

Układ przeciwpoślizgowy przy hamowaniu dla szynowych pojazdów trakcyjnych

W artykule przedstawiono budowę i zasadę działania układu przeciwpoślizgowego wykorzystującego sterownik 88ZE-01 opracowany w Instytucie Pojazdów Szynowych „TABOR”. Przedstawiono budowę sterownika oraz jego opis funkcjonalny. Zaprezentowano wyniki działania sterownika. Przedstawiono propozycję dalszych prac nad układem przeciwpoślizgowym. Artykuł powstał w ramach projektu celowego „Mikroprocesorowy system przeciwpoślizgowy dla trakcyjnych pojazdów szynowych spełniający wymagania unijnych Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności” N R10 0046 06/2009 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

1. Wstęp

Nadmierny poślizg zestawów kołowych pojazdu szynowego podczas hamowania jest zjawiskiem wysoce niekorzystnym. Na skutek takiego poślizgu dochodzi do uszkodzeń powierzchni tocznej zestawów kołowych (pęknięcia termiczne i wykruszenia na powierzchni tocznej koła). W przypadku, gdy nie zostaną przeprowadzone działania zaradcze, może nastąpić nawet zablokowanie zestawów kołowych. Blokada kół oprócz powstania płaskich miejsc na powierzchni koła powoduje również zmniejszenie momentu hamującego pojazd. Dlatego koniecznym jest wyposażanie nowych pojazdów trakcyjnych o wysokiej skuteczności hamowania w układy, mające za zadanie wykrywanie i likwidację poślizgu zestawów kołowych [1, 2, 5].

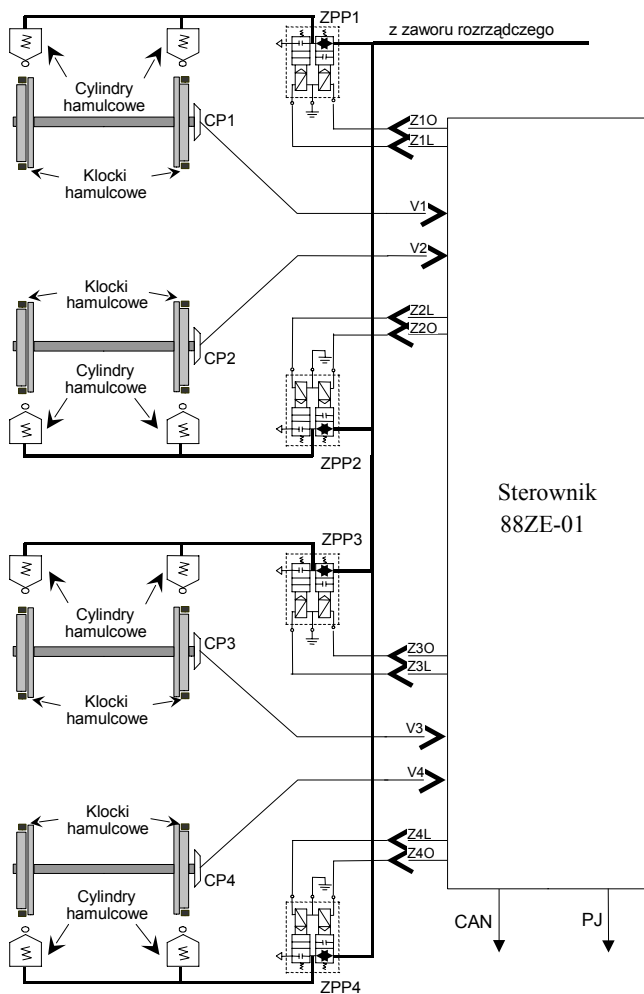
Tematem niniejszego artykułu jest układ realizujący funkcję autonomicznego wykrywania i likwidacji poślizgu przy hamowaniu pojazdu trakcyjnego. Układ ten, oparty na opracowanym w IPS Tabor sterowniku przeciwpoślizgowym 88ZE-01, został zainstalowany i przetestowany na lokomotywie 6Dk.

2. Budowa i zasada działania układu przeciwpoślizgowego

Spalinowa lokomotywa manewrowa typu 6Dk, na której został zabudowany sterownik przeciwpoślizgowy 88ZE-01 posiada dwa wózki dwuosiowe. Każdy z wózków lokomotywy wyposażony jest w cztery cylindry hamulcowe. Para cylindrów oddziałuje na klocki hamulcowe jednego zestawu kołowego pojazdu. Pomiar prędkości odbywa się przy pomocy aktywnych czujników reluktancyjnych, zabudowanych na każdym zestawie kołowym. Sygnały z czujników prędkości podawane są na wejścia pomiarowe sterownika 88ZE-01. Na podstawie otrzymanych sygnałów określone są

prędkości obrotowe i poślizgi względne poszczególnych zestawów kołowych pojazdu trakcyjnego. Lokomotywa jest wyposażona w cztery zawory przeciwpoślizgowe. Każdy zawór przeciwpoślizgowy steruje parą cylindrów hamulcowych, odpowiedzialnych za hamowanie jednej osi. Sterowanie zaworami odbywa się po wykryciu poślizgu wg algorytmu zrealizowanego z wykorzystaniem logiki rozmytej za pomocą dwóch sygnałów: ZO – odcięcie zasilania powietrzem cylindrów hamulcowych oraz ZL – odpowietrzenie cylindrów hamulcowych do atmosfery. Dzięki odpowiedniej kombinacji tych sygnałów możliwe jest opróżnianie cylindrów hamulcowych, popelnianie cylindrów i utrzymanie ciśnienia cylindrowego na dowolnym poziomie w procesie opróżniania i popelniania cylindra. Schemat układu przeciwpoślizgowego lokomotywy 6Dk przedstawiono na rys. 1.

Sterownik przeciwpoślizgowy 88ZE-01 otrzymuje po sieci CAN pojazdu informacje o stanie pojazdu (jazda, hamowanie, wybieg), co w połączeniu z sygnałami z czujników prędkości, umożliwia wykrycie poślizgów występujących w trakcie hamowania lub rozruchu pojazdu. W przypadku wykrycia poślizgu przy hamowaniu, sterownik tak steruje zaworami przeciwpoślizgowymi, aby uzyskać maksymalne wykorzystanie przyczepności pomiędzy kołem a szyną. Poślizg podczas rozruchu likwidowany jest wg innego algorytmu: najpierw poprzez selektywne podhamowanie przeciwpoślizgowe i piaskowanie a w razie nie zlikwidowania poślizgu w określonym czasie dodatkowo poprzez zmniejszenie momentu rozruchowego pojazdu realizowane poprzez sterownik główny pojazdu po przesłaniu tej informacji do niego po sieci CAN.



Rys. 1. Schemat blokowy układu przeciwoślizgowego

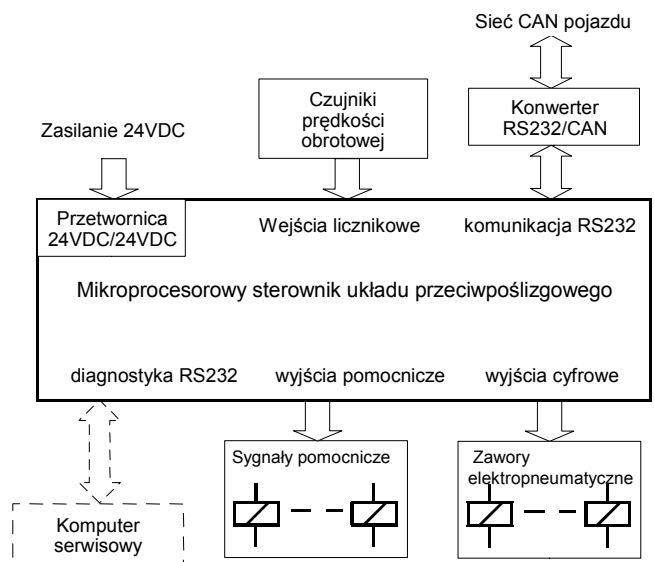
3. Budowa sterownika 88ZE-01

3.1. Wstęp

Sterownik mikroprocesorowy jest konstrukcją opracowaną w IPS „Tabor”. Oparty jest na systemie sterowania rozproszonego, wykonanego na procesorach z rdzeniem ARM, komunikujących się między sobą z użyciem wewnętrznej magistrali. Takie rozwiązanie umożliwiło przeniesienie części algorytmu sterującego do bloków wejścia/wyjścia, odciążając główny procesor. Jednocześnie możliwa jest realizacja kontroli nad wykonaniem algorytmu. W przypadku „zawieszenia się” głównego procesora, procesor pomocniczy generuje sprzętowy sygnał, wymuszający restart głównego procesora. Podłączenie sterownika na pojeździe trakcyjnym zostało przedstawione na rys. 2.

3.2. Sygnały z czujników prędkości

Sterownik jest przystosowany do współpracy z reaktancyjnymi czujnikami prędkości. Czujniki te powinny być aktywne, o wyjściu napięciowym i znamionowym napięciu zasilania 24V. Czujniki takie charakteryzują się sygnałem wyjściowym o obwiedni



Rys. 2. Podłączenie sterownika układu przeciwoślizgowego

prostokątnej, co umożliwia podanie sygnału bezpośrednio do wejść cyfrowych, bez konieczności stosowania układów formujących impulsy wejściowe.

Napięcie zasilające czujniki jest uzyskiwane z wewnętrznej przetwornicy sterownika. Obwód zasilania czujników jest zabezpieczony przed zwarcie i przeciążeniem.

3.3. Sygnały sterujące zaworami

Sterownik wyposażony jest w łączniki elektroniczne, umożliwiające bezpośrednie sterowanie cewkami elektrozaworów przeciwoślizgowych napięciem 24 V, uzyskiwanym z wewnętrznej przetwornicy.

Łączniki posiadają zabezpieczenie przed zwarcie i przeciążeniem oraz detekcję możliwych stanów awaryjnych w obwodzie cewek zaworów przeciwoślizgowych (przeciążenie, zwarcie, przerwa).

3.4. Współpraca z siecią CAN pojazdu

Sterownik 88ZE-01 kontaktuje się po magistrali CAN ze sterownikiem pojazdu przy pomocy konwertera RS232/CAN. Po magistrali CAN przekazywane są sygnały umożliwiające poprawną pracę sterownika, takie jak informacja o wartości prądu trakcyjnego (jazda) i informacja o ciśnieniu w cylindrach hamulcowych (hamowanie). Sterownik generuje szczegółowe dane o wystąpieniu poślizgu i ewentualnych awariach. Przesyłane są również dane przydatne przy diagnostyce układu przeciwoślizgowego.

4. Opis funkcjonalny sterownika 88ZE-01

Mikroprocesorowy układ przeciwoślizgowy typu 88ZE-01 dokonuje pomiaru chwilowej prędkości obrotowej każdego zestawu kołowego lokomotywy. Na podstawie pomiarów, informacji o stanie pojazdu i

wykryciu ewentualnego poślizgu poszczególnych zestawów kołowych działanie układu likwiduje poślizg. W trakcie hamowania pojazdu poślizg likwidowany jest autonomicznie, z wykorzystaniem zaworów przeciwpoślizgowych, zasilanych bezpośrednio ze sterownika. Wykrywanie i likwidacja poślizgu przy hamowaniu odbywa się w oparciu o kilkanaście kryteriów prędkościowych i przyspieszeniowych, właściwych dla skuteczności układu hamulcowego danego typu pojazdu [1, 3].

Do likwidacji poślizgów w trakcie jazdy dodatkowo wymagana jest współpraca ze sterownikiem pojazdu i tablicą pneumatyczną. Układ przeciwpoślizgowy podczas likwidacji poślizgu przy rozruchu selektywnie oddziałuje na cylindry hamulcowe zestawów kołowych będących w poślizgu, napędzając je do ciśnienia podhamowania.

Algorytmy zastosowane w sterowniku bazują na wieloletnich doświadczeniach zdobytych podczas badań, przeprowadzonych przez IPS „Tabor” na wielu pojazdach trakcyjnych [3, 4].

W ramach realizacji algorytmu układu przeciwpoślizgowego sterownik 88ZE-01 realizuje następujące funkcje [3, 4]:

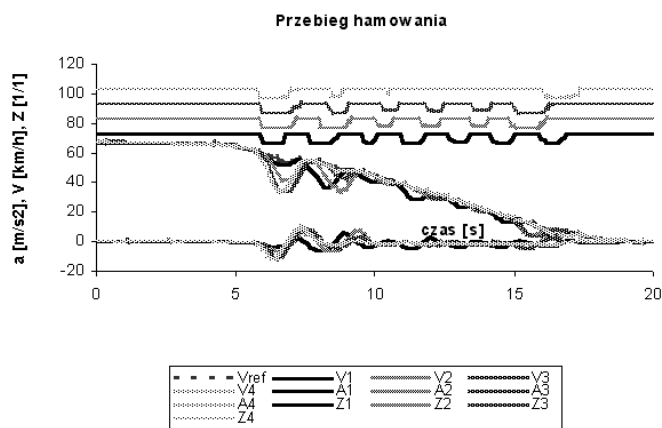
- pomiar prędkości obrotowych poszczególnych osi pojazdu,
- wyłączenie niesprawnych czujników prędkości,
- korekcja średnic kół pojazdu,
- wyznaczanie prędkości i przyspieszeń obwodowych kół,
- wyznaczanie prędkości referencyjnej pojazdu,
- wykrywanie i likwidacja poślizgu przy hamowaniu,
- wykrywanie poślizgu podczas rozruchu,
- selektywne podhamowanie zestawów kołowych,
- piaskowanie szyn podczas poślizgu w trakcie hamowania lub rozruchu pojazdu,
- likwidacja poślizgu podczas rozruchu we współpracy z innymi układami pojazdu.

Dodatkowo istnieje możliwość wywołania przez obsługę, przy pomocy przycisków, wewnętrznych procedur testujących, umożliwiających sprawdzenie prawidłowości podłączenia i działania czujników prędkości i zaworów przeciwpoślizgowych. Kod błędu odczytywany jest z wyświetlacza, umieszczonego na sterowniku 88ZE-01.

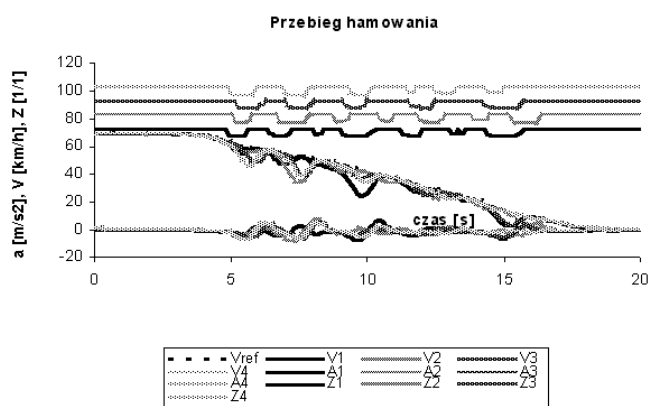
Niezależnie od tego, powyższa kontrola odbywa się również w sposób automatyczny w czasie rzeczywistym. Każdy wykryty błąd jest przesyłany poprzez sieć CAN do sterownika głównego pojazdu, w celach diagnostycznych. Algorytm reaguje na niektóre istotne uszkodzenia układu przeciwpoślizgowego, wyłączając poszczególne osie pojazdu z ochrony przeciwpoślizgowej.

5. Badania sterownika

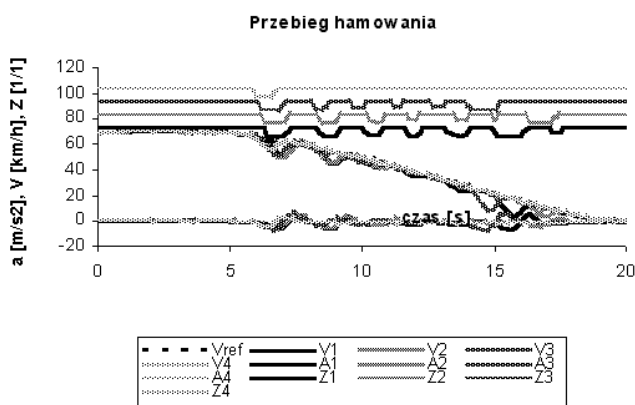
Testy układu przeciwpoślizgowego wykonane zostały na lokomotywie 6Dk. W ramach testów dokonano m.in. prób poślizgu przy hamowaniu na torze pokrytym substancją zmniejszającą przyczepność pomiędzy kołem a szyną. Wyniki badań zostały zarejestrowane przy pomocy aplikacji diagnostycznej, opracowanej w IPS „Tabor” [6]. Na rys. 3 do 5 przedstawiono wykresy, obrazujące wielkości charakterystyczne podczas hamowania pojazdu: prędkości obwodowe zestawów kołowych, przyspieszenia obwodowe kół zestawów kołowych, a także stan zaworów przeciwpoślizgowych.



Rys. 3. Przykładowe działanie układu przeciwpoślizgowego przy hamowaniu



Rys. 4. Przykładowe działanie układu przeciwpoślizgowego przy hamowaniu



Rys. 5. Przykładowe działanie układu przeciwoślizgowego przy hamowaniu

Stan zaworów przeciwoślizgowych jest definiowany w następujący sposób:

- +3 – napełnianie cylindra hamulcowego (stan spoczynkowy zaworu),
- 3 – odpowietrzanie cylindra hamulcowego.

Stany pośrednie odpowiadają odpowiednim możliwym do zrealizowania przez zawory upustowe gradientom upuszczania lub napełniania cylindrów hamulcowych.

Literatura

- [1] Barna G., Układ sterowania rozmytego do likwidacji poślizgu przy hamowaniu, *Pojazdy Szynowe* nr 3/2002.
- [2] Barna G., Kaluba M., Matematyczny model pojazdu szynowego i jego zastosowanie do symulacji działania układu przeciwoślizgowego, *Pojazdy Szynowe* nr 1/2003.
- [3] Barna G., Stypka M., Mikroprocesorowy układ wykrywania i likwidacji poślizgu przy hamowaniu, *X Jubileuszowa Ogólnopolska Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej SEMTRAK 2002, Zakopane 2002.*
- [4] Barna G., Stypka M., Układ wykrywania i likwidacji poślizgu dla zmodernizowanej lokomotywy spalinowej ST44, *Materiały Konferencyjne XVII Konferencja Naukowa „Pojazdy Szynowe 2006”, Kazimierz Dolny 2006*
- [5] Boiteux M., Le problème de l'adhérence en freinage, *Revue Générale des Chemins de Fer*, nr 105, 1986.
- [6] Haba M., Programy wspomagające uruchamianie mikroprocesorowych systemów sterowania w pojazdach szynowych, *Pojazdy Szynowe*, 2/2007.

6. Wnioski

Na wykresach zauważyć można bardzo szybką reakcję układu przeciwoślizgowego na występujące znaczne poślizgi poszczególnych zestawów kołowych. Układ nie dopuszcza do zablokowania kół nawet dla małych prędkości jazdy, utrzymując jednocześnie stałe opóźnienie niewiele różniące się od zadanego, co zapewnia dużą skuteczność hamowania pojazdu nawet w pogorszonych warunkach przyczepności kół. Właściwe działanie układu przeciwoślizgowego w całym zakresie prędkości zapewnione jest z jednej strony przez właściwy algorytm sterowania zaworami przeciwoślizgowymi oparty na logice rozmytej, a z drugiej strony przez właściwe zestrojenie kryteriów układu i parametrów zaworów upustowych z parametrami pojazdu oraz jego układu hamulcowego [1, 3].

Dalsze prace nad układem przeciwoślizgowym będą miały za cel jego dalszą optymalizację, tak, aby z jednej strony nie dopuszczał do nadmiernego poślizgu, a z drugiej strony zapewnił maksymalną wartość siły trakcyjnej oraz hamowania.