

Hydrostatyczny napęd lokomotywy WLP-50EM/H

Streszczenie

W artykule zaprezentowano układ hydrauliczny lokomotywy wąskotorowej typu WLP-50EM/H. Omówiono budowę układu napędowego, skonstruowanego w oparciu o przekładnię hydrostatyczną, jej układ sterowania oraz podukłady hydrauliczne zastosowane w lokomotywie.

Słowa kluczowe: górnictwo, hydraulika, lokomotywa, napęd hydrostatyczny

Keywords: mining industry, hydraulics, locomotive, hydrostatic drive

Summary

Hydraulic system of WLP-50EM/H narrow-gauge locomotive is presented. The structure of driving system, designed on the basis of hydrostatic gear, as well as control system of the locomotive and hydraulic sub-systems used in the locomotive are discussed.

1. Wstęp

Trudne warunki pracy mobilnych maszyn transportu poziomego, w tym zmienne obciążenia ich układów roboczych i jezdnych oraz coraz większe oczekiwania co do energooszczędności maszyn sprawiają, że poszukuje się nowych rozwiązań, charakteryzujących się efektywniejszym przeniesieniem napędu. Rozwój technologiczny silników i pomp hydraulicznych przeznaczonych do układów zamkniętych, wzrost ich niezawodności, wysoka sprawność, jak również zastosowanie nowoczesnych układów sterowania umożliwiają zastępowanie dotychczasowych rozwiązań z przekładniami mechanicznymi układami hydrostatycznymi. Jego zaletą jest możliwość jazdy lokomotywy z bezstopniową zmianą przełożenia przekładni oraz wykorzystywanie dużego zakresu pracy silnika spalinowego. Dodatkowo, zastosowanie hydrostatycznego układu przeniesienia napędu eliminuje z układu takie elementy, jak: sprzęgła i przekładnie hydrokinetyczne, skrzynie biegów, przekładnie mechaniczne, rozdzielcze, sprzęgła rozłączalne i wały Cardana, co wpływa na zmniejszenie awaryjności układu przeniesienia napędu [1, 2].

Mając na uwadze oczekiwania użytkowników, zespół specjalistów ITG KOMAG podjął prace nad opracowaniem i wdrożeniem lokomotywy wąskotorowej przeznaczonej do prac transportowych i przewozowych na powierzchni lub w podziemiach kopalń, gdzie nie występuje zagrożenie wybuchem metanu oraz pyłu węglowego. Na podstawie analizy techniczno-ekonomicznej podjęto decyzję o modernizacji produkowanej przez firmę Energo-Mechanik lokomotywy typu WLP-50EM. W efekcie prac projektowych powstała wersja lokomotywy o oznaczeniu WLP-50EM/H (rys. 1). Głównym elementem, który poddano modernizacji był

układ przeniesienia napędu lokomotywy, bazujący na przekładni hydrostatycznej. Po badaniach i przeprowadzonym procesie certyfikacji, lokomotywę wdrożono w kopalni Kananj w Bośni.



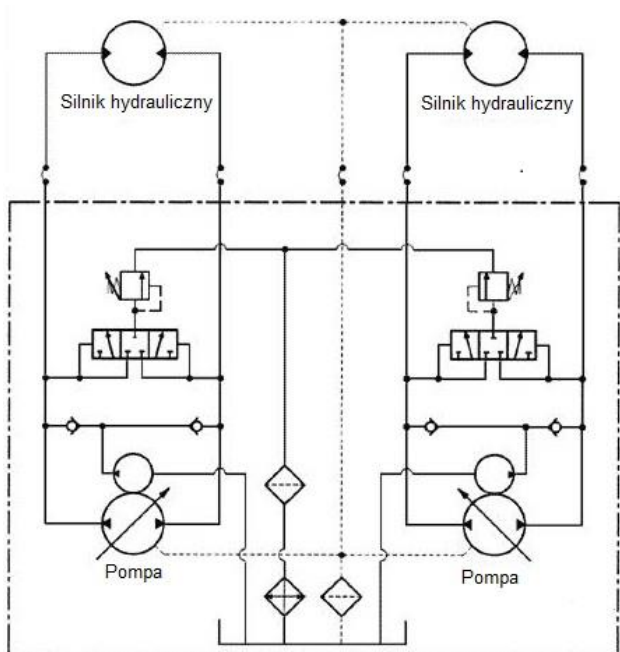
Rys. 1. Wąskotorowa lokomotywa powierzchniowa WLP-50EM/H [4]

2. Hydrostatyczny układ napędowy lokomotywy WLP-50EM/H

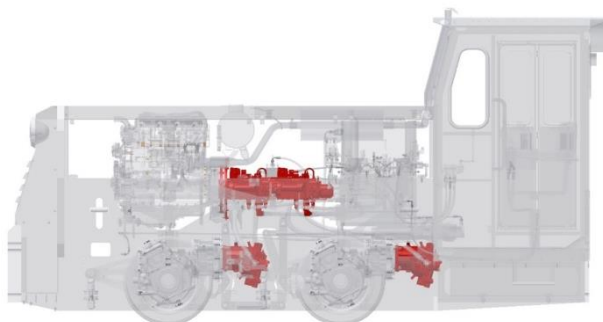
W lokomotywie zastosowano wysokoprężny, turboładowany silnik spalinowy typu PowerTech E 4,5L firmy John Deere. Silnik posiada następujące parametry [5]:

- pojemność skokowa - 4,5 dm³,
- moc (przy $n=2400 \text{ min}^{-1}$) - 93 kW,
- moment obrotowy (przy $n=1500 \text{ min}^{-1}$) - 481 Nm,
- maksymalna prędkość obrotowa wału - 2400 min⁻¹.

W układzie napędowym lokomotywy zabudowano dwie przekładnie hydrostatyczne (rys. 2), pracujące w dwóch niezależnych układach zamkniętych. Służą one do przeniesienia napędu z silnika spalinowego na zestawy kołowe. Miejsce zabudowy głównych elementów przekładni hydrostatycznej w korpusie lokomotywy pokazano na rysunku 3.

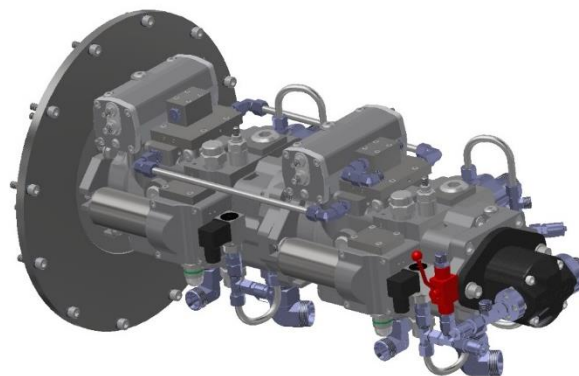


Rys. 2. Schemat ideowy układu przekładni hydrostatycznych.
Źródło: opracowanie własne

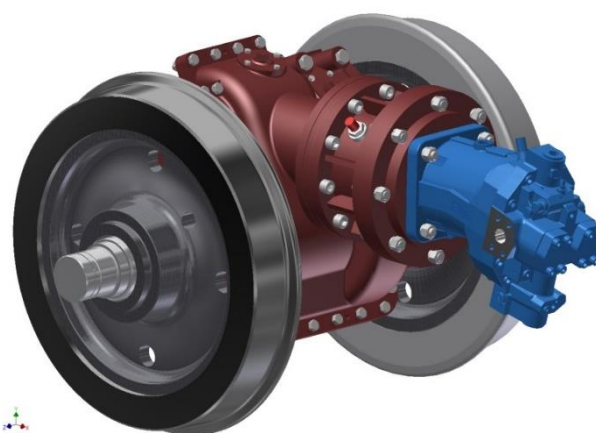


Rys. 3. Miejsce zabudowy w lokomotywie zespołu pompowego oraz silników hydraulicznych.
Źródło: opracowanie własne

Silnik spalinowy napędza pompy o zmiennej wydajności (rys. 4), osadzone na wspólnym wale. Dwie pompy zasilają silniki hydrauliczne zabudowane do przekładni kątowych, których wały stanowią osie zestawów kołowych (rys. 5). Silniki zabudowano w ten sposób, aby każdy z nich współpracował z jednym zestawem kołowym. Trzecią pompę zastosowano w układzie otwartym, w celu zapewnienia obsługi pozostałych układów hydraulicznych maszyny.

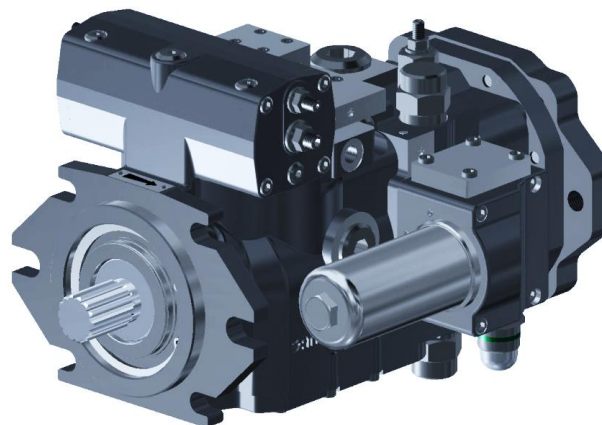


Rys. 4. Zestaw pomp o zmiennej wydajności.
Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Zestaw kołowy z zabudowanym silnikiem hydraulicznym. Źródło: opracowanie własne

Układ pojedynczej przekładni hydrostatycznej wyposażono w pompę tłoczkową zmiennej wydajności typu S6CV (rys. 6). Pompa wyposażona jest w regulator, który umożliwia jej sterowanie hydraulicznym sygnałem zewnętrznym.



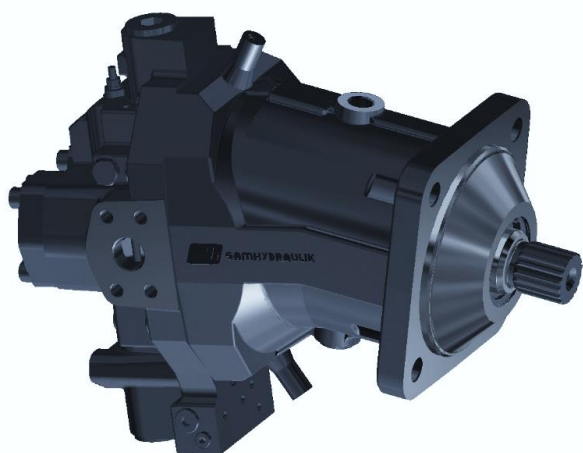
Rys. 6. Pompa tłoczkowa zmiennej wydajności typu S6CV [6]

W korpusie pompy zabudowana jest modułowo pompa doładowująca, służąca do uzupełniania ubytków oraz wymiany oleju w układzie przekładni hydrostatycznej.

Ciśnienie doładowania ustalone jest przez zawór przelewowy, który mieści się na wyjściu pompy doładowującej.

Pompę wyposażono w filtr oleju ze wskaźnikiem zanieczyszczeń. Umieszczono go pomiędzy pompą doładowującą, a pompą główną. Dodatkowo, układ doładowujący wyposażono w układ kontrolno-zabezpieczający, składający się z czujników ciśnienia oraz manometrów.

Pojedyncza pompa zasila silnik hydrauliczny typu SH7V (rys. 7), zabudowany do przekładni zestawu kołowego.



Rys. 7. Silnik hydrauliczny typu SH7V [6]

Silniki hydrauliczne wyposażono w regulator, dostosowujący chłonność silnika do parametrów obciążenia zewnętrznego w funkcji ciśnienia roboczego. Regulator zmienia chłonność silnika z wartości minimalnej do wartości maksymalnej, gdy ciśnienie robocze wzrasta powyżej zadanej wartości ciśnienia regulacji. Pozwala to na równomierną pracę silnika podczas zmiany chłonności i umożliwia uzyskanie maksymalnej prędkości. W skrajnych przypadkach umożliwia wysterowanie silnika na chłonność minimalną (gdy wymagany jest niewielki moment napędowy i maksymalna prędkość obrotowa jego wału) oraz wysterowanie silnika na chłonność maksymalną (gdy istnieje zapotrzebowanie na duży moment napędowy).

Zastosowane komponenty umożliwiają zmienność przełożenia hydraulicznego w układzie napędowym w szerokim zakresie. Przy maksymalnej chłonności silnika hydraulicznego przełożenie zmienia się od $i_h=1,5$

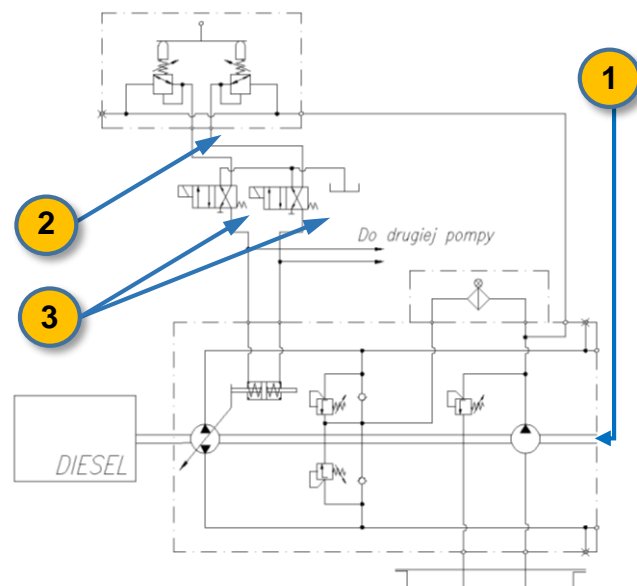
do nieskończoności (wydatek pompy równy zero). W przypadku minimalnej chłonności silnika, przełożenie hydrauliczne może zostać zmniejszone do $i_h=0,47$ [3].

Napęd pozwala na osiągnięcie siły pociągowej od 25 do 30 kN i prędkości jazdy do 20 km/h.

3. Sterowanie przekładnią hydrostatyczną

Układ sterowania pomp będących komponentem przekładni hydrostatycznej przedstawiono na rysunku 8.

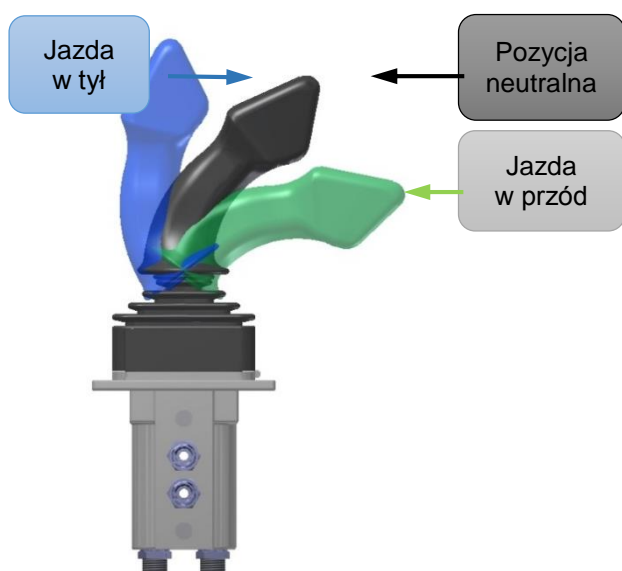
Składa się on z trzech podstawowych elementów: pompy doładowującej (poz. 1), manipulatora hydraulicznego sterowanego ręcznie (poz. 2) oraz dwóch rozdzielaczy elektrohydraulicznych (poz. 3).



Rys. 8. Uproszczony schemat ideowy układu sterowania pompami głównymi [3]

Sterowanie jazdą lokomotywy odbywa się z kabiny operatora za pomocą manipulatora hydraulicznego oraz przycisków umieszczonych w jej pulpicie sterowniczym i sprowadza się do wyboru kierunku jazdy oraz regulacji prędkości jazdy lokomotywy.

Wybór kierunku jazdy realizowany jest poprzez naciśnięcie przycisku w pulpicie sterującym i wychylenie manipulatora w odpowiednim kierunku (rys. 9). Prędkość jazdy realizowana jest poprzez zwiększenie wychylenia dźwigni manipulatora. Zabudowane na silnikach hydraulicznych regulatory o działaniu automatycznym powodują, że prędkość jazdy jest proporcjonalna do wychylenia manipulatora oraz zależna od zadanego obciążenia [3].



Rys. 9. Pozycje przesterowania dźwigni manipulatora hydraulicznego - kierunek jazdy [3]

Lokomotywę wyposażono dodatkowo w automatyczny układ umożliwiający jazdę manewrową. Wyzwalany jest on automatycznie, po uruchomieniu maszyny. Po przekroczeniu prędkości 3 m/s układ wyłącza się, aż do osiągnięcia maksymalnej prędkości jazdy.

4. Podsumowanie

W dotychczasowych konstrukcjach lokomotyw spalinowych preferowano napęd hydrokinetyczny. Wymagania użytkowników maszyn, a zwłaszcza w zakresie obniżania kosztów ich eksploatacji, wymuszają potrzebę wprowadzania napędów hydrostatycznych.

W lokomotywie typu WLP-50EM/H zastosowano w układzie napędu dwie przekładnie hydrostatyczne,

pracujące w dwóch niezależnych układach zamkniętych. Uprościło to budowę przekładni kątowych zabudowanych na zestawach kołowych i pozwoliło na eliminację wałów napędowych. Dzięki temu uzyskano możliwość płynnej regulacji prędkości.

Pompy i silniki hydrauliczne dobrano tak, by w pełni wykorzystać moc silnika napędowego, w zależności od obciążenia tj. masy przewożonego ładunku oraz nachylenia trasy. Zastosowanie automatycznego układu jazdy manewrowej pozwoliło na uzyskanie maksymalnej prędkości wynoszącej 5 m/s oraz na wykonywanie prac manewrowych z prędkością wynoszącą ok. 0,2 m/s.

Literatura

1. Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wydawnictwo: Śląsk, Katowice 1976.
2. Korecki Z.: Napędy i sterowanie hydrauliczne maszyn górniczych. Wydawnictwo: ŚWT, Katowice 1993.
3. Rojek P. i in.: Wąskotorowa lokomotywa powierzchniowa WLP. Opracowanie koncepcji lokomotywy z napędem hydrostatycznym (część hydrauliczna). ITG KOMAG Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
4. Materiały katalogowe firmy Energo-Mechanik.
5. Materiały katalogowe firmy John Deere.
6. Materiały katalogowe firmy Samhydraulik.

Artykuł wpłynął do redakcji w listopadzie 2015 r.