

<https://doi.org/10.32056/KOMAG2019.4.5>

Agregaty konstrukcji KOMAG przeznaczone do chłódenia silników elektrycznych duųych mocy

Krzysztof Nieśpiałowski
Mateusz Wójcicki

Cooling devices designed by KOMAG intended
for cooling the high-power electric motors

Streszczenie:

Powszechnie stosowane w krajowym górnictwie chłódenie maszyn wyposażonych w napędy elektryczne duųych mocy wodą z magistrali ppoų. odprowadzaną po zuųyciu do kanału ściekowego, generuje duųe problemy technologiczne i ekonomiczne związane z jej ponownym odprowadzeniem na powierzchnię. W artykule przedstawiono koncepcję otwartego i zamkniętego układu chłódenia górnictwowych maszyn duųych mocy. Stanowią one alternatywę dla metody powszechnie wykorzystywanej. Porównano wady i zalety omawianych układów w zależności od warunków zastosowania.

Abstract:

Cooling of the machines used in the mining industry, equipped with high-power electric drives, by water from the mine fire system generates technological and economic problems associated with re-transportation of water to the surface. The concept of open and closed system for cooling the high-power mining machines is presented. This is an alternative to the commonly use method. Advantages and disadvantages of the discussed systems are compared.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny górnictwowe, napędy elektryczne, układ chłodzenia

Keywords: mining industry, mining machines, electric drives, cooling system

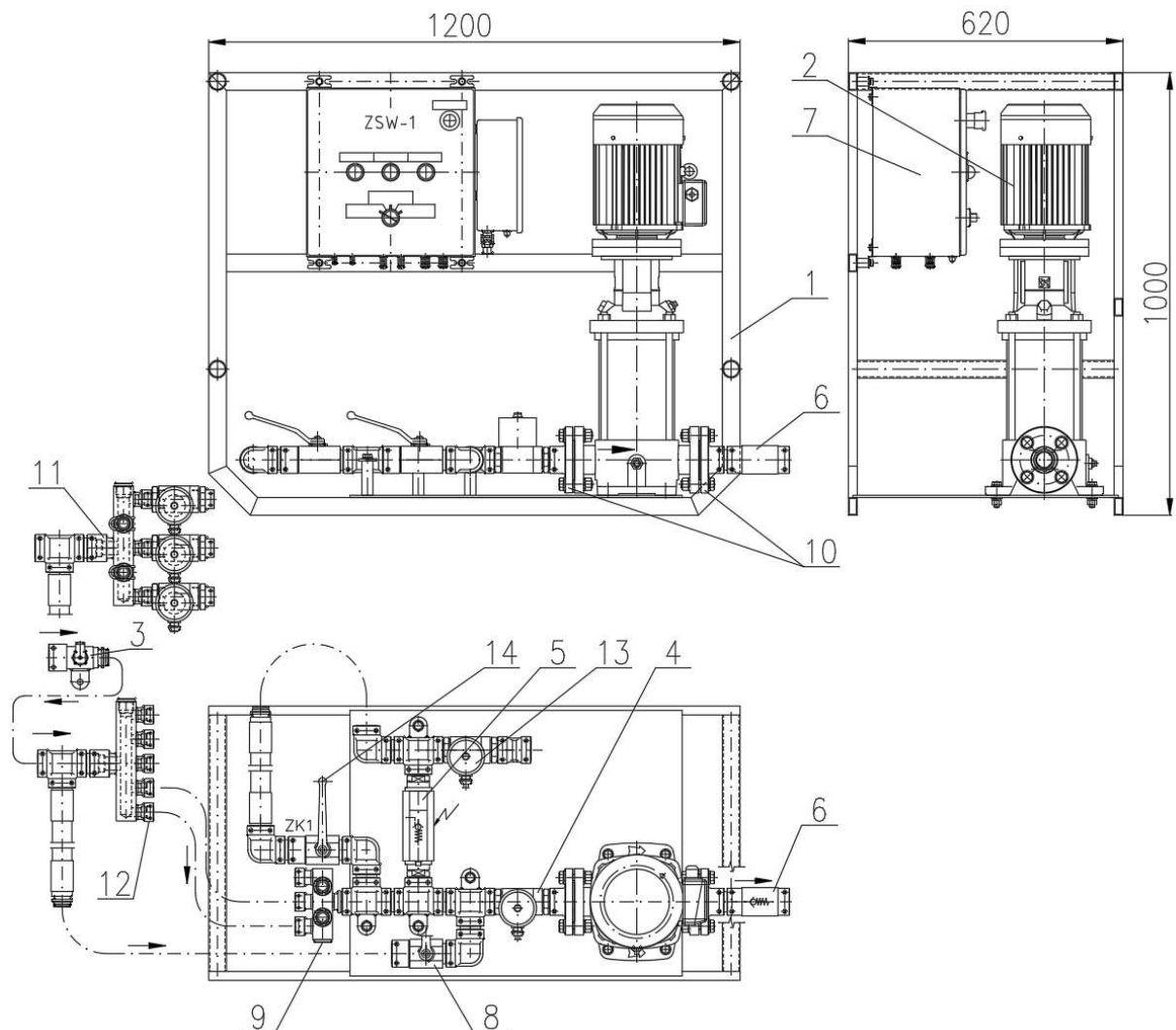
1. Wstęp

W wyrobiskach podziemnych w napędach maszyn i urządzeń stosowane są silniki elektryczne duųych mocy (do 500 kW). Silniki te zbudowane są jako przeciwwybuchowe i z reguły wymagają chłódenia wymuszonego [11, 13, 14]. Chłódenie to realizowane jest za pomocą wody dostarczanej z rurociągów p.poų. [1, 2, 3]. Zuųywana woda, po schłódeniu silnika elektrycznego, odprowadzana jest bezpośrednio na spąg lub do kanałów ściekowych. Zuųycie wody dla opisywanego modelu jest stosunkowo duųe, co niekorzystnie wpływa na bilans ekonomiczny stosowania silników chłódzonych wodą oraz wymaga dodatkowego zuųycia energii elektrycznej, celem wypompowania zuųytej wody z powrotem na powierzchnię.

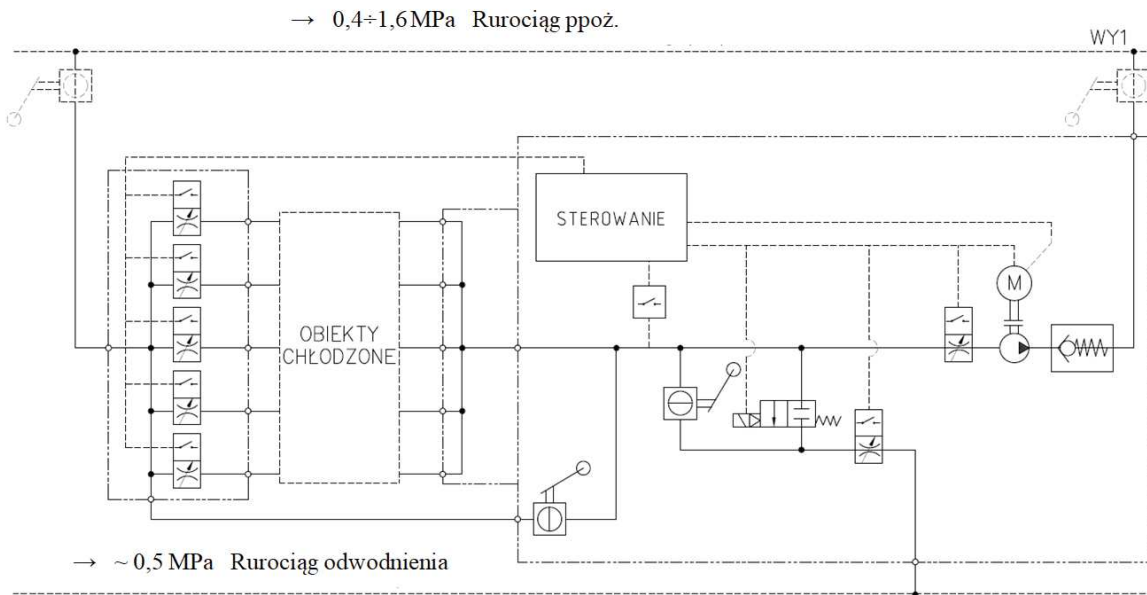
Alternatywą opisywanej metody chłódniczej jest zastosowanie jednego z dwóch układów chłódenia opracowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. W układzie otwartym, woda pobierana z układu ppoų., po odebraniu energii cieplnej z pracujących silników elektrycznych, jest z powrotem wtłaczana do magistrali ppoų. Eliminuje to konieczność wypompowywania jej na powierzchnię celem ponownego uzdatniania oraz pozwala na powtórne wykorzystanie w innych procesach technologicznych realizowanych w kopalni. Drugim opisywanym wariantem chłódenia jest układ zamknięty, który całkowicie eliminuje potrzebę korzystania z magistrali ppoų. Układ wyposażony jest w zbiornik chłodziwa i chłódnicę, które na bieżąco studzą medium użyte w procesie chłódenia maszyn. W dalszej części artykułu opisano zasadę działania obydwu układów.

2. Koncepcja agregatu chłodniczego w układzie otwartym

Urządzenie chłodnicze przeznaczone jest do ciągłej pracy w sprzężeniu z układami chłodniczymi maszyn różnego typu (silniki elektryczne, przekładnie itp.). Zasada działania układu opiera się na pobieraniu wody z górniczej magistrali ppoż., kierowaniu jej do kanałów chłodniczych studzonych zespołów, a następnie ponownemu wtłaczaniu (za pośrednictwem pompy wirowej) do magistrali ppoż. Rysunek koncepcyjny zespołu pompowego układu chłodzenia przedstawiono na rysunku 1, natomiast schemat hydrauliczny układu zaprezentowano na rysunku 2.



Rys. 1. Koncepcja zespołu pompowego układu chłodzenia w układzie otwartym [6, 9]:
 1-rama montażowa, 2-pompa wodna, 3-przetwornik temperatury, 4-przeływomierz, 5-elektrozawór, 6-zawór zwrotny, 7-podzespół sterowania elektronicznego, 8,14-zawór kulowy, 9,11,12-kolektor, 10-gniazdo typu Stecko, 13-sygnalizator przepływu



Rys. 2. Schemat hydrauliczny otwartego układu chłodzenia [6, 9]

Zespół pompowy umożliwia pobór wody z rurociągu p.poż., wykorzystanie jej w układzie chłodzenia maszyn stacjonarnych i zwrot jej do rurociągu. Składa się on z ramy montażowej (rys. 1, poz. 1), na której zamontowano wirową pompę wodną (poz. 2), napędzaną silnikiem elektrycznym. Do pompy wodnej, od strony ssącej, zabudowano przepływomierz (poz. 4), natomiast od strony tłocznej zawór zwrotny (poz. 6). Do strony ssącej doprowadzono również odrębny przewód hydrauliczny, zakończony zaworem kulowym ZK2 (poz. 8). Przewód ten stanowi niezależny układ zasilania pompy, który poprzez odpowiednie ustawienie zaworu ZK2, ma za zadanie nie dopuścić do pracy urządzenia w warunkach kawitacji (pojawienie się w określonym obszarze cieczy poddanej podciśnieniu lub gwałtownemu spadkowi ciśnienia pęcherzyków gazu [5, 8]). Ilość przepływającej przez pompę wirową cieczy wskazywana będzie przez sygnalizator przepływu (poz. 4). Do gniazd wejściowych zostaną podłączone hydraulicznie obiekty chłodzone, natomiast gniazdo wyjściowe połączone będzie z zespołem pompowym [6].

Równoległe do linii przepływu wody przez pompę, przewidziano linię jej awaryjnego przepływu. W przypadku uszkodzenia lub postoju pompy, woda, poprzez elektrozawór sterowany automatycznie (poz. 5), kierowana będzie z układu chłodzenia do koryta ściekowego. W linii tej umieszczono również sygnalizator przepływu (poz. 13), współpracujący z podzespołem sterowania elektronicznego. Ponadto, zastosowano ręcznie sterowany zawór kulowy ZK1 (poz. 14), umożliwiający udrożnienie przepływu wody w przypadku uszkodzenia podzespołu sterowania elektronicznego [6].

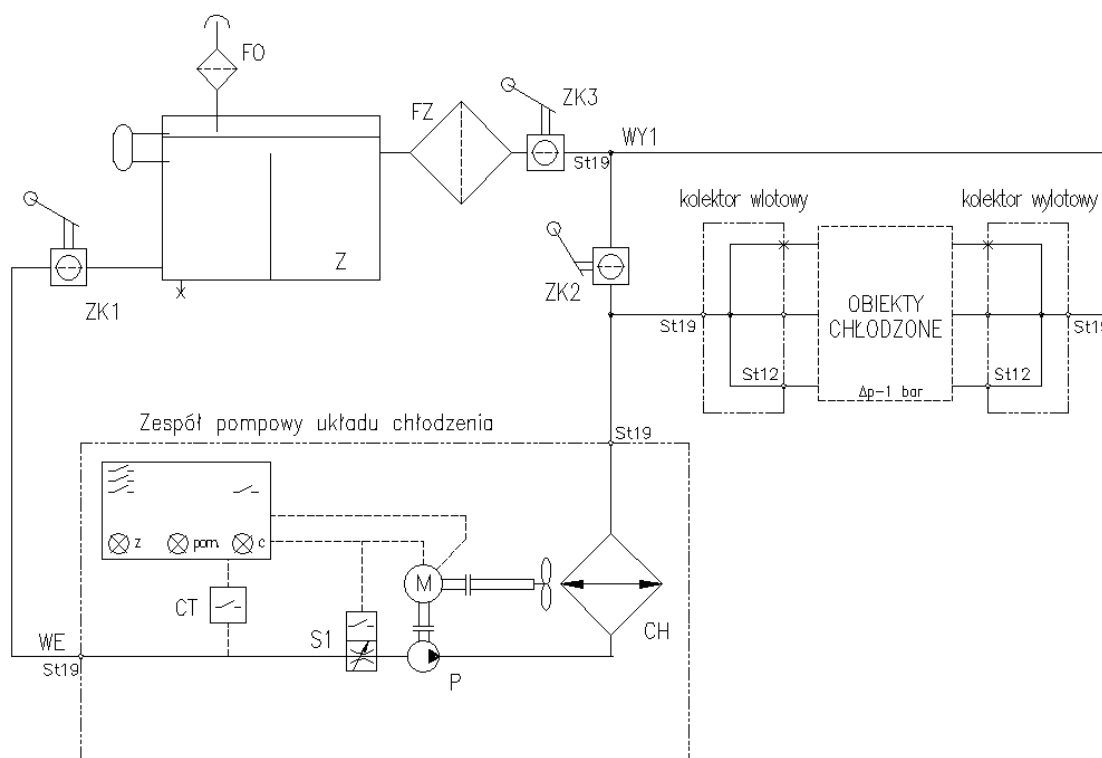
Za właściwą pracę pompy wirowej [12] odpowiada podzespół sterowania elektronicznego (poz. 7).

Połączenie poszczególnych odbiorników chłodzonych wodą z układu ppoż. realizowane jest za pomocą kolektora (poz. 12). Kolektor w wykonaniu specjalnym (poz. 11), wyposażono w sygnalizatory przepływu, zabudowane w każdym gnieździe wyjściowym, umożliwiające obserwację wielkości przepływu cieczy chłodzącej przez poszczególne odbiorniki. W obu przypadkach liczbę wykorzystywanych dróg zasilających określi użytkownik [6].

Ze względu na zanieczyszczenia pochodzące z układu ppoż. oraz układów chłodniczych studzonych maszyn, stosowanie otwartego układu chłodzenia wymaga ciągłej współpracy z dodatkowym układem filtrującym.

3. Rozwiązania koncepcyjne układu zamkniętego

Podczas prowadzonych prac konstrukcyjnych opracowano trzy rozwiązania zamkniętego układu chłodzenia. Kolejno stanowią one proces rozwojowy opracowywanej koncepcji układu zamkniętego, a każde kolejne rozwiązanie stanowi wersję rozwojową poprzedniego. Pierwsze z nich w swej budowie opiera się o zbiornik hydrauliczny, za którym zabudowano pompę hydrauliczną, napędzaną silnikiem elektrycznym w wykonaniu przeciwwybuchowym. Cechą charakterystyczną dobranego silnika elektrycznego jest wyprowadzony z obydwu stron silnika wał napędowy, umożliwiający równoczesny napęd pompy oraz wentylatora chłodnicy co schematycznie przedstawiono na rysunku 3 [4, 7].



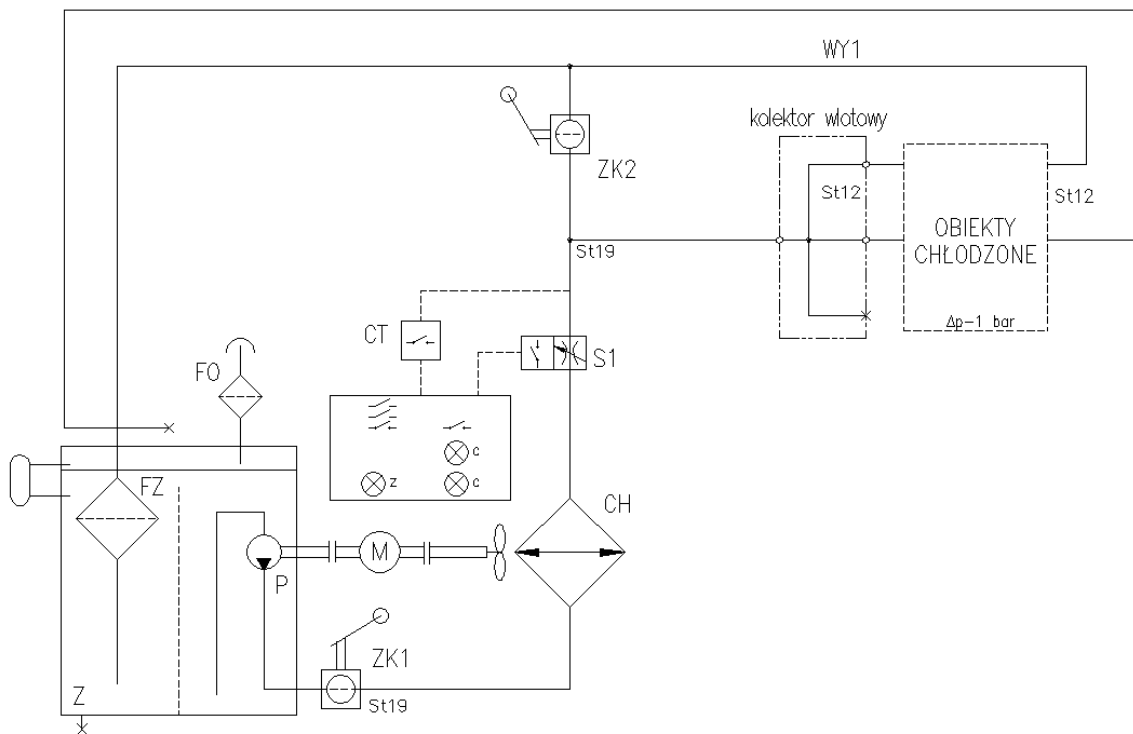
Rys. 3. Schemat hydrauliczny pierwszej koncepcji zespołu zamkniętego układu chłodzenia [7, 10]: Z-zbiornik, ZK-zawór kulowy, P-pompa hydrauliczna, M-silnik elektryczny, CH-chłodnica powietrzno – wodna, S1-sygnalizator przepływu, CT-przetwornik temperatury, FZ-filtr zlewowy, FO-filtr oddechowy

W przedstawionym rozwiązaniu medium hydrauliczne będzie zasysane przez pompę ze zbiornika i tłoczone do kolektora wlotowego, odpowiadającego za dostarczenie go do obiektów chłodzonych. Po odebraniu ciepła, ciecz będzie wpływać do kolektora wylotowego, z którego przez filtr zlewowy, będzie przepływać do zbiornika. Układy przepływowe maszyn elektrycznych połączono z kolektorem wylotowym przewodami elastycznymi. Na linii ssania pompy zabudowano sygnalizator przepływu, współpracujący z układem sterowania. Na podstawie jego wskazań, układ sterowania „zdecyduje” o uruchomieniu silnika elektrycznego napędzającego pompę oraz zasygnalizuje możliwość pracy pompy w kawitacji.

Na doprowadzeniu wody chłodzącej do zbiornika zastosowano zawory odcinające. Zawór ZK2, połączony równolegle z obiektami chłodzonymi, służyć będzie do uzyskania pełnego przepływu przez układ, bez dławienia na pompie. Zawory ZK1 i ZK3 posłużą do odcięcia zbiornika płynu chłodzącego podczas prac serwisowych. Zbiornik hydrauliczny wyposażono w filtr odpowietrzający, wskaźnik poziomu cieczy oraz korek spustu cieczy chłodzącej [4, 7].

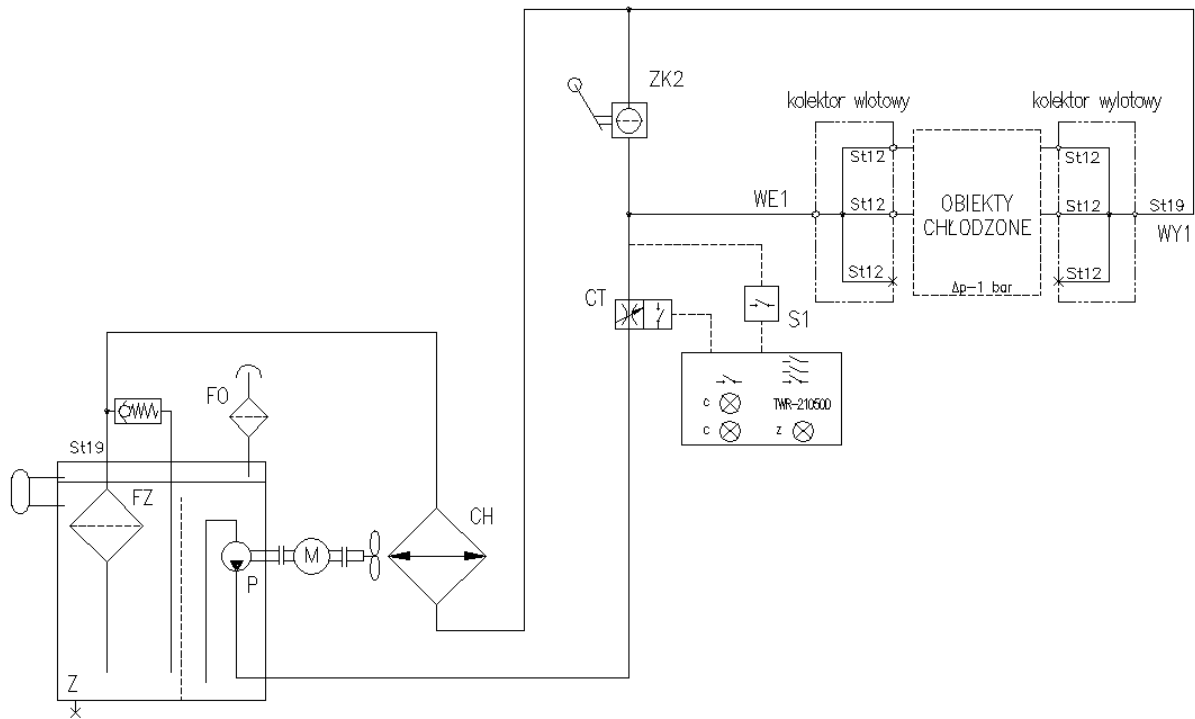
Po przeanalizowaniu przez zespół autorski powyższego rozwiązania, zdecydowano o zabudowaniu pompy hydraulicznej wewnątrz zbiornika hydraulicznego, a kolektor wyjściowy przeniesiono na filtr zlewowy, który również został wprowadzony do wnętrza zbiornika (poza jego pokrywę serwisową) [4, 7]. Wprowadzenie pompy do zbiornika czyni agregat bardziej kompaktowym oraz eliminuje konieczność stosowania przewodu ssawnego. Natomiast przeniesienie kolektora uprosi proces podłączania odbiorników.

Na rysunku 4 pokazano zmodyfikowany układ chłodzenia w obiegu zamkniętym.

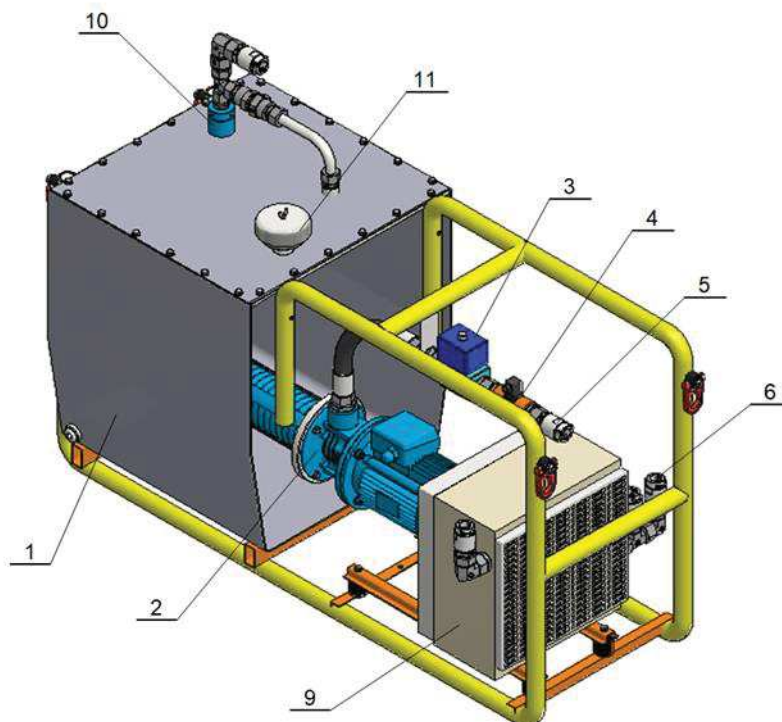


Rys. 4. Schemat hydrauliczny drugiej koncepcji zespołu zamkniętego układu chłodzenia [7, 10]: Z-zbiornik, ZK-zawór kulowy, P-pompa hydrauliczna, M-silnik elektryczny, CH-chłodnica powietrzno – wodna, S1-sygnalizator przepływu, CT-przetwornik temperatury, FZ-filtr zlewowy, FO-filtr oddechowy

Biorąc pod uwagę teoretyczne koszty wykonania oraz usprawnienie podłączenia obiektów chłodzonych zdecydowano, że kolektory wlotowy i wylotowy mogą zostać przeniesione na ramę zespołu pompowego. Zachowano również jedno gniazdo rezerwowe dla podłączenia dodatkowego obiektu chłodzonego o podobnych parametrach przepływowych, jak pozostałe. Rozwiązanie to schematycznie pokazano na rysunku 5, i jako model 3D, na rysunku 6 [4, 7].



Rys. 5. Schemat hydrauliczny trzeciej koncepcji zespołu zamkniętego układu [7, 10]:
 Z-zbiornik, ZK-zawór kulowy, P-pompa hydrauliczna, M-silnik elektryczny, CH-chłodnica powietrzno – wodna, S1-sygnalizator przepływu, CT-przetwornik temperatury, FZ-filtr zlewowy, FO-filtr oddechowy



Rys. 6. Model zespołu zamkniętego układu chłodzenia [4, 7]:
 1-podszpół zbiornika, 2-podszpół pompowo – silnikowy, 3-sygnalizator przepływu, 4-przetwornik temperatury, 5-podszpół kolektora zlewowego, 6-podszpół kolektora tłocznego, 9-podszpół chłodnicy, 10-podszpół filtra zlewowego, 11-filtr oddechowy

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono koncepcję otwartego i zamkniętego układu chłodzenia maszyn napędzanych silnikami elektrycznymi dużych mocy, przewidzianych do zastosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Zastosowanie zamkniętego układu chłodzenia, w którym czynnik roboczy będzie krążył na drodze zbiornik – obiekt chłodzony – chłodnica, pozwoli na wyeliminowanie poboru wody z rurociągu p.pož. W układzie zamkniętym będzie można stosować ciecz z dodatkami o własnościach antykorozyjnych, konserwującymi układy chłodnicze maszyn. Takie podejście powinno ograniczyć koszty użytkowania i serwisowania maszyn napędzanych silnikami elektrycznymi. Mimo całkowitego uniezależnienia agregatu pracującego w układzie zamkniętym od dostaw wody rurociągiem p.pož., jego podstawową wadą (w stosunku do układu otwartego) są znacząco wyższe koszty wykonania, związane głównie z koniecznością zastosowania chłodnicy i zbiornika hydraulicznego. W układzie otwartym, dzięki ciągłemu pobieraniu wody z układu p.pož. oraz po odebraniu energii cieplnej ze studzonych urządzeń i ponownym jej wtłaczaniu do układu p.pož., całkowicie wyeliminowano konieczność stosowania wspomnianych podzespołów.

Wobec powyższego, układy otwarte i zamknięte mogą być stosowane zamiennie w zależności od wymagań związanych z miejscem eksploatacji.

Literatura

- [1] Bojjko I.G., Omel'chenko A.N., Shikhova L.K.: Dwuobwodowy układ chłodzenia silników elektrycznych przeciwybuchowych. Ugol' Ukr. 2007 nr 5 s. 43-47.
- [2] Krok R.: Modele stosowane w systemach komputerowego wspomaganie projektowania silników górniczych. Napędy i Sterowanie 2019 nr 7/8 s. 90-94.
- [3] Niewiara M., Bartnik D.: Nowe konstrukcje w ofercie produkcyjnej DFME DAMEL SA w tym silniki stosowane w napędach przenośników taśmowych, Materiały na konferencję: Transport taśmowy a optymalizacja pracy pod ziemią, XXII Międzynarodowe Sympozjum, Zakopane, 8-9 maja 2014 s. 85-94.
- [4] Nieśpiałowski K. i inni: Agregat chłodniczy w układzie zamkniętym dla silników elektrycznych maszyn górniczych. Masz. Gór. 2018 nr 3 s. 47-56, ISSN 2450-9442.
- [5] Osiecki A.: Hydrostatyczny napęd maszyn. WNT Warszawa 1998.
- [6] Rawicki N. i inni: Koncepcja zespołu pompowego układu chłodzenia. ITG KOMAG, 2018 (materiały niepublikowane).
- [7] Rawicki N. i inni: Opracowanie koncepcji zamkniętego układu chłodzenia silników elektrycznych. ITG KOMAG, 2018 (materiały niepublikowane).
- [8] Stryczek S.: Napęd hydrostatyczny. WNT Warszawa 1990.
- [9] Dokumentacja techniczna: Zespół pompowy układu chłodzenia; ITG KOMAG, 2017.
- [10] Dokumentacja techniczna: Zamknięty układ chłodzenia silników elektrycznych; ITG KOMAG, 2018.
- [11] <https://automatykab2b.pl/temat-miesiaca/39636-silniki-i-napedy-do-stref-zagrozonych-wybuchem/strona/1> (20-05-2019).

- [12] <https://pl.grundfos.com> (24-05-2019).
 [13] <http://www.damel.com.pl> (20-05-2019).
 [14] <http://www.komel.katowice.pl> (20-05-2019).

dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski
kniespialowski@komag.eu

mgr inż. Mateusz Wójcicki
mwojcicki@komag.eu

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

Czy wiesz, że

... Specjaliści firmy EMCO stworzyli model 3D kopalni Solntsevsky znajdującej się w Sachalinie w Rosji. Tego typu model daje dokładniejszy obraz nie tylko powierzchni, ale także struktury rezerw złożowych dla całej badanej głębokości: złoża pokładów węgla, objętości rezerw, jakości i właściwości fizyko-mechanicznych węgla oraz ilości nadkładu. Od 2020 r., dzięki nowemu cyfrowemu modelowi szybu, pracownicy będą w stanie dokładniej przewidzieć perspektywy zagospodarowania złoża, a tym samym szybciej wybrać najbardziej optymalny wariant wydobywania węgla w kopalni. Aby stworzyć cyfrową wersję kamieniołomu wykorzystano możliwości systemu informatycznego Micromine, najbardziej zaawansowanego w górnictwie i pracach geologicznych. Do stworzenia trójwymiarowego modelu wykorzystano dane z wcześniejszych prac poszukiwawczych i geologicznych, zdigitalizowane rysunki z poprzednich lat, dane z klasycznych badań kopalni i zdjęcia lotnicze. Informacje te zostały zintegrowane z systemem i przetworzone w jeden kompleksowy model złoża w kopalni Solntsevsky. Jedną z kluczowych opcji programu jest możliwość przewidywania cech złóż węgla, co pozwala EMCO na zapewnienie produkcji wysokiej jakości paliwa stałego. Jest to niezwykle ważne na konkurencyjnym rynku Azji i Pacyfiku. Specjaliści planują opracowanie automatycznego algorytmu przebudowy modelu jednostki produkcyjnej z uwzględnieniem nowych danych eksploracyjnych i eksploatacyjnych. Pozwoli to w razie potrzeby na szybkie dostosowanie modelu.

www.worldcoal.com/special-reports/25112019/new-digital-technologies-will-help-emco-mine-coal-more-efficiently/ (dostęp 26.11.2019)