

Nowe rozwiązanie układu zasilająco-sterującego górniczej maszyny mobilnej

dr inż. Rafał Konsek
mgr inż. Przemysław Deja
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

The new solution for the power supply and control system of mining auxiliary machines

Streszczenie:

Spałodowarki są powszechnie stosowanymi maszynami w polskim górnictwie węglowym. Zazwyczaj maszyny te stosowane są do prac związanych z odpowiednim utrzymaniem spągu w chodnikach. Są to z reguły maszyny samobieżne, zbudowane na podwoziu gąsienicowym, o napędzie elektrohydraulicznym, w których 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 spałodowarki oraz możliwość uszkodzenia mechanicznego przewodu zasilającego. W związku z powyższym, podjęto prace nad układem napędowym zasilanym z własnego źródła w postaci baterii ogniów. Prace nad innowacyjnym rozwiązaniem zespołu zasilającego rozpoczęto w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, przy współpracy z producentem maszyn górniczych firmą HYDROTECH S.A.

Abstract:

Dinting loaders 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 by the hydraulic systems. 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 dinting loader, the cable being unwound and exposed to mechanical damage. In reference to 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 of the power supply unit for mining machinery of small mechanization has been started at the KOMAG Institute of Mining Technology in cooperation with the mining machine manufacturer HYDROTECH S.A.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny do pobierki spągu, maszyny elektryczne, bateria akumulatorów

Keywords: mining, dinting loaders, electrical machines, battery

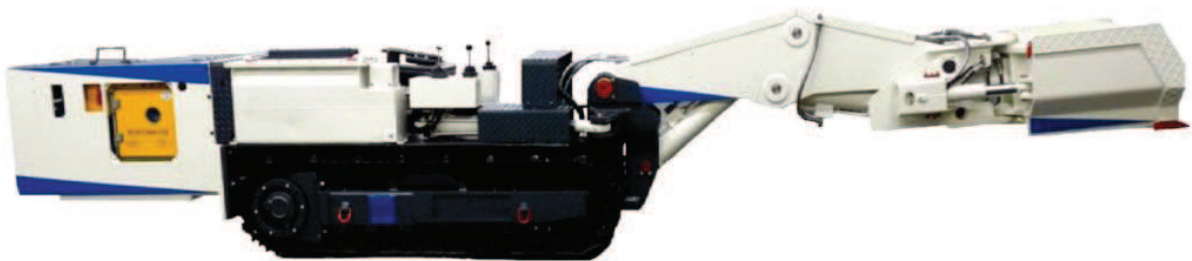
1. Wprowadzenie

Spałodowarki są powszechnie stosowanymi maszynami w polskim górnictwie węglowym. Służą do pobierki spągu, prac załadowniczych w chodnikach i do podciągania materiałów w różnych miejscach infrastruktury kopalnianej. Są również stosowane podczas drążenia wyrobisk korytarzowych techniką strzelniczą, gdzie wymagane jest usunięcie fragmentów skały płonnej i węgla z ociosów oraz stropu. Spałodowarki są maszynami samobieżnymi opartymi na podwoziu gąsienicowym 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 możliwość uszkodzenia mechanicznego kabla. Uwzględniając powyższe podjęto prace 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 jest przez konsorcjum ITG KOMAG i HYDROTECH S.A.

Maszyna przewidziana będzie do prac związanych z utrzymaniem właściwego stanu technicznego spągu w wyrobiskach górniczych potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego [2].

2. Układ zasilająco-sterujący

W celu zapewnienia uniwersalności wykonywanych przez spągoadowarkę prac zastosowano innowacyjny układ zasilająco-sterujący, w skład którego wchodzi bateria akumulatorów. Czas pracy maszyny z napędem akumulatorowym jest uzależniony od mocy źródła energii – baterii akumulatorów. Podstawowym założeniem dla projektantów pojazdów elektrycznych jest zatem ocena czasu pracy maszyny, w odniesieniu do stanu naładowania baterii akumulatorów. Przykładowo, w badaniach homologacyjnych w Unii Europejskiej, zużycie energii przez samochody elektryczne jest wyznaczane zgodnie z procedurą opisaną w Regulaminie EKG ONZ nr 101. Samochody są badane na hamowni podwoziowej w teście jezdnym NEDC, symulującym jazdę miejską i pozamiejską. W celu oceny zużycia energii przez pozostałe pojazdy elektryczne wykonuje się badania w testach jezdnych, odpowiadających różnym warunkom ruchu [1]. Energochłonność napędu pojazdu określa praca, którą należy wykonać w celu pokonania oporów ruchu i sił bezwładności podczas pracy pojazdu. Energochłonność uzależniona jest od cech konstrukcyjnych pojazdu, jak i od profilu trasy oraz sposobu jej pokonania. Na energochłonność mają również wpływ straty wynikające ze zamiany energii źródła na energię mechaniczną w układzie napędowym. Straty te można zmniejszyć w procesie projektowo-konstrukcyjnym poprzez odpowiedni dobór cech jednostki napędowej. Zmiennymi mogą być cechy konstrukcyjne, takie jak: kształt i masa pojazdu, przełożenie oraz sposób sterowania, który w szczególności może dotyczyć prędkości chwilowej, momentu uruchomienia i wyłączenia jednostki napędowej, doboru nastaw sterownika jednostki napędowej (natężenia prądu, napięcia). Celem opracowania innowacyjnego układu zasilająco-sterującego spągoadowarki, przeprowadzono identyfikację danych wejściowych w zakresie energochłonności. W tym celu przeprowadzono badania spągoadowarki typu BH 3000 (rys. 1) produkowanej przez firmę HYDROTECH S.A, eksploatowanej w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Wyniki badań przedstawiono w publikacji [2]. Posłużyły one do opracowania układu zasilająco-sterującego innowacyjnej spągoadowarki, a w szczególności do doboru baterii akumulatorów.



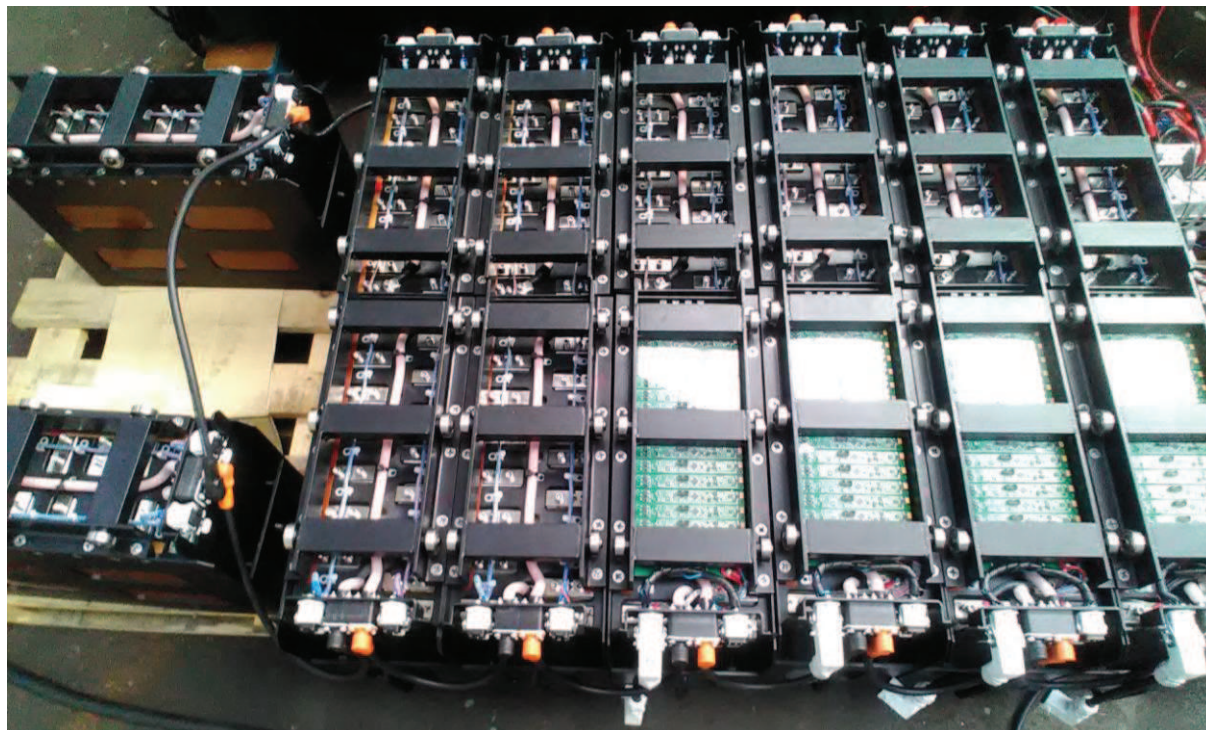
Rys. 1. Spągoadowarka typu BH 3000 [3]

2.1. Bateria

W publikacji [2] przedstawiono zapotrzebowanie na energię spągotładowarki, która wynosi 75 kWh. Aby sprostać tym wymaganiom złożono baterię, składającą się z 224 akumulatorów połączonych szeregowo. Są to akumulatory typu LiFePo₄ (litowo-żelazowo-fosforanowe) o pojemności 100 Ah każdy i napięciu nominalnym 3,2 V (rys. 2a). Bateria (rys. 2b) składa się z 14 kaset po 16 ogniw.



a)

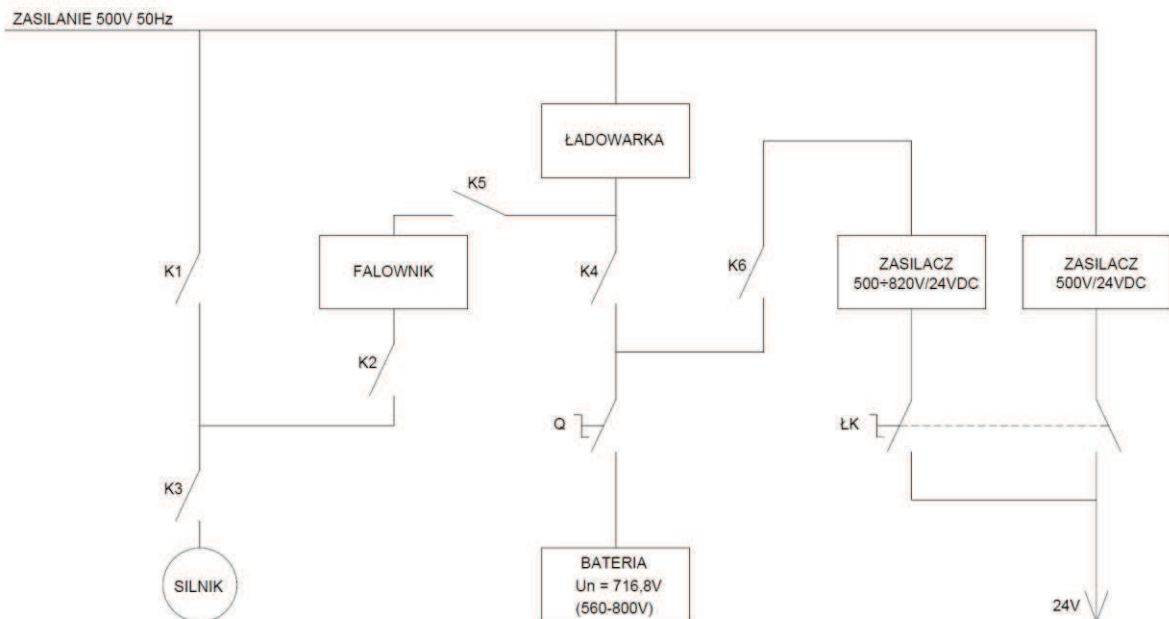


b)

Rys. 2. Bateria akumulatorów
a) pojedynczy akumulator [4] b) bateria akumulatorów [3]

2.2. Obwody główne układu zasilająco-sterującego

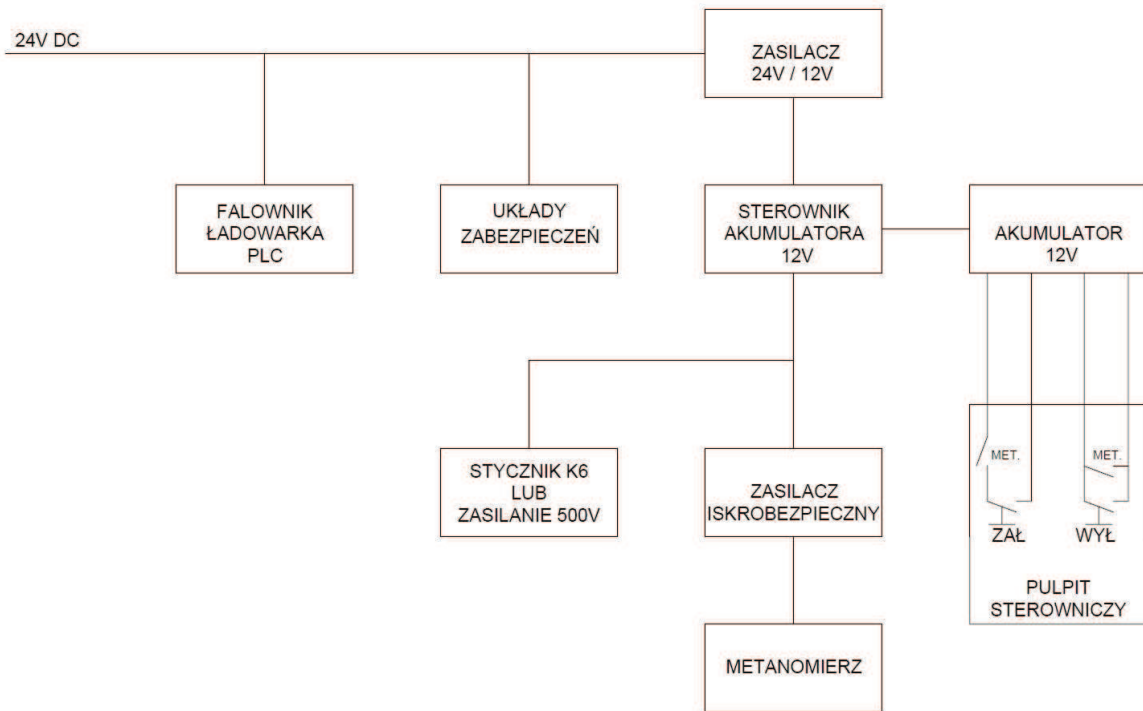
Główne obwody elektryczne układu zasilająco-sterującego przedstawiono na rysunku 3. Podstawowymi elementami wyposażenia elektrycznego są: silnik elektryczny o mocy 55 kW, falownik, ładowarka, bateria akumulatorów oraz dwa zasilacze o napięciu wyjściowym 24VDC do zasilania obwodów sterowniczych. Praca spągoladowarki może odbywać się w dwóch trybach – podczas zasilania bateryjnego lub sieciowego. Wyboru trybu pracy będzie dokonywał operator za pomocą łącznika krzywkowego ŁK.



Rys. 3. Obwody główne układu zasilająco-sterującego [3]

2.3. Obwody sterownicze układu zasilająco-sterującego

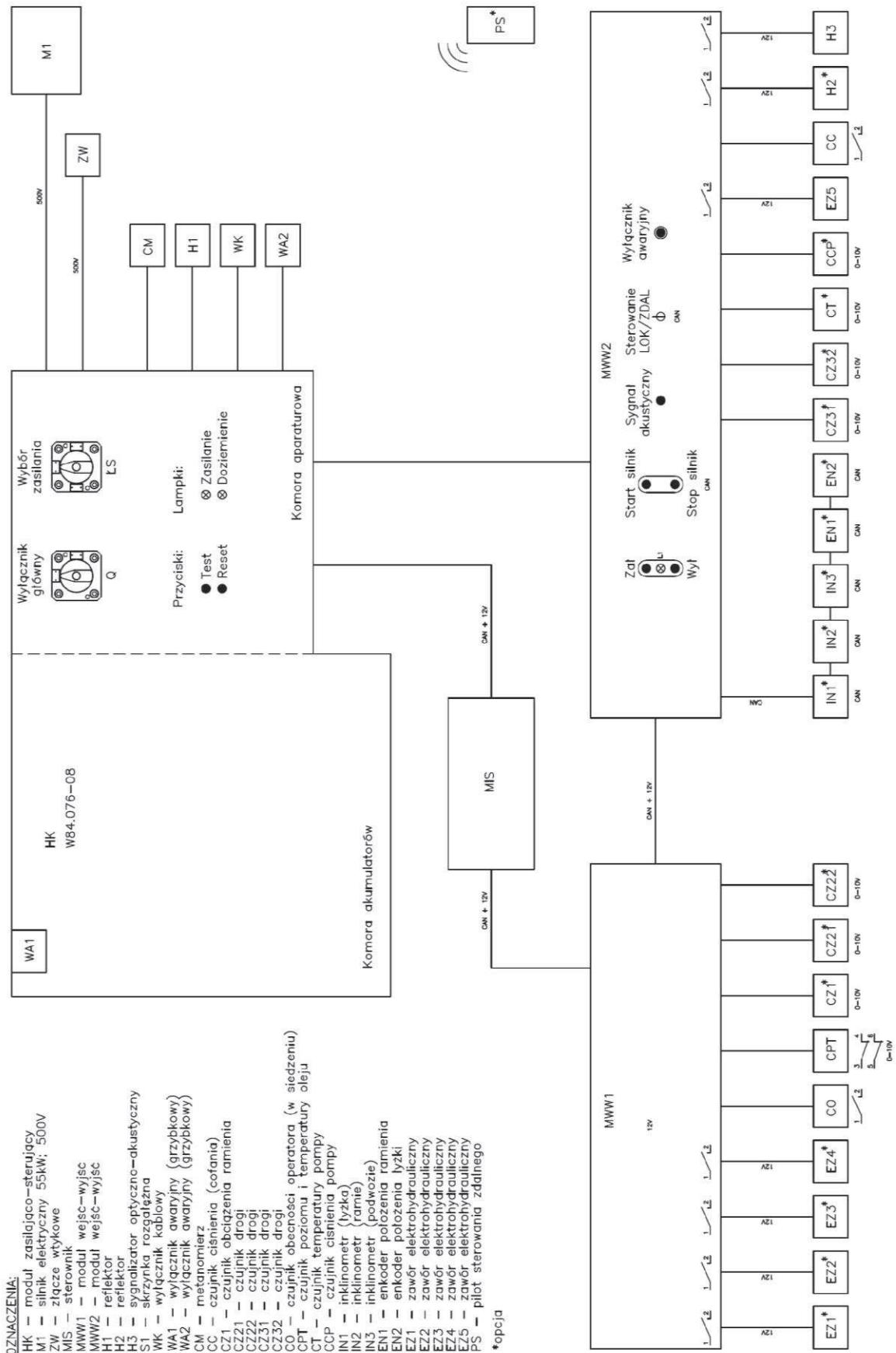
Na rysunku 4 przedstawiono przykład obwodu sterowniczego do uruchomienia maszyny. W celu uruchomienia maszyny należy najpierw sprawdzić stężenie metanu w rejonie pracy maszyny za pomocą zabudowanego na maszynie metanomierza zasilanego z wewnętrznego akumulatora. Brak przekroczenia dopuszczalnego stężenia metanu umożliwia uruchomienie obwodów wykonawczych metanomierza, którego styki wpięte są w obwód akumulatora 12 V. Naciśnięcie przycisku ZAŁ powoduje pojawienie się napięcia wyjściowego 12 V na akumulatorze, które w zależności od wybranego trybu pracy załącza napięcie sterownicze 24VDC.



Rys. 4. Obwody sterownicze układu zasilająco-sterującego [3]

2.4. Obwody zewnętrzne

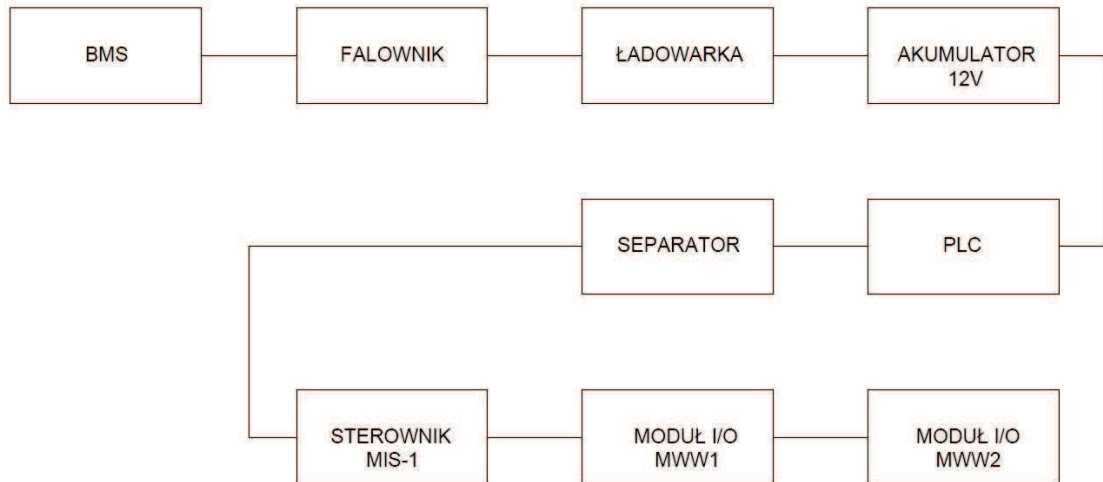
Na rysunku 5 przedstawiono obwody zewnętrzne. Głównymi elementami są moduły wejść/wyjść MWW1 i MWW2, które zbierają dane z czujników rozmieszczonych na maszynie i przesyłają je do sterownika MIS-1. Ten z kolei przesyła je dalej do sterownika PLC umieszczonego wewnątrz skrzyni ognioszczelnej.



Rys. 5. Obwody zewnętrzne układu zasilająco-sterującego [3]

2.5. Komunikacja

Komunikacja między poszczególnymi elementami układu zasilająco-sterującego odbywa się za pomocą protokołu komunikacyjnego CANopen (rys. 6). Głównym jego elementem jest sterownik PLC, który zbiera informacje o stanie maszyny i decyduje o możliwości jej załączenia lub wyłączenia. Wszystkie informacje o aktualnym stanie maszyny będzie można wyświetlić na sterowniku MIS-1.



Rys. 6. Komunikacja [3]

2.6. Sterowanie bezprzewodowe

Sterowanie radiowe spągłodowarki ograniczono jedynie do jazdy, gdyż tylko taka funkcja będzie potrzebna. W spągłodowarce zastosowane zostaną elektrozawory, które będąysterowane po naciśnięciu odpowiedniego przycisku na pilocie. Wybór sterowania radiowego na pulpicie sterowania będzie również skutkował zmniejszeniem prędkości silnika elektrycznego, wobec czego prędkość spągłodowarki zostanie mniejsza niż podczas jazdy w trybie lokalnym. Do sterowania radiowego wykorzystany zostanie pilot MPB-1 systemu BLUESTER firmy Gabrypol (rys. 7).



Rys. 7. Pilot bezprzewodowego systemu sterowania BLUESTER [3]

Zaletą pilota MPB-1 jest możliwość komunikacji ze sterownikiem MIS-1 (rys. 8). Dzięki czemu nie ma potrzeby stosowania dodatkowego odbiornika do sterowania maszyną.



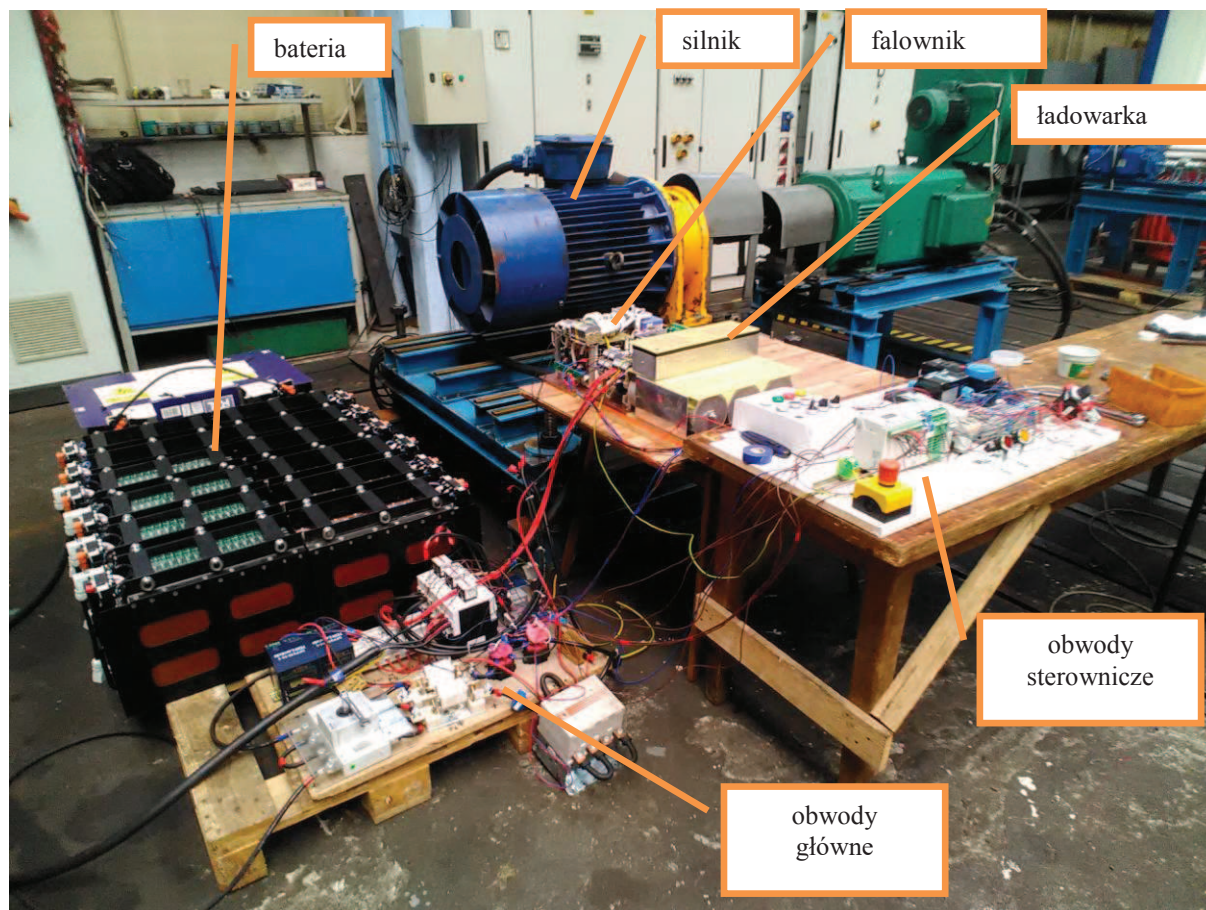
Rys. 8. Sterownik MIS-1 [5]

3. Stanowisko do badań funkcjonalnych

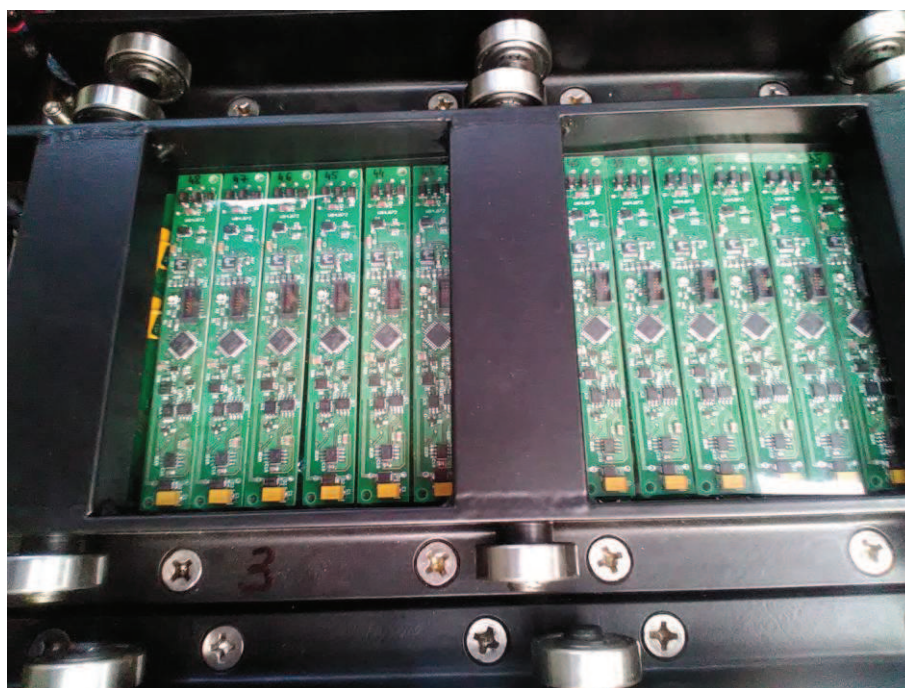
Po zaprojektowaniu obwodów elektrycznych spągoladowniki, zakupiono elementy wyposażenia, które zabudowane zostaną wewnątrz skrzyni ognioszczelnej. Przed ich zabudową w skrzyni na stanowisku badawczym (rys. 9) zostaną przeprowadzone testy, mające na celu określenie:

- prawidłowości działania układu zasilającego,
- prawidłowości działania układu sterującego,
- poprawności działania zabezpieczeń,
- doboru odpowiednich nastaw parametrów pracy ładowarki,
- doboru odpowiednich nastaw parametrów pracy falownika,
- działania układu zarządzającego baterią BMS aktywnym (rys. 10),
- działania układu zarządzającego baterią BMS pasywnym (rys. 11),

Po przeprowadzeniu badań stanowiskowych elementy wyposażenia elektrycznego zostaną zabudowane wewnątrz skrzyni ognioszczelnej, która umieszczona zostanie w spągoladownice. Wówczas przeprowadzone zostaną badania kompletnego wyposażenia elektrycznego spągoladowniki (wraz z obwodami zewnętrznymi) umożliwiając tym samym rejestrowanie parametrów pracy z wszystkich czujników.



Rys. 9. Stanowisko badawcze [3]



Rys. 10. Układy BMS aktywne [3]



Rys. 11. Układy BMS pasywny [6]

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono prace wstępne przeprowadzone w ramach projektu HYDKOM 75 pt.: „Innowacyjna maszyna mobilna z uniwersalnym układem napędu elektrycznego, podwyższającym poziom bezpieczeństwa technicznego”. Projekt jest realizowany jest w ramach umowy z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju. Projekt jest współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Program Operacyjny Innowacyjny Rozwój, Działanie 4.1.2 Regionalne agencji naukowobadawcze. W artykule zaprezentowano układ zasilająco-sterujący prototypu spągłodowarki, przedstawiono schematy blokowe obwodów głównych, sterowniczych oraz zewnętrznych. Opisano budowę stanowiska do badań funkcjonalnych układu sterowania. Zastosowanie innowacyjnych rozwiązań, rozszerzających funkcjonalność maszyny o sterowanie bezprzewodowe, umożliwi zwiększenie bezpieczeństwa operatora poprzez jego oddalenie od maszyny przy wykonywaniu manewrów jazdy. Zastosowanie baterii akumulatorów o wysokiej gęstości energii zintegrowanej w jednej obudowie z układem ładowania pozwoli na praktycznie ciągłą pracę maszyny. Zaproponowana elektromobilność pojazdów stosowanych w podziemiach kopalń to nowy kierunek rozwoju systemów zasilania i napędów maszyn małej mechanizacji, co w opinii użytkowników przyczyni się do zwiększenia możliwości ich wykorzystania.

Literatura

- [1] Konsek R.: Szacowanie czasu pracy górniczych maszyn transportowych z napędem akumulatorowym. *Maszyny Górnicze* 2017 nr 2
- [2] Kapuściński D., Polnik B.: Innowacyjny układ zasilająco-sterujący spągłodowarki górniczej. *Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe* 2018 nr 2
- [3] Projekt pt. Innowacyjna maszyna mobilna z uniwersalnym układem napędu elektrycznego, podwyższającym poziom bezpieczeństwa technicznego – materiały ITG KOMAG, Gliwice 2018 (materiały niepublikowane)

- [4] www.ev-power.eu (27.08.2018)
- [5] www.gabrypol.com (27.08.2018)
- [6] www.orionbms.com (27.08.2018)

Czy wiesz, że

...innowacyjne technologie dotyczące systemów ścianowych, opracowane przez australijskich naukowców i specjalistów z przemysłu, zrzeszonych w organizacji CSIRO, znacząco przyczyniły się do wzrostu poziomu wydobywania węgla i zwiększenia bezpieczeństwa pracy w górnictwie podziemnym. Między innymi rozwinięto systemy umożliwiające monitorowanie zagrożeń związanych z wyrzutami gazu i skał, kontrolę zagrożeń pożarowych oraz związanych z zapyleniem, a także opracowano nowe systemy ciągłego pomiaru wskaźników mechaniki górotworu. Obecnie prace CSIRO skoncentrowane są na zwiększaniu produktywności i poprawie bezpieczeństwa robót chodnikowych, w tym na udoskonalaniu kombajnów typu continuous miner. Do najnowszych osiągnięć należy system umożliwiający autonomiczną pracę kombajnu, wykorzystujący zaawansowane układy orientacji 3D, w oparciu o sygnały z czujników bezwładnościowych (żyroskopów i akcelerometrów - system INS), a także laserowy system ExScan tworzący mapy środowiska pracy w czasie rzeczywistym.

World Coal 2018 nr 9 s.29-31