Układy rozruchowe ścianowych przenośników zgrzebłowych

Paweł Mendyka

Streszczenie: W artykule opisano główne problemy związane z rozruchem ścianowych przenośników zgrzebłowych w kopalniach podziemnych. Przedstawiono obecnie stosowane metody łagodzenia negatywnych aspektów rozruchu napędu, zarówno na drodze mechanicznej, jak i elektrycznej. Opisano najczęściej stosowane urządzenia rozruchowe, takie jak napędy dwubiegowe, sprzęgła hydrokinetyczne, napędy CST, rozruszniki stycznikowe, agregaty tyrystorowe i przemienniki częstotliwości.

STARTER SOLUTIONS FOR LONG WALL SCRAPER CONVEYORS

Abstract: *The paper describes the main problems connected with starting-up of long wall scraper conveyors in underground mines. Currently used methods of decreasing drive starting negative aspects were presented, both on the mechanical and electrical way. Most common used starting devices were presented, such as two-speed drives, fluid coupling, contractor starters, thyristor power units and frequency inverters.*

1. Wprowadzenie

Kopalniane ścianowe przenośniki zgrzebłowe, zarówno w wersji kombajnowej, jak i strugowej, stanowią współcześnie nierozłączny element wysoko wydajnych kompleksów wydobywczych, pozostając jedynym urządzeniem zdolnym transportować urobek z wyrobiska ścianowego do dalszych elementów kopalnianego systemu odstawy. Jednym z głównych problemów eksploatacyjnych przenośników zgrzebłowych jest utrudniony rozruch, spowodowany często występującym znacznym obciążeniem przenośnika urobkiem w momencie startu oraz wpływem załączenia napędów dużych mocy na parametry kopalnianej sieci zasilającej. Aby przeciwdziałać negatywnym zjawiskom powstającym w trakcie rozruchu i umożliwić spokojne i pewne uruchomienie przenośnika, stosuje się szereg urządzeń wspomagających proces rozruchu i kontrolujących warunki pracy silników napędowych.

Przenośniki zgrzebłowe ścianowe wyposażone są najczęściej w parę napędów: główny i pomocniczy, z których każdy może stanowić silnik pojedynczy lub – częściej spotykaną – zdwojoną parę silnikową. Wymagania stawiane przenośnikom, zwłaszcza wysoka wydajność i niezawodność pracy, są główną przyczyną stosowania wysokich mocy silników napędowych, rzędu kilkuset kilowatów każdy. Rozruch tych zespołów napędowych może być w sposób znaczący utrudniony przez wiele czynników, spośród których najważniejsze to:

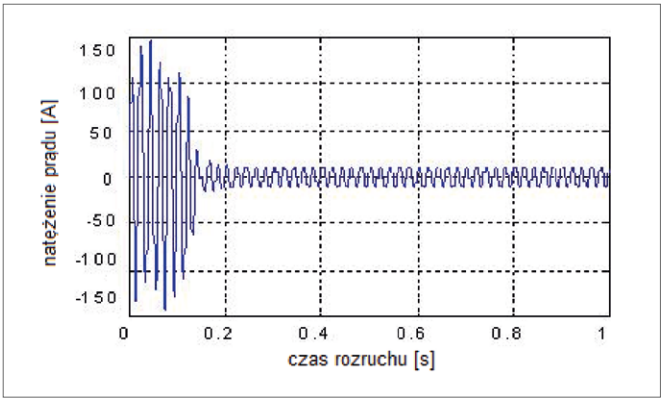
- spadki napięcia sieci zasilającej;
- nadmierne obciążenie przenośnika urobkiem;
- zjawisko przypiekania urobku węglowego do rynny przenośnika przy długim postoju;
- zmiana położenia części przenośnika (przekładka przenośnika);
- niewłaściwa kolejność załączania napędów;
- zbyt duże napięcie wstępne łańcucha.

Moment uzyskiwany na silniku asynchronicznym jest w przybliżeniu proporcjonalny do kwadratu napięcia zasilania. Praktyka przemysłowa wskazuje, iż napięcie w sieciach kopalnianych może znacząco odbiegać od parametrów sieci sztywnych (idealnych), znacząco pogarszając warunki rozruchu. Warunki zasilania zależą m.in. od innych aktualnie wykorzystywanych w kopalni odbiorników energii, wydajności stacji zasilających czy nawet pory dnia. Rozwiązaniem tego problemu mogą być specjalizowane układy stabilizacji napięcia zasilania kompleksu ścianowego.

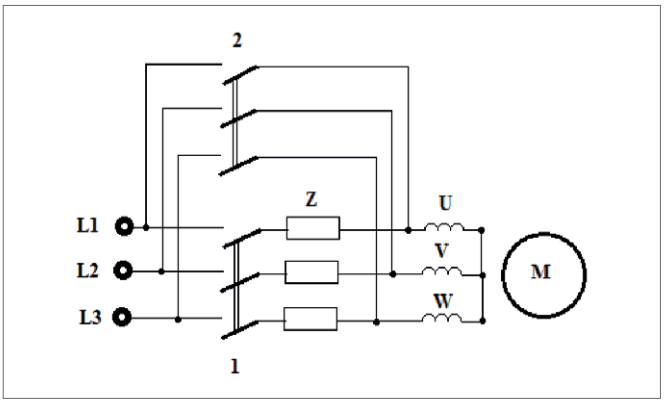
W przypadku wystąpienia zbyt dużego obciążenia przenośnika urobkiem jedynym możliwym rozwiązaniem pozostaje częściowe rozładowanie. Pozostałe utrudnienia w rozruchu mogą zostać wyeliminowane przez odpowiednią eksploatację przenośnika – dbałość o zapewnienie odpowiedniego napięcia wstępnego cięgna łańcuchowego oraz uruchamianie w pierwszej kolejności napędów pomocniczych.

Dodatkowo znaczącym problemem występującym przy rozruchu napędów elektrycznych dużych mocy jest zjawisko uderzenia prądowego, spowodowane kilkakrotnie większym prądem pobieranym przez silnik podczas rozruchu w stosunku do pracy w warunkach nominalnych. Zjawisko to zostało przedstawione na rysunku 1.

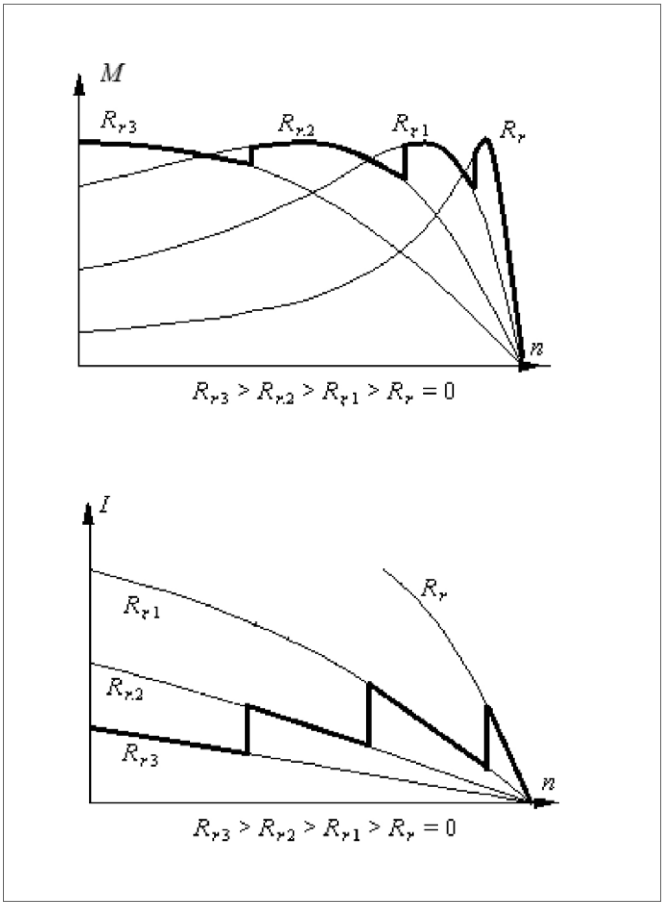
Zjawisko to potęguje się jeszcze wraz z obciążeniem wstępnym przenośnika, wynikającym np. ze znacznego załadowania urobkiem. Przy obecnie stosowanych mocach napędów nawet krótkotrwałe występowanie prądów o zwiększonej amplitudzie często prowadzi do znacznego wzrostu temperatury uzwojeń silnika, a w konsekwencji do uruchomienia zabezpieczeń termicznych i przerwania rozruchu. Aby zapobiec temu zjawisku, stosuje się przede wszystkim rozruszniki tyrystorowe, często współpracujące z napędami dwubiegowymi (wykazującymi znacznie mniejszy pobór prądu rozruchowego na biegu



Rys. 1. Wykres natężenia prądu w funkcji czasu podczas rozruchu nieobciążonego silnika asynchronicznego



Rys. 2. Schemat działania rozrusznika oporowego. Na czas rozruchu zwierane są zaciski 1, natomiast po osiągnięciu prędkości nominalnej zaciski te bocznikowane są zaciskami 2



Rys. 3. Wykres zależności momentu i prądu na silniku w zależności od obrotów, z zaznaczoną charakterystyką wypadkową wynikającą z przełączania rezystancji

wolnym w stosunku do silnika jednobiegowego), rzadziej spotykane rozruszniki oporowe (głównie w starszych instalacjach) lub aktualnie wprowadzane napędy oparte o przemienniki częstotliwości w pełni kontrolujące parametry pracy silnika i ograniczające narastanie prądu rozruchowego do z góry ustalonego poziomu.

2. Sposoby ograniczania prądów rozruchowych

Istnieje wiele rozwiązań ułatwiających rozruch przenośników zgrzebłowych opartych o elementy elektryczne. Do najważniejszych z nich należą rozruszniki oporowe i tyrystorowe oraz przemienniki częstotliwości.

2.1. Rozruszniki oporowe

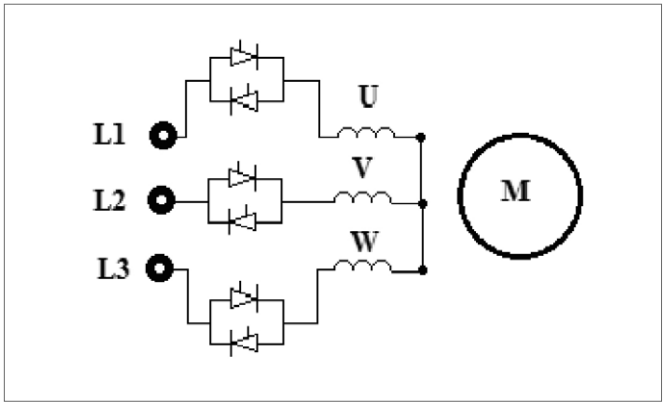
Najstarszą metodą ograniczenia prądów rozruchowych klatkowych silników asynchronicznych jest stosowanie rozruszników stojanowych, polegające na dołączeniu do uzwojeń silników obciążenia na czas rozruchu (w przypadku silników mniejszych mocy są to rezystory, w przypadku większych mocy – impedancje w postaci dławików). Powoduje to ograniczenie prądu rozruchowego i zmianę charakterystyki mechanicznej silnika. W rozwiązaniach stycznikowych stosowano kilka zestawów dławików o malejącej impedancji, natomiast po osiągnięciu prędkości nominalnej uzwojenia wirnika powinny być połączone bezoporowo (rysunek 2).

Rozwiązanie to ma jednak szereg wad, decydujących o jego marginalnym współcześnie zastosowaniu. Są to głównie ograniczony moment rozruchowy w pierwszej fazie ruchu, trudność odpowiedniego przełączania rezystancji (możliwość skokowego spadku momentu silnika), wydzielanie się znacznej ilości ciepła, ograniczenie sprawności silnika oraz skokowe przełączanie napięcia. Wszystkie te cechy, w połączeniu z trudnościami w fizycznym wykonaniu styczników dużych mocy, sprawiają, iż tego typu rozrusznik jest awaryjny, odbywa się gwałtownie i towarzyszą mu znaczne straty energii. Wykresy wypadkowego momentu obrotowego i natężenia prądu od prędkości obrotowej (z uwzględnieniem przełączania rezystancji) przedstawione zostały na rysunku 3.

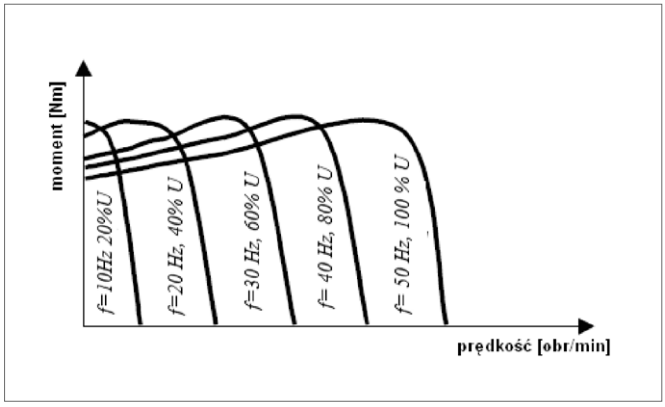
2.2. Rozruszniki tyrystorowe

Lepszym rozwiązaniem, powszechnie stosowanym w praktyce górniczej, jest zastosowanie tyrystorowego układu rozruchowo-kontrolnego. Schemat ideowy działania takiego urządzenia został przedstawiony na rysunku 4.

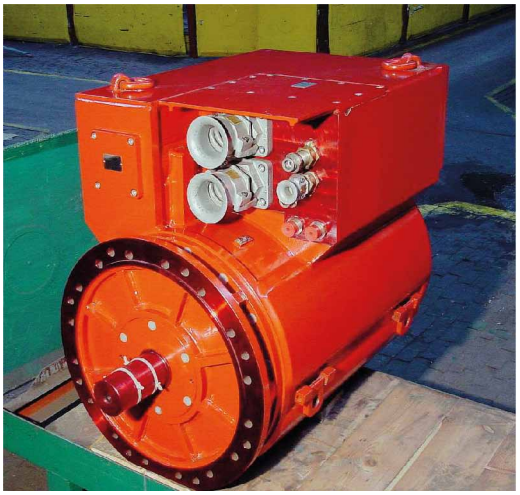
Poprzez odpowiednie sterowanie tyrystorami (często realizowane za pomocą układu mikroprocesorowego) można kontrolować napięcie występujące na uzwojeniach silnika. Podstawowymi zadaniami takiego układu (zwanego popularnie „soft-startem") jest łagodne narastanie napięcia w trakcie rozruchu, ograniczanie jego wartości w celu utrzymania prądu



Rys. 4. Układ tyrystorowego zasilania silnika prądu przemiennego



Rys. 6. Charakterystyki silnika asynchronicznego dla różnych wartości częstotliwości i stałym stosunku U/f



Rys. 5. Silnik SG3T 315M-4 200 kW, 1000 V ze zintegrowanym rozrusznikiem tyrystorowym, produkcji DFME DAMEL SA

Źródło: oferta firmy DAMEL, http://www.damel.com.pl

uzwojeń poniżej zadanej wartości nominalnej oraz przerwanie rozruchu po przekroczeniu określonego czasu. Układy tyrystorowe często posiadają szereg dodatkowych zabezpieczeń, stanowiąc kompletny element zasilający maszyny górnicze.

Zastosowanie mikroprocesorowego rozrusznika tyrystorowego (możliwego do integracji z silnikiem) pozwala na podanie niewielkiego napięcia w chwili załączenia, a następnie jego łagodnego narastania do momentu poruszenia wału silnika. Dalszy rozruch realizowany jest wg zadanego algorytmu, w trakcie którego kontrolowana jest wartość prądu rozruchowego. Jeśli silnik nie ruszy mimo przyłożenia maksymalnego dopuszczalnego napięcia, rozruch zostaje zatrzymany po zadanym czasie.

Dzięki tyrystorowemu układowi rozruchowemu możliwe są załączenie, wyłączenie oraz zmiana kierunku pracy silnika bez konieczności stosowania styczników. Łagodzony zostaje wpływ uderzenia dynamicznego i narastania prądu w trakcie rozruchu; układ tyrystorowy kontroluje także temperatury krytycznych elementów silnika, zabezpieczając przed przegrzaniem. W ograniczonym stopniu stosowanie napędu tyrystorowego może wyrównywać pracę kilku napędów zastosowanych w przenośniku, łagodząc efekty niesymetryczności obciążenia. Do głównych wad należy skomplikowana konstrukcja, przenoszenie impulsów napięciowych (powstających w czasie załączania tyrystorów) do sieci zasilającej, brak możliwości kontroli prędkości obrotowej oraz ograniczona możliwość łagodzenia asymetrii obciążenia.

2.3. Przemienniki częstotliwości

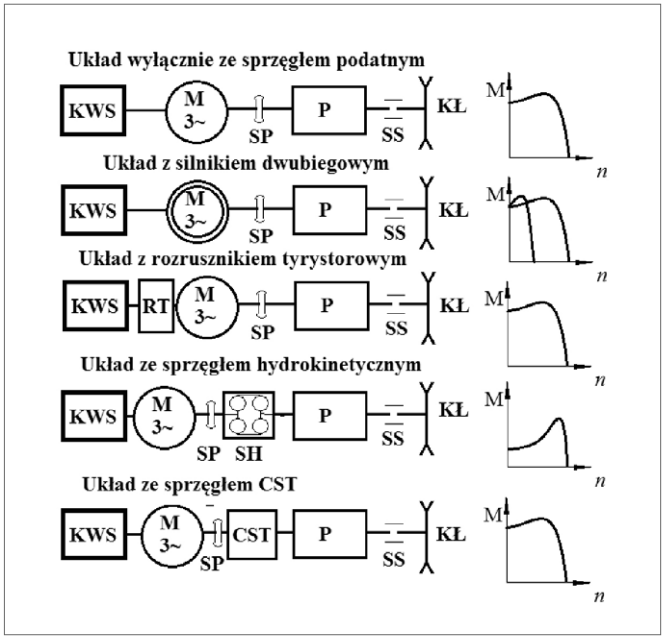
W odpowiedzi na zapotrzebowanie sterowania prędkością obrotową silników asynchronicznych dużych mocy do użytku wprowadzono przeznaczone dla nich przemienniki częstotliwości. Układy te są bardzo szeroko stosowane w układach automatyki przemysłowej, gdyż umożliwiają stosunkowo prostą kontrolę prędkości obrotowej silników prądu przemiennego. Realizacja przemienników częstotliwości dla potrzeb górnictwa (a zatem dla silników dużych mocy) oparta jest najczęściej o tranzystory IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor* – tranzystor bipolarny z izolowaną bramką) lub rzadziej o tyrystory GTO (*Gate Turn-Off* – tyrystor wyłączany prądem bramki).

Większość stosowanych obecnie przemienników częstotliwości przeprowadza rozruch silnika w taki sposób, aby moment obrotowy był możliwie duży przez cały okres rozruchu. Jeśli przemiennik sterowany jest skalarnie, zazwyczaj utrzymany zostaje stały stosunek amplitudy napięcia wyjściowego do częstotliwości (U/f = const.). Ze względu na prostszą konstrukcję, a przez to łatwiejsze dostosowanie urządzenia do pracy w atmosferze wybuchowej, przemienniki skalarne są w przypadku zastosowań górniczych częściej spotykane od przemienników sterowanych metodami wektorowymi.

Podczas rozruchu przy użyciu falownika, zwykle zabezpieczonego dodatkowo dławikiem wejściowym, nie występują znaczne przeciążenia sieci zasilającej. Dzięki temu odpływy układów zasilania nie muszą być odpowiednio zwiększane w celu dostarczenia wymaganej ilości energii. Obwody wyjściowe wyłączników lub stacji transformatorowych muszą być jednak wyposażone w układy zabezpieczenia ziemnozwarciowego, przystosowane do pracy w sieciach zasilających układy przemienników częstotliwości.

Rys. 7. Silnik SG3F 355L-4 250 kW, 1000/1140 V ze zintegrowanym przemiennikiem częstotliwości, produkcji DFME DAMEL SA

Źródło: oferta firmy DAMEL, http://www.damel.com.pl



Rys. 8. Różne konfiguracje układów napędowych przenośników zgrzebłowych.
Oznaczenia symboli: KWS – kopalniany wyłącznik stycznikowy; M – silnik trójfazowy; SP – sprzęgło podatne; SS – sprzęgło sztywne; SH – sprzęgło hydrokinetyczne; P – zespół przekładni; KŁ – koło łańcuchowe przenośnika; RT – rozrusznik tyrystorowy; CST – mokre sprzęgło z kontrolowanym dociskiem systemu CST (na podstawie [4])

Współcześnie konstruowane przemienniki częstotliwości stanowią niezwykle zaawansowane układy elektroniczne, posiadające szereg zabezpieczeń, umożliwiając zarówno kontrolę, jak i precyzyjne sterowanie silnika. Oprócz możliwości wykonania łagodnego rozruchu, falowniki posiadają wewnętrzne zabezpieczenia przeciwprzeciążeniowe i termiczne, pozwalają na ciągłą pracę napędu z wybraną prędkością obrotową (przy ograniczeniu momentu – nawet powyżej prędkości nominalnej), pozwalają niemal w pełni zniwelować nierównomierność obciążenia kilku silników napędzających przenośnik zgrzebłowy, umożliwiają wreszcie współpracę silnika z nadrzędnymi systemami sterowania (np. ze sterownikami PLC).

Ze względu na rozwój konstrukcji przemienników częstotliwości ich wady użytkowe są zredukowane do minimum. Najbardziej znaczącymi niedogodnościami są możliwość propagacji wyższych harmonicznych do sieci zasilającej oraz, w przypadku sterowania prędkością, konieczność zapewnienia odpowiednio wydajnego systemu chłodzenia silnika. Największym mankamentem na dzień dzisiejszy pozostaje jednak obecnie znaczna cena przemienników współpracujących z napędami dużych mocy, szczególnie w wykonaniu iskrobezpiecznym. W związku ze stosunkowo małym rozpowszechnieniem wciąż nieokreślona pozostaje awaryjność tego rozwiązania w warunkach eksploatacji górniczej.

3. Mechaniczne urządzenia rozruchowe

Oprócz zabezpieczenia przenośników zgrzebłowych przed uderzeniem prądowym i zapewnieniem odpowiedniego sterowania napędów, niezmiernie ważnym aspektem rozruchu tych urządzeń są czynniki mechaniczne. Bardzo często przenośnik zgrzebłowy musi wykonać rozruch w warunkach znacznego obciążenia urobkiem. W takiej sytuacji momenty oporowe mogą przekraczać możliwości napędowe silników, całkowicie uniemożliwiając rozruch. W sytuacji, gdy moment obciążenia jest bliski momentowi krytycznemu silnika, następuje tzw. rozruch ciężki, charakteryzujący się powolnym narastaniem prędkości obrotowej, znacznymi drganiami momentów na wałach napędów i znacznie wydłużonym czasem rozruchu, który to czynnik często jest najistotniejszym parametrem opisującym rozruch przenośnika. W takiej sytuacji rozruch często jest przerywany przez różnego typu zabezpieczenia.

Przenośniki zgrzebłowe zestawiane są z rożnymi konfiguracjami napędowymi. Poza klasycznym układem, wyposażonym w klatkowy trójfazowy silnik asynchroniczny, przekładnię i sprzęgło podatne (układ zabezpieczony jest dodatkowo kopalnianym wyłącznikiem stycznikowym) występują jego liczne modyfikacje, z których najważniejszymi są: układ z silnikiem dwubiegowym, omówiony wcześniej układ z rozrusznikiem tyrystorowym, układy ze sprzęgłem hydrokinetycznym oraz układy z kontrolowanym dociskiem sprzęgła w systemie CST. Kilka takich konfiguracji, wraz z wypadkową charakterystyką napędu, przedstawia rysunek 8.

3.1. Sprzęgła hydrokinetyczne

Zastosowanie sprzęgła hydrokinetycznego o zmiennym wypełnieniu komory pozwala na rozruch niemal nieobciążonego silnika napędowego, a narastanie momentu obciążenia odbywa się stopniowo, umożliwiając szybkie przejście silnika w warunki pracy nominalnej. Sprzęgła hydrokinetyczne są często stosowane w napędach kopalnianych przenośników taśmowych. Do najważniejszych zalet tych urządzeń należą wspomniane odciążenie silnika podczas rozruchu, co powoduje znaczne zmniejszenie amplitudy i czasu trwania obciążenia sieci prądem rozruchowym, zdolność do tłumienia drgań skrętnych, ograniczenie maksymalnego momentu obciążającego silnik,

możliwość nagłego zatrzymania wału turbiny sprzęgła w przypadku zablokowania sprzęgła, możliwość rozruchu załadowanego przenośnika przy niskich parametrach sieci zasilającej oraz wyrównywanie nierównomierności obciążeń napędów.

Niestety, oprócz niewątpliwych zalet, sprzęgła hydrokinetyczne posiadają również znaczące wady, do których należą: stosowanie palnych cieczy roboczych, duża zależność od napełnienia sprzęgła cieczą roboczą (trzeba tu brać pod uwagę podłużne i poprzeczne nachylenie napędu przenośnika), większy koszt wytwarzania w porównaniu ze sprzęgłami podatnymi, obniżenie mocy nominalnej na wale turbinowym o wartość poślizgu w stosunku do mocy silnika asynchronicznego, zależność przenoszonego momentu od lepkości cieczy roboczej, trudny transport i montaż (w porównaniu ze sprzęgłem podatnym), niemożność stosowania sprzęgieł standardowej konstrukcji z napędami wielobiegowymi, wydłużenie czasu rozruchu (rozumianego jako osiągnięcie pełnego momentu na kole łańcuchowym przenośnika) oraz straty energetyczne spowodowane grzaniem się cieczy roboczej.

Wady te, szczególnie uciążliwe w warunkach eksploatacji ścianowej, przyczyniły się do częstego zastępowania sprzęgła hydrokinetycznego sprzęgłem podatnym połączonym z napędem dwubiegowym.

W przypadku silników większych mocy (powyżej 250 kW) częste włączanie i wyłączanie napędów skutkuje znacznym obciążeniem sieci zasilającej i znacznym wydzielaniem ciepła w agregatach zasilających. Do współpracy z silnikami wysokich mocy dedykowane są sprzęgła DTP, o regulowanym napełnieniu komory, zaprojektowane przez firmę Voith. Są to sprzęgła sterowane układami mikroprocesorowymi, pełniącymi równocześnie funkcje monitoringu i zabezpieczenia napędu. Cieczą roboczą jest woda w obiegu zamkniętym, co likwiduje ryzyko zapłonu. Dzięki sterowaniu mikroprocesorowemu możliwe jest nadążne wyrównywanie obciążenia pomiędzy głównym i pomocniczym napędem przenośnika. Sprzęgła tego typu zaprojektowane zostały do współpracy z kopalnianą siecią hydrauliczną; ułatwione zostało odprowadzenie zużytego medium, sprzęgło zostało zabezpieczone przed korozją. Rozruch przenośnika przy użyciu sprzęgieł DTP uzyskuje się wyłącznie z wykorzystaniem momentu krytycznego silnika. Przykładowe sprzęgło hydrokinetyczne zostało przedstawione na rysunku 9.

Rys. 9. Sprzęgło hydrokinetyczne Transfluid (seria K) firmy ESCO Power

Źródło: [11]

3.2. Napędy dwubiegowe

Idea wprowadzenia silników dwubiegowych jako napędów przenośników zgrzebłowych narodziła się z przyczyn technologicznych – pojawiła się potrzeba sterowania przenośnikiem z dwiema różnymi prędkościami, w zależności od warunków eksploatacji.

Tabela 1. Dane techniczne górniczych silników elektrycznych dwubiegowych, za [6, 7, 8]

Typ silnika	2SGS(L) 315M-12/4	2SGS(L) 315 L-12/4	2SGS 355M – 12/4	2SGS 355L – 8/4	SG3 450L 8/4
Moc znamionowa [kW]	45/132	55/160	65/200	125/250	200/400
Sprawność [%]	87/94	88/94	86,5/94,5	74/88	94,2/96
Napięcie znamionowe [V]	1000 V lub 1140 V	1000 V lub 1140 V	1000 V lub 1140 V	1000 V lub 1140 V	1000 V lub 1140 V
Prąd znamionowy [A]	60/93 – 1000 V 53/82 – 1000 V	70/118 – 1000 V 61/103 – 1000 V	92/112 – 1000 V 81/125 – 1000 V	105/172 – 1000 V 92/151 – 1000 V	158/265 – 1000 V 138/232 – 1000 V
Prędkość obrotowa [obr/min.]	490/1475	488/1485	488/1480	739/1485	740/1485
Moment znamionowy [Nm]	877/855	1076/1092	1272/1290	1615/1608	2581/2572
Krotność momentu rozruchowego	2,3/2,1	2,1/2,4	2,2/2,3	2,7/2,5	2,4/2,3
Krotność prądu rozruchowego	3,5/5,7	3,1/6,6	3,0/6,0	5,1/6,8	5,0/6,0
Przeciążalność momentem	–/2,0	–/2,2	–/2	2,7/2,6	2,1/2,2
Min. przepływ w wody chłodzącej [dm^3/min]	8	10	12	12	15

Wykorzystanie napędu dwubiegowego jako urządzenia rozruchowego sprowadza się do częściowego rozładowania przenośnika na biegu wolnym, po czym następuje przełączenie na bieg roboczy. Mimo iż momenty nominalne silnika na obydwu biegach są zbliżone, to rozruch silnika na biegu mniejszym wymaga dostarczenia mniejszej energii (ze względu na konieczność rozpędzenia mas wirujących do mniejszej prędkości), a przez to łatwiejszy i krótszy rozruch.

Stała eksploatacja przenośnika powinna odbywać się na biegu szybkim (roboczym), gdyż sprawność silnika jest w tym przypadku większa. Przykładowo dla napędu o mocy 65/200 kW współczynniki sprawności wynoszą odpowiednio 86,5% i 94,5%. Dane dotyczące wybranych napędów dwubiegowych firmy DAMEL zostały zebrane w tabeli 1.

Jak wykazano w tabeli 1, prąd rozruchowy napędu na biegu wolnym jest znacząco mniejszy w stosunku do prądu rozruchowego na biegu szybkim, przy zachowaniu podobnego stosunku momentów rozruchowych i krytycznych (krotność podana w odniesieniu do momentu nominalnego). Widoczna jest także kilkuprocentowa poprawa sprawności pracy na biegu szybkim.

W przypadku idealnej (sztywnej) sieci zasilającej charakterystyki ruchowe silników dwubiegowych w pełni pokrywają się z charakterystykami wytwórczymi. Niestety, w warunkach praktycznej eksploatacji sieć zasilająca nie jest idealna – występują w niej znaczne straty przesyłu energii. Jeśli przenośnik napędzany silnikiem dwubiegowym zasilanym z realnej sieci zasilającej zostanie znacznie zasypany urobkiem, może nastąpić problem z jego rozruchem. Szczególnie warto zwrócić uwagę na fakt, iż w momencie przełączania prędkości silnika następuje spadek momentu napędowego (spowodowany większymi stratami energii wywołanymi znacznie większym prądem rozruchowym), co może skutkować zatrzymaniem przenośnika. Rozwiązaniem pozostaje opróżnienie części urobku na biegu wolnym. Należy dodatkowo zwrócić uwagę na fakt skokowego wzrostu naprężeń w łańcuchu przenośnika w momencie przełączania.

3.3. Napędy CST

Budowa napędu CST (*Controlled Start Transmission* – przekładnia z kontrolowanym startem) oparta jest o mokre sprzęgło wielopłytkowe, którego docisk jest kontrolowany hydraulicznie. Napęd CST ma budowę modułową. Jego zasadnicza część, wielopłytkowe sprzęgło, wyposażone jest w specjalne wykładziny na powierzchniach płytek, zapewniając powolne ścieranie i odpowiednie warunki współpracy tarcz sprzęgła. Sprzęgło to zintegrowane jest z przekładnią planetarną, zabudowaną w jednej obudowie. Docisk tarcz realizowany jest za pomocą układu hydraulicznego, sterowanego serwo rozdzielaczem.

Napędy CST pozwalają na płynną zmianę przełożenia przekładni, umożliwiając kontrolę prędkości obrotowej i momentu na wale wyjściowym. Złożony system sterowania, często oparty

reklama

Rys. 10. Napęd DODGE CST firmy Baldor Źródło: [3]

o układy uczące się (np. sieci neuronowe, stanowiące elementy inteligencji obliczeniowej), pozwala dostosowywać sposób pracy napędu do sposobu i warunków eksploatacji przenośnika zgrzebłowego. Mikroprocesorowe sterowanie pozwala dodatkowo, podobnie jak rozruszniki tyrystorowe i falowniki, kontrolować równocześnie pracę kilku silników, łagodząc przez to skutki niesymetrycznego obciążenia napędów.

Do głównych wad tego typu rozwiązań zaliczyć należy niższą sprawność tego typu napędów (szczególnie w porównaniu z układem silnika dwubiegowego ze sprzęgłem podatnym), skomplikowaną konstrukcję utrudniającą konserwację oraz wysoką cenę tego typu napędów. Cechy te zadecydowały o stosunkowo niewielkiej dotychczasowej popularności tego typu rozwiązań.

4. Podsumowanie i wnioski

Rozruch ścianowych przenośników zgrzebłowych jest procesem utrudnionym z powodu znacznego zmiennego obciążenia przenośnika urobkiem i ciężkich warunków eksploatacji w kopalniach podziemnych. Do niekorzystnych zjawisk występujących podczas rozruchu można zaliczyć znaczny prąd rozruchowy, szybkie nagrzewanie się uzwojeń silnika, wzrost naprężeń w cięgnach łańcuchowych czy znacznie wydłużony okres rozpędzania przenośnika do nominalnej prędkości, a przez to osiągnięcia wymaganej wydajności.

Do elektrycznych zespołów rozruchowych zaliczamy rozruszniki stycznikowe, tyrystorowe agregaty zasilające oraz przemienniki częstotliwości. Rozruszniki stycznikowe stosowane były w napędach małej mocy i występują obecnie jedynie w starszych instalacjach; przemienniki częstotliwości, mimo wykazywania największych zalet użytkowych, nie są zbyt rozpowszechnione, głównie ze względu na wysoki koszt i trudność wykonania tego typu urządzeń. Najszersze zastosowanie znalazły tyrystorowe agregaty zasilające, umożliwiające sterowanie napięciem zasilającym silnik, jak również oferujące szereg dodatkowych zabezpieczeń.

Oprócz elektrycznych urządzeń rozruchowych stosuje się również mechaniczne metody przeciwdziałania negatywnym aspektom rozruchu ścianowego przenośnika zgrzebłowego. Urządzeniami pełniącymi taką funkcję są przede wszystkim sprzęgła hydrokinetyczne i silniki dwubiegowe. Mimo licznych zalet koszt i problemy eksploatacyjne sprzęgieł hydrokinetycznych sprawiają, iż w przypadku przenośników zgrzebłowych częściej wybierane są napędy dwubiegowe – odmiennie niż np. w wypadku kopalnianych przenośników taśmowych. Alternatywnym rozwiązaniem jest sprzęgło CST, oferujące szerokie możliwości kontroli rozruchu napędu; jest to jednak rozwiązanie drogie, skomplikowane i jak dotychczas niezbyt często stosowane.

Dalszy rozwój techniki, a szczególnie urządzeń elektronicznych, powinien zaowocować powstaniem coraz doskonalszych i coraz tańszych przemienników częstotliwości, będących obecnie najlepszym rozwiązaniem sterowania przenośnika zgrzebłowego. W dalszym ciągu prowadzone są również badania nad konstrukcją alternatywnych, tanich i niezawodnych urządzeń ułatwiających uruchamianie ciężkich maszyn górniczych, do których przenośniki zgrzebłowe się klasyfikują.

Literatura

[1] Antoniak J., Suchoń J.: *Górnicze przenośniki zgrzebłowe*. Wyd. „Śląsk", Katowice 1983.

[2] Antoniak J., Suchoń J.: *Wymagania techniczne stawiane wysoko wydajnym ścianowym przenośnikom zgrzebłowym*. „Maszyny Górnicze" 2/1992.

[3] *Controlled Start Transmission*. Materiały informacyjno-promocyjne Baldor Dodge.

[4] Dolipski M.: *Dynamika przenośników łańcuchowych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997.

[5] Gospodarczyk P.: *Analiza struktury i parametrów układów napędowych przenośników zgrzebłowych w aspekcie ich wpływu na wielkość wydobycia kompleksów ścianowych*. „Maszyny Górnicze" 2/1992.

[6] Karta katalogowa K4-15-169, Silniki indukcyjne górnicze 2SGS 355L -8/4, DFME DAMEL SA.

[7] Karta katalogowa K4-15-145, Silniki indukcyjne górnicze 2SGS(L) 315M-12/4,2SGS(L) 315L-12/4, 2SGS(L) 355M -12/4 DFME DAMEL SA.

[8] Karta katalogowa K4-15-161, Silniki indukcyjne górnicze SG3 450L-4/8 DFME DAMEL SA.

[9] Przybyłka J.: *Nowoczesne układy napędowe produkcji DFME „Damel" SA przeznaczone do pracy w strefach zagrożonych wybuchem z możliwością regulacji prędkości obrotowej i monitorowania pracy napędu*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne" 76/2007.

[10] Puchała A.: *Dynamika maszyn i układów elektromechanicznych*. PWN, Warszawa 1977.

[11] *Transfluid k-CK-CKK fluid couplong*. Katalog produktowy ESCO Power.

[12] Rosikowski J.: *Przenośnik zgrzebłowy wyposażony w napędy CST-30 pracujący w KWK „Piast"*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne" 75/2006.

mgr inż. Paweł Mendyka – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

artykuł recenzowany