

Analiza rozwiązań materiałowych urządzeń naprężających sieć trakcyjną zasilaną w systemie prądu stałego

Abstract. *W artykule zostały przedstawione wytyczne materiałowe i wymagania w zakresie budowy urządzeń naprężających sieć trakcyjną kolejową. Urządzenia te należą do jednego z najważniejszych podzespołów konstrukcyjnych sieci. Opisano ich mechanizm działania oraz spełniane zadanie w funkcjonowaniu każdego odcinka sieci. Wyszczególniono zmiany konstrukcji urządzeń wprowadzane na przestrzeni lat w zależności od zmieniających się wymagań, począwszy od pierwszych etapów elektryfikacji kolei do dnia dzisiejszego i propozycje dalszych zmian. Podano szczegóły budowy urządzeń w nawiązaniu do pojawiających się w ostatnim okresie nagminnych uszkodzeń przez wandalizm, demontujących niektóre jej elementy celem spieniężenia w punktach skupu metali. Najczęściej demontowane są żeliwne obciążniki z urządzeń powodując utratę sztywności sieci wskutek zmniejszenia siły naciągu przewodów. Uszkodzona sieć traci swą przydatność do współpracy z pantografami pojazdów szynowych. W konsekwencji niesprawną sieć staje się przyczyną perturbacji w ruchu pociągów. Zaprezentowano niektóre sposoby zapobiegania temu procederowi, np. wprowadzenie do eksploatacji obciążników nieatrakcyjnych dla wandalizm lub konstruując urządzenia sprężynowe.*

Keywords: kolejowa sieć trakcyjna, urządzenia naprężające

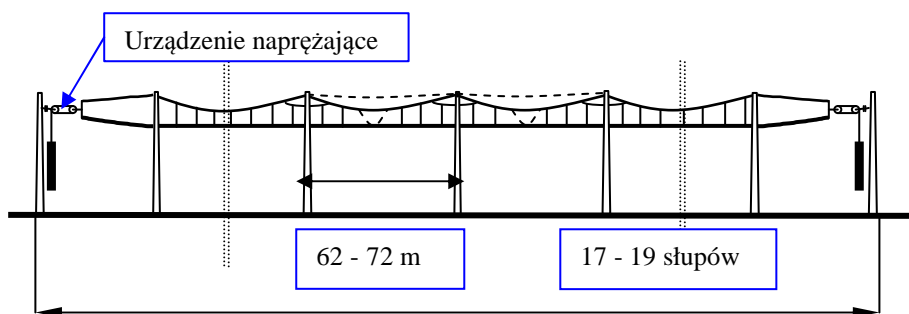
Wprowadzenie

Sieć jezdna jest systemem zespolonych przewodów trakcyjnych, wybudowanym nad torami. Sieć jest częścią elektrycznego obwodu zasilania pojazdów szynowych. Ogólny schemat odcinka sieci jezdnej pokazano na rysunku 1.

Sieć jezdna wraz z siecią powrotną (składającą się z szyn kolejowych i łączących je przewodów z podstacją) stanowią sieć trakcyjną. Opracowano i wdrożono kilka odmian sieci trakcyjnych dostosowanych do wielkości i rodzaju ruchu kolejowego występującego na szlaku. Różnią się konstrukcją, materiałem, naciągami przewodów.

Z siecią jezdnią współpracują odbieraki prądu (pantografy) umieszczone na pojazdach szynowych. Odbierak wraz z przewodami jezdnyymi sieci tworzą ruchomy zestyk elektryczny. Od stabilności zestyku podczas jazdy zależy jakość energii dostarczanej do taboru. Spełnienie tej zależności jest możliwe gdy sieć jezdna i odbierak prądu posiadają wzajemnie uzupełniające się właściwości mechaniczno-elektryczne.

Parametry sieci jezdnych zależą m.in. od naciągu przewodów urządzeniami naprężającymi.



Rys. 1. Schemat odcinka naprężenia sieci jezdnej

Parametry urządzeń naprężających stosowane w Polsce – naciągi przewodów różnych typów sieci jezdnych

Przewody trakcyjne w eksploatowanych sieciach naprężone są stałą w czasie, niezależnie od pory roku, siłą wzdłużną. Tylko wówczas odbieraki prądu (pantografy) poruszających się pojazdów szynowych, mogą współpracować z siecią. W tabelicy nr 1 wymieniono najczęściej stosowane odmiany sieci szlakowej, podając jednocześnie wartości sił naciągu przewodów.

Tablica 1. Naciągi przewodów

L.p.	Parametr	Typ sieci trakcyjnej		
		2C120-2C	2C120-2C-3	YwsC120-2C
1	Naciąg w przewodach jezdnych	$F_P = 2 \times 9,53$ kN	$F_P = 2 \times 10,59$ kN	$F_P = 2 \times 9,59$ kN
2	Naciąg w linie nośnej	$F_{LN} = 2 \times 15,88$ kN	$F_{LN} = 2 \times 15,88$ kN	$F_{LN} = 15,76$ kN

Naciągi przewodów o wartościach wymienionych w tabelicy 1 realizowane są za pomocą urządzeń naprężających, kotwiących jednocześnie końcówki przewodów do słupów trakcyjnych. Mechanizm większości typów urządzeń został zaprojektowany w podobny sposób, tzn. wykorzystano działanie siły grawitacyjnej od mas wiszących obciążników. W urządzeniach krajowych sieci jezdnych stosuje się obciążniki żeliwne (w ostatnich latach również betonowe polimerowe) układane w pionowe stosy. Ponieważ uzyskane naprężenia są

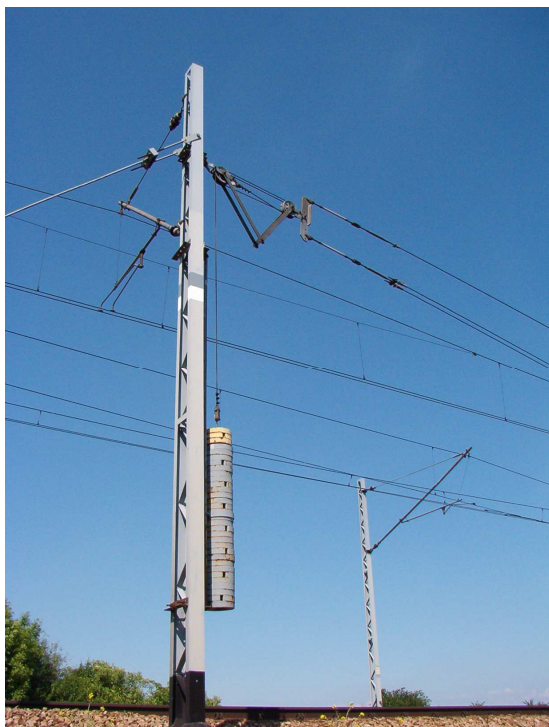
VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

niewystarczające, zastosowano dodatkowo w konstrukcji urządzeń przekładnie mechaniczne dwu- lub czterorolkowe do zwielokrotnienia sił od obciążników.

Urządzenia naprężających zostały dostosowane do określonych rodzajów sieci jezdnych. W początkowych latach elektryfikacji kolei w Polsce (od lat 30. ubiegłego wieku) powszechnym rozwiązaniem konstrukcyjnym były urządzenia o przekładni mechanicznej w stosunku 1:2 wyposażone w stalowe łańcuchy opinające żeliwne rolki przekładni (rysunek 2). W miarę wzrostu prędkości pociągów elektrycznych oraz ich mas zwiększeniu ulegało zapotrzebowanie na energię trakcyjną dostarczaną siecią jezdnią. Pojawiła się potrzeba zaprojektowania i wybudowania nowych typów sieci o większej możliwości przesyłu energii elektrycznej. Nowozaprojektowane sieci wyposażone zostały w dwa miedziane przewody jezdne i jedną (lub dwie) liny nośne o większych przekrojach. Zwiększono również naprężenie jednostkowe przewodów. Zwiększone wymagania eksploatacyjne dla sieci doprowadziły do opracowania i wdrożenia urządzeń naprężających o przekładni 1:4 i zamianie łańcuchów na liny stalowe (rysunek 3).



Rys. 2 Urządzenie naprężające łańcuchowe o przekładni 1:2



Rys. 3 Urządzenie naprężające linowe o przekładni 1:4

Zasady konstrukcji urządzeń naprężających

◆ Urządzenia naprężające obciążnikowe

Jak wyżej zaznaczono urządzenia naprężające służą do naciągania z określoną siłą przewodów trakcyjnych i utrzymania tego obciążenia przez cały okres eksploatacji sieci jezdnej. Warunek ten jest możliwy do spełnienia gdy elementem naprężającym są obciążniki o znacznej masie własnej. Wykorzystywane są okrągłe obciążniki żeliwne o parametrach:

- gęstość materiału – $7,7 \text{ g/cm}^3$
- wysokość krążka – 55 mm,
- średnica krążka – 306 mm,
- masa własna $27^{+0,13}_{-0,4} \text{ kg}$,

Poza opisanymi wyżej elementami składowymi urządzeń naprężających (obciążniki, łańcuchy i rolki) występują w kompletnym mechanizmie następujące detale: stalowe łączniki w postaci płaskowników, pręt do ułożenia stosu obciążników, dźwignia dwustronna, śruby rzymskie, łącznik zabezpieczający sieć przy zerwaniu cięgła linowego, uchwyty do przewodów i izolatory ciągnowe oddzielające przewody będące pod napięciem 3 kV od uszynionego urządzenia

VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

do słupa. Wszystkie elementy wykonane zostały ze stali ocynkowanej, odpornej na korozyjne oddziaływania otaczającej atmosfery.

Urządzenia naprężające produkowane są w dwóch odmianach:

- urządzenia z równoległym układem rolek (rysunek 3);
- urządzenia z szeregowym układem rolek (rysunek 4).

Wcześniejszą stosowaną odmianą były urządzenia z równoległym układem 4 rolek. Urządzenia tej odmiany stanowią bardziej zwartą konstrukcję, krótszą i o mniejszej masie całkowitej niż urządzenia z szeregowym układem rolek. Natomiast wadą ich jest ukośne prowadzenie liny stalowej pomiędzy rolkami. Powoduje to powstawanie podczas powolnego obrotu rolek zjawiska ocierania się stalowej liny o boczną powierzchnię rowka prowadzącego w rolce. W konsekwencji następuje wycieranie się warstewki cynku pokrywającej powierzchnie obu elementów a następnie ich korodowanie. W urządzeniu z szeregowym układem 4 rolek nie występuje wycieranie się ochronnej warstewki cynku, gdyż lina stalowa ułożona jest wzdłuż rowka rolek.

Szczególnym przypadkiem kotwienia sieci jezdnej jest rozdzielenie konstrukcji urządzenia naprężającego na dwa niezależne systemy (rysunek 4):

- naprężające linę nośną,
- naprężające przewody jezdne.

Bezpośrednim powodem rozdzielenia urządzenia jest rozłożenie naciągu występującego w sieciach „ciężkich” (np. sieć YwsC120-2C) na dwa niezależne kotwienia.



Rys. 4 Urządzenie naprężające linowe rozdzielone o przekładni 1:4 wyposażone w obciążniki z betonu polimerowego

Trudnym problemem do skutecznego rozwiązania pozostało łożyskowanie rolek. Stosowane są toczne łożyska kulkowe i igiełkowe. Trudność polega na nietypowych warunkach pracy łożysk: duże obciążenie mechaniczne przy niezauważanych obrotach i braku dostępu do łożysk podczas konserwacji oraz ich eksploatacja w zewnętrznych warunkach napowietrznych (w porównaniu do pracy np. łożysk wysokoobrotowych w maszynach).

W procesie stopniowej przebudowy eksploatowanych sieci trakcyjnych (i w związku z plagą kradzieży obciążników żeliwnych) zostały wymienione w urządzeniach naprężających obciążniki żeliwne na obciążniki naprężające SULTECH[®] z betonu polimerowego produkowanego przez firmę Marbet Wil Spółka z o.o. z Gliwic. Przy mniejszej gęstości własnej nowego materiału, aby zachować wymiennosc w eksploatacji, zwiększeniu mogła ulec tylko wysokość obciążników wykonanych z tego materiału. Podstawowe parametry nowych obciążników wynoszą:

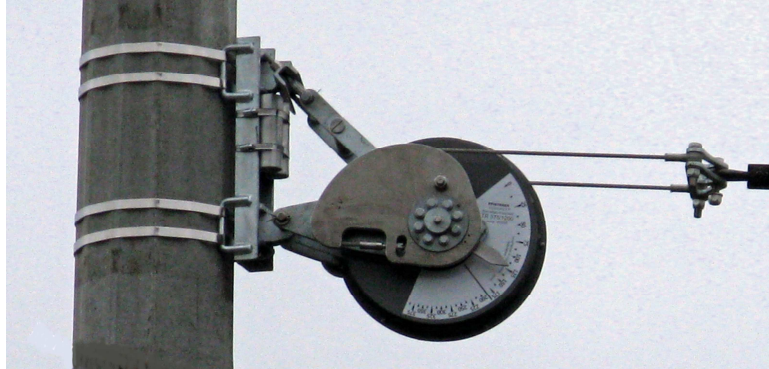
- gęstość materiału – $3,5 \text{ g/cm}^3$
- wysokość krążka – 110 mm (lub 57 mm),
- średnica obciążnika – 306 mm (lub 400 mm),
- masa własna - $27^{+0,13}_{-0,4} \text{ kg}$.

◆ Urządzenia naprężające sprężynowe

Rozwiązaniem konstrukcyjnym urządzeń naprężających mniej popularnym na kolei są urządzenia sprężynowe gdzie medium wywołującym siły naciągu w przewodach trakcyjnych jest stalowa sprężyna spiralna lub śrubowa. Zaletami urządzeń sprężynowych są: zwarta budowa, mniejsza masa całkowita, odporność na wandalizm i estetyczny wygląd. Do wad można zaliczyć uzyskiwanie mniejszej wartości sił naciągowych niż wartości sił w urządzeniach obciążnikowych. Dlatego tego typu urządzenia znalazły większe zastosowanie w komunikacji miejskiej tramwajowej.

Nowe urządzenia naprężające montowane są na konstrukcjach wsporczych (słupach) w poziomie sieci jezdnej. Jest to jeden z czynników utrudniających kradzieże. Porównując z urządzeniami ciężarowymi nowe wykazują mniejszą masę całkowitą i mniejszą ilość części składowych. Natomiast problemem, który pojawił się przy projektowaniu urządzeń sprężynowych jest nieprostoliniowa charakterystyka pracy sprężyn (wydłużenie – siła naciągu). Niezbędne okazało się zastosowanie krzywki mechanicznej do poprawienia tej charakterystyki. Na rysunku 5 pokazano urządzenie naprężające wyposażone w spiralną sprężyną firmy PFISTERER, zamontowane na słupie kotwowym. W czasie montażu urządzenia dokonuje się jego skalowanie ustawiając krzywkę w zależności od aktualnej temperatury otoczenia i długości naprężanego przewodu jezdnej. Po wyskalowaniu urządzenie nie wymaga częstych konserwacji.

VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014



Rys. 5 Urządzenie naprężające firmy PFISTERER ze sprężyną spiralną stalową

Drugim rozwiązaniem konstrukcyjnym sprężynowych urządzeń naprężających sieć jezdnią kolejową są urządzenia wyposażone w sprężyny śrubowe. Różnią się wymiarami gabarytowymi i długością całkowitą oraz szczegółami wykonania części składowych. Niezmienna pozostała natomiast zasada pracy urządzenia, w tym potrzeba stosowania elementu pośredniego (krzywki) dopasowującego charakterystykę sprężyny do naciągu sieci. Na rysunku 6 pokazano wykorzystanie szeregu urządzeń sprężynowych śrubowych firmy PFISTERER zakotwionych do wspólnej bramki w głowicy stacyjnej.



Rys. 6 Urządzenia naprężające firmy PFISTERER ze sprężyną śrubową stalową kotwione do wspólnej bramki

Zalety urządzeń naprężających sprężynowych były podstawą do zaprojektowania i wprowadzenia do eksploatacji w rosyjskiej sieci jezdnej kolejowej podobnego urządzenia o sprężynie spiralnej ale o innej budowie pośredniego elementu wyrównującego siły naciągu. Wykorzystano w tym przypadku tarczę z rowkiem w kształcie stożkowej śruby, na którą nawinięta została stalowa lina naprężająca. Na rysunku 7 pokazano rosyjskie urządzenie naprężające.



Rys. 7 Urządzenie naprężające sprężynowe rosyjskie

Materiały stosowane w urządzeniach bezciążarowych

Materiały konstrukcyjne metalowe stosowane do produkcji elementów urządzeń naprężających sieci trakcyjne muszą się charakteryzować:

- dużą odpornością korozyjną na wpływy atmosferyczne,
- nie podlegać zjawisku pełzania materiału pod wpływem sił naciągu sieci,
- obróbka mechaniczna części składowych nie powinna być uciążliwa
- koszt zakupu powinien być jak najmniejszy.

Mając na uwadze wyżej wymienione wymagania materiałowe części składowe powinny być wykonane z:

- sprężyny spiralne i śrubowe – stal sprężynowa 50CrV4,
- sworznie, śruby, nakrętki, podkładki – stal konstrukcyjna ocynkowana galwanicznie S235JR,
- liny stalowe X5CrNi18-10,

VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

- płaskowniki, uchwyty, wsporniki, krzywki – obciążone siłami mechanicznymi – stal konstrukcyjna ocynkowana ogniowo S235JR
- osłony, obudowy sprężyn – blacha stalowa ocynkowana lub aluminiowa.

Obecnie podejmowane są próby zaprojektowania urządzeń sprężynowych do polskich sieci jezdnych, z możliwością uzyskania większego naciągu.

Podsumowanie

Urządzenia naprężające stanowią zasadniczą część kolejowej sieci jezdnej. Zadaniem urządzeń jest utrzymywanie przewodów trakcyjnych w stanie ciągłego naprężenia, koniecznego do zapewnienia prawidłowej współpracy z odbierakami prądu pojazdów szynowych. W krajowej sieci jezdnej stosowane są powszechnie urządzenia naprężające w wykonaniu ciężarowym tj. elementem utrzymującym naciągi przewodów jest stos obciążników żeliwnych lub z betonu polimerowego.

Ze względu na niesprzyjające warunki eksploatacyjne w krajowej sieci jezdnej występuje potrzeba wprowadzenia innych urządzeń naprężających. Takimi urządzeniami mogą być sprężynowe urządzenia naprężające, eksploatowane od pewnego czasu z pozytywnym wynikiem przez obce Zarządy kolejowe.

Dokumenty związane

1. PN-EN 50119:2009E *Zastosowania kolejowe – Urządzenie stosowane – Sieć jezdna górna trakcji elektrycznej*
2. Wytyczne projektowania i warunki odbioru sieci trakcyjnej z uwzględnieniem standardów i wymogów dla linii interoperacyjnych PKP PLK Warszawa 2006
3. PN-EN 50149:2012E *Zastosowania kolejowe – Urządzenia stacjonarne – Trakcja elektryczna – Profilowane druty jezdne z miedzi i jej stopów*
4. PN-E-90081:1974P *Elektroenergetyczne przewody gołe. Przewody miedziane.*
5. PN-K-91002:1997P *Sieć trakcyjna kolejowa – Osprzęt – Ogólne wymagania i badania.*
6. Prospekty informacyjne firmy PFISTERER.
7. Katalog Sieci trakcyjne-Podwieszenie rurowe „Kolprojekt” Spółka z o.o. Warszawa 2005

Autorzy: mgr inż. Wiesław Majewski; Instytut Kolejnictwa, ul. J. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, e-mail: wmajewski@ikolej.pl