

Tadeusz ZMYSŁOWSKI

Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice

(emeryt)

O POTRZEBIE WDRAŻANIA NADMIAROWOŚCI W SYSTEMACH HAMULCOWYCH MASZYN WYCIĄGOWYCH

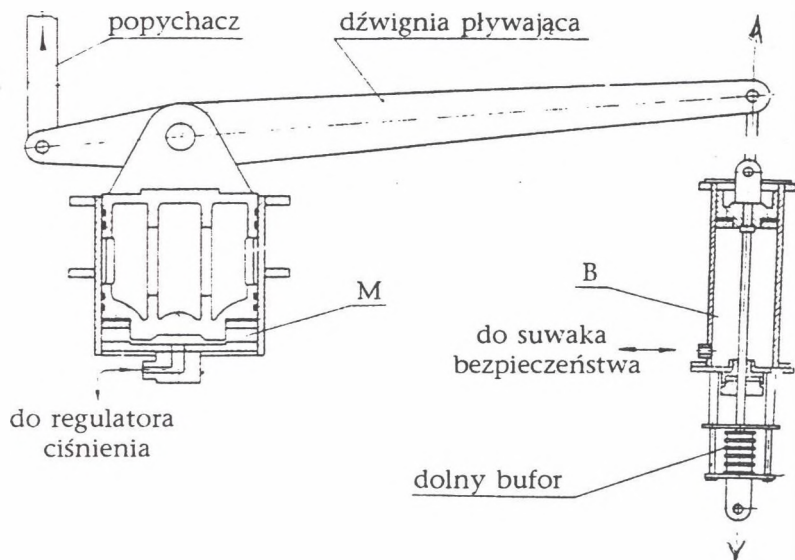
Streszczenie. Liczne maszyny wyciągowe budowane w latach 1960-1970 i wcześniejszych mają system sterowania hamulców z jednym elektromagnetycznym zwalniakiem. Usterki w działaniu tego systemu były przyczyną stanów awaryjnych bądź katastroficznych. Rozwiązanie to nie spełnia wymagań aktualnych przepisów bezpieczeństwa, jest sprzeczne z ideą strukturalnej niezawodności realizowanej poprzez nadmiarowość. Tę wadę niewielkim kosztem można i należy usunąć w celu zapewnienia bezpieczeństwa transportu szybowego.

NECESSITY OF IMPLEMENTING OF THE SURPLUS METHOD TO BRAKE SYSTEMS OF HOISTING MACHINES

Summary. Numerous hoisting machines that had been built in the years 1960-1970 and even earlier are equipped with brake control system in which one electromagnetic release is incorporated. Faults occurring in this brake control system caused emergency states or catastrophes. This technical solution does not meet safety requirements binding at present as well as is discrepant from the idea of structural reliability ensured by the surplus method. There is possibility of eliminating this defect at low cost. It is also necessary to remove the defect so that the safety of shaft hoisting is assured.

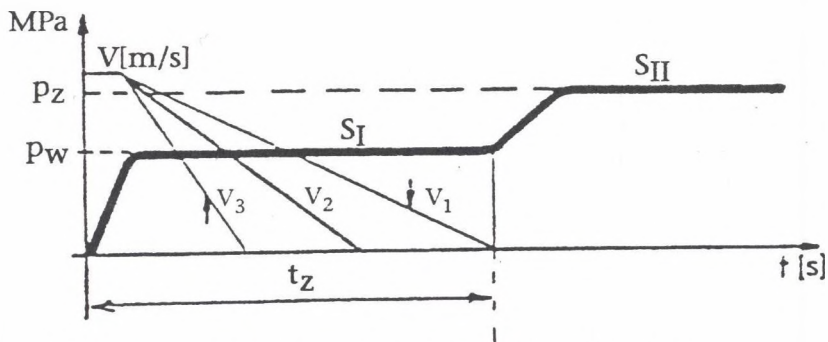
1. Wprowadzenie

W polskim i europejskim górnictwie głębinowym w latach zbliżonych do połowy ubiegłego stulecia systemy hamulcowe maszyn wyciągowych były zdominowane przez system SSW i jego naśladownictwa. To ogromne rozpowszechnienie system zawdzięcza głównie genialnemu w swej prostocie rozwiązaniu eliminującemu sumowanie sił cylindra manewrowego i obciążnika w procesie hamowania bezpieczeństwa (rys. 1). Zastosowanie dwuramiennej głównej dźwigni napędu hamulcowego, tak zwanej pływającej (bez stałego punktu obrotu), pozwala na równoczesne wprowadzenie do akcji siłownika naporowego, czyli cylindra manewrowego oraz uwalnianego przez cylinder bezpieczeństwa obciążnika. To ogólnie znane rozwiązanie ma następujące zalety:



Rys.1. Dwucylindrowy napęd hamulcowy typu SSW z pływającą dźwignią; M – cylinder manewrowy, B – cylinder bezpieczeństwa

Fig. 1. Two – cylinder drive of the SSW type with a floating lever; M – manoeuvring cylinder, B – safety cylinder



Rys. 2. Dwustopniowy przebieg narastania siły zwierającej szczęki hamulcowe
Fig.2. Two-stage course of increasing of the brake shoes closing force

- podczas akcji hamulca bezpieczeństwa angażuje obydwa niezależne od siebie źródła siły hamującej, przez co częściowo realizuje postulat nadmiarowości,
- skok tłoka cylinder manewrowego szybko zwiera szczęki hamulcowe bez przeciążeń dynamicznych i oscylacji siły, bez nagłego spadku obciążnika (wydmuch dławionny – wariant I),
- progowo zadane ciśnienie stabilizuje proces hamowania podczas ruchu wyciągu na poziomie I stopnia, w wyciągach ciernych z opóźnieniem nie powodującym poślizgu lin,
- w przypadku awaryjnego, szybkiego odpowietrzenia cylinder bezpieczeństwa (wariant II, hamowanie na krańcach) dynamika spadku obciążnika zostaje złagodzona przez wymuszone opadanie tłoka manewrowego do jego dolnej, startowej pozycji, związane z wyciskaniem sprężonego powietrza poprzez regulator ciśnienia typu „Iversen”,

- realizuje dwustopniowe narastanie siły hamującej (rys. 2), przy czym I stopień jest przewidziany dla ruchu wyciągu, II stopień (odpowiadający sile ciężenia obciążnika) pojawia się po zatrzymaniu ruchu i trwa na postoju.
- umożliwia wdrożenie asekuracji obciążnikowej wg polskiego patentu nr 51506 przez zaprogramowane, dwustopniowe odpowietrzanie cylindra bezpieczeństwa (z chwilowym pozostawieniem ciśnienia resztkowego), co daje dwustopniowy przebieg hamowania obciążnikiem w przypadku niesprawności cylindra manewrowego. Rozwiązanie to, znane pod nazwą zaworu dwusystemowego, stanowi pełną realizację nadmiarowości funkcjonalnej.

Te ogólnie znane, korzystne cechy dotyczą podstawowej, siłowej części napędu hamulcowego typu SSW lub licznych rozwiązań wzorowanych na tym systemie. Natomiast część sterownicza jest we wszystkich dotychczasowych mutacjach obciążona wadą strukturalną, której wykazanie i sposób usunięcia jest przedmiotem niniejszego referatu.

2. System sterowniczy hamulców typu SSW

Zarówno oryginalny napęd hamulcowy typu SSW, jak też wszystkie jego naśladownictwa (CKD, Zgoda, Ryfama, Nowokramatorsk, częściowo Skoda) charakteryzują się tym, że są wyposażone w jeden zwalniak hamulcowy elektromagnetyczny (rys. 3). Zwalniak ten w przypadku zadziałania hamulca bezpieczeństwa spełnia szereg podstawowych funkcji:

- a) przesterowuje trójdrożny suwak bezpieczeństwa z pozycji zasilania na pozycję wydmuchu z cylindra bezpieczeństwa, co zmierza do uwolnienia obciążnika,
- b) przesterowuje regulator ciśnienia i ciśnienie w cylindrze manewrowym w stopniu odpowiadającym I stopniowi hamowania (ciśnienie wyprzedzenia pneumatycznego),
- c) przesterowuje wyłącznik bezpieczeństwa w celu odcięcia dopływu energii do silnika napędowego.

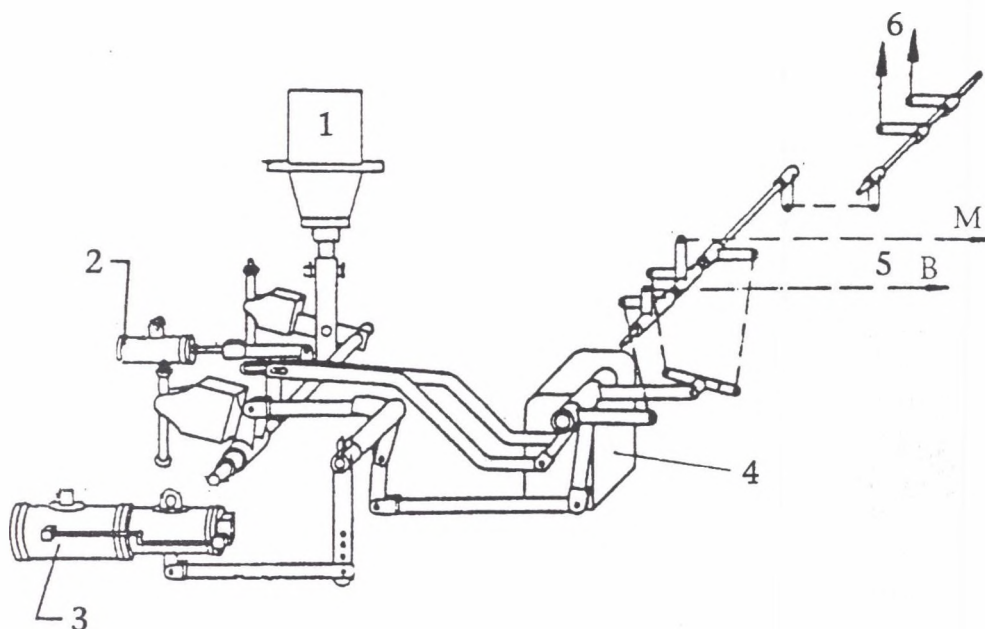
Komentarze:

Ad a) Wydmuch może mieć różny przebieg:

- czasowo zwłoczny, dławiony, gdy naczynia wyciągowe są w głębi szybu,
- intensywny, całkowity, jeśli naczynia są w bliskości krańców bądź nie nastąpiło zadziałanie cylindra manewrowego,
- intensywny – częściowy z chwilowym pozostawieniem ciśnienia resztkowego, o ile zastosowano zawór dwusystemowy w celu asekuracji obciążnikowej dla zdublowania przez obciążnik działania ciśnieniowego I stopnia.

W starszych wykonaniach maszyn z napędem Ward-Leonarda suwak bezpieczeństwa pneumatycznie przesterowuje aparat odwzduchnia oznaczany symbolem WLO.

Ad b) Częściowe zasterowanie regulatora ciśnienia jest wynikiem spadku dźwigni ciężarkowej ograniczonego nastawnym buforem.



Rys.3. System sterowania hamulca typu SSW z jednym zwalniakiem hamulcowym: 1 - Zwalniak elektromagnetyczny, 2 - Suwak bezpieczeństwa, 3 - Regulator ciśnienia, 4 - Wyłącznik bezpieczeństwa, 5 - Sterowanie ręczne, 6 - Połączenie z hydraulicznym regulatorem prędkości (dla asynchronów)

Fig.3. Brake control system of the SSW type with single brake release: 1 - Electromagnetic release, 2 - Safety slide valve, 3 - Pressure regulator, 4 - Safety cut-out switch, 5 - Manual control, 6 - Connection to a hydraulic speed regulator (for asynchronous types)

Ad c) Zadziałanie wyłącznika bezpieczeństwa może być spowodowane przez maszynistę i wówczas w odwrotnej sekwencji będzie powodować odpadnięcie zwory zwalniaka hamulcowego, a tym samym przesterowanie suwaka i regulatora ciśnienia.

Jak wynika z powyższego opisu, jedynym elementem pośredniczącym między obwodem bezpieczeństwa a systemem hamulcowym jest jeden zwalniak elektromagnetyczny z zespołem dwu dźwigni ciężarkowych i przynależnych połączeń sterowniczych.

Wychodząc ze słusznego założenia, że nie ma elementów o działaniu absolutnie niezawodnym, wprowadzono rozwiązania nacechowane strukturalną niezawodnością. Znane elektropneumatyczne systemy sterownicze hamulców ZEP-2 i ZEP-3 oraz nowsze obejmują odrębne obwody wysterowania obu cylindrów podczas hamowania bezpieczeństwa. Ponadto wydmuch z cylindra bezpieczeństwa jest sterowany przez dwa elektrozawory w układzie niezawodnościowym, czyli z zastosowaniem nadmiarowości.

W przepisach bezpieczeństwa (Zał. nr 17 p. 8.6.3.16.) znajduje się zapis o wymaganej niezawodności zespołu sterowniczo-zasilającego hamulców, „równorzędnej co najmniej niezawodności właściwej zastosowaniu dwóch niezależnych od siebie rozdzielaczy tak połączonych, aby w przypadku niezadziałania jednego z nich nie został zakłócony przebieg hamowania bezpieczeństwa” (koniec cytatu).

Przedstawione tu rozwiązanie z jednym zwalnikiem hamulcowym skupiającym na sobie wszystkie funkcje związane z hamowaniem bezpieczeństwa jest jednoznacznie wadliwe. Rażąco jest brak konsekwentnej realizacji nadmiarowości, która wyraża się w zaangażowaniu dwu niezależnych źródeł siły hamującej w procesie hamowania bezpieczeństwa. Wprowadzona w części siłowej nadmiarowość zostaje następnie wyeliminowana przez system sterowniczy, który akcję hamowania ciśnieniowego (naporowego) jak też obciążnikowego (uwalniającego) uzależnia od jednego zwalnika z przyległościami, które mogą spowodować dysfunkcję całego systemu.

Perfekcyjnie rozwiązany i działający obwód bezpieczeństwa stanie się bezużyteczny, jeśli prymitywny system sterowniczy, jego człon wykonawczy, nie spełni swojej funkcji, co można wykazać na kilku przykładach zaistniałych stanów awaryjnych.

Dlatego zachodzi potrzeba wyeliminowania potencjalnego źródła stanów awaryjnych bądź katastroficznych w ruchu wyciągów szybowych, szczególnie tych, które służą nadal jeździe ludzi szybami.

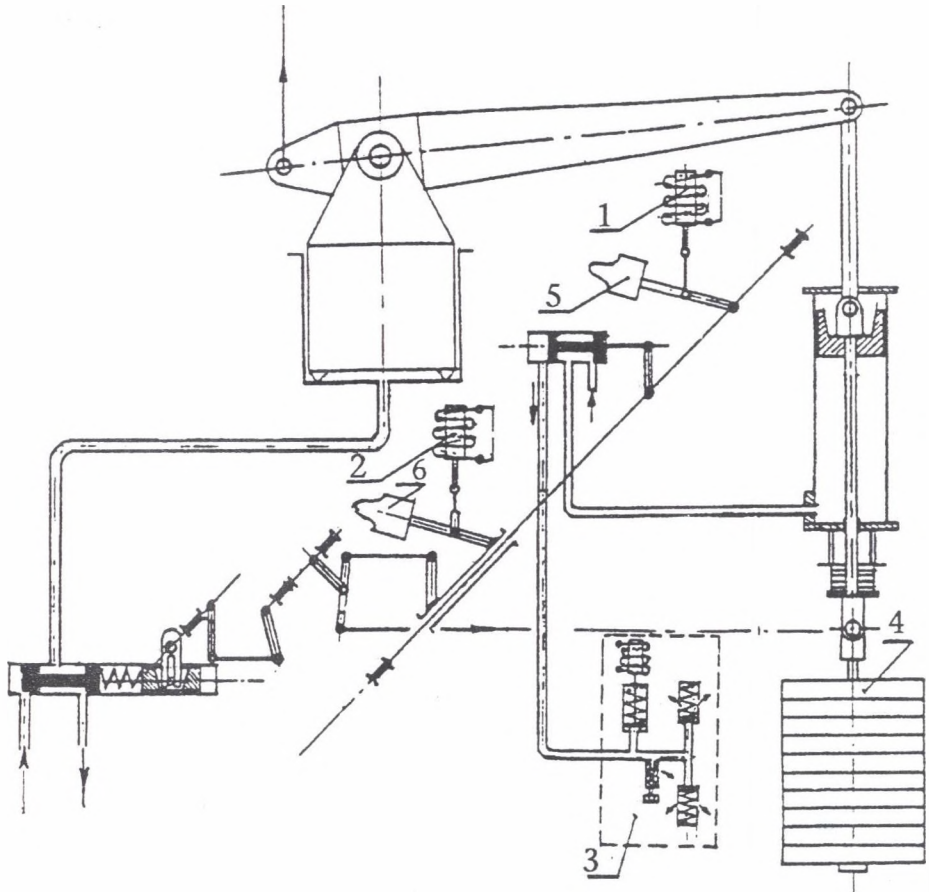
3. Propozycje zmian

W latach minionych dokonano licznych modernizacji sterowania hamulców typu SSW przez zastosowanie zespołów sterowniczych elektropneumatycznych. Jest to rozwiązanie kosztowne. W aktualnych warunkach należy możliwie uprościć program uzdatnienia istniejących systemów sterowniczych.

Najprostsze z możliwych rozwiązań polega na ograniczeniu roli istniejącego zwalnika do sterowania suwakiem bezpieczeństwa (rys. 4). Osobny, dodatkowy zwalnik służyć ma sterowaniu regulatora ciśnienia. Zmiany w części mechanicznej są znikome. Natomiast sposób rozwiązania głównego obwodu bezpieczeństwa powinien być zgodny z zaleceniem nadmiarowości wyrażonym w punkcie 8.4.8.8 załącznika nr 17 i uwzględniać blokadę w przypadku utraty nadmiarowości. Efektem takiej zmiany jest realizacja pełnej nadmiarowości w procesie hamowania bezpieczeństwa przez zapewnienie hamowania pneumatycznego (cylinder manewrowy) oraz hamowania obciążnikowego. Obydwa te działania nie sumują się. **Prawidłowy przebieg** jest następujący:

Faza pierwsza - warunki ruchu

Szybkie zasilenie cylindra manewrowego powoduje hamowanie I stopnia. Nieznacznie zwłoczne zredukowanie przez zawór dwusystemowy ciśnienia w cylindrze bezpieczeństwa do wartości resztkowej doprowadza obciążnik do stanu gotowości, jednak nie powoduje spadku obciążnika i tłoka manewrowego. Czas trwania – do zatrzymania wyciągu w warunkach najbardziej niekorzystnych, czyli przy opuszczaniu nadwagi. Warunkiem jest niewielka przewaga siły tłoka manewrowego nad przyłożoną do niego poprzez dźwignię siły obciążnika ograniczonej działaniem ciśnienia resztkowego w cylindrze bezpieczeństwa.



Rys.4. System sterowania hamulca typu SSW po zastosowaniu dwóch zwalniaków hamulcowych i zaworu dwusystemowego: 1 - Zwalniak sterujący suwakiem bezpieczeństwa (hamowanie obciążnikowe), 2 - Zwalniak sterujący regulatorem ciśnienia (hamowanie ciśnieniowe), 3 - Zawór dwusystemowy do stopniowego odpowietrzania cylindra bezpieczeństwa, 4 - Obciążnik hamulcowy, 5 i 6 - Dźwignie ciężarkowe

Fig.4. Brake control system of the SSW type after application of two brake releases and of a valve with two systems: 1 - Release which controls a safety slide valve (dead weight braking), 2 - Release which controls a pressure regulator (pressure braking), 3 - Valve with two systems for gradual venting of the safety cylinder, 4 - Brake dead weight, 5 and 6 - Weight levers

Faza druga – warunki postoju

Szybkie poprzez elektrozawór lub spowolnione poprzez dławik całkowite odpowietrzenie cylindra bezpieczeństwa powoduje, że przyłożona do tłoka manewrowego pełna siła obciążnika (zwiększona przełożeniem dźwigni pływającej) zmusza tłok manewrowy do zejścia do pozycji wyjściowej. Obciążnik opada i działając poprzez dźwignię zaciska szczęki hamulcowe siłą II stopnia.

Przebieg szczególny (symulowany) jest wykorzystywany do badań i polega na kontroli skuteczności hamulców po wyeliminowaniu działania ciśnieniowego. Jedynie w ten sposób możliwa jest ocena obciążnikowego hamowania asekuracyjnego w warunkach ruchu wyciągu.

Szczegółowe projekty uzdatnienia omawianych zespołów sterowniczych mogą ponadto przewidywać zastosowanie nowoczesnych elementów pneumatycznych produkowanych przez firmy specjalistyczne. Przykładowo:

- 1) Zamiast starego, nieszczelnego suwaka bezpieczeństwa można zastosować zdwojony rozdzielacz bezpośrednio sterowany elektrycznie uzyskując nadmiarowośćysterowania cylindra bezpieczeństwa.
- 2) W miejsce zaworów upustowych w zespole zaworu dwusystemowego można zastosować precyzyjny w działaniu, dwumembranowy zawór upustowy.
- 3) Zamiast elektrozaworu w zespole zaworu dwusystemowego można użyć rozdzielacza jak w punkcie 1.

Proponowane standardowe elementy można znaleźć w zeszycie problemowym [1].

Zastąpienie regulatora ciśnienia ręcznie wodzonego regulatorem elektropneumatycznym jest równoznaczne z użyciem kompletnego zespołu elektropneumatycznego.

Uzdatnienia systemu sterowniczego można dokonać niewielkim kosztem. Najpewniej koszty usunięcia skutków jednej awarii wynikłej z braku zdolności hamowania przekroczyłyby koszt usprawnienia wszystkich starych zespołów hamulcowych. Należy przy tym mieć na uwadze, że podniesienie bezpieczeństwa pracy wyciągów szybowych ma także istotny wymiar w kategoriach humanitarnych.

LITERATURA

1. Zmysłowski T.: Elektropneumatyczny system sterowniczy hamulców maszyn wyciągowych (Zeszyt problemowy maszyn górniczych nr 3), KOMAG, Gliwice 1998
2. Health and Safety Executive. Safe Manriding in Mines (str.5.) 1980. (Second Report)

Recenzent: Dr inż. Alfred Ciąrbogno

Abstract

No new hoisting machine equipped with a brake control system in which a single electromagnetic release is incorporated has been built for many years. Nevertheless, numerous

hoisting machines, so equipped, are in operation in shafts in which manwinding takes place. In the face of accidents that had been caused by faults in a single operating system of the brake controls it is necessary to make efforts aiming at the application of a surplus method as required by the domestic and foreign pertinent regulations [2].

A solution consisting in the application of two electromagnetic releases connected with the emergency brake control system which makes use of two sources of the braking force should be introduced. In the system under consideration compressed air and dead weight constitute the two sources.