

Układy sterowania hamulcami w modernizowanych zespołach trakcyjnych

W artykule przedstawiono układy sterowania hamulcami opracowane przez IPS „TABOR” i zastosowane w elektrycznych zespołach trakcyjnych serii EN 57 poddawanych modernizacji. Opisana w artykule struktura układów i sposoby działania ich zespołów charakterystycznych dla układów elektropneumatycznych i mikroprocesorowych ilustruje rozwój tych układów na przestrzeni ostatnich dziesięciu lat.

1. WSTĘP

W ostatnich dziesięciu latach modernizacje układów hamulcowych przeprowadzano w elektrycznych zespołach trakcyjnych serii EN 57 oraz w czterowagonowych zespołach trakcyjnych serii EN 71 i EN 72; modernizacji poddano też układ hamulcowy dwóch zespołów serii EW 60, jedynych zespołów tej serii użytkowanych z przerwami od 1990 roku.

Zespół serii EN 57 zaprojektowano na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych ubiegłego wieku, a jego różne wersje były produkowane seryjnie we wrocławskim Pafawagu w latach od 1962 do 1994. Przez cały ten czas zespoły trakcyjne wyposażano w zasadniczo taki sam układ hamulcowy; dokonana jeszcze w latach sześćdziesiątych zmiana systemu hamulca zespolonego z systemu Knorr na system Oerlikon wynikała z uruchomienia w kraju produkcji zaworów rozrządnych tego systemu i nie zmieniła istotnie właściwości tego układu. Zespół trakcyjny serii EN 57 z takim układem wyposażony jest w następujące rodzaje hamulców:

- pneumatyczny hamulec zespolony (hamulec PN),
- hamulec elektropneumatyczny typu bezpośredniego (hamulec EP-B),
- hamulec postojowy,

Do sterowania z aktywnej kabiny maszynisty hamulcami PN i EP-B służy zawór maszynisty, wspólny dla obu tych hamulców, lecz z odrębnymi dla każdego z nich pozycjami dźwigni sterującej. Zawór ten, o działaniu impulsowym (wzrost albo spadek siły hamowania służbowego zależy od czasu pozostawania jego dźwigni sterującej w położeniach hamowania albo luzowania) umożliwia kształtowanie ciśnienia w przewodzie głównym hamulca PN, Ponadto łączniki elektryczne tego aparatu generują dwa sygnały elektryczne o napięciu znamionowym 110V DC sterujące hamulcem EP-B, które za pośrednictwem

styczników i przewodów przesyłane są wzdłuż zespołu trakcyjnego lub pociągu złożonego z takich zespołów. Jeden z tych sygnałów wzbudza elektropneumatyczne zawory hamujące, drugi – zawory luzujące; zespół złożony z zaworów hamującego i luzującego pośredniczy w sterowaniu hamulcem EP-B wagonu.

Hamulcami PN każdego z wagonów steruje zawór rozrządny wyposażony w jednostopniowy przekładnik ciśnienia cylindrowego (o stałym przełożeniu) i przystawkę mocowaną na tym przekładniku. Zespołami funkcjonalnymi przystawki są:

- dwa wyżej wspomniane zawory elektropneumatyczne hamulca EP-B (hamujący, zasilany ze zbiornika sterującego zaworu rozrządowego i luzujący, po wzbudzeniu otwarty do atmosfery),
- podwójny zawór zwrotny, który umożliwia sterowanie przekładnikiem ciśnienia za pomocą sygnału z hamulca PN albo sygnału z hamulca EP-B,
- ogranicznik najwyższego ciśnienia sygnału sterującego przekładnikiem.

W razie wszczęcia hamowania hamulcem PN sygnał sterujący przekładnikiem pochodzi z zaworu rozrządowego, a jego ciśnienie zależy od głębokości i tempa spadku ciśnienia w przewodzie głównym tego hamulca. Podczas hamowania hamulcem EP-B ciśnienie tego sygnału kształtowane jest poprzez otwieranie zaworów elektropneumatycznych tego hamulca. Przekładnik ciśnienia realizując hamowanie napełnia cylinder lub cylindry wagonu sprężonym powietrzem o ciśnieniu praktycznie takim samym jak ciśnienie sygnału sterującego. Ciśnienia tego sygnału może być obcięte przez ogranicznik do wartości dopuszczalnej dla aktualnego obciążenia wagonu, przez co ogranicza się ilość stopni hamowania w stanie próżnym. Miarą obciążenia pojazdu jest ugięcie

drugiego stopnia usprężynowania jednego z wózków wagonu, które przez układ dźwigniowy dociera do sprężyny ogranicznika ciśnienia. Ogranicznik funkcjonuje jak zawór redukcyjny.

Urządzeniami wykonawczymi hamulców PN i EP-B są mechanizmy hamulca klockowego z cylindrami mocowanymi do ostoi wagonu. Mechanizmy te wyposażone są w nastawiacze skoku DRV i we wstawki żeliwne. Mechanizmy hamulca klockowego wagonów tocznych są też urządzeniami wykonawczymi hamulca postojowego. Hamulec klockowy wagonu tocznego można uruchomić z kabiny maszynisty za pomocą mechanizmu śrubowego napędzanego kołem pokrętnym.

Układ hamulcowy opisany powyżej nie spełnia wymagań stawianych obecnie takim układom. Skutkiem braku hamulca elektrodynamicznego (hamulca ED) jest szybkie zużycie klocków hamulcowych, widoczne zwłaszcza w zespołach trakcyjnych użytkowanych w dużych aglomeracjach miejskich. Uzależnienie od obciążenia wagonów tylko największej wartości ciśnienia cylindrowego w połączeniu z impulsowym sterowaniem hamulcami sprawia, że podczas hamowań innych niż pełne służbowe bądź nagłe skuteczność hamowania poszczególnych wagonów jest zróżnicowana; skutkiem tego zużycie klocków hamulcowych w różnych wagonach jednego zespołu trakcyjnego bywa zróżnicowane. Tradycyjne rozwiązanie hamulca bezpieczeństwa uruchamianego przez pasażera (zawory upustowe otwierane mechanicznie, w wyniku pociągnięcia za uchwyty) uniemożliwia zmostkowanie tego hamulca (zawieszenie jego działania) sygnałem elektrycznym z aktywnej kabiny maszynisty. Układy wykonawcze hamulców PN i EP-B, w których jeden cylinder hamulcowy uruchamia hamulec wagonu albo wózka, uniemożliwiają wyposażenie zespołu trakcyjnego w układ przeciwoślizgowy (układ taki, sterowany mikroprocesorowo umożliwiłby zwiększenie skuteczności hamulców zespołu trakcyjnego). Ponadto skuteczność hamulca postojowego, uruchamianego z aktywnej kabiny tylko w jednym wagonie jest ograniczona. Pomimo tych wad modernizacje zespołów trakcyjnych wykonywane aż do 2005 roku nie dotyczyły ich układów hamulcowych, a urządzenia wykonawcze hamulców PN i EP-B nie ulegały zmianom również w późniejszych modernizacjach. Wyjątkami są zespół trakcyjny serii ED 73 z 1997 roku wyposażony przez producenta w wózki z hamulcem tarczowym oraz zespoły serii EW 60 wyposażone podczas modernizacji w bloki hamulcowe (każdy zestaw kołowy hamowany jest za pomocą dwóch takich bloków).

Modernizacje układów hamulcowych zespołów trakcyjnych serii EN 57 rozpoczęły się w roku 2005 wyposażeniem w nowy układ sterowania hamulcami opracowany przez IPS Tabor pierwszego zespołu serii EN 61 wyprodukowanego w Newagu z wyko-

rzystaniem wózków i układu napędowego zespołów serii EN 57 (w latach 2005 ÷ 2007 wykonano dziewięć takich zespołów oznaczonych jako typ 14WE). Układ ten, który radykalnie zmienił dotychczasowy sposób sterowania hamulcami, charakteryzuje się następującymi rozwiązaniami:

- zintegrowaniem aparatów pneumatycznych i elektropneumatycznych na tablicach hamulcowych (kabinowych i wagonowych),
- sterowaniem hamulcami EP-B i PN w sposób proporcjonalny za pośrednictwem elektrycznego manipulatora wspólnego dla tych hamulców (ciśnienie cylindrowe podczas hamowania służbowego zależy od pozycji dźwigni sterującej tego manipulatora),
- sterowaniem hamulcami EP-B wagonów za pomocą kodu binarnego złożonego z czterech sygnałów przesyłanych wzdłuż pociągu po czterech przewodach elektrycznych,
- dwustopniową, automatyczną regulacją ciśnień cylindrowych w funkcji obciążenia poszczególnych wagonów (możliwe stany „próżny” albo „ładowny”),
- zastosowaniem przedziałowych zaworów hamulca bezpieczeństwa, dzięki którym dostępna jest funkcja mostkowania tego hamulca sygnałem elektrycznym z kabiny maszynisty.

Przedstawioną powyżej strukturą charakteryzują się wszystkie wersje układu sterowania hamulcami zespołów trakcyjnych opracowane przez IPS Tabor, dla zmodernizowanych zespołów serii EN 57. W zespołach takich, i to nie tylko wyposażonych w układy sterowania hamulcami opracowane przez IPS Tabor, do tej pory stosuje się też sposób sterowania hamulcami EP-B zastosowany w zespołach serii EN 61 (służą do tego cztery sprzętowe sygnały binarne przesyłane wzdłuż pociągu). Kolejne wersje takiego układu opracowane przez IPS Tabor znalazły zastosowanie w zmodernizowanych zespołach serii EW 60 oraz w zespołach serii EN 57, EN 71 i EN 72 modernizowanych od 2007 roku najpierw w ZNTK w Mińsku Mazowieckim, potem również w nowosądeckim Newagu. IPS Tabor uczestniczy w tych modernizacjach dostarczając ich najważniejsze zespoły, takie jak tablice hamulcowe, manipulatory hamulców oraz kabinowe i przedziałowe zawory hamulca bezpieczeństwa (patrz tabele 1 i 2). W artykule tym przedstawiono strukturę układów sterowania hamulcami i rozwój tych układów od prostych rozwiązań elektropneumatycznych (opartych na zaworach elektropneumatycznych zasilanych napięciem z baterii akumulatorów i technice przekaźnikowej) do stosowanych obecnie, zaawansowanych układów wykorzystujących sterowniki mikroprocesorowe i magistrale danych.

Tabela 1

Urządzenia produkcji IPS Tabor zastosowane w układach sterowania hamulcami zmodernizowanych zespołów trakcyjnych

Wersja układu	Rok opracowania	Miejsce zastosowania	Nazwa urządzenia	Typ urządzenia	Uwagi
A	2005	EN 61 (14WE)	Manipulator H(Z+EP)	1ZH 16-1	
			Zawór hamulca bezpieczeństwa DN25	7ZH 3601-1	
			Kabinowa tablica hamulcowa EZT	79ZW 90-1	
			Wagonowa tablica hamulcowa EZT	79ZW 91-1	
			Zawór hamulca bezpieczeństwa G1/4	7ZH 3491-3	
			Ugięciowy czujnik próżny-ładowny	9ZH 30-2	
B	2006	EW 60 (6WEb)	Manipulator HZ-L	1ZH 21-1	
			Zawór hamulca bezpieczeństwa DN25	7ZH 3602-1	
			Kabinowa tablica hamulcowa EZT	79ZW 94-1	
			Tablica hamulcowa wagonu tocznego EZT	79ZW 95-1	
			Tablica hamulcowa wagonu napędnego EZT	79ZW 96-1	
			Zawór hamulca bezpieczeństwa G1/4	7ZH 3401-3	
			Ugięciowy czujnik próżny-ładowny	9ZH 30-2	
C	2007	EN 57 EN 71 EN 72	Manipulator HZ-L	1ZH 21-1	
			Zawór hamulca bezpieczeństwa DN25	7ZH 3602-1	
			Kabinowa tablica hamulcowa EZT (w tablicy 79ZW 94-3 nie ma układu sterowania sprężynowym hamulcem postojowym)	79ZW 94-2 albo 79ZW 94-3	
			Tablica hamulcowa wagonu tocznego EZT	79ZW 95-2	
			Tablica hamulcowa wagonu napędnego EZT	79ZW 96-2	
			Zawór hamulca bezpieczeństwa G1/4	7ZH 3401-3	
			Ugięciowy czujnik próżny-ładowny	9ZH 30-2	
			D	2010	
Kabinowy zawór hamulca bezpieczeństwa	7ZH 3701-2				
Kabinowa tablica hamulcowa	79ZW 94-4				
Wagonowa tablica hamulcowa CANh	79ZW 95-3				
Wagonowa tablica hamulcowa 2(CANp+CANh)	79ZW 96-3				
Zawór hamulca bezpieczeństwa G1/4	7ZH 3401-3				
Analogowy przetwornik obciążenia wagonu	9ZH 30-3				

2. WERSJE UKŁADU STEROWANIA

Przedstawiona poniżej charakterystyka poszczególnych wersji układów sterowania hamulcami wymienionych w tabelach 1 i 2 ilustruje rozwój tego układu.

Wersja „A” umożliwia sterowanie tylko hamulcami PN i EP-B zapewniając dwustopniową, automatyczną regulację ciśnień cylindrowych w funkcji obciążenia poszczególnych wagonów zespołu trakcyjnego za sprawą ugięciowego czujnika próżny - ładowny

podłączonego do każdej z tablic wagonowych. Tablicowe zawory elektropneumatyczne tego układu zasilane są napięciem z baterii akumulatorów zespołu trakcyjnego; wartość znamionowa tego napięcia wynosi 110V DC. Funkcje logiczne realizowane są za pośrednictwem przekaźników elektromagnetycznych i przekaźników czasowych.

Wersja „B”, zachowując wyżej opisane możliwości sterowania hamulcami PN i EP-B, umożliwia też sterowanie współdziałaniem tych hamulców z hamulcem ED oraz sterowanie sprężynowym hamulcem

Tabela 2

Urządzenia produkowane obecnie w IPS Tabor dla układów sterowania hamulcami zmodernizowanych zespołów trakcyjnych

Wersja układu	Rok opracowania	Miejsce zastosowania	Nazwa urządzenia	Typ urządzenia	Uwagi
D2	2013	EN 57	Manipulator HZ	1ZH 30-1	
			Kabinowy zawór hamulca bezpieczeństwa DN25	7ZH 4101-1	
			Kabinowa tablica hamulcowa	79ZW 94-5	
			Wagonowa tablica hamulcowa CANh	79ZW 95-4	
			Wagonowa tablica hamulcowa 2(CANp+CANh)	79ZW 96-4	
			Zawór hamulca bezpieczeństwa G1/4	7ZH 46-1	
			Analogowy przetwornik obciążenia wagonu	9ZH 30-3	
D1	2014	EN 57	Manipulator HZ	1ZH 30-1	
			Kabinowy zawór hamulca bezpieczeństwa DN25	7ZH 4101-1	
			Kabinowa tablica hamulcowa	79ZW 94-4	
			Wagonowa tablica hamulcowa CANh	79ZW 95-4	
			Wagonowa tablica hamulcowa 2(CANp+CANh)	79ZW 96-4	
			Zawór hamulca bezpieczeństwa G1/4	7ZH 46-1	
			Analogowy przetwornik obciążenia wagonu	9ZH 30-3	

postojowym. Sterowanie hamulcem ED umożliwia sterownik firmy Selectron zabudowany na tablicy wagonu napędowego i połączony magistralą danych CAN z układem sterowania napędem i hamowaniem dynamicznym. Stabilne napięcie zasilania temu sterownikowi i tablicowym zaworom elektropneumatycznym zapewniają zasilacze 24V DC/24V DC zabudowane na wszystkich tablicach zespołu (nominalne napięcie zasilania baterii wynosi 24V DC). Na tablicach wagonów tocznych i tablicach kabinowych funkcje logiczne realizowane są nadal za pośrednictwem przekaźników; one też pośredniczą w zasilaniu zaworów elektropneumatycznych stabilnym napięciem.

Wersja „C” realizuje wszystkie funkcje hamulców dostępne w opisanej wyżej wersji „B”; wszystkie tablice wyposażone są też w zasilacze 24V DC/24V DC. We wszystkich tablicach zabudowane są tylko sterowniki wyprodukowane w IPS Tabor. W tablicy wagonu napędowego tworzą one rozproszony system sterowania automatycznego, który dzięki tablicowej magistrali danych RS232 i konwerterowi RS232/CAN komunikuje się z układem sterowania napędem i hamowaniem dynamicznym.

Różnice pomiędzy wersją „D” układu a wersją „C” opisaną powyżej polegają na:

- płynnym uzależnieniu ciśnień cylindrowych i siły hamowania hamulca ED od aktualnych mas poszczególnych wagonów (każda z tablic wagonowych połączona jest za pośrednictwem magistrali danych RS485 z ugięciowym, analogowym przetwornikiem obciążenia wagonu},
- wykorzystaniu automatycznych regulatorów ciśnienia ze sprzężeniem zwrotnym do kształtowania przebiegów ciśnienia w przewodzie głównym hamulca PN i w cylindrach hamulcowych podczas hamowania hamulcem EP-B,
- połączeniu tablic wagonowych magistralą danych CANh (hamulca).

System sterowania tablicy wagonu napędowego połączony jest z układem sterowania napędem i hamowaniem dynamicznym za pomocą magistrali danych CANp (pociągu).

W obu wersjach układu sterowania wymienionych w tabeli 2 każda z tablic wagonowych połączona jest z dwoma ugięciowymi, analogowymi przetwornikami obciążenia wagonu, co wraz ze zmienionym oprogramowaniem zapewnia lepsze uzależnienie ciśnień cylindrowych i siły hamowania hamulcem ED od aktualnych mas wagonów. W wersji „D1”, jak we wszystkich wersjach opisanych powyżej, na każdym

stanowisku maszynisty występuje tylko jeden manipulator hamulców. W wersji „D2” maszynista ma do dyspozycji dwa manipulatory hamulców. Manipulator hamulców ED i EP-B podłączony jest do sterownika pojazdu, skąd sygnały sterujące tymi hamulcami przesyłane są do tablic wagonów napędnych za pośrednictwem magistrali danych CANp i – redundancyjnie – za pośrednictwem czterech przewodów elektrycznych poprowadzonych wzdłuż pociągu. Za pośrednictwem drugiego manipulatora i kabinowej tablicy hamulcowej sterować można tylko hamulcem PN.

Wersje "D1" i "D2" układu sterowania, w których ciśnienia cylindrowe i siła hamowania hamulca ED zależą od obciążenia wagonów w sposób płynny, podstawowe ciśnienia wyznaczane są przez regulatory sterowane mikroprocesorowo, w ten sam sposób odbywa się sterowanie współpracą hamulców ED z EP-B i dostępna jest funkcja mostkowania hamulca bezpieczeństwa uruchomionego przez pasażera, realizująca takie same funkcje jak układ sterowania hamulcami firmy Knorr Bremse instalowany w zespołach serii EN 57, modernizowanych ostatnio przez Newag.

3. STRUKTURA UKŁADU STEROWANIA

Struktura wszystkich wersji układów sterowania hamulcami wymienionych w tabelach 1 i 2 jest taka sama. Na stanowiskach maszynisty zabudowane są tylko urządzenia nastawcze (manipulator albo manipulatory, niezbędne przełączniki, kabinowy zawór hamulca bezpieczeństwa) i kontrolne (manometry, monitor) tego układu. Większość aparatów pneumatycznych i elektropneumatycznych zgrupowana jest na tablicach hamulcowych (kabinowych i wagonowych). Poza tymi miejscami zabudowane są tylko przedziałowe zawory hamulca bezpieczeństwa i ugięciowe czujniki albo przetworniki analogowe obciążenia wagonów,

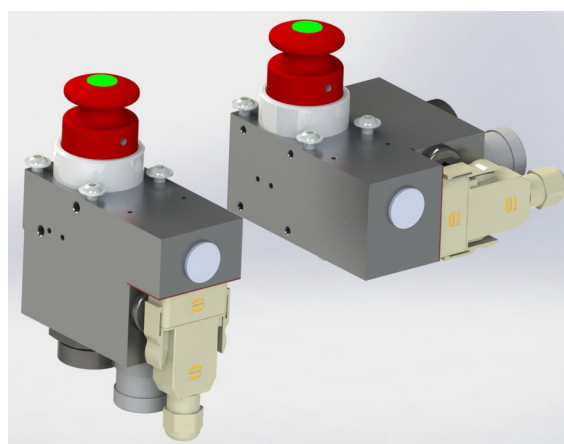
Manipulatory zastosowane we wszystkich wersjach układu sterowania hamulcami umożliwiają sterowanie hamowaniem służbowym w sposób proporcjonalny (8 stopni hamowania) i wywołanie hamowania nagłego za pośrednictwem napięciowych sygnałów binarnych. Manipulatory te realizują też połączenia elektryczne niezbędne dla sygnalizatorów użycia hamulca bezpieczeństwa przez pasażera.

Kabinowe zawory hamulca bezpieczeństwa o średnicy nominalnej 25mm wyposażone są w elektryczną sygnalizację stanu. Manipulator i kabinowy zawór hamulca bezpieczeństwa zastosowane w wersjach „D1” i „D2” układu (rys. 1 i 2) są zgodne z aktualnymi wymaganiami kart UIC i norm europejskich.

Kabinowa tablica hamulcowa przystosowana jest do zabudowy w szafie kabiny maszynisty. Aparaty tablicowe, zasilane płytowo przytwierdzone są śrubami do płaskiego korpusu wykonanego ze stopu aluminium. W korpusie tym mieści się orurowanie

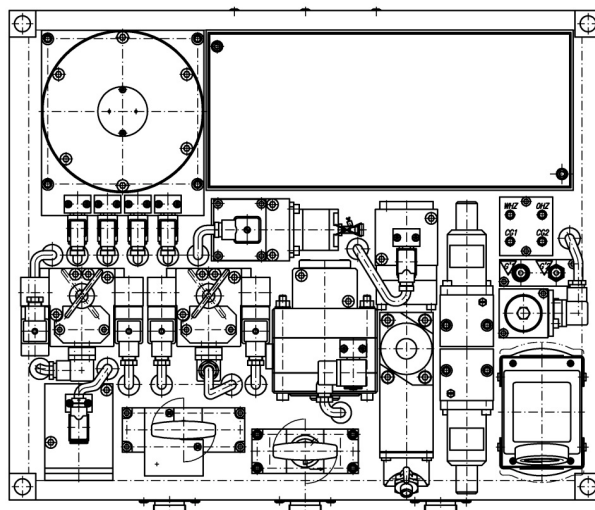


Rys. 1. Manipulator typu 1ZH 30-1



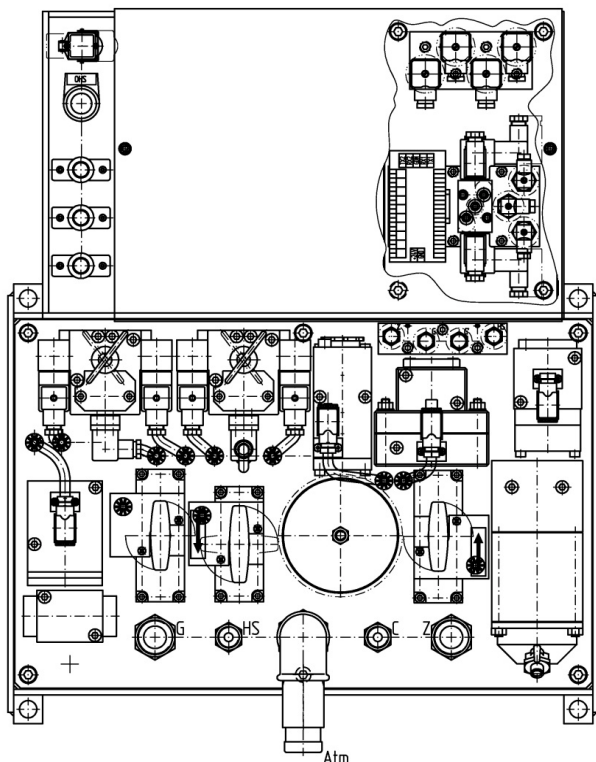
Rys. 2. Kabinowy zawór hamulca bezpieczeństwa DN25mm

tablicy wykonane z rur i kształtek miedzianych lutowanych kapilarnie, a otwory w elementach usztywniających wspawanych w narożnikach korpusu służą do mocowania tablicy. W tablicy kabinowej zastosowanej w wersji „A” układu sterowania (rys.3) zabudowany jest tylko układ sterowania ciśnieniem w przewodzie głównym hamulca PN.



Rys.3. Kabinowa tablica hamulcowa typu 79ZW 90-1

W pozostałych wersjach układu sterowania na tablicy kabinowej (rys. 4) znajduje się też układ sterowania sprężynowym hamulcem postojowym.



Rys.4. Kabinowa tablica hamulcowa typu 79ZW 94-4

Głównymi zespołami tablicowego układu sterowania ciśnieniem w przewodzie głównym są:

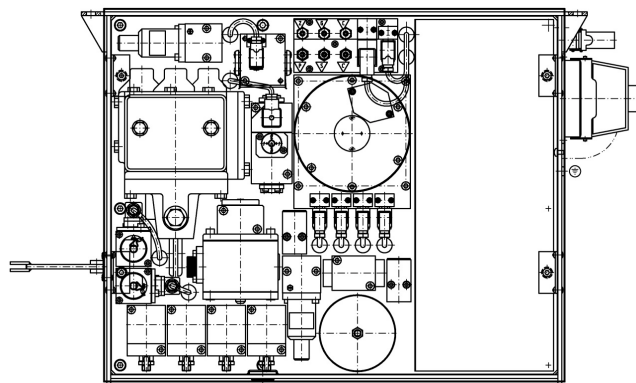
- przekładnik ciśnienia przewodu głównego,
- serwowzór, który w stanie gotowości hamulca PN ogranicza zdolność napełniania przewodu głównego,
- dwa zespoły hamowania nagłego sterowane elektrycznie,
- serwowzór elektropneumatyczny i zawór odcinający kulowy, które służą do odcinania tego układu od przewodu głównego.

W układzie tym zabudowane są też urządzenia, które kształtują wartość ciśnienia w przewodzie głównym. W każdej z tablic zastosowanych w wersjach „A”, „B” i „C” układu sterowania, funkcję tę pełnią zawór redukcyjny i zespół stopniujący wyposażony w zawory elektropneumatyczne, w pozostałych (najnowszych) wersjach układu sterowania rolę tę pełni układ automatycznej regulacji ze sprzężeniem zwrotnym sterowany mikroprocesorowo.

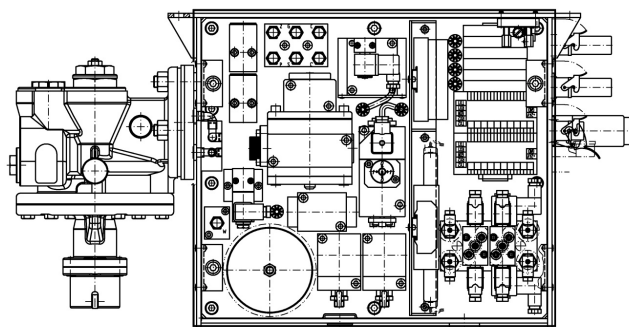
Głównymi zespołami układu sterowania hamulcem postojowym są serwowzór elektropneumatyczny tego hamulca, zawór odcinający i podwójny zawór zwrotny, który chroni przed zsumowaniem sił hamowania hamulców postojowego i pneumatycznego w razie jednoczesnego ich użycia.

Wagonowa tablica hamulcowa przystosowana jest do zabudowy pod ostoją i integruje wszystkie aparaty

wagonu, co kapitalnie upraszcza jego instalację pneumatyczną. Tablica ma kształt prostopadłościenną skrzyni z przykręcaną pokrywą, wykonanej ze stopu aluminium. Wewnątrz tej skrzyni mieści się korpus tablicy wraz z orurowaniem, a do niego przytwierdzone są aparaty tablicowe. W tablicach wagonowych zastosowanych w wersjach „A”, „B” i „C” układu sterowania (rys. 5) wewnątrz tablicy zabudowany jest też zawór rozrządczy. Zabudowa tego zaworu na zewnątrz tablicy zastosowana w pozostałych wersjach układu umożliwiła radykalne zmniejszenie wielkości tablicy (rys. 6).



Rys.5. Wagonowa tablica hamulcowa typu 79ZW 96-2



Rys.6. Wagonowa tablica hamulcowa typu 79ZW 96-3

W tablicy wagonowej zabudowany jest układ hamulca bezpieczeństwa i układ sterowania ciśnieniem cylindrowym. Podstawowym zespołem pierwszego z tych układów jest zawór hamowania nagłego sterowany pneumatycznie za pośrednictwem podłączonych do niego przedziałowych zaworów hamulca bezpieczeństwa. Zabudowany na nim zawór elektropneumatyczny umożliwia jego zamknięcie za pomocą powietrza ze zbiornika pomocniczego; w ten sposób realizowane jest mostkowanie hamulca bezpieczeństwa uruchomionego przez pasażera.

Główne aparaty układu sterowania ciśnieniem cylindrowym to:

- wyłącznik hamulców PN i EP-B sterowany dźwignią,
- zawór rozrządczy sterujący hamulcem PN,
- zespół urządzeń sterujących hamulcem EP-B,

- podwójny zawór zwrotny umożliwiający współpracę hamulców PN i EP-B.
- jednostopniowy przekładnik ciśnienia cylindrowego ze zmiennym przełożeniem sterowanym ciśnieniowym sygnałem o masie wagonu.

W pierwszych wersjach „A”, „B” i „C” układu sterowania hamulcem EP-B, ciśnieniem w cylindrach steruje zawór redukcyjny i zespół stopniujący z czterema zaworami elektropneumatycznymi, w pozostałych - układ automatycznej regulacji ze sprzężeniem zwrotnym sterowany mikroprocesorowo. Układy pneumatyczne tablic wagonów napędnego i tocznego stosowanych w danej wersji układu sterowania są takie same, różnice dotyczą tylko ich układów elektrycznych.

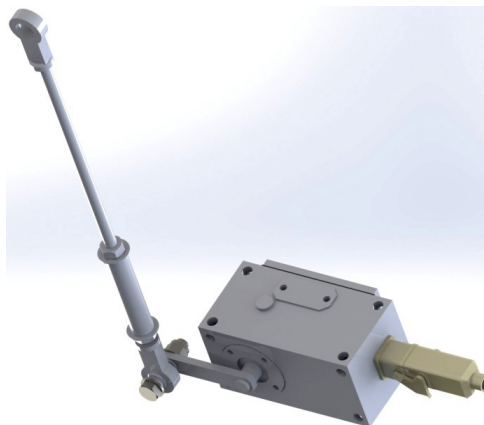
Przedziałowe zawory hamulca bezpieczeństwa wyposażone są w łączniki elektryczne, które zapewniają sygnalizację otwarcia takiego zaworu przez pasażera. Po otwarciu zawór jest blokowany w tym położeniu; zwolnienie blokady w celu zamknięcia zaworu wymaga użycia klucza konduktorskiego. Najnowsze rozwiązanie tego zaworu (rys. 7), zastosowane w wariantach „D1” i „D2” układu sterowania spełnia wszystkie wymagania norm europejskich.



Rys.7. Przedziałowy zawór hamulca bezpieczeństwa typu 7ZH 46-1

W wózkach zespołu trakcyjnego serii EN 57 z kolumnowym prowadzeniem maźnic i elementami gumowo-metalowymi w pierwszym stopniu usprężynowania, nie ma możliwości zabudowy naciskowych zaworów ważących. Z tego względu we wszystkich wersjach układu sterowania ich rolę spełniają aparaty sterowane wielkością ugięcia drugiego stopnia usprężynowania. Urządzenie takie zamocowane jest do ostoi wagonu, ponad jego wózkiem. Jego dźwignia sterująca, ustawiona poziomo w stanie półładownym wagonu, połączona jest z ramą wózka pionowym

ciągłem. Każda zmiana obciążenia wagonu powoduje wychylenie tej dźwigni. Łącznik elektryczny zabudowany w czujniku próżny - ładowny sterowany tą dźwignią generuje sygnał o obciążeniu w postaci binarnej: „0” (stan próżny), kiedy masa wagonu jest mniejsza od masy przestawczej, „1” (stan ładowny), kiedy masa ta jest większa od przestawczej.



Rys.8. Ugięciowy przetwornik obciążenia wagonu typu 9ZH 30-3

Natomiast w ugięciowym, analogowym przetworniku obciążenia (rys. 8) zabudowany jest enkoder, który generuje sygnał proporcjonalny do wychylenia wyżej wspomnianej dźwigni. Sygnał ten, po przesłaniu do odpowiedniej tablicy wagonowej, zamieniany jest tam na sygnał ciśnieniowy o masie wagonu sterujący przekładnikiem, który zapewnia płynną i automatyczną zmianę ciśnienia cylindrowego w funkcji ładunku wagonu.

4. DZIAŁANIE UKŁADU STEROWANIA

We wszystkich wersjach układu sterowania, w których występuje tylko jeden manipulator hamulców w kabinie maszynisty, rodzaj hamulca wykorzystywany do hamowań służbowych wybiera maszynista odpowiednim nastawnikiem układu hamulcowego.

W razie wybrania współpracy hamulców ED i EP-B (nastawienie "MED"), po wszczęciu hamowania tablica kabinowa utrzymuje hamulec PN w stanie gotowości, natomiast za pośrednictwem czterech przewodów elektrycznych biegnących wzdłuż pociągu wysyła kod binarny o wartości odpowiedniej dlażądanego stopnia hamowania. Na podstawie tego sygnału i informacji o aktualnych masach poszczególnych wagonów zespołu trakcyjnego system sterowania tablicy wagonu napędnego wylicza potrzebną siłę hamowania całego zespołu, uruchamia jego hamulec EP-B i wysyła po magistrali danych CAN lub CANp polecenie rozwinięcia takiej siły przez hamulec ED. Po otrzymaniu tą samą drogą informacji o realizowanej sile hamowania dynamicznego system sterowania mikroprocesorowego tak kształtuje siły hamowania rozwijane przez hamulce EP-B poszczególnych wagonów, aby współpracujące hamulce ED i EP-B

rozwickały zadana przez maszynistę siłę hamowania zespołu trakcyjnego. Algorytm sterowania zapewnia możliwie pełne wykorzystanie hamulca ED; jeżeli jego siła jest wystarczająca, to hamulce EP-B we wszystkich wagonach zespołu trakcyjnego pozostają wyluzowane. W algorytmie sterowania przewidziano też korektę siły hamowania klocków żeliwnych wzrastającej, kiedy prędkości jazdy maleje. W ten sposób ograniczane jest opóźnienie pojazdu występujące podczas jego zatrzymywania.

W razie wyboru przez maszynistę nastawienia "EP", po wszczęciu hamowania tablica kabinowa działa tak samo, jak w nastawieniu "MED". Kodowy sygnał przesyłany jest wzdłuż pociągu i uruchamia hamulce EP-B poszczególnych wagonów; ciśnienie cylindrowe w każdym z nich odpowiada żadanemu stopniowi hamowania i aktualnej masie danego wagonu.

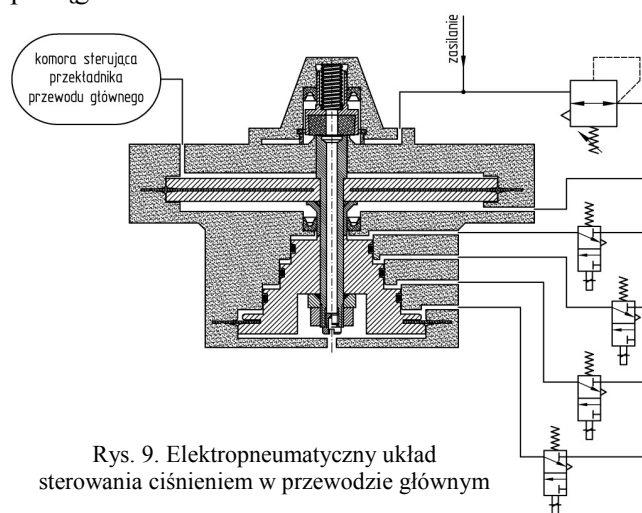
W razie wyboru przez maszynistę nastawienia "PN" na sygnał o hamowaniu służbowym tablica kabinowa obniża ciśnienie w przewodzie głównym tego hamulca do wartości właściwej dla żadanego stopnia hamowania. Na skutek spadku tego ciśnienia zawory rozrządzące uruchamiają hamulce PN poszczególnych wagonów. Wartości ciśnień cylindrowych również wtedy odpowiadają żadanemu stopniowi hamowania i masom poszczególnych wagonów.

W wersji „D2” układu sterowania (z dwoma manipulatorami hamulców w każdej kabinie maszynisty) po wszczęciu hamowania służbowego manipulatorem hamulców ED i EP-B tablica wagonu napędowego otrzymuje informacje o żadanym jego stopniu jednocześnie po magistrali danych CANp i w sposób sprzętowy za pośrednictwem czterech przewodów elektrycznych. Hamowanie jest wtedy realizowane współpracującymi hamulcami ED i EP-B jak to opisano wyżej. W razie wywołania hamowania manipulatorem hamulca PN realizowane jest ono wyłącznie za pomocą tego hamulca.

We wszystkich wersjach układu sterowania hamowania nagłe realizowane są tylko za pomocą hamulca PN. Hamowanie takie można wywołać manipulatorem hamulców, kabinowym i przedziałowym zaworem hamulca bezpieczeństwa oraz na polecenie układów SHP, czuwaka i radiostopu. Hamowanie takie następuje również samoczynnie w razie awaryjnego spadku ciśnienia w przewodzie głównym wywołanego utratą szczelności tego przewodu albo zanikiem napięcia w obwodach sterowania hamulcami.

We wszystkich wersjach układu sterowania otwarcie przez pasażera przedziałowego zaworu hamulca bezpieczeństwa jest sygnalizowane w kabinie maszynisty lampką i buczkiem. Maszynista może zaakceptować to hamowanie ustawiając dźwignię manipulatora hamulców w pozycji hamowania nagłego albo uniemożliwić je naciskając na przycisk mostkowania;

każde z tych działań wyłącza buczek. Sygnał elektryczny wygenerowany przyciskiem mostkowania i wysłany wzdłuż pociągu powoduje zamknięcie wszystkich uruchomionych przez pasażerów zaworów hamowania nagłego zabudowanych na wagonowych tablicach hamulcowych. Pomimo, że co najmniej jeden przedziałowy zawór hamulca bezpieczeństwa pozostaje otwarty można napełnić przewód główny sprężonym powietrzem i utrzymać hamulec PN w stanie gotowości, co umożliwi maszyniście dalszą jazdę. Lampka na stanowisku maszynisty gaśnie dopiero po zamknięciu wszystkich przedziałowych zaworów hamulca bezpieczeństwa zabudowanych w pociągu.

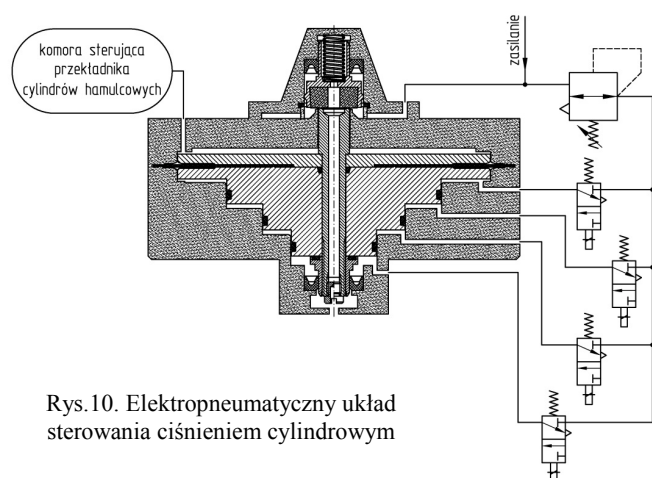


Rys. 9. Elektropneumatyczny układ sterowania ciśnieniem w przewodzie głównym

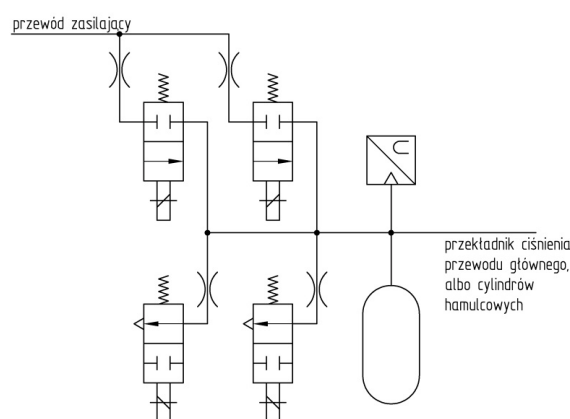
Sposób działania urządzeń sterujących ciśnieniem w przewodzie głównym zabudowanych w wersjach "A", "B" i "C" układu sterowania przedstawia (rys. 9). W stanie gotowości hamulca sprężone powietrze o ciśnieniu nominalnym nastawionym zaworem redukcyjnym docierając do zespołu stopniującego naciska tylko na dolną powierzchnię dużego tłoka; praktycznie takie samo ciśnienie występuje wtedy na wyjściu tego aparatu. Po wdrożeniu manipulatorem dowolnego stopnia hamowania służbowego zawory elektropneumatyczne zespołu stopniującego wzbudzone są w kombinacji właściwej dla tego stopnia. Ciśnienie z zaworu redukcyjnego działa wtedy również na górne powierzchnie odpowiednich małych tłoków obniżając ciśnienie na wyjściu aparatu.

Sposób działania urządzeń sterujących ciśnieniem cylindrowym podczas hamowania hamulcem EP-B zastosowany w tych samych wersjach układu sterowania ilustruje (rys. 10). Kiedy hamulec jest wyluzowany zawory zespołu stopniującego nie są wzbudzone, na wyjściu zespołu stopniującego występuje ciśnienie atmosferyczne. Na każdym ze stopni hamowania zawory te wzbudzone są w kombinacji właściwej dla tego stopnia. Ciśnienie z reduktora działa wtedy na odpowiednie, dolne powierzchnie tłoka poczwórnego, a siła wywołana w ten sposób równoważona jest odpowiednim ciśnieniem wywieranym na

górną powierzchnię tego tłoka i występującym również na wyjściu aparatu. Po wzbudzeniu wszystkich zaworów ciśnienie na wyjściu aparatu jest praktycznie równe ciśnieniu z zaworu redukcyjnego; realizowane jest wówczas hamowanie pełne.



Rys. 10. Elektropneumatyczny układ sterowania ciśnieniem cylindrowym



Rys. 11. Mikroprocesorowy układ sterowania ciśnieniem w przewodzie głównym albo w cylindrach hamulcowych

Działanie układów automatycznej regulacji ciśnienia w przewodzie głównym i w cylindrach hamulcowych podczas hamowania hamulcem EP-B zastosowanych w pozostałych (najnowszych) wersjach układu sterowania ilustruje (rys. 11). Układ taki tworzą:

- dwa zawory elektropneumatyczne wyposażone w dysze o różnych zdolnościach przepustowych napełniające komorę sterującą przekaźnika ciśnienia,
- dwa zawory elektropneumatyczne z dyszami regulacyjnymi opróżniające tę komorę,
- przetwornik do pomiaru ciśnienia w wyżej wspomnianej komorze,

podłączone do jednego ze sterowników rozproszonego systemu sterowania automatycznego tablicy. Drugi przetwornik podłączony do tego sterownika mierzy ciśnienie realizowane przez przekaźnik sterowany za pośrednictwem tego układu. Dla uzyskania w komorze sterującej wymaganego ciśnienia we właściwym tempie sterownik otwiera jeden lub dwa zawory napełniające bądź jeden lub dwa zawory luzują-

ce. W ten sposób uzyskuje się wymagany zakres gradientów ciśnienia potrzebnych do sterowania hamulcem PN pociągu i hamulcem EP-B każdego z wagonów. Natomiast w układzie automatycznej regulacji ciśnienia sygnału pneumatycznego o masie wagonu zabudowane są tylko dwa zawory elektropneumatyczne (jeden napełnia, drugi opróżnia niewielką komorę sterującą pneumatycznego układu wężenia).

5. PODSUMOWANIE

Oferowane przez IPS Tabor układy sterowania hamulcami dla zespołów trakcyjnych charakteryzują się następującymi zaletami:

- Prosta budowa i obsługa układu sterowania hamulcem z wielopoziomą strukturą redundancji działania
- Możliwość stosowania jednego manipulatora dla wielu rodzajów hamulca lub dwu manipulatorów oddzielnie dla hamulca PN i EP+ED w zależności od życzenia zamawiającego
- Płynna samoczynna regulacja siły hamowania w funkcji obciążenia każdego wagonu dla hamulca ED, EP i PN
- Równomierne hamowanie poszczególnych wagonów w składzie pociągu
- Sterowanie hamulcem ED i realizowanie współpracy z hamulcem ciernym („blending”) w zakresie wszystkich wagonów zespołu trakcyjnego
- Priorytetowe wykorzystanie hamulca ED (podczas hamowań stopniowych wykorzystywany jest jedynie hamulec ED) przez co zapewnione jest mniejsze zużycie klocków i kół
- Realizacja korekty nacisku klocków w funkcji prędkości w celu zapewnienia nie narastania sił hamowania z malejącą prędkością (ochrona przed poślizgami przy zatrzymaniu i ograniczenie szarpnięć)
- Mikroprocesorowa diagnostyka hamulca powiązana z siecią diagnostyczną pociągu
- Możliwość rozszerzania w przyszłości istniejących funkcji zgodnie z życzeniami zamawiającego

Wersje „D1” i „D2” układu sterowania hamulcami, w które obecnie wyposaża się modernizowane zespoły trakcyjne serii EN 57 są efektem prawie dziesięciu lat rozwoju takich układów i doświadczeń z ich eksploatacji zbieranych w tym czasie. Zastosowanie tych układów eliminuje wszystkie wady układów sterowania hamulcami pierwotnie stosowanych w zespołach serii EN 57, a wykorzystanie w nich sterowników mikroprocesorowych i sieci informatycznych stworzyło nowe możliwości zwłaszcza w zakresie sterowania współpracą hamulców ED i EP-B oraz

w zakresie rozwiniętej diagnostyki układu hamulcowego. Wyposażenie zespołów trakcyjnych w taki układ sterowania hamulcami dokonane łącznie z innymi działaniami modernizacyjnymi, takimi jak:

- modernizacja kabin maszynisty i przedziałów pasażerskich,

- wyposażenie zespołu trakcyjnego w zespół wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza ze sprężarką śrubową i osuszaczem powietrza,

- wyposażenie zespołu trakcyjnego w silniki trakcyjne prądu przemiennego

zapewni optymalne wykorzystanie znacznej liczby zespołów serii EN 57 jeszcze przez wiele lat eksploatacji.