

Artur Rojek, Marek Stolarski, Dorota Bartoszek-Majewska, Rémy Bouix, Philippe D'Huy

Gazowe urządzenie naprężające z systemem antykradzieżowym

Sieć trakcyjna jest bezrezerwowym elementem infrastruktury kolejowej, której zadaniem jest dostarczenie energii elektrycznej do pojazdów trakcyjnych. Jest to złożony układ mechaniczno-elektryczny, którego parametry muszą zapewniać prawidłowy styk elektryczny przewodów jezdnych z pantografem przy dopuszczalnych prędkościach jazdy pojazdów szynowych na wybranej linii kolejowej. Jednym z parametrów jest elastyczność sieci jezdnej, która zależy od siły naciągu przewodów jezdnych i lin nośnych sieci jezdnej. W artykule omówiono gazowe urządzenie naprężające, stanowiące rozwiązanie bezpieczarowe, w którym wykorzystuje się zjawisko zmiany ciśnienia gazu pod wpływem temperatury do kompensacji zmian długości przewodów jezdnych i lin nośnych.

Elementy sieci jezdnej, w tym przewody jezdne i liny nośne, wraz ze zmianami temperatury podlegają zjawisku rozszerzalności cieplnej. Powoduje to wydłużanie się tych elementów, czego efektem jest zmiana ich naciągu, czyli zmiana parametrów sieci jezdnej. W celu minimalizacji tych zjawisk stosuje się kompensację sieci jezdnej. Lina nośna i przewody jezdne są naprężane za pomocą urządzeń naprężających, które kompensują zmiany długości sieci, zapewniając stałą siłę naciągu przewodów jezd-

nych i liny nośnej. W zależności od typu sieci (sił naprężających) liny nośne i przewody jezdne mogą być naprężane wspólnie przez jedno urządzenie naprężające lub są naprężane niezależnie.

Ze względu na ceny miedzi częstym zjawiskiem są kradzieże elementów sieci trakcyjnej. Najczęściej kradzione są liny nośne i przewody jezdne. Zdarza się kradzież całej sieci jezdnej – liny i przewodów lub jej elementów. Częstym przypadkiem jest grabież jednego z dwóch przewodów jezdnych oraz jednej z dwóch lin nośnych. W przypadku kradzieży jednego przewodu rabunkowi ulegają również wieszaki, głównie po to, aby zwisające wieszaki nie zaalarmowały zbyt szybko maszynistów przejeżdżających pociągów. Występują również przypadki, w których po kradzieży jednego z dwóch przewodów brak przewodu nie jest szybko odnotowany, a sieć nadal jest eksploatowana. Jest to niezwykle niebezpieczna sytuacja, gdyż może nastąpić zerwanie sieci będącej pod napięciem. O częstotliwości tego procederu może świadczyć liczba kradzieży. Według danych PKP PLK S.A. w latach 2008–2012 odnotowano ponad 2 tys. kradzieży lin nośnych i przewodów jezdnych.

Urządzenia naprężające

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem urządzenia naprężającego są ciężary, które za pośrednictwem systemu krążków naprężają sieć jezdnią lub jej elementy (fot. 1). W zależności od rozwiązania systemu krążków uzyskuje się siłę naciągu do 5 razy większą niż to wynika z masy ciężarów naprężających.

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie sprężyn jako źródła siły naprężającej. W Europie eksploatowane są urządzenia naprężające ze sprężynami śrubowymi lub spiralnymi (fot. 2). Również w Polsce zostały opracowane urządzenia naprężające ze sprężynami spiralnymi (fot. 3), których rozwiązania i badania zostały opisane m.in. w publikacjach [1–3].

Ciężarowe urządzenia naprężające posiadają linową charakterystykę o stałej wartości w całym zakresie roboczym. Natomiast w urządzeniach sprężynowych zachodzi konieczność stosowania odpowiednio zaprojektowanych krzywek, których zadaniem jest zamiana rosnącej wartości siły w funkcji wydłużenia sprężyny na wartość stałą. Przykładowe wykresy sił uzyskanych podczas badań urządzenia sprężynowego przedstawiono na rysunku 1. Podczas badań zmieniano długość naprężanej liny nośnej, rejestrując siłę wywołwaną przez sprężynę oraz przez całe urządzenie naprężające z krzywką.



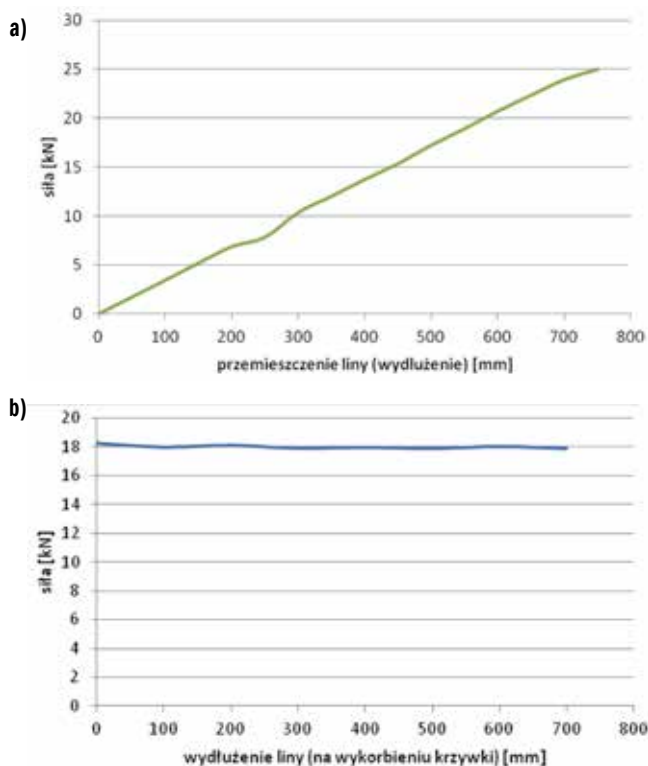
Fot. 1. Ciężarowe urządzenie naprężające



Fot. 2. Sprężynowe urządzenia naprężające: ze sprężyną śrubową – górne, ze sprężyną spiralną – dolne [4]



Fot. 3. Sprężynowe urządzenie naprężające produkcji firmy Mabo Sp. z o.o.



Rys. 1. Wartość siły: a) sprężyn, b) urządzenia naprężającego w czasie zmian długości naprężanej linii nośnej

Gazowe urządzenie naprężające

Gazowe urządzenie naprężające jest systemem hydraulicznym, gazowo-olejowym. Wygląd urządzenia przedstawiono na fot. 4, a uproszczony schemat budowy na rysunku 2.

Gazowe urządzenie naprężające składa się z dwóch zasadniczych części: akumulatora i cylindra. Akumulator podzielony jest na dwie komory oddzielone od siebie tłokiem. W jednej z komór znajduje się azot pod ciśnieniem, a w drugiej olej. Akumulator połączony jest z cylindrem wysokociśnieniowym połączeniem elastycznym, przez które odbywa się wymiana oleju pomiędzy akumulatorem i cylindrem. W przypadku zmiany temperatury zewnętrznej następuje sprężenie lub rozprężenie azotu, wskutek czego zmienia się objętość oleju w komorze akumulatora. Nadmiar lub niedomiar oleju wyrównywany jest olejem z cylindra poprzez połączenie wysokociśnieniowe. Zmiana objętości oleju w cylindrze powoduje ruch tłoka, który połączony jest z naprężanym elementem sieci jezdnej. Siła naprężająca F jest proporcjonalna do ciśnienia azotu. Objętości oleju i azotu oraz ich ciś-



Fot. 4. Gazowe urządzenie naprężające produkcji firmy Galland (górne)

nienie są tak dobrane, aby niezależnie od wartości temperatury zewnętrznej tłok cylindra wywoływał stałą siłę, a skok tłoka był taki, jak zmiany długości przewodu jezdnej lub linii nośnej wywołane rozszerzalnością termiczną.

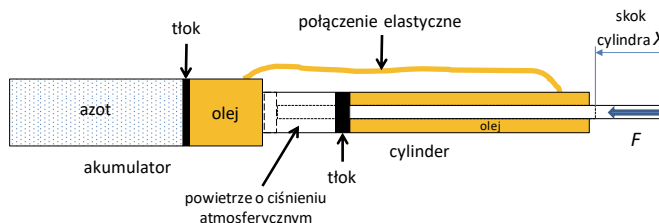
Gazowe urządzenie naprężające wyposażone jest w szereg czujników. Rejestrują one w sposób ciągły temperaturę otoczenia, ciśnienie azotu w akumulatorze P , siłę F oraz skok cylindra X . Dane z czujników przekazywane są do modułu zasilająco-komunikacyjnego. Moduł ten zasilany jest z akumulatora ładowanego z panelu słonecznego (fot. 5). Dane z czujników za pośrednictwem modułu mogą być przekazywane drogą radiową lub światłowodem do serwera lub innych urządzeń. Moduł dodatkowo wyposażony jest układ pomiaru napięcia akumulatora. Wyniki pomiarów napięcia również mogą być przekazywane z innymi danymi.

Gazowe urządzenie naprężające może naprężać elementy sieci trakcyjnej z siłą do 4 000 daN. W zależności od typu może ono kompensować zmiany długości przewodów jezdnych lub linii nośnych wynikające z rozszerzalności cieplnej przy różnicy skrajnych wartości temperatur 70°C dla długości sekcji naprężania 200–400 m lub 400–800 m.

Pomiary

Badania wykonano wspólnie z firmą Galland na stacji w Grenoble. Gazowe urządzenie naprężające typu AERO1000 zostało zainstalowane w lipcu 2015 roku i od tego czasu rejestrowane są dane z czujników urządzenia. Badane urządzenie przedstawiono na fot. 6.

Podczas badań, wykorzystując czujniki zainstalowane w urządzeniu naprężającym, rejestrowano co 10 minut chwilowe wartości temperatury otoczenia T , ciśnienia azotu P w urządzeniu, siłę naprężenia F i przesunięcie tłoka X . Dodatkowo sprawdzano wartość napięcia U_a na zaciskach akumulatora zasilającego. Dane za pośrednictwem sieci GSM były przesyłane do serwera firmy Galland. Przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 3 i 4.



Rys. 2. Budowa gazowego urządzenia naprężającego



Fot. 5. Moduł zasilająco-komunikacyjny gazowego urządzenia naprężającego



Fot. 6. Instalacja badanego gazowego urządzenia naprężającego AERO 1000

System antykradzieżowy

Czujniki pomiarowe zainstalowane w urządzeniu naprężającym typu AERO 1000 pracują w sposób ciągły. Możliwe więc jest ich wykorzystanie do budowy systemu antykradzieżowego opartego na wykrywaniu zachodzących w krótkim czasie zmian parametrów sieci jezdnej, np. siły naciągu lub ruchu tłka urządzenia. Tego typu zmiany parametrów sieci jezdnej zachodzą w przypadku przecięcia lub zerwania przewodu jezdnej lub liny nośnej.

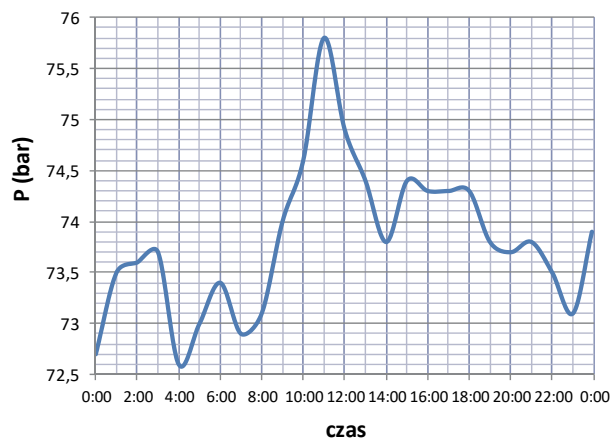
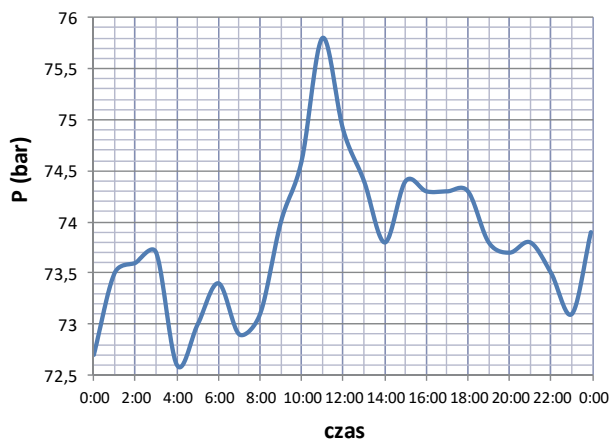
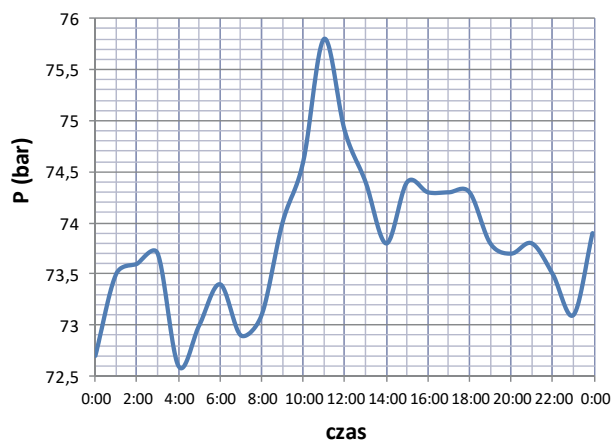
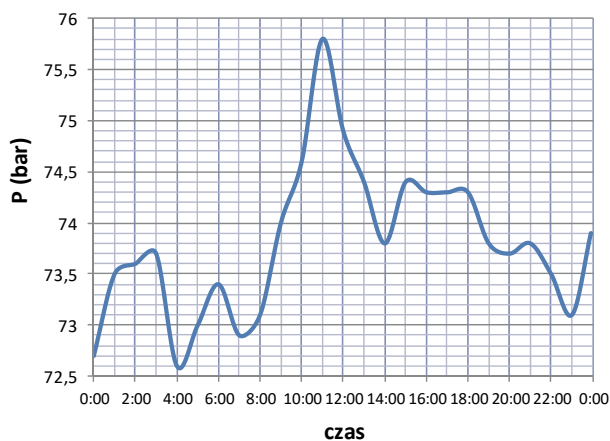
W przypadku zarejestrowania szybkich zmian parametrów sieci jezdnej system generuje sygnał alarmowy, który może być przesyłany siecią światłowodową lub za pośred-

nictwem sieci GSM na pulpit dyspozytora albo jako SMS alarmowy na dowolnie wybrany numer telefonu lub w dowolne inne miejsce, np. do SOK.

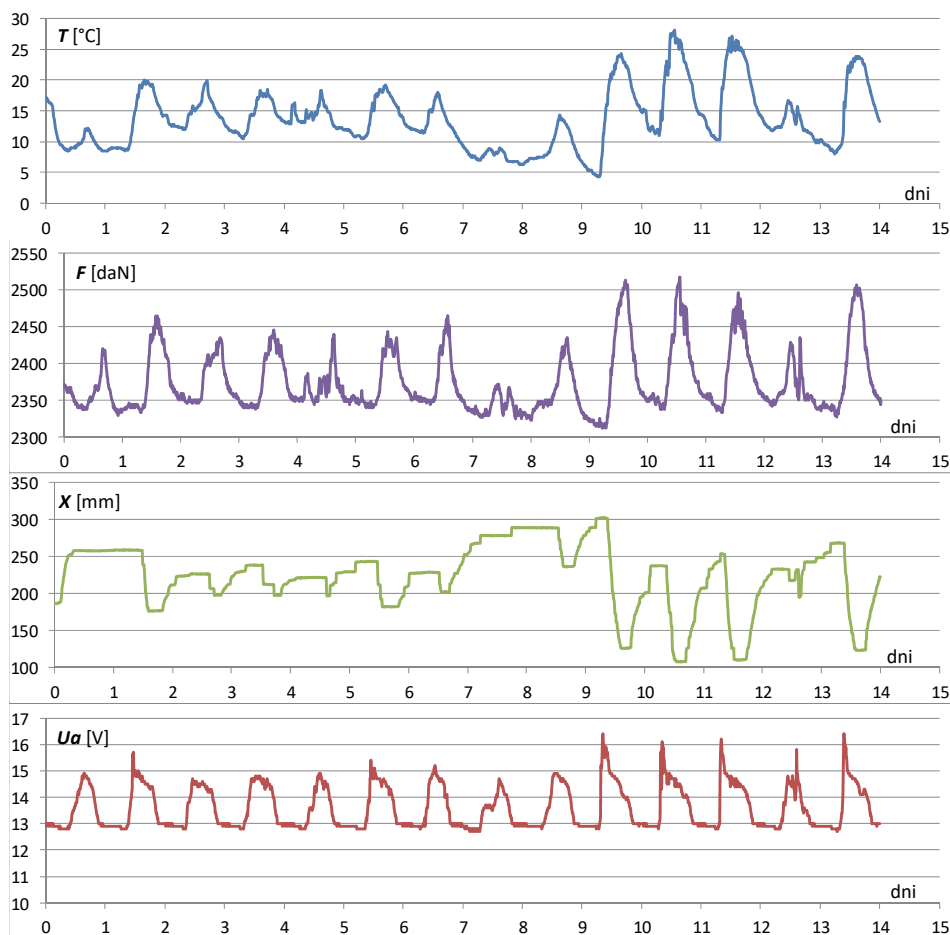
Szybkie zmiany parametrów sieci jezdnej wykrywane są przez ciągłą analizę zmian parametrów nadzorowanych przez czujniki dF/dt i dX/dt . Analiza ta odbywa się bezpośrednio w module zasilająco-komunikacyjnym. W przypadku przekroczenia wartości któregoś z parametrów generowany jest sygnał alarmowy. Wyniki analizy zapisywane są w pamięci modułu z określonym krokiem czasowym (np. co 5 s) i przechowywane (czas zależy od wymagań zarządcy sieci trakcyjnej) w celu ewentualnego wykorzystania.

Na wykresach przedstawionych na rysunku 3 widoczna jest bardzo dobra korelacja pomiędzy zmianami temperatury T i przesunięcia tłka X oraz pomiędzy ciśnieniem azotu P i siłą naciągu F . Siła naciągu nie jest wartością stałą. Z uwagi na konstrukcję urządzenia zmienia się ona nieznacznie – około $6 \text{ daN}/^\circ\text{C}$.

Gazowe urządzenie naprężające typu AERO 1000 nadal jest bezawaryjnie eksploatowane na stacji w Grenoble. Do lipca 2016 roku odczytano z urządzenia ponad 200 tysięcy danych dotyczących temperatury otoczenia, przemieszczenia tłka, siły naciągu oraz wartości napięcia na zaciskach akumulatora zasilającego czujniki i system przesyłania danych.



Rys.3. Przykładowe dobowe wyniki pomiarów



Rys. 4. Przykładowe wyniki pomiarów z 14 dni

Ze względu na ograniczoną pojemność akumulatora zasilającego czujniki oraz układ komunikacyjny przesyłanie danych odbywa się w następujących przypadkach:

- ◆ przekroczenia któregoś z parametrów – alarm;
- ◆ parametry: F , X , T , P i U_a co określony czas;
- ◆ parametry: F , X , T , P i U_a na żądanie operatora.

Z wyjątkiem alarmów pozostałe parametry mogą być przesyłane z dowolnym odstępem czasowym, równym lub większym od kroku czasowego, z jakim są rejestrowane w module zasilająco-komunikacyjnym. Przykładowo dane podczas opisanych wcześniej badań były przesyłane z raz na dobę z krokiem czasowym co 10 minut.

Podsumowanie

Gazowe urządzenie naprężające jest rozwiązaniem bezpiecznym, przez co nie występuje niebezpieczeństwo zmiany siły naciągu sieci jezdnej ze względu na kradzieże ciężarów naprężających. W urządzeniu tym wykorzystano zjawisko zmiany ciśnienia gazu – azotu pod wpływem jego temperatury do kompensacji zmian długości przewodów jezdnych i lin nośnych pod wpływem temperatury. Badania gazowego urządzenia naprężającego typu AERO 1000 wykazały, że prawidłowo kompensuje ono zmiany długości elementów sieci jezdnej i utrzymuje siłę ich naciągu w dopuszczalnych granicach. Gazowe urządzenie naprężające wyposażone jest m.in. w czujniki siły, ruchu tłka oraz temperatury. Służą one zasadniczo do diagnostyki sieci jezdnej w zakresie jej siły naciągu, lecz mogą być użyte do budowy systemu antykradzieżowego. Ciągła rejestracja danych z czujników pozwala

na ich analizę pod względem zmian wartości siły naciągu czy przesunięcia tłka urządzenia naprężającego. Zbyt szybkie zmiany tych parametrów mogą być spowodowane przecięciem lub przerwaniem przewodu jezdnej lub liny nośnej. W takim przypadku urządzenie naprężające wyposażone w moduł zasilająco-komunikacyjny może generować sygnał alarmowy, który jest przesyłany w ustalonej formie do odpowiednich służb.

Literatura:

1. Projekt NCBiR INNOTECH II (Firma MABO), Opracowanie technologii i uruchomienie produkcji nowej generacji elementów nośnych kolejowych sieci trakcyjnych, nr: INNOTECH-K2/IN2/28/182120/NCBR/13.
2. Kiesiewicz G., Knych T., Kwaśniewski P., Rojek A., *Development and testing of new solutions of overhead contact line accessories*, „Problemy Kolejnictwa”, zeszyt 171, Warszawa 2016.
3. Knych T., Kwaśniewski P., Kiesiewicz G., Rojek A. i in., *Koncepcja i badania nad bezpiecznym urządzeniem naprężającym trakcji kolejowej*, „Technika Transportu Szynowego” 2016, nr 5.
4. www.skyscrapercity.com

Autorzy:

dr inż. **Artur Rojek** – Instytut Kolejnictwa
 mgr inż. **Marek Stolarski** – NEEL
 mgr **Dorota Bartoszek-Majewska** – NEEL
Rémy Bouix – Galland SAS
Philippe D’Huy – Galland SAS

The gas tensioning device with the anti-theft system

Overhead catenary is a no-reserve part of the railway infrastructure, which provides electricity to the traction vehicles. Its parameters must ensure proper electrical contact of contact wires with the pantograph. One of the parameters is the flexibility of catenary, which depends on the tension of contact wires and messenger wires. Elements of catenary, including contact wires and messenger wires, are subject to the phenomenon of thermal expansion with temperature changes. In order to minimize these phenomena catenary compensation is applied using different types of tensioning devices: counterweight, spring or gas tensioning devices may be used. The gas tensioning device is a no-counterweight solution so there is no danger of changing catenary tension due to theft of tensioning weights. The tests of the gas tensioning device type AERO 1000 has shown that it properly compensates changes of the length of the catenary elements and maintains the strength of their tension within acceptable limits. Due to the price of copper, thefts of traction network elements are a common occurrence. Gas tensioning devices are equipped with, inter alia, sensors of force, movement of the piston and temperature that are mainly used for diagnostics of the system, but can be also used as an anti-theft system.