

Dariusz Kapuściński, HYDROTECH S.A, Rybnik
Bartosz Polnik, KOMAG, Gliwice

INNOWACYJNY UKŁAD ZASILAJĄCO-STERUJĄCY SPĄGOŁADOWARKI GÓRNICZEJ

AN INNOVATIVE POWER SUPPLY AND CONTROL SYSTEM FOR MINING ROADHEADING MACHINE

Streszczenie: Spągoładowarki są powszechnie stosowanymi maszynami w polskim górnictwie węglowym. Zazwyczaj maszyny te stosowane są do prac związanych z odpowiednim utrzymaniem spągu w chodnikach. Są to maszyny samobieżne zbudowane na podwoziu gąsiennicowym o napędzie elektrohydraulicznym, w którym wszystkie funkcje sterownicze realizowane są na drodze hydraulicznej. Pompa hydrauliczna napędzana jest silnikiem elektrycznym, zasilanym z rozwijanego kabla podłączonego do kopalnianej sieci elektroenergetycznej. Wadą takiego rozwiązania jest ograniczona mobilność oraz to, że w trakcie przemieszczania się spągoładowarki, rozwijany kabel narażony jest na uszkodzenia mechaniczne. W związku z powyższym, zasadnym było podjęcie prac nad układem napędowym zasilanym z własnego źródła zasilania w postaci baterii ogniów. Prace nad innowacyjnym rozwiązaniem zespołu zasilającego górniczych maszyn małej mechanizacji zostały już rozpoczęte w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG przy współpracy z producentem maszyn górniczych firmą HYDROTECH S.A. W pracy omówiono aktualny stan wiedzy w zakresie układów zasilania górniczych spągoładowarek. Przedstawiono wyniki badań zapotrzebowania na energię przedmiotowej maszyny górniczej, na podstawie których opracowano założenia techniczno-technologiczne dla nowego rozwiązania. W podsumowaniu sformułowano wnioski końcowe, nakreślono przebieg dalszych prac przywidzianych do realizacji w ramach opracowania nowego układu zasilającego oraz wskazano kierunki rozwoju napędów górniczych maszyn małej mechanizacji z perspektywy nadchodzących lat.

Abstract: Roadheading machines are widely used machines in Polish coal mining. Typically, these machines are used for works related to proper maintenance of the floor in the sidewalks. These are self-propelled machines built on a tracked electro-hydraulic chassis, in which all control functions are carried out on the hydraulic path. The hydraulic pump is driven by an electric motor, powered from a drop-down cable connected to the mine power network. The disadvantage of this solution is limited mobility and the fact that during the displacement of the stranger, the cable being unwound is exposed to mechanical damage. In connection with the above, it was reasonable to start work on the drive system supplied from its own power source in the form of battery cells. Work on an innovative solution for the power supply team for mining machinery of small mechanization has already been started at the KOMAG Institute of Mining Technology in cooperation with the mining machine manufacturer HYDROTECH S.A. The work discusses the current state of knowledge in the field of feeding systems for mining machines. There are presented the results of research on the energy demand of the mining machine, on the basis of which technical and technological assumptions for the new solution were developed. The conclusions formulate final conclusions, outlines the course of further work to be implemented as part of the development of a new power supply system and indicate the directions of development of mining drives for small mechanization machines from the perspective of the coming years.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny do pobierki spągu, maszyny elektryczne, bateria ogniów, sterowanie bezprzewodowe, badania

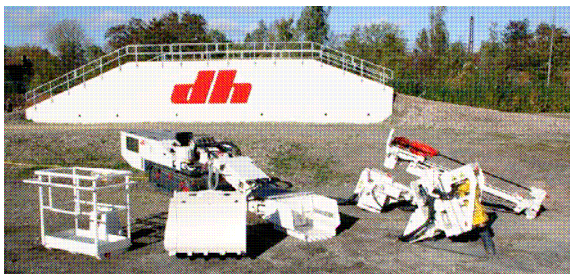
Keywords: mining, roadheading machines, electrical machines, battery, wireless control system, tests

1. Wstęp

Spągoładowarki są powszechnie stosowanymi maszynami w polskim górnictwie węglowym. Górnicze maszyny do pobierki spągu (rys.1) mają zastosowanie do prac załadowniczych w chodnikach [6] oraz do podciągania materiałów typu: rury, pręty, szyny itp. w różnych miejscach przebudów infrastruktury kopalnianej. Potrzeba ingerencji w profil wyrobiska zachodzi również podczas drażenia wyrobisk koryta-

rzowych techniką strzelniczą, gdzie wymagane jest usunięcie pozostawionych po odstrzeleniu fragmentów skały płonnej i węgla z ociosów oraz stropu [1, 2, 5]. Typowe spągoładowarki górnicze są maszynami samobieżnymi opartymi na podwoziu gąsiennicowym o napędzie elektrohydraulicznym, w którym wszystkie funkcje sterownicze realizowane są na drodze hydraulicznej, natomiast pompa hydrauliczna napę-

dzana jest silnikiem elektrycznym zasilanym z rozwijanego kabla podłączonego do kopalnianej sieci elektroenergetycznej. Wadą takiego rozwiązania jest ograniczona mobilność oraz to, że w trakcie przemieszczania się spągotowarki, rozwijany kabel narażony jest na uszkodzenia mechaniczne.



Rys. 1. Uniwersalna maszyna typu dh L600 [3,4]

Nowe rozwiązanie spągotowarki realizowane jest w ramach projektu pt. "Innowacyjna maszyna mobilna z uniwersalnym układem napędu elektrycznego, podwyższającym poziom bezpieczeństwa technicznego" HYDKOM 75 w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Projekt realizowany przez konsorcjum (jednostka naukowo-badawcza - ITG KOMAG jako lider i partner przemysłowy - HYDROTECH S.A.). Przedmiotem projektu jest zaprojektowanie, wykonanie oraz przebadanie innowacyjnej górniczej maszyny mobilnej z uniwersalnym układem napędu elektrycznego, podwyższającym poziom bezpieczeństwa technicznego, a także poziom niezawodności jej eksploatacji. Maszyna przewidziana jest do prac związanych z utrzymaniem właściwego stanu technicznego spągu w wyrobiskach górniczych potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu lub/i pyłu węglowego.

2. Spągotowarki z napędem elektrycznym

Na rynku polskim obecnych jest kilku producentów górniczych maszyn małej mechanizacji. Rynek ten uznawany jest jako bardzo konkurencyjny. Analiza stanu wiedzy nie wykazała, aby którykolwiek z producentów prowadził prace nad maszyną zasilaną z baterii akumulatorów. Firmy rozwijają maszyny pod kątem ich wielofunkcyjności (zastosowanie wymiennego osprzętu w postaci lawety wierzącej, organu urabiającego), posiadania coraz to bardziej wysrubowanych certyfikatów (SIL2), możliwości zdalnego sterowania.

Wyposażenie elektryczne dostępnych na rynku spągotowarek jest zgodne z wymaganiami dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem wynikającymi z Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 6 czerwca 2016r. w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (Dz. U. 2016r., poz. 817). Wszystkie znane dostępne na rynku spągotowarki zasilane są z elektroenergetycznej sieci kopalnianej za pośrednictwem rozwijanego przewodu oponowego. To rozwiązanie ma ograniczony zasięg pracy wynikający z długości przewodu. W trakcie przemieszczania się maszyny, rozwijany przewód narażony jest na mechaniczne uszkodzenia. Moce zainstalowane w tych maszynach mieszczą się w przedziale od 30 kW do 90 kW, przy napięciu zasilania 500V, 660V, 1000V i 1140V. Podstawowe wyposażenie elektryczne górniczej spągotowarki zawiera:

- silnik elektryczny,
- wyłącznik stycznikowy,
- reflektor,
- wyłącznik kablowy,
- wyłącznik awaryjny,
- sygnalizator,
- czujnik ciśnienia,
- czujnik poziomu i temperatury,
- zawór elektrohydrauliczny,
- pulpit sterowniczy.

3. Analiza energochłonności układu napędowego spągotowarki

Zapotrzebowanie na energię, jest jednym z zasadniczych problemów z jakimi mierzą się konstruktorzy oraz użytkownicy maszyn górniczych i nie tylko. Optymalizacja zużycia energii oraz podwyższenie bezpieczeństwa eksploatacji jest głównym z zadań stawianych na etapie projektowania nowych oraz modernizacji istniejących maszyn. Pomimo chwilowego zastoju w dziedzinie maszyn górnictwa węgla kamiennego, producenci intensywnie pracują nad nowoczesnymi rozwiązaniami, spełniającymi coraz to trudniejsze wymagania użytkowników.

Celem opracowania założeń dla układu zasilającego spągotowarki, przeprowadzono identyfikację danych wejściowych w zakresie energochłonności maszyny mobilnej. W tym celu przeprowadzone zostały badania w warunkach

quasi-rzeczywistych w siedzibie firmy HYDROTECH S.A.

3.1. Obiekt badań

Obiektem badań była maszyna samobieźna typu BH 3000 (rys. 2) produkowana przez firmę HYDROTECH S.A, eksploatowana w podziemiach kopalń węgla kamiennego (głównie KWK Bogdanka).



Rys. 2. Spągotadawarka typu BH 3000 [7]

Podstawowe dane techniczne badanej spągotadawarki są następujące:

Długość:	7470 mm
Szerokość:	1150 mm
Wysokość:	1180 mm
Masa całkowita:	9000 kg
Temperatura pracy:	-20°C – 40°C
Nacisk własny na podłoże:	8,7 N/cm ²
Max. wysokość rozładunku:	2400 mm
Max. głębokość podbierania:	300 mm
Zdolność pokonywania wzniesień:	±20°
Stateczność:	
Max. wzdłużne	±20°
Max. poprzeczne	±8°
Ilość medium HLP 46:	340 l
Moc silnika elektrycznego:	55 kW
Napięcie zasilania:	500 V
Napięcie pomocnicze:	24 VDC
Prędkość jazdy:	0,35 m/s – 0,6 m/s

3.2. Zakres badań

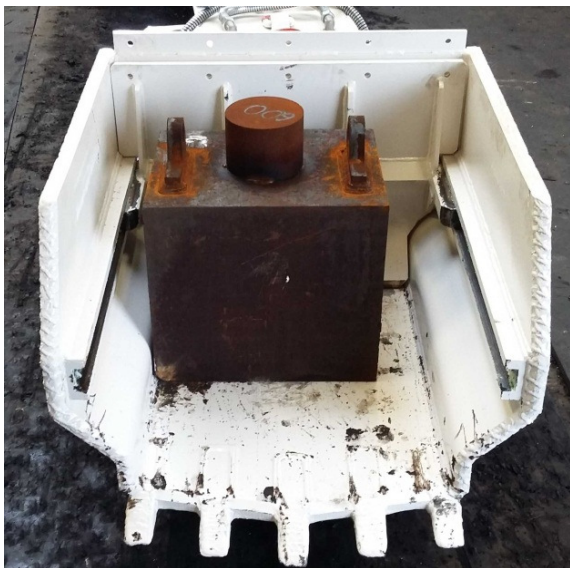
Zakres badań przewidywał wykonanie pomiaru i rejestracji zużycia energii elektrycznej przedmiotowej spągotadawarki podczas normalnej eksploatacji maszyny mobilnej. Zużycie energii jest kluczowe z punktu możliwości zastosowania jako źródła zasilania baterii ogniów. Na podstawie uzyskanych wyników zostały opracowane założenia koncepcyjne dla nowego układu zasilającego górniczej maszyny małej mechanizacji. Spągotadawarka typu BH 3000 z napędem elektrohydraulicznym jest maszyną, w której wszystkie funkcje robocze realizowane są na drodze hydraulicznej, a pompa hydrauliczna na-

pędzana jest silnikiem elektrycznym zasilanym z rozwijanego przewodu oponowego z kopalnianej sieci elektroenergetycznej. W tylnej części zamocowana jest skrzynia maszynowa, w której mieści się: silnik elektryczny wraz z częścią wyposażenia elektrycznego, sprzęgło oraz hydrauliczna pompa główna. Pozostała część aparatury rozmieszczona jest na maszynie. Napięcie znamionowe wynosi $U = 500V$. Głównym odbiorem energii elektrycznej jest trójfazowy asynchroniczny silnik elektryczny o mocy $P = 55kW$. Poza silnikiem elektrycznym występują pozostałe odbiory, takie jak oświetlenie, sygnalizacja dźwiękowa, czy aparatura kontrolno-zabezpieczająca. W celu zmierzenia zużycia energii elektrycznej, przewiduje się zainstalowanie aparatury pomiarowo-rejestrującej na dopływie zasilania wyłącznika głównego samojezdnej maszyny mobilnej. Pomiaru i rejestracji zużycia energii elektrycznej dokonano przy zastosowaniu uniwersalnego analizatora sieci elektrycznych (nr inwentarzowy według R-BT/1 – EiR3).

3.3. Przebieg i wyniki badań

Badanie parametrów elektrycznych wykonano na trójfazowym odpływie kopalnianej wyłącznika stycznikowego typu OW-0208M zasilającego bezpośrednio spągotadawarkę. Do pomiarów użyto analizatora mocy, podłączonego w układzie Arona. Na potrzeby badań dokonano rejestracji czasowej napięcia (U), prądu (I) oraz mocy (P) z podziałem na moc czynną oraz bierną indukcyjną i pojemnościową.

Rejestracja parametrów elektrycznych odbywała się z częstotliwością 1 Hz. Podczas rejestracji operator spągotadawarki wykonywał symulowaną pracę polegającą na przejazdach przód / tył (droga ok. 3 m) z jednoczesnym manewrowaniem wysięgnikiem. W naczyniu wysięgnika umieszczono obciążenie o masie 600 kg. Na rys. 3 pokazano widok naczynia wraz z umieszczonym w nim obciążeniem. Pomiaru wykonano dla pracy spągotadawarki przy znamionowym ciśnieniu w układzie hydraulicznym oraz dla ciśnienia podwyższonego do wartości symulującej pracę przy obciążeniu maksymalnym.



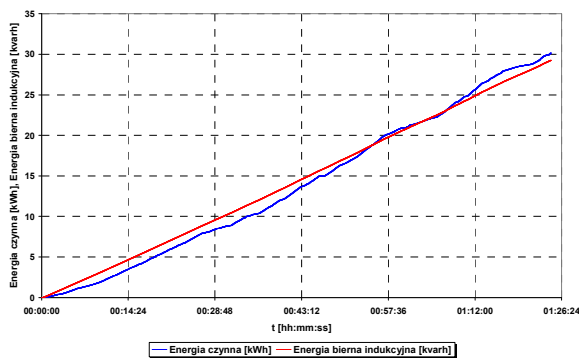
Rys. 3. Naczynie z umieszczonym w nim obciążeniem użytym podczas badań [7]

W tabeli 1 zestawiono wyniki zbiorcze parametrów elektrycznych zarejestrowanych podczas pracy spągłodowarki BH 3000.

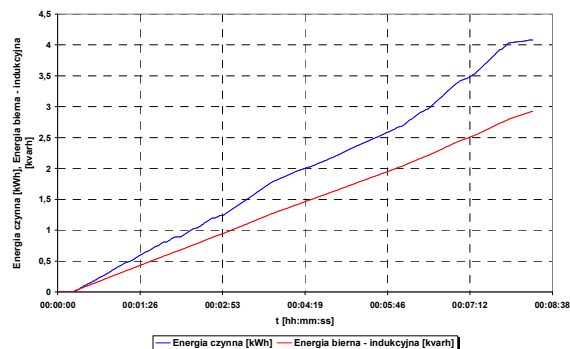
Tabela 1. Zbiorcze wyniki pomiarów parametrów elektrycznych podczas pracy spągłodowarki typu BH 3000

Warunki pracy	I_{sr}	E_C	E_B	Czas
	A	kWh	kvarh	
Ciśnienie znamionowe	37	30	29	01:24:15
Ciśnienie maksymalne	71	4	3	00:08:01

Na rys. 4-5 pokazano przebiegi czasowe pobranej energii czynnej oraz biernej indukcyjnej zarejestrowane podczas badań spągłodowarki BH 3000.



Rys. 4. Przebiegi energii czynnej oraz biernej podczas pracy maszyny ze znamionowym ciśnieniem w układzie hydraulicznym [7]



Rys. 5. Przebiegi energii czynnej oraz biernej podczas pracy maszyny z podniesionym ciśnieniem w układzie hydraulicznym [7]

W wyniku przeprowadzonych pomiarów, określone zostało zużycie energii przez badaną maszynę – spągłodowarka BH 3000. Podczas pierwszej próby trwającej przez 84 minuty, maszyna zużyła energię o wartości:

$E_P = 30,152$ kWh – energia wynikająca z poboru mocy czynnej,

$E_Q = 29,260$ kvarh – energia wynikająca z poboru mocy biernej.

Celem określenia sumarycznego zużycia energii dokonano obliczeń bazujących na równaniach wynikających z trójkąta mocy i tak otrzymano:

$$E \approx 42 \text{ kVAh}$$

Podczas drugiej próby trwającej przez 8 minut, maszyna zużyła energię o wartości:

$E_P = 4,082$ kWh – energia wynikająca z poboru mocy czynnej,

$E_Q = 2,928$ kvarh – energia wynikająca z poboru mocy biernej.

Celem określenia sumarycznego zużycia energii dokonano obliczeń bazujących na równaniach wynikających z trójkąta mocy i tak otrzymano:

$$E \approx 5 \text{ kVAh}$$

Ponieważ w trakcie badań, maszyna pracowała z maksymalnym dopuszczalnym obciążeniem, wykonując przy tym wszystkie możliwe konfiguracje ruchowe (jazda, podnoszenie i opuszczanie wysięgnika, obracanie naczynia i wysięgnika, wysuwanie kłapy naczynia). Można zatem założyć, że maszyna pracowała w możliwie najcięższych warunkach zapotrzebowania energetycznego. Bazując na doświadczeniu z projektowania maszyn wyposażonych we własne źródło zasilania oraz w oparciu o informacje pozyskane od producenta odnośnie cyklu pracy realizowanego przez spągłodowarki pracujące w kopalni, określono, że dla nowej górniczej maszyny mobilnej (spągłodowarki) zasilanej z baterii ogniw, koniecznym będzie zainstalo-

wanej źródła umożliwiającego dostarczenie energii o wartości $E \approx 75\text{kVAh}$. Takie założenie powinno umożliwić pracę maszyny w trakcie trwania jednej zmiany roboczej.

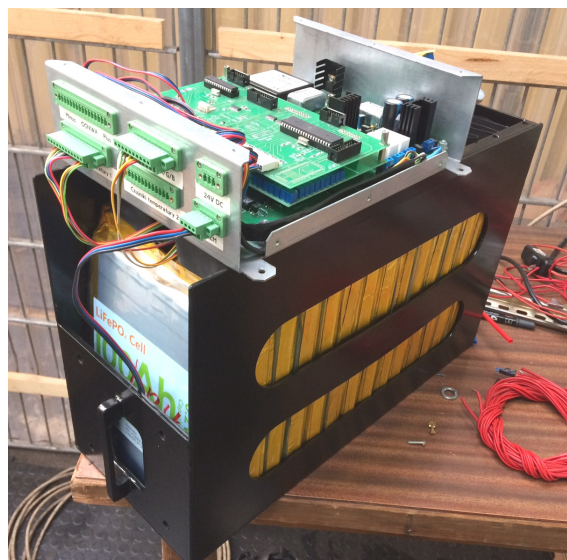
4. Koncepcja układu zasilająco-sterującego

Po przeprowadzeniu analizy rynku w zakresie maszyn małej mechanizacji oraz po konsultacjach z użytkownikami i producentami górniczych maszyn mobilnych, przy uwzględnieniu wyników badań zużycia energii spągotowarki typu BH 3000 opracowano założenia koncepcyjne dla nowego układu zasilająco-sterującego dedykowanego dla maszyn małej mechanizacji.

4.1. Źródło zasilania

Chcąc zwiększyć dyspozycyjność maszyny do pracy, założono zasilanie maszyny energią elektryczną za pośrednictwem tzw. elektrycznej hybrydy. Jest to układ bazujący na zasilaniu przewodowym z sieci kopalnianej oraz dodatkowo niezależnym zasilaniu z baterii ogniów. Zakłada się, że maszyna będzie pracowała na zasilaniu bateryjnym, po rozładowaniu baterii, możliwym będzie zasilanie maszyny z sieci kopalnianej, tym samym dalsze prowadzenie pracy przy jednoczesnym ładowaniu baterii ogniów. Po naładowaniu baterii, maszyna ponownie będzie zasilana wyłącznie z źródła wewnętrznego. W związku z powyższym, należy zachować parametry zasilające zgodne z istniejącymi sieciami kopalnianymi. Dotychczas, maszyny małej mechanizacji (spągotowarki) zasilane są z kopalnianych wyłączników stycznikowych trójfazowym prądem przemiennym o napięciu 500 V. Chcąc zachować tę funkcjonalność maszyny, bateria ogniów musi mieć napięcie o wartości nominalnej równej 720 V DC. Zdecydowano się na zastosowanie ogniów typu LiFePO₄, które bazując na doświadczeniu specjalistów ITG KOMAG, oraz w oparciu o przeprowadzoną analizę rynku zapewniają odpowiednio wysoką gęstość energii przy zachowaniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa i niezawodności. Obowiązujące przepisy dotyczące stosowania ogniów w podziemiach kopalń zagrożonych wybuchem, nakazują stosowanie wyłącznie połączeń szeregowych, a co za tym idzie możliwość zwiększania napięcia przy zachowaniu pojemności pojedynczego ogniwa. Dlatego też, wybrano ogniwa o pojemności 100Ah w liczbie 224 sztuk połączonych szeregowo. Łącznie bateria ogniów umożliwia zgromadzenie ok 75 kWh energii.

Bateria składać się będzie według założeń z czternastu modułów zawierających po 16 ogniów w każdym module. Na rys. 6 pokazano widok z montażu pojedynczego zestawu ogniów (modułu) w kasecie ochronnej.



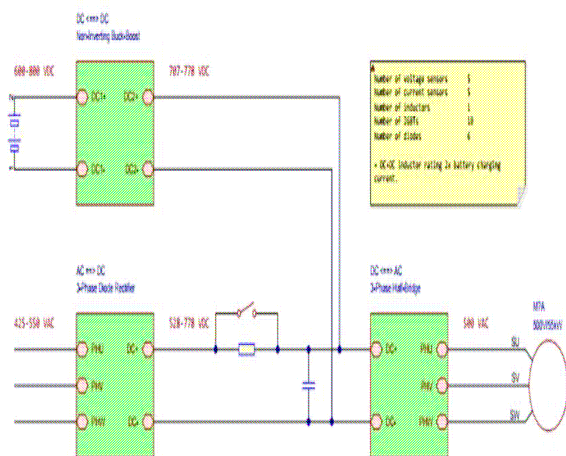
Rys. 6. Montaż pojedynczego zestawu ogniów w kasecie ochronnej [7]

Celem zabezpieczenia i nadzorowania pracy baterii opracowano nowoczesny system BMS wyposażony w aktywny układ balansowania ogniów, z uwagi na fakt, że jest to prototyp, system BMS zostanie poddany testom porównawczym z dostępnymi na rynku rozwiązaniami systemów BMS z pasywnym układem balansowania ogniów. Wyniki z przeprowadzonych testów umożliwią wybranie docelowego układu nadzoru dla przedmiotowej baterii ogniów. Przewiduje się możliwość ładowania baterii bezpośrednio z sieci prądem równym znamionowemu silnika. W związku z powyższym czas ładowania będzie odpowiadał czasowi rozładowania przy założonym obciążeniu znamionowym. Praca spągotowarki z obciążeniem mniejszym od znamionowego wydłuży proporcjonalnie czas pracy maszyny.

4.2. Przekształtnik energoelektroniczny

Głównym elementem wyposażenia elektrycznego nowego układu zasilająco-sterującego będzie przekształtnik w pełni sterowalny spełniający funkcje falownika i zasilacza dla baterii. Napięcia pomocnicze AC i DC konieczne do obsługi maszyny i zasilania zabezpieczeń, przewiduje się uzyskać z napięcia 500 V. Z uwagi na występujące wyższe harmoniczne

w czasie przekształcania napięcia zasilania z baterii przez falownik, konieczne będzie zastosowanie odpowiednich filtrów. Przekształtnik będzie zasilał silnik typu dSLg250M4-EP, jest to trójfazowy, asynchroniczny silnik elektryczny, dostosowany do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Silnik ten jest powszechnie stosowany w górnictwie, również w dotychczasowych układach napędowych spągoloadarek górniczych. Opracowano cztery koncepcje możliwości zasilania, które przedstawione zostały producentowi przekształtników energoelektronicznych. Ustalono wspólnie, że najlepszym rozwiązaniem będzie topologia 2 (rys. 7), która jest też najbardziej ekonomicznym wariantem.



Rys. 7. Topologia nr 2 systemu [7]

Według rozwiązania z rys. 7, falownik oraz ładowarka pracują na wspólnej linii zasilania silnika napędowego pompy hydraulicznej. Po rozładowaniu baterii, poprzez odpowiednią sekwencję przełączeń, po podłączeniu przewodu zasilającego, system umożliwia ładowanie baterii oraz bezpośrednie zasilanie silnika napędowego z elektrycznej sieci kopalnianej. Dzięki takiemu rozwiązaniu, zwiększono funkcjonalność maszyny w porównaniu do rozwiązań dotychczas stosowanych.

4.3. System sterowania

Dodatkową funkcjonalnością w jaką przewidziano wyposażyć nowy układ zasilająco-sterujący jest bezprzewodowy system sterowania i komunikacji. Dotychczasowe rozwiązania górniczych maszyn małej mechanizacji, sterowane są z lokalnie za pośrednictwem manipulatora znajdującego się w pulpicie operatora. Zaproponowany system sterowania bezprze-

wodowego, bazować będzie na opracowanym w ITG KOMAG systemie „Bluester”. System ten przystosowany jest do pracy w wyrobiskach górniczych, w których występuje zagrożenie niebezpieczeństwa wybuchu metanu stopnia „a”, „b” i „c” oraz zagrożenia wybuchem pyłu węglowego klasy A i B. System składa się z odbiornika i pilota (rys. 8).



Rys. 8. Odbiornik i pilot systemu bezprzewodowego sterowania [7]

Odbiornik, wchodzący w skład systemu, jest mikroprocesorowym urządzeniem służącym do odbierania sygnałów sterujących wysyłanych z bezprzewodowego pilota. Na podstawie sterowań wysyłanych, moduł odbiornika generuje sygnały sterujące automatyką maszyny. Po włączeniu zasilania odbiornika, następuje start systemu mikroprocesorowego, który wchodzi w stan oczekiwania na połączenie z pilotem. Po uruchomieniu pilota, odbiornik nawiązuje z nim połączenie. Odpowiednio zaprogramowany mikroprocesor steruje przekaźnikami zgodnie z przesłanymi danymi z pilota, który jest dostosowywany do potrzeb konkretnego urządzenia - ilość, oznaczenie i wybór miejsca usytuowania przycisków zależą od przeznaczenia systemu. Sygnały sterujące wysyłane są w postaci danych szeregowych, a przesyłany blok danych zawiera informacje o stanie pracy sterujących przycisków klawiatury. Dodatkową zaletą pilota jest możliwość komunikacji z sterownikiem MIS-1 (rys. 9). Dzięki tej funkcji nie ma konieczności stosowania odbiornika do sterowania maszyną.



Rys. 9. Sterownik MIS-1 [7]

Sygnały wysyłane będą za pośrednictwem pilota do sterownika MIS-1, który będzie pełnił rolę odbiornika. Sterowanie radiowe spągoloadarki ogranicza się do jazdy, gdyż tylko taka

funkcjonalność jest potrzebna pracownikom kopalni. W spągłodawce zastosowane zostaną elektrozawory, które wysterowane będą po naciśnięciu odpowiedniego przycisku na pilocie. Wybór sterowania radiowego na pulpicie sterowniczym będzie również skutkowało zmniejszeniem prędkości silnika elektrycznego, wobec czego prędkość jazdy spągłodawarki będzie mniejsza niż podczas jazdy w trybie lokalnym.

5. Podsumowanie

W artykule omówiono prace wstępne przeprowadzone w ramach realizacji projektu HYDKOM 75 pt.: "Innowacyjna maszyna mobilna z uniwersalnym układem napędu elektrycznego, podwyższającym poziom bezpieczeństwa technicznego", który realizowany jest w ramach umowy nr POIR.04.01.02-00-0102/16 z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju. Projekt jest współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Program Operacyjny Innowacyjny Rozwój, Działanie 4.1.2 Regionalne agendy naukowo-badawcze. Omówiono w skrócie rynek maszyn górniczych małej mechanizacji – spągłodawrek, ze szczególnym zwróceniem uwagi na maszyny z napędem elektrycznym. Przedstawiono wyniki badań energochłonności wybranej spągłodawarki, na podstawie których określono ilość energii (75 kWh) jaką musi zapewnić bateria ogniw przewidziana do zasilania nowego układu zasilająco-sterującego. Na koniec opisano koncepcję układu zasilająco-sterującego nowej maszyny mobilnej, skupiając się na głównych elementach wyposażenia elektrycznego: źródło zasilania – przekształtnik – system sterowania. Rozszerzenie funkcjonalności maszyny o sterowanie bezprzewodowe, umożliwi zwiększenie bezpieczeństwa operatora, poprzez jego oddalenie od maszyny przy wykonywaniu niektórych manewrów jazdy, zaś zastosowanie baterii ogniw o wysokiej gęstości energii z integrowanej w jednej obudowie z układem ładowania pozwoli na praktycznie ciągłą pracę maszyny. Podsumowując, coraz to szersze

wprowadzanie tzw. elektromobilności w podziemiach kopalń pozwala twierdzić, że przyjęty przez autorów kierunek rozwoju maszyn małej mechanizacji jest słuszny i w opinii przyszłych użytkowników będzie się cieszył dużym zainteresowaniem. Nie mniej przed konsorcjum KOMAG – HYDROTECH jeszcze szereg trudnych i czasochłonnych prac do wykonania zanim maszyna będzie gotowa do wprowadzenia na rynek górniczym. Przewidywany okres wdrożenia innowacyjnego rozwiązania to przełom 2019 / 2020.

6. Literatura

- [1]. M. Kalita "Spągłodawarka górnicza jako wielofunkcyjna maszyna robocza z podwoziem gąsienicowym o szerokości 1000 mm", *Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych*, TUR 2011, str. 270 -278, 2011.
- [2]. A. Klich "Maszyny i urządzenia dla inżynierii budownictwa podziemnego", *Praca zbiorowa* Katowice 1999.
- [3]. M. Maas, A. Torcka "Maszyny specjalne do górnictwa podziemnego: projekty i nowe rozwiązania firmy Deilmann-Haniel", *Szkoła eksploatacji podziemnej*, Materiały konferencyjne nr 2219, str. 1 -9, 2014.
- [4]. M. Maas "Equipment for underground mining: Projects and new developments at Deilmann-Haniel Mining Systems GmbH", *Mining Report Gluckauf*, nr 4, str. 223 -227, 2014.
- [5]. H. Przybyła, A. Chmiela "Technika i organizacja w robotach przygotowawczych", *Wydawnictwo Politechniki Śląskiej*, Gliwice 2002.
- [6]. E. Remiorz "Wyznaczenie masy krytycznej urobku w czerpaku ładowarki do pobierki spągu", *Archiv of Mining*, nr 3, str. 531 -543, 2017.
- [7]. Sprawozdanie z projektu nr POIR.04.01.02-00-0102/16. rok 2017 – materiały niepublikowane.

Autorzy

mgr inż. Dariusz Kapuściński
HYDROTECH S.A
d.kapuscinski@hydrotech.com.pl

dr inż. Bartosz Polnik
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
bpolnik@komag.eu