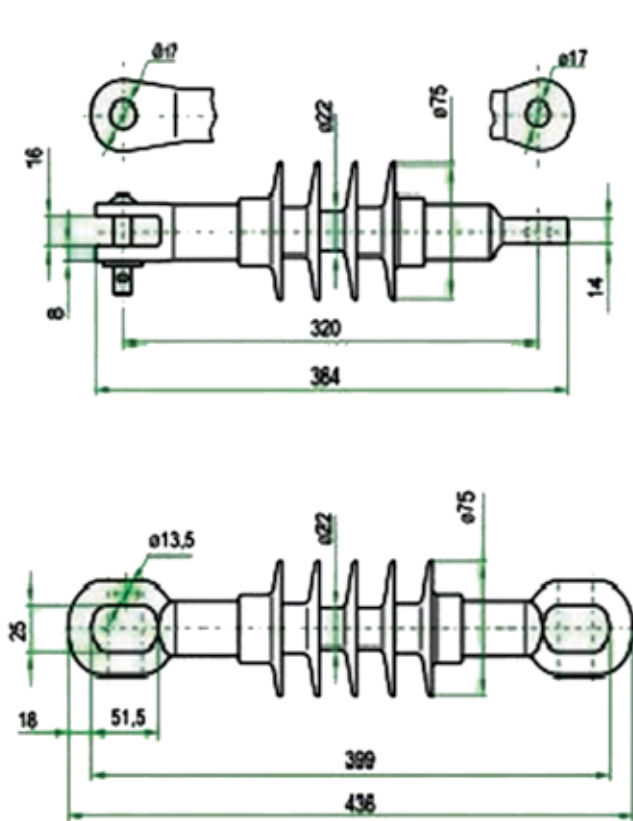


Rys. 3. Przykładowy słup betonowy dostosowany do montażu na fundamencie palowym [17]

wsporczy (rdzewienie na styku z fundamentem, złamanie i pęknięcia będące wynikiem osłabienia czynnego przekroju słupa trakcyjnego). Nowe konstrukcje wsporcze wykonywane są zarówno w technologii betonowej, jak i tylko stalowej.

2.3. Izolatory

Konstrukcja podwieszenia sieci trakcyjnej wymaga zastosowania izolatorów wsporczych i odciagu. Sieć trakcyjna musi zmieniać swoje położenie względem osi toru na kolejnych podwieszeniach (zmiana odsuwu), aby współpracować na jak największej powierzchni nakładki stykowej odbieraka prądu. To powoduje wzrost sił działających na izolatory. W normalnej eksploatacji spodziewać się można sił o wartości, które można oszacować na podstawie obliczeń uwzględniając takie parametry jak: siły naciągu, siły wiatru, masę podwieszenia, siły tarcia na styku sieć trakcyjna - odbierak prądu. Jednak w sytuacjach niepoprawnej współpracy może dochodzić do uderzeń mechanicznych znacznie przewyższających parametry konstrukcyjne tych izolatorów. Ceramika zastosowana w izolatorach trakcyjnych niewątpliwie

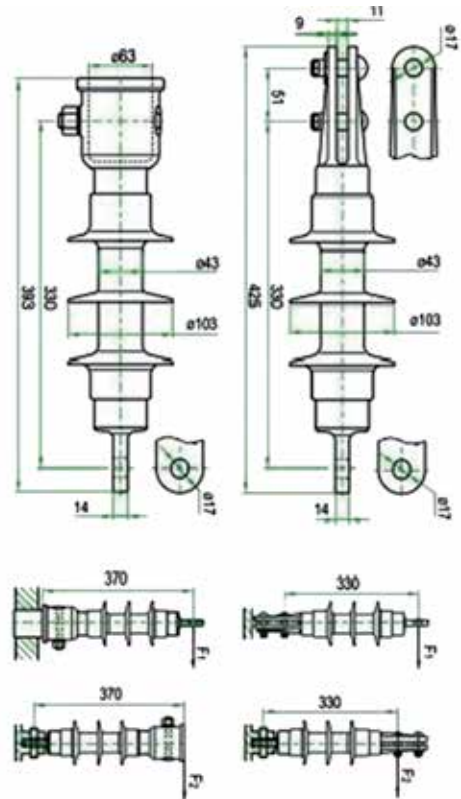


Rys. 4. Izolatory kompozytowe [18]

spełnia wymogi stawiane tym konstrukcjom przez normy, ale jej przewymiarowanie do wartości spodziewanych uderzeń może rodzić konieczność zwiększania ich wymiarów, co niewątpliwie wpływa na koszty. Osiągnięcia techniki w zakresie materiałów kompozytowych z włókien szklanych, dają nam możliwość zastosowania tego materiału jako rdzenia izolatorów trakcyjnych, znacznie zwiększając ich wytrzymałość na udary mechaniczne. Wprowadzając do stosowania izolatory trakcyjne w tej technologii spodziewamy się zmniejszyć lub wyeliminować występowanie awarii sieci trakcyjnej związane z pęknięciami izolatorów. Ich skutkiem może być kolizja elementów sieci trakcyjnej z taborem (uszkodzenie pojazdu) oraz bardzo często zwiększenie rozmiaru awarii poprzez zrywanie sieci trakcyjnej przez uszkodzony odbierak prądu (obszar połowy, całej lub kilku sekcji naprężenia).

2.4. Izolatory sekcyjne

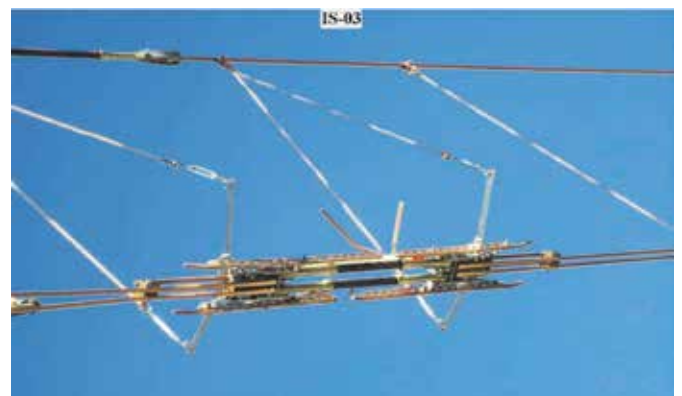
Z uwagi na sekcjonowanie sieci trakcyjnej, którego zadaniem jest wyodrębnianie obwodów/odcinków zasilania oraz umożliwienie prowadzenia prac konserwacyjnych/utrzymawczych koniecznym jest stosowanie izolatorów sekcyjnych. Niestety posiadając większą masę od jednostkowej masy sieci trakcyjnej stanowią szczególny punkt współpracy tej sieci z odbierakiem prądu. Podczas przejazdu z jednego odcinka zasilania na drugi następuje krótkotrwały przepływ prądów wyrównawczych inicjujący zapłon łuku elektrycznego, który gaszony jest przez różki izolatora. W normalnych warunkach pracy konieczne jest zapewnienie odpowiedniej przerwy pomiędzy sekcjami sieci trakcyjnej, które ze względu na różne jej obciążenie mogą mieć różny potencjał. Ta przerwa ma zasadnicze znaczenie przy współpracy z odbierakiem prądu, a przy obecnych konstrukcjach tych izolatorów szczególnie ważna jest szerokość nakładki stykowej. Przerwa (szczelina) pomiędzy



rozkami wydmuchowymi izolatora wynosi ok. 60 mm (nowsze konstrukcje mają 55 mm) dlatego nakładki o mniejszej szerokości lub uszkodzone (wyszczerbione) często doznają uderzeń mechanicznych na tym elemencie powodując uszkodzenia sieci lub odbieraka prądu. Pożądanym jest opracowanie nowej konstrukcji izolatora sekcyjnego, który zapewniałby odstęp izolacyjny w innej płaszczyźnie niż obecnie, eliminując szczelinę pomiędzy różkami w osi podłużnej izolatora. Stosując takie rozwiązanie z dużą dozą prawdopodobieństwa można by zmniejszyć ilość uszkodzeń, których przyczyną jest ten element. Mniejsza ilość awarii w tej kategorii, przełoży się na wzrost niezawodności pracy sieci trakcyjnej.

2.5. Podwieszenia zespolone

Obecnie podwieszenia sieci trakcyjnej składają się z wielu elementów połączonych przegubami. W związku z tym w przypadku zerwania jednego z nich całość podwieszenia traci sztywność



Rys. 5. Przykładowy izolator sekcyjny [20]



Rys. 6. Pilotażowe rozwiązanie podwieszenia sieci trakcyjnej [19]

i bardzo często opada w skrajnię pojazdu trakcyjnego doprowadzając do kolizji i uszkodzeń taboru. Podwieszenia wieloelementowe wymagają również więcej czasu na przeprowadzenie prac konserwacyjnych, przeglądów i stosowania wielu narzędzi. Zwykle są używane elementy stalowe, które są ciężkie. Zasadniczą zaletą wprowadzania tego rozwiązania ma być „zasada 1 klucza”. To znaczy, że wszystkie połączenia mają być wykonane przy pomocy jednego rodzaju (rozmiaru) śrub. Ułatwieniem ma być technologia wsuwania elementów regulacyjnych do profilu zasadniczego. Ponadto podwieszenia te mają być wykonane z aluminium co w znaczący sposób wpłynie na ich wagę. Mniejsza masa samego podwieszenia w połączeniu z bardziej wytrzymałymi izolatorami kompozytowymi powinna przyczynić się do zmniejszenia awaryjności sieci trakcyjnej w zakresie uszkodzeń samego osprzętu, jak również zerwań i pęknięć izolatorów podwieszających.

Przykład takiego rozwiązania przedstawiono na rysunku 6.

2.6. Urządzenia naprężające

Aby sieć trakcyjna poprawnie współpracowała z odbierakiem prądu musi być w odpowiedni sposób wyprofilowana. Żeby na sieci nie powstawały nadmierne zwisy mogące być przyczyną generowania fali mechanicznej, prowadzącej do częstych przerw stykowych między odbierakiem a siecią trakcyjną, musi być ona odpowiednio naprężona. Nieodpowiednie siły naciągu mogą powodować również nadmierne wypieranie sieci trakcyjnej i wchodzenie odbieraka prądu w strefę osprzętu. Kolizja odbieraka prądu z ramionami odciągowymi to częsta przyczyna uszkodzeń i sieci trakcyjnej i odbieraka prądu. Obecnie stosowane urządzenia naprężające w wykonaniu „grawitacyjnym” wykorzystują do naprężania sieci trakcyjnej ciężary żeliwne lub betonowe. Urządzenia naprężające, w których siła naciągu wytwarzana jest przez sprężyny lub gaz mają charakteryzować się większą niezawodnością i utrudnioną dostępnością dla osób postronnych. Zaletą jest mniejszy nakład na utrzymanie i częstość regulacji urządzeń na przełomach pór roku, gdy wzrastają średnie temperatury skutkujące wydłużaniem lub skracaniem się przewodów jezdnych wskutek rozszerzalności cieplnej. Mniejsza liczba łożysk, rolek i linek może ograniczyć miejsca awarii (zacięć, zapieczęć, zablokowań) sprawiających, że urządzenie nie dość sprawnie spełnia swoje zadanie. Spodziewana jest zatem eliminacja procesów starzenia dla tych urządzeń poprzez zastosowanie w nich bezobsługowych długowiecznych łożysk. Kilkadziesiąt



takich urządzeń już jest zabudowanych na sieci trakcyjnej PKP PLK S.A. W zakresie sprężyn gazowych brak jeszcze doświadczeń i opinii zwłaszcza dotyczących długotrwałej szczelności cylindrów wypełnionych gazem.

Przykłady takich urządzeń zaprezentowano na rysunku 7.

2.7. Przewody jezdne i liny nośne o większych przekrojach

Przekrój sieci trakcyjnej jest parametrem ograniczającym wielkość mocy, jaką można dostarczyć do pojazdu trakcyjnego. Wpływa bowiem bezpośrednio na rezystancję jednostkową sieci trakcyjnej determinując spadki napięcia przy przepływie prądu. Biorąc pod uwagę konieczność zapewnienia odpowiedniego poziomu napięcia w sieci trakcyjnej zasadnym jest polepszać warunki jej eksploatacji poprzez zwiększanie tego parametru.

Poniżej kilka przykładowych sieci trakcyjnych wraz



Rys. 7. Sprężynowe urządzenia naprężające [21]

Tab. 1. Rezystancja jednostkowa różnych typów sieci trakcyjnych z uwzględnieniem zużycia

Lp.	Typ sieci trakcyjnej	Przekrój mm ²	Rezystancja 1 km sieci trakcyjnej w Ω/km			
			zużycie 0%	zużycie 5%	zużycie 10%	zużycie 15%
1.	C95-C	195	0,0949	0,0974	0,1000	0,10278
2.	C120-C	220	0,0851	0,0871	0,0892	0,09141
3.	C95-2C	295	0,0628	0,0650	0,0674	0,06993
4.	C120-2C	320	0,0584	0,0603	0,0623	0,06448
5.	C120-2C150	420	0,0447	0,0464	0,0481	0,05008
6.	2C120-2C	440	0,0426	0,0436	0,0446	0,04571
7.	C150-2C150	450	0,0415	0,0429	0,0445	0,04612

z podaniem ich rezystancji, która zasadniczo wpływa na obciążalność prądową i spadki napięcia.

Stosując przewody jezdne i liny nośne o większych przekrojach należy spodziewać się zmniejszenia liczby uszkodzeń wynikających z przegrzewania się sieci trakcyjnej na skutek dużych prądów roboczych, wymuszanych przez ciężkie składy pociągów, duże moce lokomotyw elektrycznych i obecność kilku pociągów na jednym odcinku zasilania wynikająca z rozkładu jazdy i techniki prowadzenia ruchu pociągów (wyprzedzanie, „paczkowanie” w jednym kierunku w małych odstępach czasu). Szczególnie korzystne efekty powinno zapewnić wprowadzanie przewodów srebrnych CS-CuAg0,1 zapewniających podwyższoną odporność na ścieranie i temperaturę [1, 6].

Podsumowanie

Zagadnienie niezawodności pracy sieci trakcyjnej w każdych warunkach, umożliwiające utrzymanie ciągłości zasilania pojazdów trakcyjnych jest istotne również z punktu widzenia ekonomicznego. Podobnie jak w sieciach elektroenergetycznych, brak zasilania odbiorców (w tym przypadku pociągów) powoduje powstawanie strat ekonomicznych. Dla zarządcy infrastruktury te straty to zmniejszanie wpływów z tytułu udostępniania odcinków linii kolejowych (tras), a dla przewoźników mniejsze wynagrodzenie za wykonany z opóźnieniem przewóz pasażerów lub towarów. Należy zatem poszukiwać wszelkich możliwych środków i sposobów, aby zwiększać odporność sieci trakcyjnej na uszkodzenia. Może to być z jednej strony poszukiwanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych, technologii i materiałów, których cechy i właściwości powodować będą obniżenie podatności sieci trakcyjnej na uszkodzenia, a z drugiej wykorzystywanie nowych urządzeń i systemów pomiarowych, które umożliwią bardziej dokładne i skuteczne wynajdywanie słabych, nadmiernie zużytych i wyeksploatowanych elementów sieci trakcyjnej.

Bibliografia:

1. Auguściuk M., Dziedzic E., Kaniewski M., Kawecki A., Kieniewicz P., Knych T., Kuca M., Kwaśniewski P., Maciołek T., Majewski W., Mamala A., Mierzejewski L., Rojek A., Woźniak K., Zasadziński K., *Nowa generacja wysokoobciążalnych sieci trakcyjnych – YC120-2CS150 i YC150-2CS150 (1) Założenia konstrukcyjne*, „Technika Transportu Szynowego” 2007, nr 1–2.
2. Frontczak F., *Pewność pracy trakcji elektrycznej na kolejowych liniach jednotorowych*, „Trakcja i Wagony” 1988, nr 9.
3. Pawlik M. (red.), *Interoperacyjność systemu kolei Unii Europejskiej*, Wydawnictwo KOW, Warszawa 2015.
4. Karwowski K., *Diagnostyka sieci trakcyjnej i monitoring odbieraków prądu*, „Wiadomości Elektrotechniczne” 2015, nr 7.

5. Karwowski K., Mizan M., Karkosiński D., *Monitoring of current collectors on the railway line*, „Transport” 2016, nr 1–9.
6. Knych T., Mamala A., Kawecki A., Kwaśniewski P., Kieniewicz G., Szelaż A., Maciołek T., Rojek A., Majewski W., Woźniak K., Koczaj R., Masłanka J., *New Material and Design Solutions for Polish Railway Overhead Lines*, The Second International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, Paper 144, Civil-Comp Proceedings, 2014.
7. Maciołek T., *Elastyczna nakładka poprawiająca współpracę pantografu z siecią trakcyjną*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2013, R89 1a.
8. Maciołek T., *Układ do odładzania sieci trakcyjnej prądu stałego*, zgłoszenie Patentowe P-409200.
9. Maciołek T., *Zmniejszanie zużycia przewodów sieci trakcyjnej dużych prędkości poprzez zmiany konstrukcji pantografów i sieci trakcyjnej*, „Technika Transportu Szynowego” 2007, nr 12.
10. Maciołek T., Szelaż A., *Methods of reducing the negative influence of weather phenomena, icing in particular on the operation of an overhead catenary*, „Rocznik Ochrona Środowiska” ROS_N2_V18_R2016.
11. Mizan M., Karwowski K., Karkosiński D., *Monitoring odbieraków prądu w warunkach eksploatacyjnych na linii kolejowej*, „Przegląd Elektrotechniczny 89” 2013, nr 12.
12. Segrate, *Sistema Antighiacciamento Linea di Contatto*, COET Milan, Italy 2014.
13. Sobala D., *Prefabrykowane, żelbetowe pale wbijane – projektowanie, wykonawstwo, nadzór*, Aarsleff Sp. z o.o, 2010.
14. Materiały katalogowe Centrum Pali Sp. z o.o.
15. Materiały katalogowe BS System Sp. z o.o.
16. Materiały katalogowe ZNTK „Paterek” S.A.
17. Materiały katalogowe Strunobet – Migacz.
18. Materiały katalogowe Zapel S.A.
19. Materiały katalogowe Mabo Sp. z o.o.
20. Materiały katalogowe DTR montażu izolatora IS-03 – KUCA Sp. z o.o.
21. Materiały PKP PLK - zdjęcia z poligonów testowych.

Autor:

mgr inż. **Marek Kałas** – Zastępca Dyrektora Biura Energetyki Polskie Linie Kolejowe S.A. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Exploitation reliability of overhead contact line - application of new constructions

This article describes the basic structural elements of railway traction overhead contact line. These elements are associated with characteristic contact line failures. The causes of the damage and their consequences are classified. Almost every damage to the overhead catenary causes a break in its operation and so its reliability is falling. In order to avoid such occurrences, it is necessary to seek technical and organizational solutions so that the number of failures can be minimized (if not completely eliminated) and the reliability of its work will be increased. Material engineering and the introduction of new construction and materials can be used for this purpose. It is also important to introduce modern measuring systems for overhead catenary diagnostics. The article presents several such solutions that are put into operation and under observation. It can be used to redefine parameters of proper operation of the overhead catenary, resulting in greater reliability of its operation.