

Układ sterowania pneumatycznego kołowrotu górniczego

Krzysztof Nieśpiałowski

Pneumatic control system for a mine winch

Streszczenie:

W artykule przedstawiono układ sterowania pneumatycznego kołowrotów przystosowanych do pracy w podziemnych zakładach górniczych. Omówiono funkcje sterowania, w tym: zasilania napędu, sygnalizacji ostrzegawczej i hamowania z uwzględnieniem obowiązujących przepisów i wymagań bezpieczeństwa. Zaprezentowano podstawowe parametry techniczne oraz opisano budowę i zasadę działania układu wraz z możliwością zabudowy w dostępnych na rynku kołowrotach pneumatycznych. Przedstawione sterowanie jest propozycją modernizacji dotychczas stosowanych rozwiązań, nie spełniających obowiązujących przepisów z zakresu stosowania w podziemiach kopalń.

Słowa kluczowe: pneumatyka, kołowrót, układ sterowania

Keywords: pneumatics, winch, control system

Abstract:

Pneumatic control systems for winches adapted for operation in underground mine plants is presented. Control functions including the drive power supply, warning signalization and braking, which meets current safety requirements and regulations are discussed. Main technical parameters are given and the design of the system and principles of its operation together with a possibility of its installation in the pneumatic winches available on the market are described. The presented control system is a suggestion for modernization of the present solutions, which do not meet the current regulation regarding their use in mine undergrounds.

1. Wprowadzenie

Pneumatyka jest dziedziną nauki i techniki, która zajmuje się prawami rządzącymi przepływem sprężonego powietrza - w powszechnym rozumieniu mówi się o technice napędu i sterowania pneumatycznego [3, 4, 5].

Napęd i sterowanie pneumatyczne od dekad odgrywają znaczącą rolę w różnych gałęziach przemysłu, m.in. w górnictwie, budownictwie, kolejnictwie, motoryzacji, farmacji, obróbki skrawaniem. Obecnie, dzięki powszechności i dostępności urządzeń stanowiących źródła energii pneumatycznej, rozwojowi wiedzy w zakresie sterowania tą energią, pneumatyka stosowana jest coraz chętniej [1, 8].

Przykładem zastosowania mogą być kołowroty linowe, które w kopalniach węgla kamiennego ciągle znajdują zastosowanie. Spełniają one funkcję pomocniczą podczas transportu na małych odległościach na drogach poziomych i pochylniach.

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano układ sterowania pneumatycznego, przeznaczony do zastosowania w kołowrotach transportu bliskiego, posiadających napęd pneumatyczny. Na rynku polskim są dostępne kołowroty z takim napędem, jednak ich sterowanie odbywa się na drodze elektrycznej, rzadziej hydraulicznej. Wiąże się to z koniecznością zapewnienia dodatkowego źródła zasilania (elektrycznego, bądź hydraulicznego) w rejonie pracy kołowrotu, co jest często utrudnione w wyrobiskach górniczych. Dodatkowym utrudnieniem może być zapewnienie spełnienia wymagań

zasadniczych dla napędów elektrycznych, czy też hydraulicznych, ujętych w dyrektywie Atex. Zastosowanie sterowania pneumatycznego znacznie ułatwia podłączenie i uruchomienie kołowrotu w warunkach wyrobisk kopalnianych, w których bardzo często dostępność sprężonego powietrza jest powszechna.

Podstawowe parametry techniczne opracowanego w ITG KOMAG pneumatycznego układu sterowania kołowrotu przedstawiono w tabeli 1.

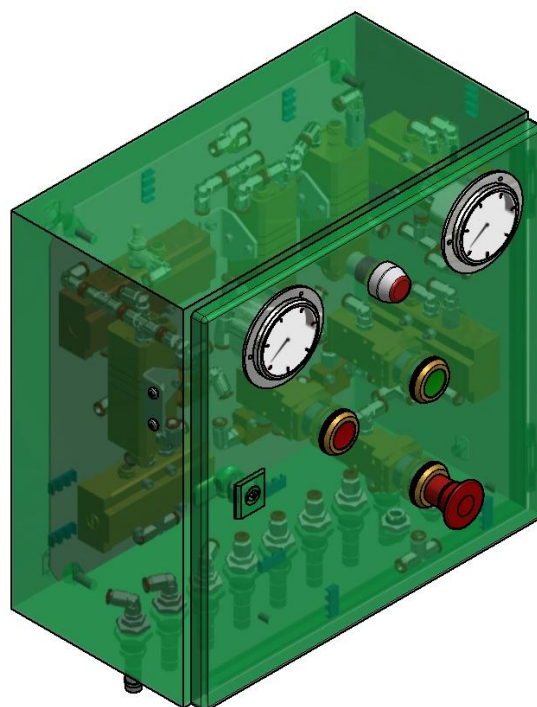
Parametry techniczne układu sterowania kołowrotu [2]

Tabela 1

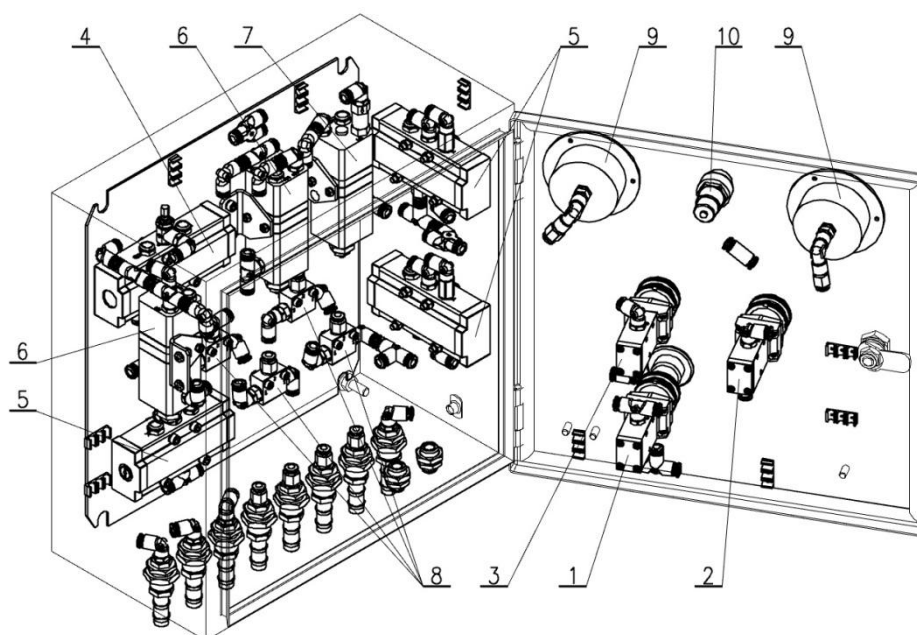
Wymiary szafki sterowniczej	wysokość 400 mm szerokość 400 mm głębokość 210 mm
Ciśnienie zasilania	0,4 ÷ 0,6 MPa
Średnica przyłącza zasilania	10 ÷ 60 mm (zależne od wielkości silnika pneumatycznego)
Średnica przyłącza sterowania	4 ÷ 6 mm
Układ hamulcowy	ręczny z pneumatycznym sprzęgłem i kontrolą zużycia okładzin
Czas trwania sygnału ostrzegawczego	min. 5 s
Czas kontroli odhamowania	max. 5 s

2. Budowa układu sterowania

Układ sterowania zbudowano w oparciu o podzespoły pneumatyczne dostosowane do pracy w podziemnych zakładach górniczych. Elementy zespołu sterowania (zawory rozdzielające, przekaźniki czasowe, manometry i przyciski sterujące) zamontowano w szafce sterowniczej, wykonanej ze stali nierdzewnej. Szafkę tę pokazano na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Szafka sterownicza – model 3D [2]



Rys. 2. Szafka sterownicza – komponenty [2]:

- 1- przycisk awaryjny; 2-przycisk zatrzymania; 3 - przycisk uruchomienia; 4-zawór rozdzielający 5/2;
5-zawór rozdzielający 3/2; 6-przełącznik czasowy; 7-przełącznik czasowy (opóźniacz); 8-przełącznik obiegu;
9-manometr; 10-wskaźnik optyczny

Wszystkie podzespoły szafki sterowniczej wyposażono w miedziane łączniki wtykowe, co umożliwia szybkie i szczelne połączenie podzespołów przewodami wykonanymi z tworzywa sztucznego. Elementy pneumatyczne znajdujące się poza szafką, połączone przewodami elastycznymi, zakładanymi na króćce stalowe i zabezpieczono opaskami zaciskowymi.

W układzie sterowania wykorzystano zawory rozdzielające (rys. 3), służące do zmiany kierunku przepływu sprężonego powietrza lub do odcinania jego przepływu. Ze względu na typ sterowania, w układzie zastosowano zarówno zawory ze sterowaniem pneumatycznym, jak i mechanicznym. Umożliwiło to sprecyzowanie liczby dróg i położenia suwaków w zaworach oraz pozwoliło na dobranie właściwych zaworów sterujących.



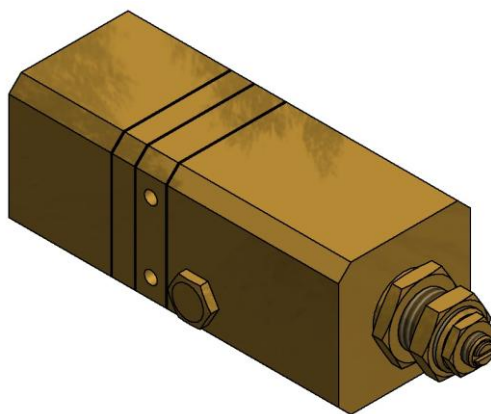
Rys. 3. Zawór rozdzielający sterowany pneumatycznie [9]

Jako pomocnicze zawory rozdzielające, sterowane przyciskami, zastosowano zawory firmy CPP Prema (rys. 4). Zawory zabudowano w drzwiach szafki sterowniczej i w zależności od realizowanej funkcji, różnią się kształtem i kolorem przycisku. Umożliwiają one uruchomienie lub zatrzymanie kołowrotu, łącznie z zatrzymaniem awaryjnym.



Rys. 4. Pomocniczy zawór rozdzielający [9]

W układzie sterowania zastosowano dwa typy przekaźników czasowych. Przełącznik pierwszego typu służy do ustalenia długości czasu sygnału dźwiękowego, nadawanego bezpośrednio przed uruchomieniem silnika kołowrotu. Przełącznik tego typu zastosowano również do nastawiania czasu (max. 5 sekund) następującego bezpośrednio po zakończeniu sygnału dźwiękowego, w którym należy nacisnąć dźwignię hamulca bębna linowego kołowrotu. Drugi typ przełącznika opróżnia zbiornik i odpowiada za czas, w którym, po otrzymaniu sygnału zatrzymującego pracę kołowrotu, następuje całkowite rozładowanie ciśnienia w całym układzie sterowania. Wygląd zewnętrzny obu typów przekaźników jest identyczny, co przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Przekładnik czasowy z nastawialnym czasem napełniania (opróżniania) zbiornika – model 3D [9]

Dodatkowymi elementami układu sterowania są m.in. przełączniki obiegu (rys. 6), które generują sygnał pneumatyczny jeżeli zaistnieje jeden z dwóch wejściowych sygnałów sterujących oraz pneumatyczny wskaźnik optyczny (rys. 7), służący do sygnalizacji pojawienia się ciśnienia poprzez wysunięcie czerwonej tulejki (zwykle niewidocznej) w korpusie. W układzie sterowania wskaźnik służy do sygnalizacji konieczności wymiany okładzin hamulca bębna linowego.



Rys. 6. Przełącznik obiegu [9]



Rys. 7. Pneumatyczny wskaźnik optyczny [10]

Poza elementami sterującymi pracą kołowrotu, na linii od źródła zasilania do silnika napędowego, zastosowano również: zawór bezpieczeństwa, zawory odcinające, smarownicę z filtrem, zawór zmiany kierunku obrotów i silnik pneumatyczny (rys. 8). Dodatkowo, kołowrót wyposażono w syrenę sygnalizacyjną (rys. 9) oraz pneumatyczny układ blokady układu hamulcowego.

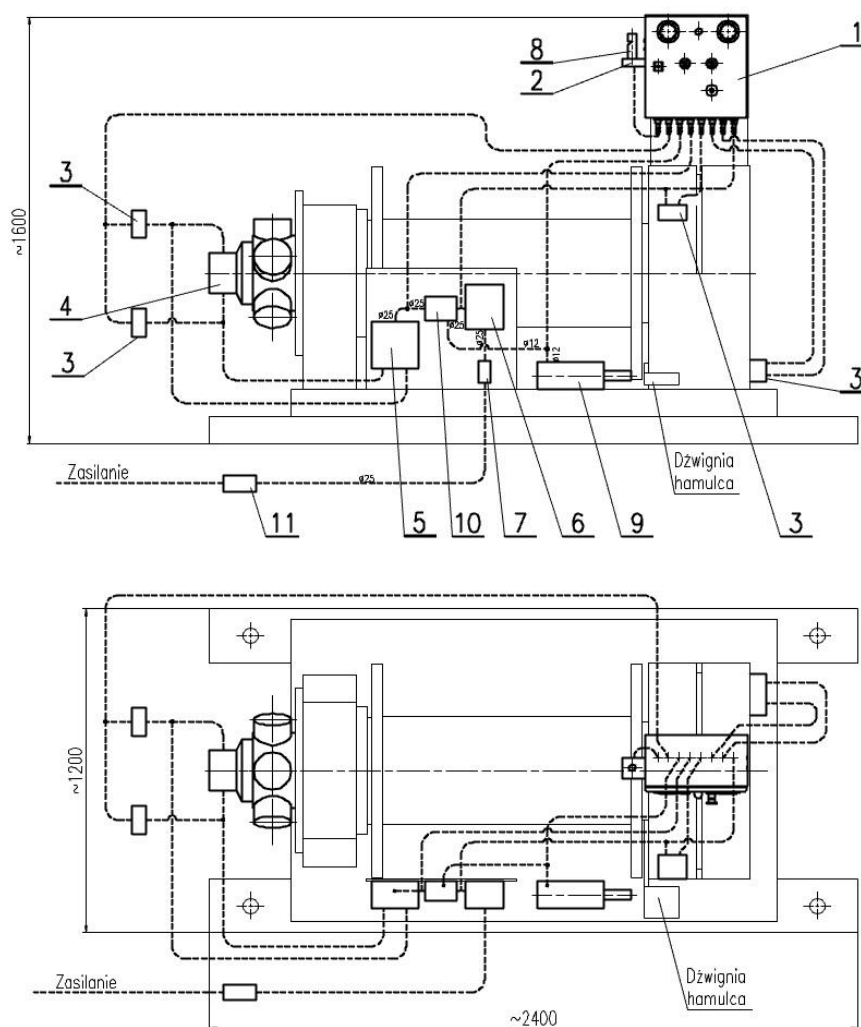


Rys. 8. Silnik pneumatyczny [7]



Rys. 9. Syrena sygnalizacyjna [7]

Na rysunku 10 pokazano rozmieszczenie podzespołów pneumatycznego układu sterowania w kołowrocie.



Rys. 10. Rozmieszczenie podzespołów układu sterowania pneumatycznego w kołowrocie [2]
 1-szafka sterownicza; 2-zawór rozdzielający; 3-zawór krańcowy; 4-silnik pneumatyczny;
 5-zawór zmiany kierunku obrotów; 6-smarownica z filtrem; 7-ręczny zawór odcinający;
 8-syrena sygnalizacyjna; 9-siłownik układu hamulcowego; 10-pneumatyczny zawór odcinający;
 11-zawór bezpieczeństwa

3. Zasada działania układu sterowania

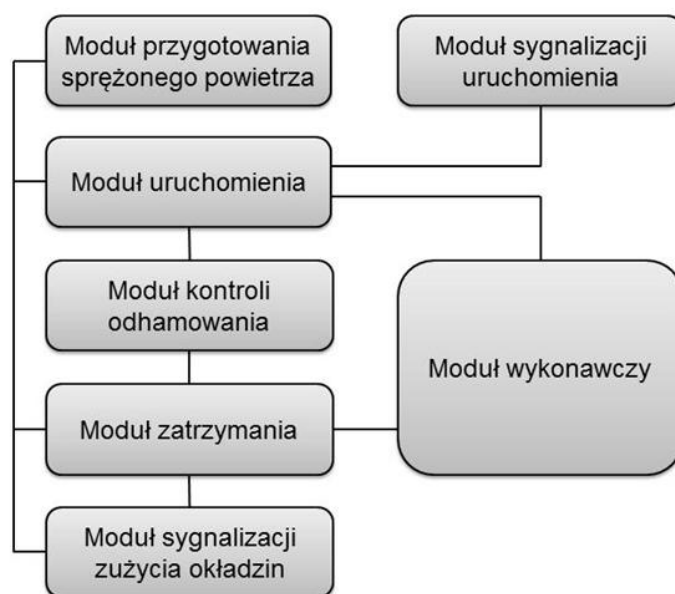
Układ sterowania jest elementem automatyzacji pracy kołowrotów z napędem pneumatycznym. Automatyzacja obejmuje:

- przesyłanie sygnałów sterujących do układu zasilania silnika pneumatycznego,
- nadawanie sygnału dźwiękowego przed uruchomieniem silnika,
- kontrolę czasu uruchomienia układu hamulcowego,
- kontrolę ciśnienia zasilania,
- kontrolę i sygnalizację zużycia okładzin hamulcowych,
- kontrolę minimalnej i maksymalnej długości liny na bębnie.

Ze względu na zastosowanie kołowrotu w typowych, pomocniczych pracach transportowych, automatyzacja nie obejmuje samoczynnej regulacji prędkości rozwijania i nawijania liny na bęben. Zmiana kierunku obrotów bębna, w razie konieczności zmiany kierunku ruchu elementu transportowanego, wykonywana jest ręcznie. Praca kołowrotu wymaga ciągłego wywierania nacisku na dźwignię hamulca. Po zwolnieniu dźwigni hamulca następuje zatrzymanie kołowrotu.

Schemat blokowy układu sterowania podzielono na następujące moduły (rys. 11):

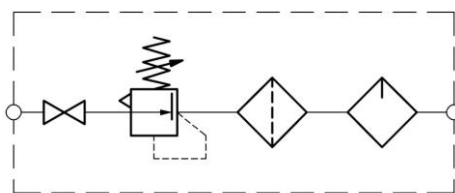
- przygotowania sprężonego powietrza,
- uruchomienia,
- zatrzymania,
- sygnalizacji uruchomienia,
- sygnalizacji zużycia okładzin hamulcowych,
- kontroli odhamowania,
- wykonawczy.



Rys. 11. Schemat blokowy układu sterowania [2]

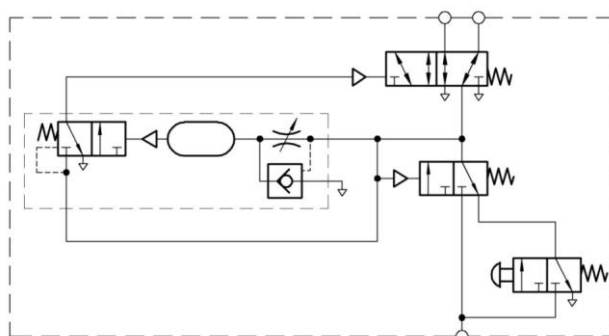
Przygotowanie układu sterowania pneumatycznego do pracy rozpoczyna się od otwarcia zaworu kulowego, znajdującego się przed zaworem redukcyjnym, filtrem i smarownicą

powietrza. Elementy te znajdują się w linii głównego zasilania, w module przygotowania sprężonego powietrza (rys. 12).



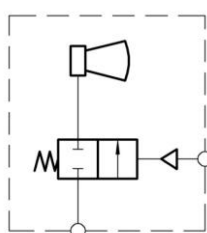
Rys. 12. Moduł przygotowania sprężonego powietrza [2]

W celu rozpoczęcia pracy kołowrotu należy w module uruchomienia (rys. 13) nacisnąć przycisk zabudowany w drzwiach szafki sterowniczej. Sprężone powietrze przesteruje zawór odpowiadający za podtrzymanie sygnału z przycisku uruchomienia, przez co sygnał ten staje się sygnałem impulsowym. Zawór ten odpowiada również za zablokowanie samoczynnego uruchomienia kołowrotu na skutek powrotu energii zasilającej, po jej wcześniejszym zaniku.



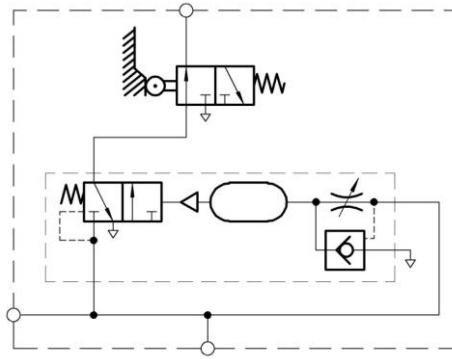
Rys. 13. Moduł uruchomienia [2]

Przepływ sprężonego powietrza do modułu sygnalizacji uruchomienia (rys. 14) powoduje nadanie ostrzegawczego sygnału dźwiękowego. Czas trwania sygnału uzależniony jest od nastawy przekaźnika czasowego w module uruchomienia. Zadziałanie przekaźnika skutkuje przesterowaniem zaworu rozdzielającego 5/2 i zakończeniem nadawania sygnału ostrzegawczego.



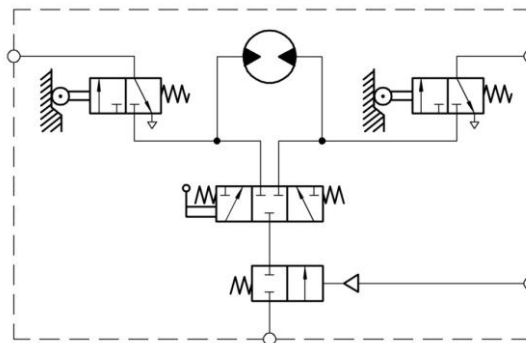
Rys. 14. Moduł sygnalizacji uruchomienia [2]

Następnie, sprężone powietrze kierowane jest do układu hamulca bębna kołowrotu, powodując zasprężenie mechanicznego układu hamulcowego. Jednocześnie zasilany jest moduł kontroli odhamowania (rys. 15). W celu uruchomienia silnika należy, przed upływem zadanego w module czasu, nacisnąć dźwignię hamulca. Jeżeli po upływie tego czasu dźwignia nie zostanie naciśnięta, przekaźnik czasowy poda sygnał pneumatyczny do zaworu kontrolującego położenie dźwigni, co spowoduje wyłączenie układu sterowania.



Rys. 15. Moduł kontroli odhamowania [2]

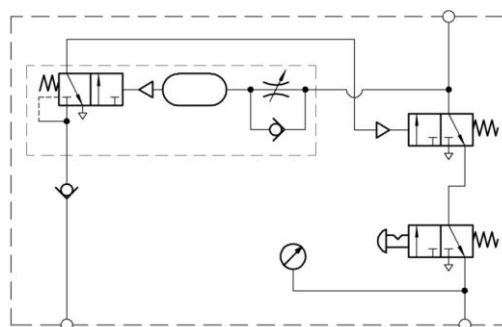
Przed uruchomieniem kołowrotu, w module wykonawczym (rys. 16) należy przełączyć dźwignię rozdzielacza sterującego kierunkiem obrotów silnika i bębna linowego (nawijanie lub odwijanie liny). W czasie procedury uruchamiania, bezpośrednio po zakończeniu sygnału ostrzegawczego, przesterowany zostaje zawór, umożliwiający przepływ sprężonego powietrza do silnika napędowego. Przeniesienie napędu z silnika na bęben linowy następuje dopiero po mechanicznym odhamowaniu bębna. W module wykonawczym umieszczono dwa zawory krańcowe, służące do określenia minimalnej i maksymalnej długości liny na bębnie. Zadziałanie jednego z nich skutkuje możliwością uruchomienia kołowrotu tylko w stronę przeciwną. Każdorazowa zmiana kierunku obrotów bębna linowego wiąże się z koniecznością wyłączenia i ponownego uruchomienia kołowrotu, a tym samym nadaniem nowego sygnału ostrzegawczego.



Rys. 16. Moduł kontroli odhamowania [2]

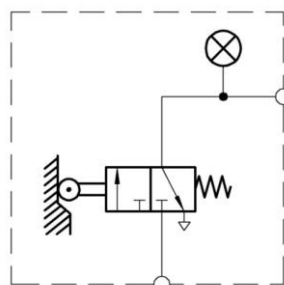
W celu zakończenia pracy kołowrotu układ wyposażono w moduł zatrzymania (rys. 17), który odpowiada za odcięcie zasilania w układzie napędu i sterowania. Głównym elementem układu jest zawór sterowany przekaźnikiem czasowym. Sygnał wyłączenia kołowrotu podtrzymywany jest przez przekaźnik przez ok. 3 sekundy, co umożliwia całkowite rozładowanie ciśnienia w układzie. Zatrzymanie kołowrotu może nastąpić gdy:

- zwolniony jest nacisk na dźwignię hamulca bębna - uaktywnienie zaworu kontrolującego położenie dźwigni,
- uaktywniony jest jeden z zaworów krańcowych kontrolujących minimalną i maksymalną długość liny,
- nastąpił spadek ciśnienia zasilania poniżej 0,4 MPa,
- uszkodzony został obwód sterowania pneumatycznego,
- naciśnięto przycisk awaryjny.



Rys. 17. Moduł zatrzymania [2]

Dodatkowym elementem zatrzymującym pracę kołowrotu jest moduł sygnalizacji zużycia okładzin hamulca (rys. 18). W module znajduje się zawór krańcowy, mechanicznie połączony z układem hamulcowym, kontrolujący zużycie okładzin. Gdy grubość okładzin osiągnie wartość minimalną następuje uruchomienie optycznego wskaźnika i zablokowanie możliwości uruchomienia kołowrotu do czasu wymiany okładzin na nowe.



Rys. 18. Moduł sygnalizacji zużycia okładzin [2]

4. Podsumowanie

Układ sterowania pneumatycznego kołowrotem spełnia potrzeby użytkowników. Budowa układu wymagała zastosowania szeregu niestandardowych rozwiązań, które zapewniają trwałość i niezawodność działania w trudnych warunkach panujących w podziemiach kopalń.

Układ sterowania posiada szereg funkcji, takich jak: przesyłanie sygnałów sterujących do podzespołów silnika napędowego, nadawanie sygnału dźwiękowego przed uruchomieniem silnika, kontrola czasu uruchomienia układu hamulcowego, kontrola ciśnienia zasilania, kontrola i sygnalizacja zużycia okładzin hamulcowych, kontrola minimalnej i maksymalnej długości liny na bębnie.

Opracowany układ stanowi alternatywę dla istniejących układów sterowania: elektrycznego i hydraulicznego. Zastosowanie sprężonego powietrza, zarówno do napędu jak i sterowania eliminuje konieczność zapewnienia dodatkowego źródła zasilania elektrycznego oraz ułatwia podłączenie i uruchomienie kołowrotu w miejscu pracy. Należy jednak pamiętać, że w układach pneumatycznych, podczas wypływu medium roboczego, generowany jest stosunkowo duży hałas [6]. Takie zjawisko nie występuje w układach sterowania elektrycznego, jak również hydraulicznego.

Literatura

- [1] Huścio T. i inni: *Napędy i sterowanie pneumatyczne*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.

- [2] Jasiulek T. i inni: Projekt wstępny układu sterowania pneumatycznego kołowrotu. ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały niepublikowane).
- [3] Szenajch W.: Napęd i sterowanie pneumatyczne. WNT Warszawa 2014.
- [4] www.automatyka.wo.agh.edu.pl/pl/2015_2016/elementy_i_uk%C5%82ady_sterowania_pneumatycznego.pdf (14-05-2019)
- [5] www.automatyka.wo.agh.edu.pl/pl/pneumatyka_prezentacja.pdf (14-05-2019)
- [6] www.industrial-monitor.pl/artykuly/780-pneumatyczne-uklady-napedowe-i-sterujace-charakterystyka-i-zastosowania (14-05-2019)
- [7] www.niwka.pl katalog kołowrotów dla górnictwa firmy FMG Niwka (07-05-2019)
- [8] www.piopawelko.zut.edu.pl/fileadmin/NEHIP/skrypt_podstawy.pdf (15-05-2019)
- [9] www.prema.pl (08-05-2019)
- [10] www.stasto.eu (13-05-2019)

dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski
kniespialowski@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Czy wiesz, że

.....ogromna większość istniejących obecnie mobilnych urządzeń przerobczych to kruszarki. Istnieje jednak wiele innych rodzajów urządzeń do rozdrabniania i wzbogacania, które z łatwością mogą być wykorzystane w tworzeniu zintegrowanych mobilnych zakładów przerobczych. Wiodącą rolę w tej dziedzinie odgrywa firma Atlas Copco ze swoimi modelami kruszarek szczękowych współpracujących z mobilnymi przesiewaczami wibracyjnymi. Duńska firma FLSmidth dostarcza na rynek nowoczesne instalacje klasyfikacji nadawy, których poszczególne segmenty umieszczone są w standardowych kontenerach, co ułatwia tworzenie instalacji o różnych konfiguracjach zależnych od wymagań planowanego procesu przerobczego. Amerykańska firma Joy Global Inc. oferuje kruszarki wyposażone w młotkowe łamacze skały, będące rozwiązaniem nietypowym w istniejących urządzeniach mobilnych. Oferta firmy Metso z Finlandii obejmuje kruszarki połączone z mobilnym systemem przenośnikowym IPCC. Szwedzki Sandvik dostarcza kruszarki, do których mogą być dołączone przesiewacze trójpokładowe na wspólnej platformie mobilnej. Do ważnych graczy na rynku zintegrowanych mobilnych zakładów przerobczych należą również firmy: ThyssenKrupp, Wirtgen Group, Kleemann, BHS-Sonthofen, Maschinenfabrik Koppern GmbH & Co. KG, TAKRAF, Terex, Parker Plant, Hewitt Robins. Oferowane obecnie instalacje mobilne obejmują także młyny, urządzenia do wstępnej klasyfikacji poprzedzającej wzbogacanie, zagęszczacze, flotowniki, separatory magnetyczne oraz urządzenia do odwadniania.

AT Mineral Processing 2019 nr 5 s.53-71