

prof. dr hab. inż. Włodzimierz Gąsowski
Politechnika Poznańska
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy
Pojazdów Szynowych w Poznaniu
dr inż. Marian Kaluba
mgr inż. Michał Maluśkiewicz
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy
Pojazdów Szynowych w Poznaniu

Oryginalny układ hamulcowy lokomotyw zdalnie sterowanych.

W pracy przedstawiono oryginalny, pneumatyczny układ hamulcowy umożliwiający sterowanie hamulcem zespolonym pociągu i hamulcem dodatkowym lokomotywy za pośrednictwem binarnych sygnałów elektrycznych. Jest on przeznaczony dla modernizowanych lokomotyw przystosowanych do zdalnego sterowania jazdą i hamowaniem za pomocą sygnałów przesyłanych drogą radiową. Zasadniczym urządzeniem tego układu jest zabudowany w nim zespół elektropneumatycznego sterowania hamulcami. W pracy opisano budowę i działanie tego zespołu oraz rezultaty jego funkcjonowania w pneumatycznym układzie hamulcowym lokomotywy.

1. Wstęp

W zakładach przemysłowych użytkujących lokomotywy manewrowe i w przedsiębiorstwach transportu kolejowego występuje zapotrzebowanie na lokomotywy sterowane zdalnie (za pośrednictwem sygnałów przekazywanych drogą radiową). Wykonywanie prac manewrowych lokomotywami sterowanymi zdalnie stwarza bowiem możliwości obniżenia kosztów tych prac w wyniku zmniejszenia zatrudnienia oraz usprawnienia manewrów wymagających ściślej koordynacji przemieszczania wagonów z pracą urządzeń technologicznych. Istotne znaczenie ma też możliwość wyeliminowania pracy maszynistów w warunkach niebezpiecznych, szkodliwych lub uciążliwych. Zapotrzebowanie na lokomotywy sterowane zdalnie realizowane jest głównie poprzez przystosowanie do sterowania radiowego lokomotyw już eksploatowanych. Użytkownicy zainteresowani dostosowaniem swych lokomotyw do sterowania zdalnego eksploatują najczęściej lokomotywy spalinowe z przekładnią elektryczną. Manualne sterowanie jazdą takich lokomotyw odbywa się za pośrednictwem sygnałów elektrycznych generowanych nastawnikiem kierunku i nastawnikiem jazdy. Manualne sterowanie hamulcami odbywa się natomiast na drodze pneumatycznej. Do sterowania hamulcem zespolonym pociągu służy główny zawór maszynisty, natomiast sterowanie dodatkowym hamulcem lokomotywy umożliwia dodatkowy zawór maszynisty. Są to z reguły zawory maszynisty systemu Oerlikon. Przystosowanie takich lokomotyw do sterowania zdalnego wymaga istotnych zmian w ich układach sterowania hamulcem. Zdalne sterowanie zarówno jazdą jak i hamowaniem wykonywane jest za pośrednictwem sygnałów elektrycznych wytwarzanych przez zabudowane w lokomotywie urządzenie pośredniczące. Urządzenie to generuje sygnały elektryczne odpowiadające sygnałom radiowym docierającym do lokomotywy z nadajnika obsługiwanego przez operatora zdalnego sterowania. Aby pneumatyczny układ hamulcowy wykonywał polecenia przekazywane tą drogą, lokomotywę przystosowaną do sterowania zdalnego należy wyposażyć w zespół przetworników zamieniających sygnały elektryczne (z zespołu pośredniczącego) na pneumatyczne sygnały ciśnienio-

we właściwe dla tego układu. Zespół ten w warunkach sterowania zdalnego powinien umożliwić inicjowanie sygnałami elektrycznymi zasadniczych funkcji układu hamulcowego dostępnych w trybie sterowania manualnego za pomocą zaworów maszynisty.

Użytkownicy zainteresowani przystosowaniem lokomotyw do sterowania zdalnego wymagają, aby lokomotywy te po modernizacji mogły być sterowane zarówno zdalnie jak i manualnie. Wymagana jest też możliwość szybkiej i łatwej zmiany sposobu sterowania (ze zdalnego na manualny lub odwrotnie) w trakcie pracy lokomotywy. Aby dostosowanie lokomotywy do sterowania zdalnego było opłacalne dla jej użytkownika, niezbędny w tym celu zakres zmian w lokomotywowych układach elektrycznym i pneumatycznym powinien być możliwie ograniczony. Dlatego też użytkownicy preferują zachowanie, w lokomotywach przystosowanych do sterowania zdalnego, tradycyjnego sposobu manualnego sterowania hamulcami za pomocą zaworów maszynisty. Ze względów ekonomicznych pożądanym jest, aby przystosowanie lokomotywy do sterowania zdalnego odbywało się poprzez zainstalowanie w niej gotowych, zintegrowanych zespołów (np. urządzenia pośredniczącego, zespołu przekazników elektrycznych, zespołu elektropneumatycznego sterowania hamulcami itp.). Takie rozwiązanie umożliwia użytkownikowi samodzielne wyposażenie lokomotywy w urządzenia do sterowania zdalnego na przykład podczas jej naprawy okresowej.

Wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniu i uwzględniając przedstawione powyżej sugestie użytkowników zainteresowanych przystosowaniem lokomotyw do sterowania zdalnego, OBRPS opracował dla takich lokomotyw i wdrożył modyfikację ich układu sterowania hamulcami polegającą na zabudowie w tym układzie zespołu elektropneumatycznego sterowania hamulcami. Taki hamulcowy układ pneumatyczny lokomotywy może być sterowany za pośrednictwem sygnałów elektrycznych, co umożliwia realizację przez ten układ poleceń przesyłanych drogą radiową w warunkach zdalnego sterowania lokomotywą. Charakterystykę zmodyfikowanego układu hamulcowego, jego budowę i działanie a także rozwiązanie konstrukcyjne zespołu elektropneumatycz-

nego sterowania hamulcami i rezultaty jego funkcjonowania w układzie hamulcowym lokomotywy przedstawiono w niniejszej pracy.

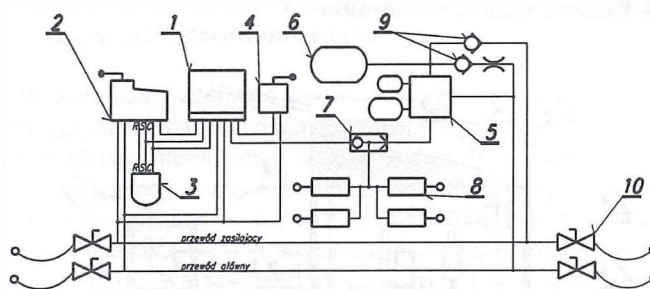
2. Charakterystyka układu hamulcowego przystosowanego do zdalnego sterowania

Prezentowany układ hamulcowy, przeznaczony jest dla lokomotyw przystosowanych do zdalnego sterowania w trybie ich modernizacji, dlatego też w układzie tym występuje pneumatyczne sterowanie hamulcami (za pomocą zaworów maszynisty) podczas sterowania manualnego i elektryczne sterowanie hamulcami podczas sterowania zdalnego. Realizacja sterowania manualnego również na drodze elektrycznej, stosowana w nowoczesnych układach hamulcowych, wymaga zastąpienia pneumatycznych zaworów maszynisty elektrycznymi manipulatorami hamulca. Rozwiązanie takie, w przypadku przystosowania do sterowania zdalnego lokomotywy już eksploatowanej oznacza powiększenie zakresu zmian w takiej lokomotywie i dlatego ze względów ekonomicznych nie jest najczęściej wykonywane.

Zespół elektropneumatycznego sterowania hamulcami, stanowiący zasadnicze urządzenie zmodyfikowanego układu hamulcowego, zabudowuje się w układzie pneumatycznym głównego zaworu maszynisty i łączy się z dodatkowym zaworem maszynisty (rys. 1). Zespół ten przeznaczony jest dla lokomotyw wyposażonych w główny zawór maszynisty typu H14E1d (Oerlikon FV4a) i w dodatkowy zawór maszynisty dowolnego systemu i typu. W lokomotywie, w której zainstalowano ten zespół, można realizować w sposób manualny wszystkie funkcje dostępne przy pomocy zaworów maszynisty. W warunkach sterowania zdalnego zespół ten, sterowany na drodze elektrycznej, inicjuje funkcjonowanie odpowiednich zespołów głównego zaworu maszynisty H14E1d (Oerlikon FV4a) oraz zastępuje działanie dodatkowego zaworu maszynisty.

W warunkach sterowania zdalnego zmodyfikowany układ hamulcowy realizuje wszystkie funkcje hamulca dodatkowego lokomotywy (to jest stan wyluzowany oraz hamowanie i luzowanie stopniowe), a także stan gotowości, hamowanie i luzowanie stopniowe oraz hamowanie nagłe hamulcem zespolonym pociągu. Nie przewidziano natomiast możliwości zdalnego wdrożenia funkcji luzowania hamulca pociągu wysokim ciśnieniem, a także funkcji samoczynnego wyrównania ciśnienia w przeładowanym układzie hamulcowym (obie te funkcje mogą być wdrażane manualnie głównym zaworem maszynisty typu H14E1d). Wdrożenie obu wyżej wymienionych funkcji w trybie zdalnym, bez możliwości wzrokowej kontroli ciśnienia w przewodzie głównym, może spowodować zakłócenia w pracy hamulca wywołane jego przeładowaniem. Nie przewidziano też możliwości zdalnego wprowadzania układu sterowania hamulcem pociągu w stan odciążenia. Podwójna trakcja lokomotyw sterowanych zdalnie nie jest bowiem wymagana, a ustawienie dźwigni głównego zaworu maszynisty w położeniu odciążenia uniemożliwia także zdalne sterowanie hamulcem pociągu.

Zdalne sterowanie hamulcem realizowane jest za pośrednictwem sygnałów binarnych. Oznacza to, że każda z funkcji hamulca zespolonego pociągu i hamulca dodatkowego lokomotywy wdrażana jest przez układ hamulcowy na skutek wzbudzenia (sygnał „1”) lub braku wzbudzenia (sygnał „0”)



Rys. 1. Schemat blokady układu hamulcowego lokomotywy przystosowanej do sterowania zdalnego.

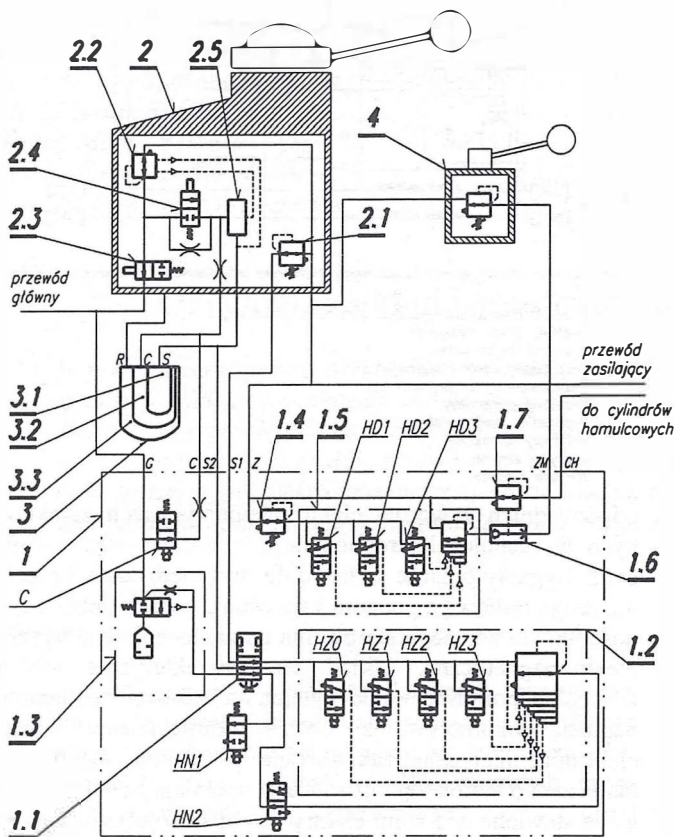
- 1-zespół elektropneumatycznego sterowania hamulcami,
- 2-główny zawór maszynisty,
- 3-zbiornik trójkomorowy,
- 4-dodatkowy zawór maszynisty,
- 5-lokomotywowo zawór rozrządczy,
- 6-zbiornik pomocniczy,
- 7-podwójny zawór zwrotny,
- 8-cylindry hamulcowe,
- 9-zawory zwrotne,
- 10-kurki końcowe,

odpowiednich zaworów elektropneumatycznych zabudowanych w zespole elektropneumatycznego sterowania hamulcami. Sygnały binarne są łatwe do wygenerowania i przesłania drogą radiową a ponadto zapewniają bardzo dobrą odporność układu zdalnego sterowania na zakłócenia elektryczne i elektromagnetyczne. Układ ten charakteryzuje się też znaczną odpornością na odchylenia od wartości znamionowej napięcia lokomotywowej baterii akumulatorów. Zawory elektropneumatyczne zabudowane w zespole elektropneumatycznego sterowania hamulcami spełniają bowiem wymagania stawiane aparatom elektrycznym stosowanym w pojazdach trakcyjnych. Oznacza to, że wymagane jest prawidłowe funkcjonowanie tych zaworów, gdy napięcie ich zasilania waha się w przedziale od 0,6 do 1,1 wartości znamionowej. Sterowanie hamulcem zespolonym pociągu za pośrednictwem sygnałów binarnych zapewnia wymagany poziom bezpieczeństwa jazdy. Hamowanie nagłe wdrażane jest w wyniku przerwania wzbudzenia odpowiednich zaworów elektropneumatycznych zespołu elektropneumatycznego sterowania hamulcami. Jest więc ono wdrażane samoczynnie w przypadku zaniku sygnału radiowego lub zaniku napięcia w elektrycznych obwodach sterujących lokomotywy. Hamulec zespolony pociągu sterowany sygnałami binarnymi pozostaje zatem hamulcem samoczynnym.

Zespół aparatów niezbędnych do sterowania hamulcami na drodze elektrycznej zintegrowano w postaci niewielkiej tablicy pneumatycznej przeznaczonej do zabudowy w kabinie maszynisty lub w przedziale maszynowym lokomotywy bezpośrednio sąsiadującym z kabiną. Rozwiązanie takie, zgodne z postulatami użytkowników lokomotywy, zapewnia bardzo łatwą zabudowę w lokomotywie kompletnego układu do elektrycznego sterowania hamulcami i stwarza dogodne warunki obsługi zarówno całego układu jak i poszczególnych aparatów pneumatycznych i elektropneumatycznych.

Dzięki przedstawionym powyżej własnościom układ hamulcowy przystosowany do sterowania zdalnego umożliwia pewne i bezpieczne sterowanie hamulcami za pośrednictwem binarnych sygnałów elektrycznych, przy czym manualne sterowanie hamulcami na drodze pneumatycznej odbywa się w sposób i za pomocą urządzeń stosowanych dotychczas. Budowę i funkcjonowanie układu zdalnego sterowania hamulcami przedstawiono poniżej.

3. Budowa układu sterowania



Rys.2.Schemat pneumatyczny układu sterowania hamulcami.

- 1.Zespół elektropneumatycznego sterowania hamulcami.
 1.1.Rozdzielacz przestawczy E/PN.
 1.2.Przetwornik hamulca zespolonego.
 1.3.Zawór hamowania nagłego.
 1.4.Wyznacznik największego ciśnienia cylindrowego.
 1.5.Przetwornik hamulca dodatkowego.
 1.6.Podwójny zawór zwrotny.
 1.7.Przekładnik ciśnienia.
 HN1,HN2,C-zawory elektropneumatyczne,
 2.Główny zawór maszynisty(uwzględniono tylko zespoły funkcjonalne aktywne w warunkach sterowania zdalnego).
 2.1.Regulator ciśnienia.
 2.2.Urządzenie przekazykowe.
 2.3.Zaworek odcinający.
 2.4.Zaworek wyłączający.
 2.5.Urządzenie napełniania uderzeniowego.
 3.Zbiornik trójkomorowy.
 3.1.Komora sterująca(poj.1l).
 3.2.Komora czasowo (poj.3l).
 3.3.Komora redukcyjno (poj.7l).
 4.Dodatkowy zawór maszynisty.

W układzie hamulcowym przystosowanym do sterowania zdalnego (rys. 1) sygnały sterujące pochodzą z zaworów maszynisty lub z zespołu elektropneumatycznego sterowania hamulcami. Schemat pneumatyczny układu sterowania tworzonego przez te urządzenia pokazano na rys. 2. W układzie tym występują dwa, odrębne obwody sterowania: obwód hamulca zespolonego pociągu i obwód hamulca dodatkowego lokomotywy. Oba te obwody zaopatrywane są w sprężone powietrze z przewodu zasilającego, zaś wielkościami sterowanymi przez nie są odpowiednio wartość ciśnienia w przewodzie głównym i wartość ciśnienia w cylindrach hamulcowych lokomotywy. Do obwodu hamulca zespolonego należą główny zawór maszynisty (2) wraz ze zbiornikiem trójkomorowym (3) oraz aparaty zabudowane w zespole (1) połączone przewodami pneumatycznymi z tym zaworem lub z przewodem głównym. Aparaty te to:

- sterowany dźwignią rozdzielacz przestawczy „E/PN” (1.1) umożliwiający wybór pomiędzy sterowaniem elektrycznym (zdalnym) a sterowaniem pneumatycznym (manualnym),
- przetwornik cyfrowo-analogowy hamulca zespolonego (1.2),
- zawór elektropneumatyczny „HN2”,
- zawór hamowania nagłego (1.3) ,połączony z przewodem głównym i sterowany zaworem elektropneumatycznym „HN1”,
- zawór elektropneumatyczny „C”.

Do obwodu hamulca dodatkowego należą dodatkowy zawór maszynisty (4) i pozostałe aparaty zespołu (1), a więc:

- wyznacznik największego ciśnienia (1.4),
- przetwornik cyfrowo-analogowy hamulca dodatkowego (1.5),
- podwójny zawór zwrotny (1.6),
- przekładnik ciśnienia (1.7).

4. Funkcjonowanie układu sterowania w nastawieniu „PN” (sterowanie manualne).

Układ pokazany schematycznie na rys. 2 umożliwia manualne sterowanie hamulcami, jeżeli dźwignia rozdzielacza (1.1) ustawiona jest w położeniu „PN”. W takim nastawieniu rozdzielacza jego łącznik elektryczny odcina zasilanie elektryczne urządzenia pośredniczącego. Na skutek tego nie mogą być wzbudzone zawory elektropneumatyczne zabudowane w zespole (1). Rozdzielacz (1.1), zabudowany w obwodzie hamulca zespolonego, w nastawieniu „PN” łączy przyłącza „S1” i „S2” zespołu (1) z pominięciem przetwornika (1.2) i zaworu elektropneumatycznego „HN2”. Tą drogą ciśnieniowy sygnał sterujący z regulatora ciśnienia (2.1) głównego zaworu maszynisty dociera bez jakichkolwiek zmian do komory sterującej (3.1) zbiornika trójkomorowego. Ciśnienie tego sygnału odpowiada położeniu dźwigni sterującej głównego zaworu maszynisty pozostającej w pozycji jazdy lub w jednej z pozycji hamowania służbowego. Sterowane tym sygnałem urządzenie przekazykowe (2.2) zaworu maszynisty utrzymuje takie samo ciśnienie w przewodzie głównym. Rozdzielacz (1.1) w nastawieniu „PN” przerywa ponadto połączenie pomiędzy zaworem hamowania nagłego (1.3)

a sterującym nim zaworem elektropneumatycznym „HN1”. Na skutek przerwania tego połączenia zawór hamowania nagłego pozostaje zamknięty pomimo braku wzbudzenia zaworu „HN1”. Również zamknięty z braku wzbudzenia zawór „C” przerywa dodatkowe połączenie pomiędzy przewodem głównym a komorą czasową (3.1) zbiornika trójkomorowego. W rezultacie rola zespołu (1) w manualnym sterowaniu hamulcem zespolonym pociągu ogranicza się do pośrednictwa w przekazywaniu sygnału pneumatycznego z regulatora ciśnienia zaworu maszynisty do urządzenia przekąźnikowego tego zaworu. Wszystkie funkcje głównego zaworu maszynisty mogą być wdrażane za pomocą jego dźwigni sterującej, czyli układ pneumatyczny hamulca działa tak jak układy dotychczasowe.

Niezależnie od nastawienia rozdzielacza (1.1) aparaty obwodu hamulca dodatkowego zabudowane w zespole (1) zasilane są sprężonym powietrzem przez przyłącze „Z” tego zespołu. W nastawieniu „PN” zawory elektropneumatyczne przetwornika (1.5) nie mogą być wzbudzone i dlatego ciśnienie na wyjściu tego przetwornika równe jest ciśnieniu atmosferycznemu; oznacza to połączenie z atmosferą jednego z wlotów podwójnego zaworu zwrotnego (1.6). W ten sposób zespół (1) umożliwi sterowanie hamulcem dodatkowym za pomocą dodatkowego zaworu maszynisty (4). W przypadku zainicjowania hamowania tym zaworem sygnał ciśnieniowy z tego aparatu przez przyłącze „ZM” i podwójny zawór zwrotny (1.6) dociera do przekładnika ciśnienia (1.7). Przekładnik sterowany tym sygnałem napełnia sprężonym powietrzem cylindry hamulcowe podłączone do króćca „CH” zespołu (1) i utrzymuje w nich ciśnienie określone przez dodatkowy zawór maszynisty. Manualne sterowanie hamulcem dodatkowym wykonywane jest więc za pomocą dodatkowego zaworu maszynisty (4) i przekładnika ciśnienia (1.7) zabudowanego w zespole elektropneumatycznego sterowania hamulcami.

5. Sterowanie hamulcem zespolonym pociągu w nastawieniu „E” (sterowanie zdalne)

W warunkach zdalnego sterowania hamulcem zespolonym pociągu dźwignia głównego zaworu maszynisty (rys. 2 poz. 2) pozostaje nieruchoma, a jego regulator ciśnienia (2.1) powinien wtedy wyznaczać nominalną wartość ciśnienia w przewodzie głównym (0,5 MPa). Jeżeli dźwignię głównego zaworu maszynisty pozostawi się w położeniu jazdy, to zdolność przepustowa zaworka odcinającego (2.3) w tym zaworze podczas hamowania służbowego inicjowanego zdalnie jest mocno ograniczona (zaworek ten uniesiony jest tylko o 2 mm, ponad swe siedzisko). W tym położeniu dźwigni sterującej zaworek wyłączający (2.4) pozostaje otwarty. Na skutek tego nie występują impulsowe wzrosty ciśnienia w przewodzie głównym podczas stopniowego luzowania hamulca. W położeniu jazdy można więc pozostawić dźwignię głównego zaworu maszynisty tylko wówczas, gdy lokomotywa sterowana zdalnie prowadzi krótkie składy wagonów.

Aby w warunkach sterowania zdalnego uzyskać właściwe tempo zmian ciśnienia w przewodzie głównym podczas hamowań i luzowań stopniowych długich pociągów, konieczne jest ustawienie dźwigni zaworu maszynisty w położeniu oznaczonym na tym zaworze jako pierwszy stopień hamowania służbowego. Takie ustawienie dźwigni zapewnia odpowiednio wysokie uniesienie zaworka odcinającego (2.3) w zaworze maszynisty H14E1d (takie samo jak podczas hamowań i luzowań służbowych wdrażanych manualnie). W rezultacie takiego ustawienia dźwigni wszystkie funkcje hamulca zespolonego inicjowane zdalnie wykonywane są przy zamkniętym zaworku wyłączającym (2.4). Jest to możliwe, gdyż połączenie pneumatyczne przerwane przez zamknięty zaworek wyłączający może być realizowane poza zaworem maszynisty (na skutek wzbudzenia zaworu „C” w zespole (1)).

Program sterowania hamulcem zespolonym pociągu

Tabela 1

Funkcja hamulca zespolonego	Stan zaworów elektropneumatycznych							
	HZ0	HZ1	HZ2	HZ3	C	HN1	HN2	
Jazda (stan gotowości)	0	0	0	0	1	1	1	
Hamowanie i luzowanie stopniowe	Ist.	1	1	0	0	0	1	1
	IIst.	1	0	1	0	0	1	1
	IIIst.	1	1	1	0	0	1	1
	IVst.	1	0	0	1	0	1	1
	Vst.	1	1	0	1	0	1	1
	VIst.	1	0	1	1	0	1	1
	VIIst.	1	1	1	1	0	1	1
Hamowanie nagłe	dowolny					0	0	
1-zawór wzbudzony (zasilony prądem), 0-zawór nie jest zasilony prądem,								

Po ustawieniu dźwigni rozdzielacza przestawczego (1.1) w położeniu „E” zawory elektropneumatyczne zespołu (1) mogą być wzbudzone przez zasilone prądem urządzenie pośredniczące stosownie do sygnałów przekazywanych drogą radiową. W wyniku takiego ustawienia rozdzielacza (1.1) sygnał ciśnieniowy z regulatora ciśnienia (2.1) dociera do komory sterującej (3.1) poprzez przetwornik (1.2) i zawór elek-

tropneumatyczny „HN2” zaś zawór hamowania nagłego (1.3) połączony jest ze sterującym nim zaworem „HN1”. W tych warunkach ciśnienie w komorze sterującej (3.1) i w przewodzie głównym zależy od stanu zaworów elektropneumatycznych zabudowanych w obwodzie hamulca zespolonego zespołu (1). Program sterowania tym hamulcem za pośrednictwem sygnałów elektrycznych przedstawiono w tabeli 1.

Stan gotowości hamulca zespolonego (jazda) realizowany jest w wyniku wzbudzenia zaworów „HN1”, „HN2” i „C”. Na skutek braku wzbudzenia zaworów przetwornika (1.2) aparat ten nie zmienia wartości ciśnienia sygnału docierającego doń z regulatora ciśnienia (2.1) zaworu maszynisty. Sygnał ten, o ciśnieniu nominalnym, trafia przez otwarty w wyniku wzbudzenia zawór „HN2” do komory sterującej (3.1). Sterowane tym sygnałem urządzenie przekaźnikowe (2.2) zaworu maszynisty utrzymuje takie samo ciśnienie w przewodzie głównym, co umożliwia zawór hamowania nagłego (1.3) zamknięty na skutek wzbudzenia zaworu „HN1”. Wzbudzony zawór „C” łączy przewód główny poprzez dyszę dławiaczą z komorą czasową (3.2) zbiornika trójkomorowego zastępując w tej funkcji zamknięty zaworek wyłączający (2.4) zaworu maszynisty. W wyniku tego nie występuje impulsowy wzrost ciśnienia ponad wartość nominalną, gdy hamulec zespolony przechodzi od stanu hamowania do stanu gotowości (tak samo jak podczas sterowania manualnego). Podczas hamowania i luzowania służbowego wzbudzone zawory „HN1” i „HN2” pełnią taką samą rolę jak w stanie gotowości hamulca. Dzięki temu również wtedy urządzenie przekaźnikowe (2.2) głównego zaworu maszynisty utrzymuje w przewodzie głównym ciśnienie równe panującemu w komorze sterującej (3.1) zbiornika trójkomorowego. Hamowanie służbowe wdrażane jest w wyniku wzbudzenia zaworów elektropneumatycznych przetwornika (1.2). Przetwornik ten określa wtedy wartość ciśnienia w komorze sterującej (3.1). Przetwornik inicjuje hamowanie służbowe przekształcając binarny sygnał elektryczny (kombinację, w jakiej wzbudzone są jego zawory elektropneumatyczne) w pneumatyczny sygnał analogowy (właściwy dla tej kombinacji spadku ciśnienia poniżej wartości nominalnej wyznaczonej przez regulator ciśnienia (2.1) głównego zaworu maszynisty). Na skutek takiego działania przetwornika (1.2) ciśnienie w przewodzie głównym podczas hamowań służbowych wdrażanych zdalnie zmienia się w sposób stopniowy. Zwykle w tego typu układach występuje siedem stopni hamowania. Taka liczba stopni hamowania zaspakaja bowiem eksploatacyjne zapotrzebowanie na stopniowanie siły hamowania pociągu. Do realizacji takiej liczby stopni hamowania wystarcza przetwornik wyposażony w trzy zawory elektropneumatyczne (wzbudzając te zawory pojedynczo, parami lub wszystkie równocześnie uzyskuje się siedem kombinacji). Aby hamulec zespolony sterowany zdalnie funkcjonował prawidłowo, ciśnienie w przewodzie głównym na skutek wdrożenia pierwszego stopnia hamowania winno obniżyć się o ok. 0,04 MPa poniżej wartości nominalnej, spadek taki występujący również w warunkach sterowania manualnego, wystarcza do pewnego wdrożenia hamowania w całym pociągu. Siódmy stopień hamowania winien wywoływać pełne hamowanie służbowe; ciśnienie w przewodzie głównym powinno spaść wtedy o ok. 0,16MPa poniżej wartości nominalnej. Wynika stąd, że spadki ciśnienia wywołane wdrażaniem każdego ze stopni hamowania od drugiego do siódmego powinny wynosić po ok. 0,02MPa. Aby uzyskać takie stopniowanie ciśnienia w przewodzie głównym przetwornik (1.2) wyposażono w cztery zawory elektropneumatyczne. Dodatkowo, czwarty zawór, oznaczony „HZO”, wzbudzony jest na wszystkich stopniach hamowania. Zawór „HZO” wzbudzany jest łącznie z innymi zaworami przetwornika i dlatego do sterowania nim nie jest potrzebny oddzielny sygnał przesyłany drogą radiową (zawór ten zasilany jest przez zabudowaną

w zespole (1) ścieżkę koniunkcji). Do sterowania stopniowaniem hamowania wystarczają więc trzy sygnały przesyłane drogą radiową.

W trakcie hamowania służbowego inicjowanego zdalnie, pozbawiony wzbudzenia zawór elektropneumatyczny „C” przerywa dodatkowe połączenie przewodu głównego z komorą czasową (3.2) zbiornika trójkomorowego. Niedrożność tego połączenia oraz zamknięty zaworek wyłączający (2.4) w głównym zaworze maszynisty sprawiają, że zawór ten w trakcie luzowania stopniowego inicjowanego zdalnie, generuje impulsowe wzrosty ciśnienia w przewodzie głównym ponad wartości właściwe dla wdrożonych stopni hamowania. Zespoły funkcjonalne głównego zaworu maszynisty realizujące tę funkcję działają tak samo jak w warunkach sterowania manualnego, impulsowe wzrosty ciśnienia występują więc tylko w razie istotnego podwyższenia ciśnienia w komorze sterującej (3.1) zbiornika trójkomorowego. Podczas luzowania stopniowego wdrażanego zdalnie impulsowe wzrosty ciśnienia w przewodzie głównym pojawiają się, gdy realizowany poziom hamowania zmienia się w sposób skokowy o conajmniej dwa stopnie (na przykład podczas zmiany stopnia hamowania z siódmego na piąty). Takie przebiegi ciśnienia w przewodzie głównym podczas luzowania hamulca sprzyjają bardziej równomiernemu odhamowaniu poszczególnych wagonów długiego pociągu towarowego.

Hamowanie nagłe inicjowane jest w wyniku równoczesnego przerwania wzbudzenia zaworów elektropneumatycznych „HN1” i „HN2” zabudowanych w zespole (1). Pozbawiony zasilania zawór „HN1” łączy z atmosferą przewód sterujący zaworu hamowania nagłego (1.3), co powoduje otwarcie tego zaworu (o średnicy nominalnej 32 mm to jest 1¼ cala) i połączenie za jego pośrednictwem przewodu głównego z atmosferą. Zawór „HN2” odcina połączenie przetwornika (1.2) z komorą sterującą (3.1) i łączy zarazem tę komorę z atmosferą. Gdy ciśnienie w komorze zaczyna się obniżać, urządzenie przekaźnikowe (2.2) głównego zaworu maszynisty przerywa dopływ powietrza z przewodu zasilającego do głównego i dodatkowo łączy przewód główny z atmosferą za pośrednictwem wydrążenia w swoim trzonie. W rezultacie współdziałania zaworu hamowania nagłego (1.3) i urządzenia przekaźnikowego (2.2) głównego zaworu maszynisty ciśnienie w przewodzie głównym spada bardzo szybko, aż do wartości ciśnienia atmosferycznego, powodując wdrożenie hamowania nagłego. Przerwanie wzbudzenia zaworów „HN1” i „HN2” wywołuje hamowanie nagłe niezależnie od tego, jaką funkcję realizuje w tej chwili obwód sterowania hamulcem zespolonym. Hamowanie takie jest więc wdrażane samoczynnie w razie awaryjnego zaniku napięcia w obwodach elektrycznych lokomotywy lub zaniku sygnału radiowego. Zapewnia to wymagany poziom bezpieczeństwa jazdy lokomotywy sterowanej zdalnie.

Powrót hamulca do stanu gotowości następuje w wyniku wzbudzenia zaworów elektropneumatycznych zgodnie z programem właściwym dla tego stanu. Sterowany pneumatycznie zawór hamowania nagłego (1.3) zamyka się bowiem samoczynnie na skutek wzbudzenia zaworu „HN1” zaś poprzez wzbudzony zawór „HN2” sygnał pneumatyczny o ciśnieniu nominalnym z regulatora ciśnienia (2.1) dociera do komory sterującej (3.1) zbiornika trójkomorowego.

Jak wynika z programu sterowania podanego w tabeli 1, wszystkie funkcje hamulca zespolonego dostępne w warunkach sterowania zdalnego inicjowane są za pośrednictwem

siedmiu zaworów elektropneumatycznych. Zawór „HZ0” wzbudzany jest tylko łącznie z innymi zaworami przetwornika (1.2), zaś program sterowania dla zaworów „HN1” i „HN2” jest jednakowy. Dlatego też zdalne sterowanie hamulcem zespolonym odbywa się za pośrednictwem pięciu sygnałów binarnych (wzbudzenie lub brak wzbudzenia zaworów: „HZ1”, „HZ2”, „HZ3”, „C”, „HN1”+, „HN2”); taką też liczbę sygnałów należy przesyłać drogą radiową.

6. Sterowanie hamulcem dodatkowym lokomotywy w nastawieniu „E” (sterowanie zdalne)

W warunkach zdalnego sterowania hamulcem dodatkowym lokomotywy, dodatkowy zawór maszynisty (4) powinien pozostawiać w nastawieniu: „hamulec wyluzowany”. Brak nadciśnienia na wyjściu tego zaworu umożliwia bowiem sterowanie przekładnikiem (1.7) napełniającym cylindry hamulcowe za pomocą sygnału pneumatycznego generowanego przez przetwornik (1.5). Przetwornik ten generuje sygnał ciśnieniowy bazując na maksymalnej wartości ciśnienia określonej przez wyznacznik (1.4). Przetwornik, sterowa-

ny według programu podanego w tabeli 2, przekształca binarny sygnał elektryczny (kombinację, w jakiej wzbudzone są jego zawory elektropneumatyczne) w analogowy sygnał ciśnieniowy (właściwą dla tej kombinacji część maksymalnego ciśnienia określonego przez wyznacznik (1.4)). Gdy zawory przetwornika nie są wzbudzone, to ciśnienie na jego wyjściu równe jest ciśnieniu atmosferycznemu. Na pierwszym stopniu hamowania ciśnienie to jest równe w przybliżeniu 1/7 wartości ciśnienia maksymalnego. Na kolejnych stopniach hamowania przyrosty ciśnienia są w przybliżeniu jednakowe. Ciśnienie osiąga wartość maksymalną na siódmym stopniu hamowania. W wyniku takiego działania przetwornika (1.5) ciśnienie cylindrowe podczas hamowania hamulcem dodatkowym zmienia się w sposób stopniowy. Również w przypadku tego hamulca siedem stopni hamowania zaspokajają zapotrzebowanie na stopniowanie siły hamowania lokomotywy. Stopnie hamowania hamulcem dodatkowym mogą być w przybliżeniu jednakowe. Dlatego też zespół (1) wyposażono w przetwornik z trzema zaworami elektropneumatycznymi; do sterowania hamulcem dodatkowym wystarczają więc trzy sygnały binarne przesyłane drogą radiową.

Program sterowania hamulcem dodatkowym lokomotywy

Tabela 2

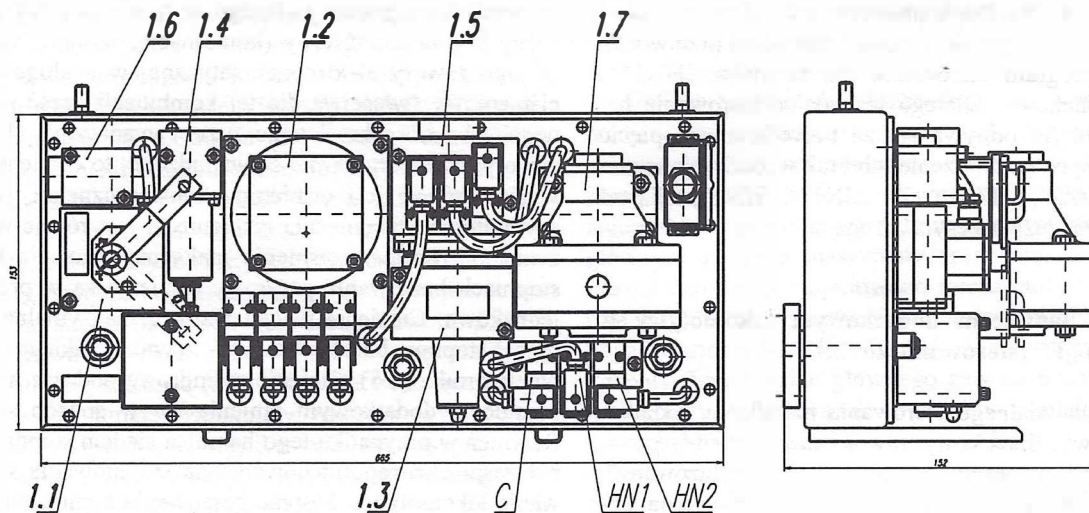
Funkcja hamulca dodatkowego	Stan zaworów elektropneumatycznych		
	HD1	HD2	HD3
Hamulec wyluzowany	0	0	0
Hamowanie i luzowanie stopniowe	Ist.	1	0
	IIst.	0	1
	IIIst.	1	1
	IVst.	0	0
	Vst.	1	0
	VIst.	0	1
	VIIst.	1	1

1-zawór wzbudzony (zasilony prądem),
0-zawór nie jest zasilany prądem,

7. Rozwiązanie konstrukcyjne zespołu elektropneumatycznego sterowania hamulcami

Zespół elektropneumatycznego sterowania hamulcami (rys. 3) skonstruowano jako niewielką tablicę pneumatyczną. Ma on kształt płaskiego, prostokątnego korpusu, do którego z jednej strony przymocowane są aparaty pneumatyczne i elektropneumatyczne, z drugiej zaś wspornik służący do połączenia zespołu z instalacją pneumatyczną lokomotywy. Korpus zespołu tworzy rama zespawana z blachy i giętych ceowników oraz przynitowany do niej stelaż nośny składający się z dwóch, połączonych ze sobą płyt wykonanych ze stopu aluminium. Większa z tych płyt służy do mocowania aparatów, mniejsza pełni rolę kołnierza, za którego pośrednictwem korpus zespołu łączy się ze wspornikiem. Wewnątrz korpusu zespołu znajdują się przewody pneumatyczne wykonane z rur i kształtek miedzianych i zakończone mosiężnymi głowicami osadzonymi w otworach stelaża nośnego. Elementy przewodów są lutowane kapilarnie, a ich specjalne głowice zaopatrzone w gumowe pierścienie uszczelniające.

Tak wykonane przewody zapewniają trwałe i szczelne połączenia pomiędzy aparatami zespołu oraz także połączenia z układem pneumatycznym lokomotywy (za pośrednictwem głowic osadzonych w kołnierzu i przylegających do wspornika). Wewnątrz korpusu poprowadzono przewody elektryczne łączące aparaty elektropneumatyczne zespołu z uchwytem złącza wielowykowego (wielopinowego). Za pośrednictwem wiązki przewodów zakończonej wtyczką osadzoną w tym uchwycie zespół łączy się z układem elektrycznym lokomotywy. Połączenie wspornika zespołu, trwale związanego z orurowaniem lokomotywy z jego korpusem za pomocą trzech śrub dwustronnych z nakrętkami samozabezpieczającymi, umożliwia łatwy i szybki demontaż zespołu z lokomotywy i ponowny jego montaż. Bardzo łatwe jest też zdjęcie i ponowne założenie poszczególnych aparatów mocowanych do płyty stelaża za pomocą śrub lub śrub dwustronnych i nakrętek (aparaty zasilane sprężonym powietrzem płytowo nie wymagają złączek pneumatycznych).



Rys. 3. Zespół elektropneumatyczny sterowania hamulcami lokomotywy (oznaczenia aparatów jak na rys. 2).

Przedstawione powyżej rozwiązanie konstrukcyjne zespołu ma zalety typowe dla układów w postaci tablicy pneumatycznej. Najistotniejsze z nich, w przypadku urządzenia przeznaczanego dla lokomotyw modernizowanych, to:

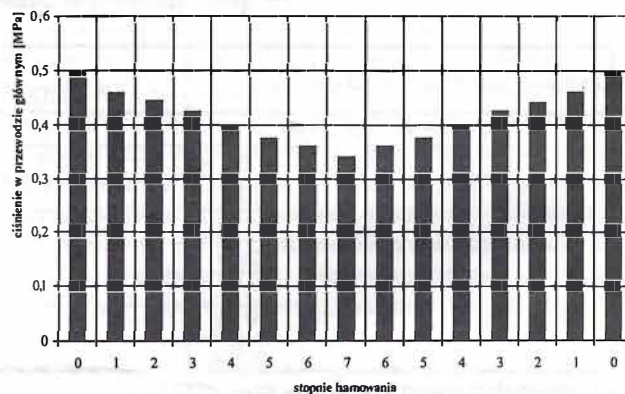
- możliwość uzyskania od jednego dostawcy zintegrowanego zespołu zawierającego komplet aparatów niezbędnych dla przystosowania układu hamulcowego do sterowania za pośrednictwem sygnałów elektrycznych,
- możliwości szybkiej i łatwej obudowy w lokomotywie zespołu uprzednio sprawdzonego, wyregulowanego i podanego próbom odbiorczym przez jego producenta,
- dogodne warunki diagnostyki układu za sprawą łatwości do identyfikacji binarnych sygnałów sterujących oraz bardzo czytelnego rozmieszczenia aparatów powodujących wdrażanie poszczególnych funkcji hamulców,
- dogodne warunki prac serwisowych dzięki możliwości bardzo łatwego demontażu i ponownego montażu poszczególnych aparatów, a także całego zespołu.

8. Parametry hamowania uzyskane w warunkach elektrycznego sterowania hamulcami.

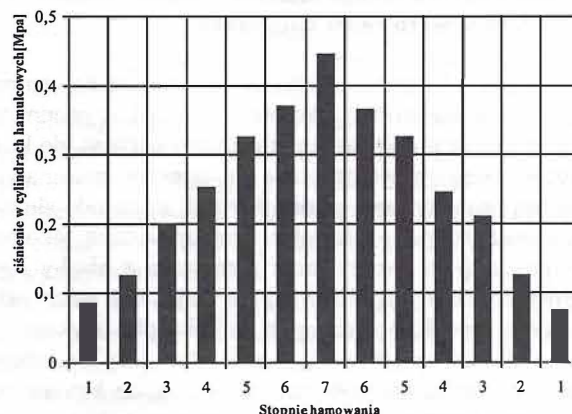
Zespół elektropneumatycznego sterowania hamulcami pociągu poddano wszechstronnym próbom stanowiskowym. Próby te wykonano w OBRPS w Poznaniu, a w ich trakcie badany zespół współpracował z zaworami maszynisty i zbiornikiem trójkomorowym, tworzącymi wraz z zespołem układ sterowania pokazany schematycznie na rys. 2. Charakterystyczne dla badanego układu stopniowe zmiany ciśnienia podczas hamowań i luzowań stopniowych ilustrują wyniki odpowiednich prób zestawione w postaci histogramów.

Wartości ciśnienia w przewodzie głównym realizowane przez hamulec zespolony pociągu sterowany sygnałami elektrycznymi podczas hamowania i luzowania stopniowego przedstawiono na rys. 4. Na kolejnych rysunkach pokazano wartości ciśnienia w cylindrach hamulcowych lokomotywy realizowane w takich samych warunkach przez hamulec dodatkowy; wartości te uzyskano dla dwóch różnych nastawień wyznacznika największego ciśnienia (rys. 2 poz. 1.4) wchodzącego w skład badanego zespołu.

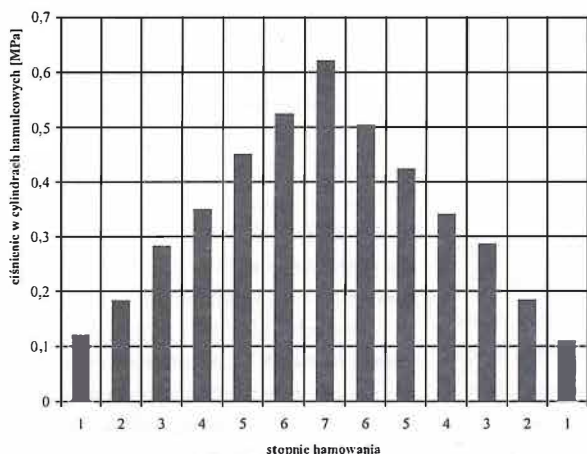
Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że zespół elektropneumatycznego sterowania hamulcami funkcjonuje poprawnie i może być stosowany w lokomotywach przystosowanych do sterowania zdalnego.



Rys. 4. Wartości ciśnienia w przewodzie głównym podczas hamowania i luzowania stopniowego (hamulec zespolony, sterowany elektrycznie)



Rys. 5. Wartości ciśnienia w cylindrach hamulcowych podczas hamowania i luzowania stopniowego hamulcem dodatkowym lokomotywy - ciśnienie maksymalne 0,45 MPA



Rys. 6. Wartości ciśnienia w cylindrach hamulcowych podczas hamowania i luzowania stopniowego hamulcem dodatkowym lokomotywy – ciśnienie maksymalne 0,62 MPa

9. Podsumowanie.

Przedstawiony sposób przystosowania układu hamulcowego lokomotywy do sterowania za pośrednictwem sygnałów elektrycznych można uznać za całkowicie spełniający oczekiwania w przypadku, gdy eksploatowane już lokomotywy modernizowane są w celu ich dostosowania do sterowania zdalnego. Rozwiązanie to, dzięki takim zaletom, jak:

- niewielki zakres zmian w układzie pneumatycznym ograniczony do zabudowy w tym układzie zintegrowanego zespołu elektropneumatycznego sterowania hamulcami,
- możliwość wdrażania wszystkich niezbędnych funkcji hamulca zespalonego pociągu i hamulca dodatkowego lokomotywy za pośrednictwem tylko ośmiu sygnałów binarnych zapewniających bardzo dobrą odporność na zakłócenia elektromagnetyczne,
- utrzymanie w przewodzie głównym (hamulec zespalone) i cylindrach hamulcowych (hamulec dodatkowy lokomotywy) wartości ciśnień określonych sygnałami przekazywanymi drogą radiową dzięki samoczynnemu uzupełnianiu strat ciśnienia wywołanych drobnymi nieszczelnościami,

znalazło zainteresowanie użytkowników lokomotyw manewrowych. Do tej pory układ ten wdrożono w sześciu lokomotywach typu 6D (SM 42) użytkowanych przez zakłady przemysłowe. Dla tych lokomotyw układy sterowania radiowego dostarczyła szwedzka firma AKERSTRÖMS, zaś OBRPS w Poznaniu wyposażył je w zespoły elektropneumatycznego sterowania hamulcami oraz dostosował ich układy elektryczne do zdalnego sterowania jazdą i hamowaniem.

Manipulator zdalnego sterowania firmy AKERSTRÖMS charakteryzuje się działaniem impulsowym. Manipulator ten współpracuje z zespołem elektrycznego sterowania hamulcami w taki sposób, że wychylenie dźwigni manipulatora w położenie hamowania powoduje wdrażanie kolejnych stopni hamowania w tempie jeden stopień na ok. 1 s. Wycofując w odpowiednim momencie dźwignię manipulatora do położenia neutralnego można więc realizować wybrany stopień hamowania, zaś pozostawiając ją w pozycji hamowania osiąga się

hamowanie pełne. Doświadczenia eksploatacyjne wykazały prawidłowe funkcjonowanie zespołu elektropneumatycznego sterowania hamulcami również w warunkach takiego, impulsowego sterowania hamulcami zespalonego pociągu i dodatkowym lokomotywy.

W prezentowanym tu układzie do elektrycznego sterowania hamulcem zespalonego pociągu wykorzystuje się zespoły funkcjonalne głównego zaworu maszynisty H14E1d, zwłaszcza zaś jego regulator ciśnienia i urządzenie przekąźnikowe. Za pośrednictwem binarnych sygnałów elektrycznych można również sterować hamulcem zespalonego, gdy lokomotywa wyposażona jest w główny zawór maszynisty innego typu, w którym brakuje możliwości wykorzystania tych zespołów funkcjonalnych. W takim wypadku zespół elektropneumatycznego sterowania hamulcami należy uzupełnić o zawór redukcyjny wyznaczający nominalne ciśnienie przewodu głównego i przekładnik ciśnienia służący do napełniania tego przewodu oraz zawór odcinający połączenie tego zespołu z przewodem głównym.

Zastosowanie w lokomotywach układów umożliwiających sterowanie hamulcami za pośrednictwem sygnałów elektrycznych doskonalą procesy transportowe oraz przynosi efekty organizacyjne i ekonomiczne.

Lokomotywy manewrowe wyposaża się w takie układy w celu ich przystosowania do sterowania zdalnego. Taki sposób sterowania umożliwia zmniejszenie zatrudnienia przy pracach manewrowych i poprawę organizacji takich prac (na przykład mechanicznego załadunku wagonów za pomocą urządzeń zasypowych). Zdalne sterowanie eliminuje też pracę maszynistów w warunkach szkodliwych, niebezpiecznych lub uciążliwych (na przykład w hutach i zakładach przemysłu chemicznego).

Zastosowanie takich układów w lokomotywach liniowych umożliwia automatyczne, mikroprocesorowe sterowanie jazdą i hamowaniem tak wyposażonych lokomotyw. Elektryczne sterowanie hamulcami jest też wymagane w nowoczesnych systemach nadzorujących ruch pociągu. Systemy takie wdrażają w razie potrzeby hamowania służbowe pociągu wykorzystując do tego sygnały z urządzeń zainstalowanych na szlaku bądź przekazywane drogą radiową.

Układy elektrycznego sterowania hamulcami stwarzają ponadto bardzo dogodne warunki dla diagnostyki hamulców. Umożliwiają one zastosowanie systemu ciągłej, sterowanej mikroprocesorowo diagnostyki układu hamulcowego; systemy takie wymagane są w lokomotywach na duże prędkości jazdy. Dlatego też układy do elektrycznego sterowania hamulcami są niezbędne w nowoczesnych pojazdach trakcyjnych.