

ELEKTROHYDRAULICZNE SYSTEMY STEROWANIA SIŁĄ NAPINANIA LINY W KOLEJACH NAPOWIETRZNYCH

W artykule przedstawiono czynniki związane z eksploatacją i bezpieczeństwem kolei napowietrznych, uzależnione od wartości siły napinającej linę, a także czynniki utrudniające stabilizację tej siły. Pokazano ogólną strukturę elektrohydraulicznych systemów napinania liny, wyszczególniono ich najważniejsze cechy konstrukcyjne i funkcjonalne. Opisano sterowanie siłą napinania liny na przykładzie własnych rozwiązań urządzeń napinających.

Wprowadzenie

W roku 1834 wynaleziono w Górach Harzu (Niemcy) linę stalową i tym samym stworzono podstawę, która następnie pozwoliła na powstanie współczesnych typów kolei linowych. Bracia Zeugg opracowali konstrukcje kolei linowych z silnie napiętymi linami nośnymi. Do tej pory stosowano niskie napięcie lin, co pociągało za sobą m.in. stosowanie dużej liczby podpór. Pierwszą kolej wybudowano w Meran (Tyrol Południowy). Fakt ten istotnie przyczynił się do częstszego wykorzystywania kolei linowych do przewozu osób. W roku 1935 w Sun Valley (USA) powstała pierwsza kolej linowa z krzeselkiem jednoosobowym [1].

Intensywny rozwój kolei linowych rozpoczął się w latach 1955–1965 w Europie, w USA w latach 1965–1975 (wybudowano 240 urządzeń w jednym roku), w Skandynawii od 1975 i w Japonii od 1985 roku. W USA i Kanadzie koleje linowe budowano w ponad 50 przedsiębiorstwach, ale dzisiaj pozostały w świecie tylko dwa duże – Doppelmayr i Leitner [3].

W Polsce szybki rozwój kolei linowych rozpoczął się w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku i trwa do chwili obecnej. Każdego roku w różnych regionach kraju, niekrotnie w górzystych, powstaje kilka nowych obiektów. Przewiduje się, że tendencja ta będzie się nadal utrzymywała. Z oczywistych względów w tego typu obiektach duże znaczenie ma ich bezpieczeństwo. Koleje linowe podlegają Transportowemu Dozorowi Technicznemu (TDT). Urząd

ten zatwierdza ich dokumentację projektową i techniczno-ruchową oraz dopuszcza urządzenia do ruchu.

W ramach podstawowej klasyfikacji koleje linowe można podzielić na [1] terenowe, napowietrzne i wyciągi narciarskie. Według innej klasyfikacji wyróżnia się koleje linowe wahadłowe i okrężne. W Polsce wykorzystywane są najczęściej jednolinowe koleje napowietrzne o ruchu okrężnym, ponieważ umożliwiają ciągły system transportu. W kolejach tych zadania liny nośnej i napędowej wypełnia lina nośno-napędowa, na której, za pomocą wprzęgieł, umocowane są pojazdy. Dla każdego kierunku ruchu koleje okrężne posiadają własny tor jazdy, który nazywany jest tokiem jazdy w górę lub tokiem jazdy w dół. Ich kierunek poruszania się nie ulega zmianie w czasie pracy.

Jednym z najważniejszych podzespołów kolei jest urządzenie napinające linę [1], [2]. Obejmuje ono wszystkie elementy, które służą do utrzymania napięcia liny we wstępnie ustalonych dopuszczalnych granicach. Od prawidłowej pracy tego urządzenia zależy w dużym stopniu bezpieczna i niezawodna oraz długotrwała praca kolei linowej. W nowoczesnych obiektach do utrzymania siły z wymaganą dokładnością stosuje się najczęściej urządzenia z elektrohydraulicznymi systemami sterowania.

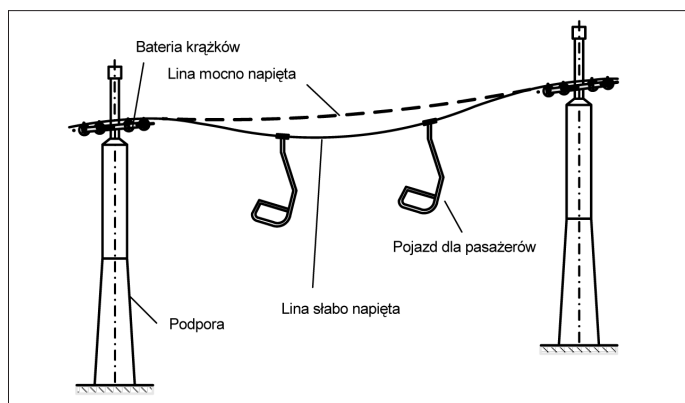
Konieczność stabilizacji siły napinania liny

Podstawowym zadaniem urządzenia napinającego jest automatyczne utrzymanie wymaganego napięcia w linie nośno-napędowej w ustalonych granicach tolerancji, a przy przekroczeniu dopuszczalnych odchyłek wyłączenie kolei. Duże znaczenie tego urządzenia wynika z istotnego wpływu wywieranej siły napinającej na szereg czynników związanych z eksploatacją i bezpieczeństwem kolei. Do najważniejszych z nich należą:

- stosunek naprężenia rozciągającego linę do poprzecznego naprężenia zginającego, wywołanego przez obciążone pojazdy (za mała siła rozciągająca linę zmniejsza okres jej eksploatacji);
- tor liny (za mała lub za duża siła rozciągająca linę powoduje różne zwisy liny – rys. 1);
- naciski na krążkach podpór niosących o ujemnym odchyleniu ciężki (za duża siła rozciągająca linę może spowodować podniesienia liny);
- naciski na krążkach podpór gniotących (za mała siła rozciągająca linę może spowodować odejście liny);

¹ Dr inż., Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Automatykacji Procesów, janusz.pluta@agh.edu.pl

- możliwość prowadzenia krążków linowych (za mała siła rozciągająca linę może spowodować jej wypadnięcie z prowadzenia);
- przenoszona siła obwodowa na kole napędowym przy rozruchu i hamowaniu (za mała siła rozciągająca linę może doprowadzić do jej poślizgu);
- jakość zaplotu (za mała siła rozciągająca linę może doprowadzić do poluzowania zaplotu);
- siła rozciągająca linę (za duża siła rozciągająca linę może spowodować obniżenie współczynnika bezpieczeństwa poniżej wartości zalecanej);
- obciążenie elementów mechanicznych: kół linowych, łożysk, wykładzin, konstrukcji nośnej itd. (za duża siła rozciągająca linę może spowodować ich deformację, aż do zniszczenia).



Rys. 1. Tor liny przy różnych wartościach siły napięcia

Wymagana jest zatem siła napinająca w ściśle określonym przedziale tolerancji. Znanych jest szereg czynników, które mogą utrudniać utrzymanie tego stanu, m.in.:

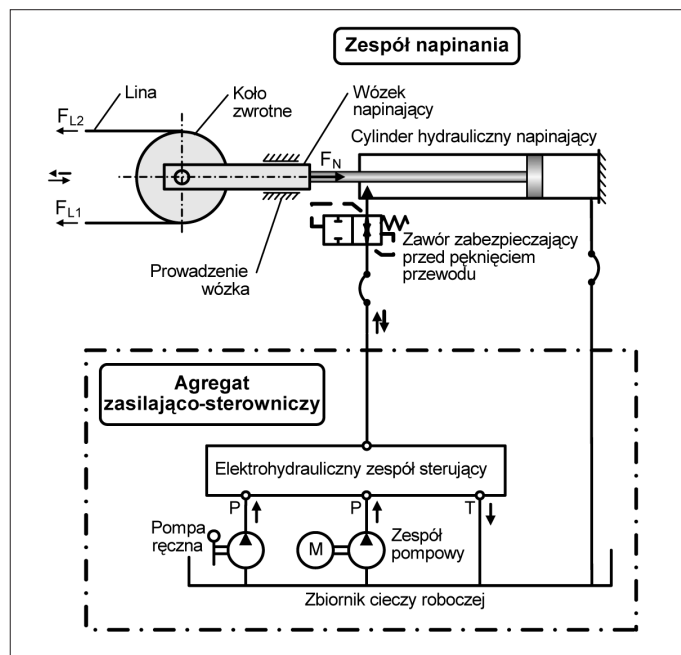
- wydłużenie stałe liny nośno-napędowej,
- termiczne wydłużenie liny nośno-napędowej,
- zmieniające się położenie i obciążenie pojazdów,
- dynamiczne oddziaływanie liny na trasie,
- obciążenia specjalne (np. burza, walące się drzewa),
- obciążenie śniegiem i lodem (poza eksploatacją).

Zapobieganie skutkom działania tych niekorzystnych czynników nie jest możliwe bez odpowiednio zaprojektowanego urządzenia napinającego. Działanie urządzenia i dobrane parametry pracy zależą od jego lokalizacji. Urządzenie można umieszczać w stacji górnej lub dolnej. Korzystniejsze jest jego umieszczenie w stacji dolnej, ponieważ siła w linie jest wówczas zmniejszona o składową siły ciężkości. Urządzenie napinające umieszcza się w stacji górnej tylko wówczas, gdy w stacji dolnej brak jest miejsca. Dla urządzenia napinającego korzystne jest umieszczenie napędu w stacji górnej, ponieważ do przeniesienia pełnej (bez poślizgu) siły obwodowej linę można być słabiej napięta [4].

Ogólna struktura urządzeń napinających

Ze znanych konstrukcji do napinania liny w napowietrznych kolejach jednolinowych o ruchu okrężnym wyróżnia się urządzenia [1] ciężarowe o działaniu bezpośrednim, elektryczne

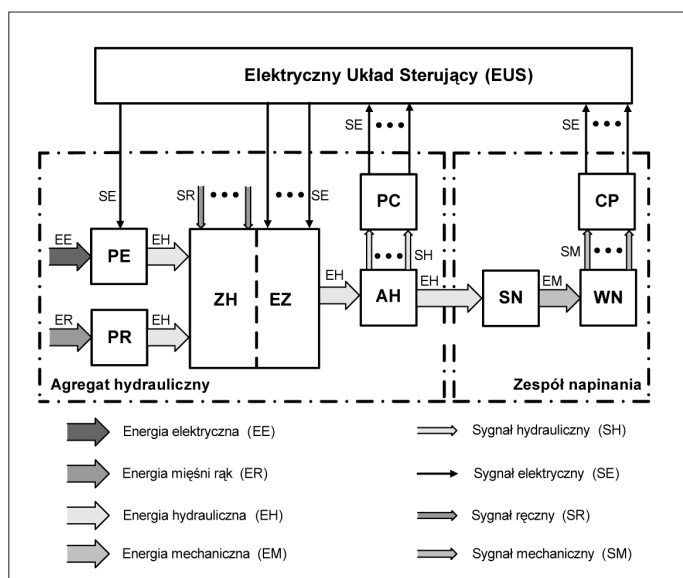
i hydrauliczne. Najlepsze cechy techniczno-eksploatacyjne wykazują urządzenia hydrauliczne. W nowych obiektach ten rodzaj urządzeń jest stosowany najczęściej. Dotyczy to także większości kolei linowych instalowanych obecnie w Polsce. Urządzenia hydrauliczne produkowane są w czterech odmianach [2], ale obecnie stosuje się głównie odmianę pokazaną w uproszczeniu na rysunku 2. Działanie napinania hydraulicznego polega na bezpośrednim przesuwaniu wózka napinającego za pomocą jednego lub dwóch cylindrów (siłowników) działających z odpowiednio ustawioną siłą. W urządzeniach napinających z jednym siłownikiem wózek wraz z liną jest ciągnięty, a przy dwóch pchany.



Rys. 2. Uproszczony schemat hydraulicznego urządzenia napinającego

Współczesne urządzenia napinające są urządzeniami mechatronicznymi, stanowiącymi elektrohydrauliczne systemy sterowania siłą napinania liny. Można w nich wyróżnić część hydrauliczno-mechaniczną i elektryczną. W skład pierwszej wchodzi agregat zasilająco-sterowniczy, zbudowany z elementów hydraulicznych i elektrohydraulicznych oraz zespół napinania, składający się z podzespołów mechanicznych i hydraulicznych. Druga część zawiera, obok zwykłych elementów elektrycznych, podzespoły elektroniczne, np. sterowniki mikroprocesorowe. Odpowiednią współpracę obu części systemu zapewniają elementy elektrohydrauliczne (elektrozawory, przełączniki ciśnienia itp.) zainstalowane w agregacie.

Najważniejsze bloki funkcjonalne systemu i rodzaje występujących między nimi oddziaływań, związanych z przekazywaniem i przetwarzaniem energii oraz sterowaniem, pokazano na rysunku 3. Wśród bloków funkcjonalnych wyróżnić można: *PE* – podzespół pompowy napędzany silnikiem elektrycznym, *PR* – pompę ręczną, *AH* – akumulator hydrauliczny, *PC* – zespół przełączników ciśnienia, *ZH* – podzespół zaworów hydraulicznych, *EZ* – podzespół elektrozaworów, *SN* – siłownik (lub siłowniki) napinania, *WN* – wózek napinający, *CP* – zespół czujników położenia wózka napinającego.



Rys. 3. Ogólna struktura hydraulicznego układu napinania linii

Cechy konstrukcyjne i funkcjonalne

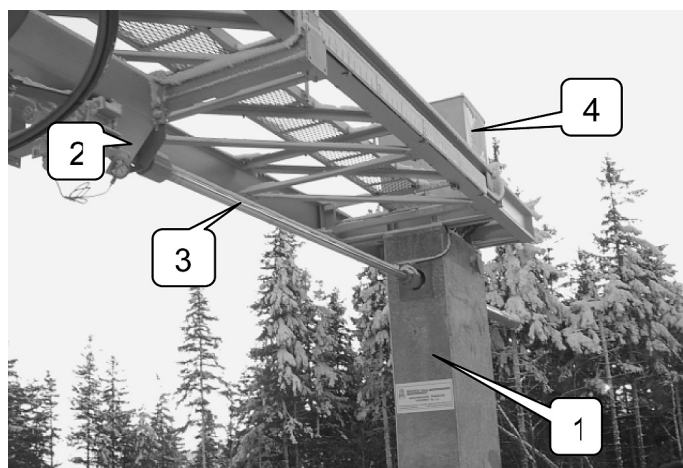
Wymagania bezpieczeństwa dla urządzeń napinających osobowych kolei linowych określa PN-EN 1908:2006, dotycząca projektowania, wytwarzania, montażu i eksploatacji. W normie uwzględniono wymagania ogólne, dotyczące urządzeń konstrukcyjnych oraz konserwacji i kontroli zaworów ograniczających napięcie nominalne linii. Hydrauliczne układy napinania linii kolejowych napowietrznych o ruchu okrężnym mają wiele wspólnych cech konstrukcyjnych i funkcjonalnych:

- napięcie linii jest utrzymywane automatycznie w ustalonych granicach, np. $\pm 5\%$ wartości siły nominalnej – przy przekroczeniu dopuszczalnych odchyłek (np. $\pm 8\%$ wartości siły nominalnej) dochodzi do wyłączenia kolei;
- podstawowym źródłem energii hydraulicznej układu jest pompa (napędzana silnikiem elektrycznym), zabezpieczona przed przeciążeniem zaworem maksymalnym, nastawionym na wartość ciśnienia odpowiadającego nominalnej sile napięcia (100%);
- pompa współpracuje z podzespołem akumulatora hydraulicznego gazowego i siłownikami (siłownikiem), a przełączniki ciśnienia, zainstalowane w przewodzie tłocznym, współpracując z elektrycznym układem sterowania, kontrolują wymagany zakres utrzymywania siły napinającej, a w razie przekroczenia dopuszczalnych odchyłek, wyłączają kolej;
- przecieki oleju w układzie są kompensowane przez akumulator hydrauliczny gazowy, który łagodzi także stany dynamiczne, występujące podczas pracy urządzenia, a podzespół akumulatora wyposażony jest w zawór odcinający lub dławiący, służący do łagodnego obniżania ciśnienia w zespole napinania podczas prac konserwacyjnych na kolei oraz prób i kontroli agregatu hydraulicznego;
- dodatkowym źródłem energii hydraulicznej jest pompa napędzana ręcznie, wykorzystywana w pracach

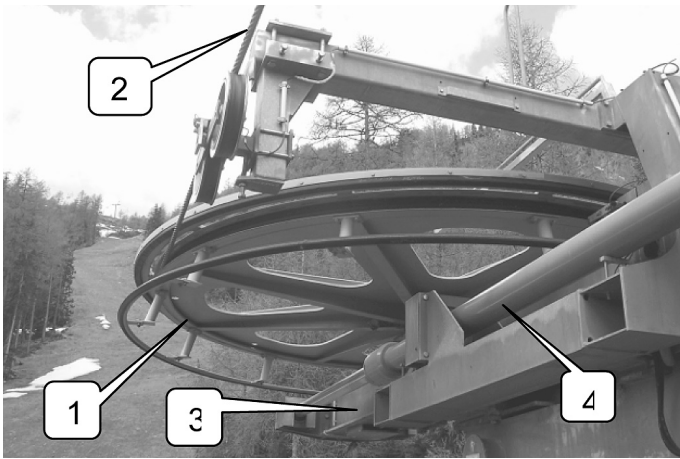
konserwacyjnych na kolei oraz podczas prób i kontroli agregatu hydraulicznego;

- ciśnienie w zespole napinania przy wyłączonej pompie utrzymuje zamek hydrauliczny, oddzielający ściśle siłowniki od pozostałej części układu hydraulicznego, a do sterowania otwieraniem i zamykaniem tego zamka służy elektrozawór (rozdzielacz z elektromagnesem) uruchamiany z elektrycznego układu sterującego;
- bezpośrednio przy przyłączy ciśnieniowym każdego siłownika znajduje się specjalny zawór zabezpieczający (zawór odcinający samoczynnie lub zawór podporowy), który w razie pęknięcia przewodu hydraulicznego samoczynnie odcina się, zamykając wypływ oleju z siłownika;
- siłowniki zabezpiecza się przed przeciążeniem dodatkowym zaworem maksymalnym, ustawionym na ciśnienie wynoszące 110% (lub 115%) ciśnienia nominalnego;
- w układzie hydraulicznym instalowane są zawory odcinające, uruchamiane ręcznie, używane w pracach konserwacyjnych na kolei oraz podczas prób i kontroli agregatu hydraulicznego;
- agregat hydrauliczny jest wyposażony przynajmniej w filtr tłoczny lub sphywowy, filtr wlewowy, wskaźnik poziomu oleju i grzałkę z termostatem;
- do okresowej kontroli ciśnienia w układzie hydraulicznym służy manometr znajdujący się w agregacie hydraulicznym, a do pomiaru i bieżącej kontroli siły miernik, zainstalowany w wózku napinającym, widoczny z peronu;
- graniczne położenia ruchowe zespołu napinania są kontrolowane przez wyłączniki krańcowe, które inicjują zatrzymanie kolei linowej.

W skład zespołu napinania linii wchodzi elementy mechaniczne i hydrauliczne. Najważniejszym elementem mechanicznym jest wózek z zainstalowanym kołem napinającym (zwrotnym), usytuowany na specjalnej konstrukcji nad peronem (fot. 1 i 2). Wózek musi mieć odpowiednie prowadzenie konstrukcji nośnej, umożliwiające jego przesuwanie z niewielkimi oporami ruchu. Jest to szczególnie istotne przy napinaniu linii dwoma siłownikami (fot. 2 i 3).



Fot. 1. Zespół napinania linii z jednym siłownikiem ciągnącym: 1 – podpora końcowa, 2 – wózek napinający, 3 – siłownik, 4 – kontener z agregatem hydraulicznym



Fot. 2. Pchający zespół napinania z dwoma siłownikami: 1 – koło zwrotne, 2 – lina nośno-napędowa, 3 – wózek napinający, 4 – jeden z dwóch siłowników

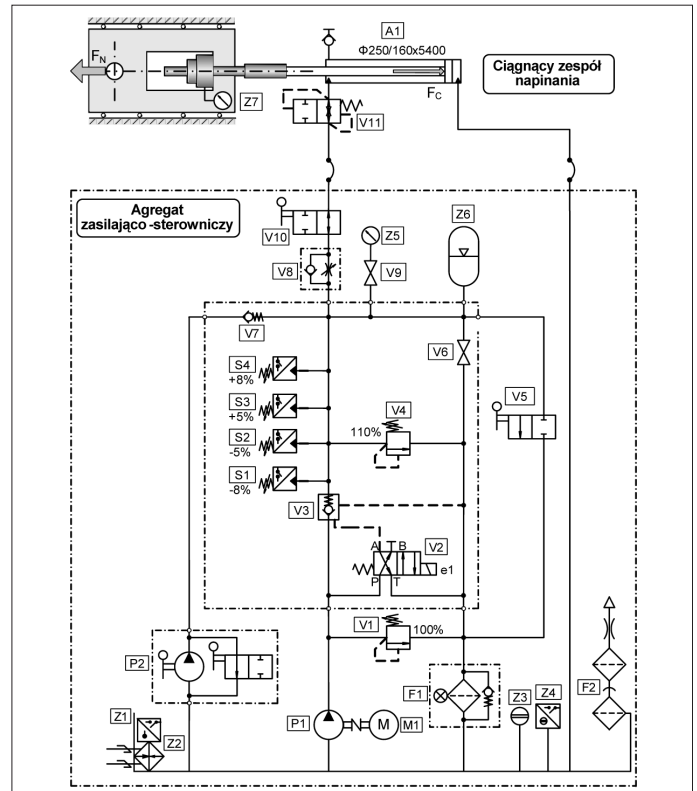
Dla prawidłowego prowadzenia wózka napinającego ważny jest także sposób oddziaływania siłowników hydraulicznych na jego konstrukcję. Zależy on m.in. od tego, czy są to siłowniki o działaniu ciągnącym (fot. 1) czy pchającym (fot. 2). Przy zastosowaniu siłowników pchających nie można dopuścić do wybożenia ich tłoczków. Wymienione czynniki muszą być uwzględnione przy projektowaniu i montowaniu konstrukcji zespołu napinającego.

Podstawowe parametry techniczno-eksploatacyjne hydraulicznych urządzeń napinania liny mieszczą się w następujących granicach: ciśnienie pracy: od 10 do 20 MPa, wydajność pompy: od 5 do 22 l/min, moc silnika napędzającego pompę: od 3 do 7,5 kW, pojemność akumulatora hydraulicznego: od 0,75 do 5 l, filtracja oleju: od 10 do 20 μ m, napięcie sterujące elektromagnesów zaworów rozdzielających: 230 V AC, 50 Hz, zakres regulacji siły napięcia liny: $\pm 5\%$, dopuszczalne odchylenie siły napięcia liny: $\pm 8\%$, dopuszczalna siła napięcia liny ograniczona hydraulicznie: 110% (niekiedy 115%).

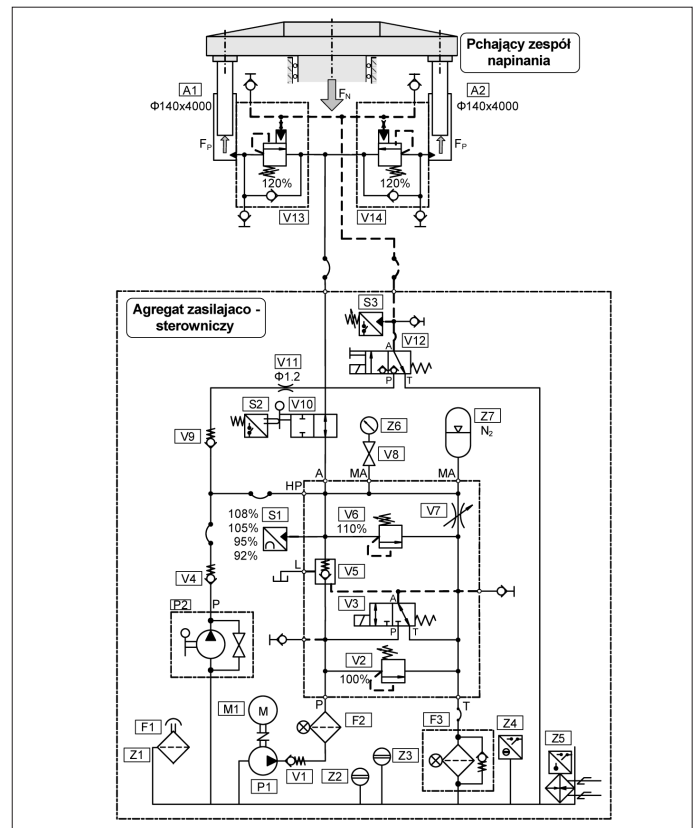
Sterowanie siłą napinania liny

Współczesne systemy sterowania siłą napinania liny nośno-napędowej wyposaża się w układ elektrohydrauliczny, współpracujący z elektrycznym układem sterowania całej kolei linowej. Konstrukcję współczesnych układów napinania liny pokazano na przykładzie dwóch własnych rozwiązań, zastosowanych w kolejach linowych, zbudowanych dla polskich inwestorów. Obydwa układy przedstawiono za pomocą schematów funkcjonalnych, narysowanych według zaleceń PN ISO 1219. Pierwszy dotyczy elektrohydraulicznego urządzenia z zespołem napinania o działaniu ciągnącym (rys. 4), zamontowanego w kolei uruchomionej pod koniec 2008 roku. Drugie z rozwiązań dotyczy urządzenia, w którym zastosowano pchający zespół napinania (rys. 5), zainstalowany w kolei uruchomionej pod koniec 2009 roku. Obydwa rozwiązania różnią się zespołami napinania i wieloma szczegółami konstrukcyjnymi agregatów hydraulicznych. Podczas pracy kolei zadaniem układu hydraulicznego jest utrzymywanie siły napinania w zakresie tolerancji $\pm 5\%$ wartości nominal-

nej, a także nadzorowanie odchylenia siły napinania w zakresie $\pm 8\%$ siły nominalnej. Działanie hydraulicznego układu napinania pokazano na przykładzie pierwszego z urządzeń (rys. 4).



Rys. 4. Schemat elektrohydraulicznego układu napinania o działaniu ciągnącym z jednym siłownikiem



Rys. 5. Schemat elektrohydraulicznego układu napinania o działaniu pchającym z dwoma siłownikami nurnikowymi

Utrzymywanie siły napinania w zakresie tolerancji $\pm 5\%$ wartości nominalnej

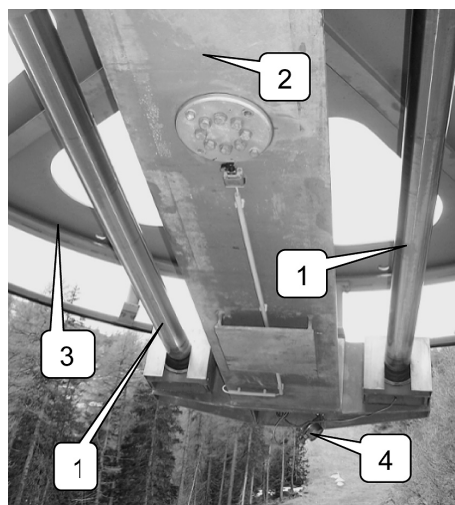
Jeżeli podczas pracy kolei siła napinania F_N jest większa niż 95% i mniejsza niż 105% wartości nominalnej, to silnik elektryczny $M1$ jest wyłączony. Uzyskane wcześniej ciśnienie w cylindrze zespołu napinania utrzymywane jest zaworem zwrotnym sterowanym (zamkiem hydraulicznym) $V3$ zainstalowanym w agregacie. Przy zmianach ciśnienia w podanym zakresie dochodzi do przepływu cieczy pomiędzy komorą roboczą cylindra $A1$ a akumulatorem hydraulicznym $Z6$, umożliwiającym niewielkie ruchy tłoczyska wraz z wózkiem napinającym. Jeżeli siła napinania osiągnie wartość o 5% wyższą od wartości nominalnej, to zadziała przełącznik ciśnienia $S3$, uruchamiając silnik $M1$, napędzający pompę $P1$. Po krótkiej zwłoce czasowej, potrzebnej na osiągnięcie ciśnienia nominalnego, następuje podanie napięcia na elektromagnes $e1$ rozdzielacza $V2$. Sygnał hydrauliczny z przyłącza A rozdzielacza otwiera zamek hydrauliczny $V3$. Część układu hydraulicznego, będąca pod zbyt wysokim ciśnieniem (za zamkiem $V3$), łączy się z częścią pracującą pod ciśnieniem wytwarzanym przez pompę $P1$. Następuje przepływ cieczy z cylindra $A1$ do zaworu maksymalnego $V1$, ustawionego na ciśnienie odpowiadające nominalnej wartości siły napinania. Po krótkiej zwłoce czasowej, potrzebnej na wyrównanie się ciśnienia w całym układzie hydraulicznym do wartości nominalnej, dochodzi do wyłączenia elektromagnesu $e1$ i silnika $M1$. Rozdzielacz $V2$ powraca do pozycji wyjściowej i jednocześnie zamyka się zawór $V3$.

Jeśli podczas pracy urządzenia siła napinania osiągnie wartość o 5% niższą od wartości nominalnej, przełącznik ciśnienia $S2$ uruchamia silnik $M1$, napędzający pompę $P1$. Po krótkiej zwłoce czasowej, potrzebnej na osiągnięcie ciśnienia nominalnego, dochodzi do przesterowania elektromagnesem $e1$ rozdzielacza $V2$. Sygnał hydrauliczny z przyłącza A rozdzielacza otwiera zamek hydrauliczny $V3$. Część układu hydraulicznego, będąca pod zbyt niskim ciśnieniem (za zaworem $V3$), łączy się z częścią pracującą pod ciśnieniem wytwarzanym przez pompę. Następuje przepływ cieczy z pompy do cylindra $A1$ i wyrównanie się ciśnienia w całym układzie hydraulicznym do wartości nominalnej, w wyniku stabilizującego działania zaworu maksymalnego $V1$. Po krótkiej zwłoce czasowej dochodzi do wyłączenia elektromagnesu $e1$ i silnika $M1$. Rozdzielacz $V2$ powraca do pozycji wyjściowej i jednocześnie zamyka się zawór $V3$. Tłoczek siłownika $A1$, działając siłą F_C , utrzymuje napięcie liny F_N w dopuszczalnych granicach.

Nadzorowanie odchylenia siły napinania w zakresie $\pm 8\%$ siły nominalnej

Jeśli podczas pracy układu napinania odchylenie od nominalnej siły napięcia liny osiągnie wartość -8% lub $+8\%$, to zadziała przełącznik ciśnienia $S1$ (-8%) lub $S4$ ($+8\%$). Dochodzi wówczas do zatrzymania całej kolei linowej i wyłączenia agregatu hydraulicznego oraz wysłania sygnału do pomieszczenia służbowego stacji napinającej, który włącza lampkę oznaczoną przez $\pm 8\%$. Gdy ciśnienie robocze

znajdzie się poza dozwolonym zakresem, to przez naciśnięcie przycisku aktywacji przy szafie elektrycznej można uruchomić agregat i rozpocząć dozwolony zakres pracy. Krótkotrwałe impulsy napięciowe, powodujące przełączanie przełącznika ciśnienia $\pm 8\%$ zostają przefiltrowane przez odpowiednie człony czasowe i nie prowadzą do wyłączenia całej kolei. Naciśnięcie przycisku aktywacji powoduje w strefie końcowego położenia wózka napinającego zmostkowanie przełącznika $S1$ (-8%) lub $S4$ ($+8\%$), a tym samym motoryczne wejście w zakres regulacji siły. Po zadziałaniu wyłączników końcowego położenia wózka napinającego można wejść w zakres regulacji tylko za pomocą pompy ręcznej, gdyż funkcje tych wyłączników są nadrzędne w stosunku do przycisków aktywacji.



Fot. 3.
Pchający zespół napinania widziany z peronu:
1 – siłowniki, 2 – wózek napinający, 3 – koło zwrotne, 4 – miernik siły

Urządzenie z zespołem napinania wyposażonym w dwa pchające siłowniki nurnikowe 3 (fot. 3) posiada agregat (fot. 4) z elektrohydraulicznym systemem sterowania siłą w linii (rys. 5), w którym zastosowano jeden analogowy przetwornik ciśnienia $S1$, zastępujący cztery przełączniki ciśnienia stosowane w innych układach (rys. 4). Przetwornik $S1$ współpracuje z prostym sterownikiem mikroprocesorowym, który wysyła sygnały sterujące do agregatu, po osiągnięciu zaprogramowanych wartości ciśnienia. To rozwiązanie jest bardziej niezawodne od zespołu czterech przełączników ciśnienia, posiadających ruchome elementy i wymagających ręcznego ustawiania. Do sterowania zamkiem hydraulicznym $V5$ zastosowano trzydrogowy rozdzielacz nabojuowy $V3$. Agregat 4 posiada zwartą konstrukcję i dostosowany jest kształtem i wymiarami do zainstalowania w podporze 1 na stacji napinającej (fot. 4). Usytuowanie agregatu tuż nad peronem ułatwia jego konserwację i ewentualne naprawy. Dwie przezroczyste osłony 2 umożliwiają obserwację agregatu z poziomu peronu i kontrolowanie ciśnienia na manometrze oraz zabezpieczenie przed działaniem warunków zewnętrznych. Siłowniki $A1$, $A2$ zespołu napinania wyposażono w zawory podporowe $V13$, $V14$ (rys. 5), służące do zabezpieczenia przed wyciekami oleju z komór ciśnieniowych cylindrów, gdyby nastąpiło pęknięcie przewodu zasilającego.

Dokończenie tekstu na stronie 24

Mimo długości 4,8 km kolej kosztowała jedynie 25 mln USD i z założenia władz lokalnych i pobieranych opłat za przejazd nie będzie ona rentowna. Ma ona służyć jako inwestycja, która podniesie poziom lokalnej turystyki wśród mieszkańców regionu.

Koszt przejazdu kolejami linowymi The Metrocable wynosi ok. 0,5 USD, natomiast za dowóz do parku należy dopłacić ok. 1 USD. Pozwala to na dostęp do terenów rekreacyjnych nie tylko zamożnym mieszkańcom Medellin. Porównując ceny przewozu systemem z kosztami, jakie trzeba ponieść w Europie, żeby podróżować kolejami linowymi – są one kilkakrotnie niższe na kontynencie południowoamerykańskim.

Koleje linowe, szczególnie w Ameryce Południowej, zaczynają być bardzo poważnie traktowane jako środek komunikacji miejskiej. Obecnie planowana jest najnowsza inwestycja w Rio de Janeiro w Brazylii. Kolej linowa ma mieć długość 3,4 km i będzie posiadać 6 stacji. [4], [6].



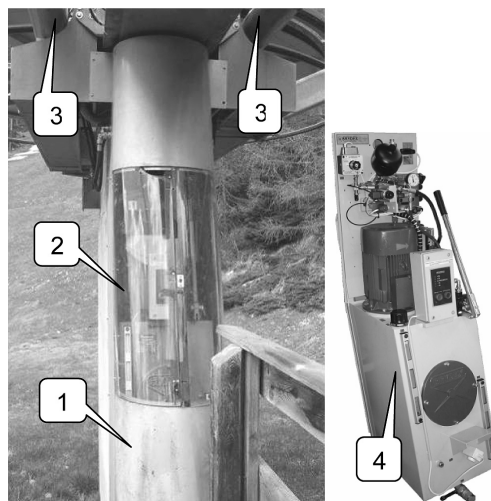
Fot. 7. Planowany system kolei linowych w Rio de Janeiro (materiały promocyjne firmy Piniweb)

Nigdzie w Europie nie wdrożono jeszcze kolei linowych jako typowego środka transportu miejskiego. Mówi się, że najtrudniej zrobić pierwszy krok. W tym przypadku było to wprowadzenie takiego systemu przez miasta w Ameryce Południowej. Obecnie, korzystając z doświadczeń Medellin i Caracas, można podjąć próbę implementacji kolei linowych jako środka komunikacji wspomagającej podstawową w tych miejscach, w których inne systemy transportu są niemożliwe do zastosowania. Dodatkowymi korzyściami z istnienia takiego systemu jest postrzeganie go jako atrakcji turystycznej, która na pewno przyczyni się do wzrostu liczby turystów. Natomiast miasta, posiadające rejony o dużych walorach turystycznych na okolicznych wzgórzach, powinny zdecydowanie rozważyć wprowadzenie tego środka transportu i skomunikowania go z systemem miejskiej komunikacji.

Literatura

1. Materiały informacyjne firmy Doppelmayr.
2. Materiały informacyjne firm Leitner i Poma.
3. Materiały promocyjne firm transportowych miast Medellin i Caracas.
4. Materiały promocyjne firmy Piniweb.
5. www.geographia.com/venezuela/caracas/index.htm
6. www.gondolaproject.com

Dokończenie tekstu ze strony 20



Fot. 4. Podzespoły stacji napinania liny: 1 – podpora, 2 – ostona, 3 – cylindry hydrauliczne, 4 – agregat hydrauliczny

Podsumowanie

Występująca różnorodność rozwiązań urządzeń napinających, przy szybkim postępie technicznym, wymaga coraz bardziej specjalistycznej wiedzy na różnych etapach powstawania oraz funkcjonowania kolei linowych. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, jako jedna z nielicznych jednostek naukowo-badawczych w Europie, od wielu lat zajmuje się zagadnieniami transportu linowego. W odpowiedzi na najnowsze oferty współpracy inwestorów, wykonawców i użytkowników kolei linowych, podjęto wielostronne działania związane z problematyką urządzeń napinających linę. Obejmują one nie tylko zdobywanie i gromadzenie wiedzy oraz doświadczeń w tym zakresie, ale zmierzają także do opracowania i stosowania krajowych rozwiązań systemów napinających. W związku z dość szybko rosnącą w Polsce liczbą użytkowanych kolei linowych, należy rozwijać własną myśl techniczną i utrzymywać zaplecze naukowo-badawcze oraz produkcyjne. Dotychczasowe doświadczenia, poparte praktyką z eksploatacji i badań różnych urządzeń napinających, a także wdrożeniami krajowych rozwiązań, przemawiają za stosowaniem urządzeń opracowanych i wykonanych w Polsce. Nie ustępują one konstrukcjom zagranicznym, są tańsze i łatwiej je serwisować, co w okresie wzmożonego ruchu ma istotne znaczenie dla właścicieli kolei.

Literatura

1. Doppelmayr A., *Warunki projektowania napowietrznych kolei linowych o ruchu okrężnym*, Wyd. Katedra Transportu Linowego, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków 2003.
2. Pluta J., *Hydrauliczne układy napinania liny w kolejach linowych napowietrznych*, „Hydraulika i Pneumatyka”, 2005, nr 5.
3. Wójcik M., *Koleje linowe w Europie i świecie. Systemy bezpieczeństwa transportu linowego*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Katedry Transportu Linowego AGH, z. 20, Kraków 2000.
4. Wójcik M., *Nowoczesne systemy transportu linowego w komunikacji i turystyce*. Zeszyty Naukowe Podkarpackiej Szkoły Wyższej im. bł. ks. Władysława Findysza w Jaśle, Jasło 2009.