

## Mechaniczny i hydrostatyczny układ przeniesienia napędu spalinowych lokomotyw dołowych

dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski  
 dr inż. Krzysztof Kaczmarczyk  
 Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
 mgr inż. Dariusz Koziół  
 KWK Ziemowit

**Streszczenie:**

W kopalniach głębinowych wydobywających surowce mineralne, do transportu materiałów i ludzi stosowane są lokomotywy spalinowe, w których transmisja momentu obrotowego z silnika diesla na koła napędowe odbywa się za pomocą mechanicznego lub hydrostatycznego układu przeniesienia napędu. W artykule omówiono rozwiązania układów napędowych lokomotyw dołowych, zaprojektowanych w ITG KOMAG, w których zastosowano wyżej wymienione układy przeniesienia napędu zwracając uwagę na wady oraz zalety takich rozwiązań.

**Abstract:**

In underground mines, diesel locomotives are used for transportation of people and materials, transmission of torque from diesel engine to driving wheels is realized through mechanical or hydrostatic drive transmission system. Solutions of the driving systems in underground diesel locomotives, designed in KOMAG, in which the mentioned transmission systems are used, are discussed indicating advantages and disadvantages of such solutions.

**Słowa kluczowe:** spalinowe lokomotywy dołowe, układ przeniesienia napędu, przekładnia hydrokinetyczna, przekładnia rewersyjna, przekładnia kątowna, układy hydrauliczne lokomotyw

**Keywords:** underground diesel locomotives, drive transmission system, hydrokinetic gear, reverse gear, bevel gear, hydraulic systems in locomotives

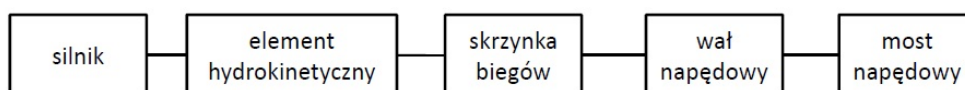
### 1. Wstęp

Podstawową funkcją układu napędowego lokomotywy dołowej jest przeniesienie momentu obrotowego generowanego przez silnik spalinowy na koła jezdne, w sposób umożliwiający pokonanie przez maszynę oporów ruchu i wygenerowanie na haku siły pociągowej.

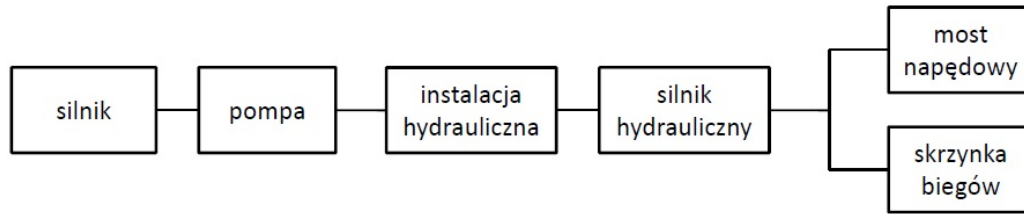
Układy napędowe lokomotyw dołowych można podzielić na cztery podstawowe grupy:

- mechaniczne ze sprzęgłem ciernym,
- mechaniczne z przekładnią hydrokinetyczną,
- hydrostatyczne,
- elektryczne.

W ramach artykułu omówiono budowę oraz funkcje układów napędowych z mechanicznym oraz hydrostatycznym przeniesieniem napędu, zastosowane w lokomotywach dołowych spalinowych typu Lds-100. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono ich schematy blokowe.



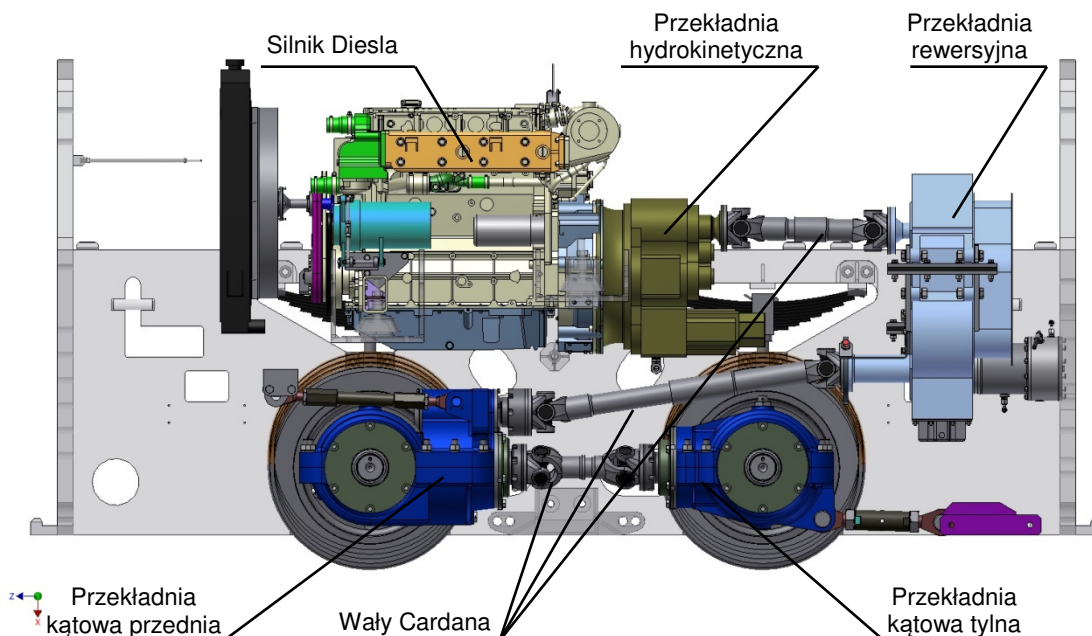
Rys. 1. Schemat blokowy mechanicznego przeniesienia napędu z przekładnią hydrokinetyczną [3]



Rys. 2. Schemat blokowy hydrostatycznego układu przeniesienia napędu [3]

## 2. Mechaniczny układ przeniesienia napędu z przekładnią hydrokinetyczną

Charakterystyka mechaniczna silnika Diesla nie odpowiada w pełni potrzebom trakcyjnym maszyn transportowych, jakimi są lokomotywy (w zakresie niskich obrotów niski moment obrotowy). W celu jej dopasowania, wymagane jest zabudowanie układu przenoszącego i transformującego moment napędowy z silnika na koła jezdne. W pierwszych rozwiązaniach lokomotyw stosowano wielostopniowe, mechaniczne skrzynie biegów (nawrotne z ciernymi sprzęgłami tarczowymi). Przekładnie te, w zależności od przełożeń, umożliwiały, przy danej mocy, uzyskanie dużej siły pociągowej przy małej prędkości jazdy oraz dużej prędkości przy niewielkiej sile pociągowej. Przekładnie mechaniczne, ze względu na wiele wad, takich jak: zużycie sprzęgła, uszkodzenia skrzyni biegów związane z dużą liczbą włączeń i wyłączeń, wysokie koszty prac serwisowych itp. zostały w latach 50-tych i 60-tych XX wieku zastąpione przekładniami hydrokinetycznymi, nazywanymi również zmiennikami momentu. Przekładnie te pełniły funkcję sprzęgła i pozwalały ograniczyć liczbę biegów. Przykładem maszyny, w której zastosowano takie rozwiązanie, jest lokomotywa dołowa spalinowa Lds-100K-EMA. Elementy jej układu napędowego pokazano na rysunku 3.

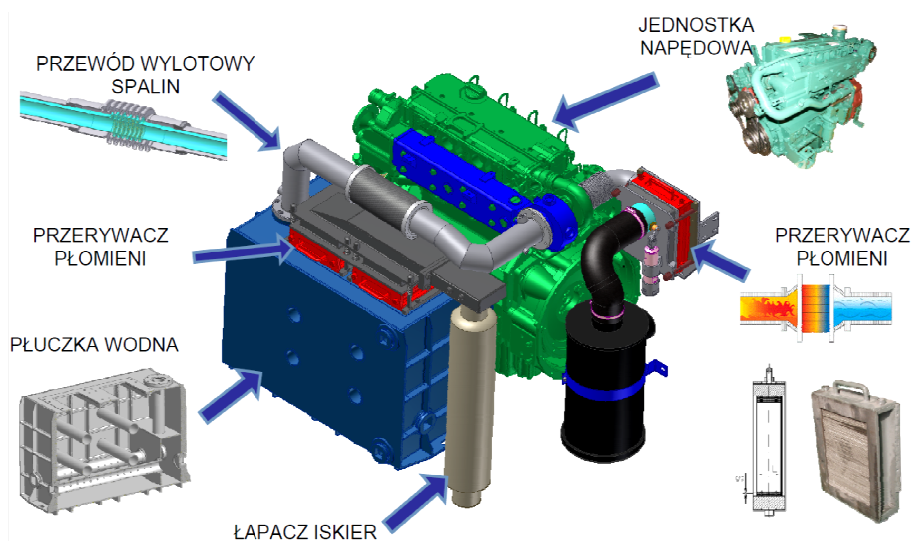


Rys. 3. Zespoły układu napędowego lokomotywy Lds-100K-EMA z mechanicznym przeniesieniem napędu oraz przekładnią hydrokinetyczną [3]

Napęd układu, realizowany jest przez silnik spalinowy, który poprzez przekładnię hydrokinetyczną oraz przekładnię rewersyjną napędza przekładnie, kątowe zabudowane na osiach zestawów kołowych. Moment obrotowy przekładni hydrokinetycznej odpowiada iloczynowi momentu obrotowego silnika oraz przełożenia dynamicznego tej przekładni, zabudowanej bezpośrednio na silniku. Realizację jazdy lokomotywy, do przodu oraz do tyłu, zapewnia przekładnia rewersyjna, która posiada możliwość realizacji dwóch przełożeń. Przekładnia ta kinematycznie osadzona jest pomiędzy przekładnią hydrokinetyczną, a przekładniami zabudowanymi na zestawach kołowych. Przekładnie stanowiące zespoły układu napędowego połączone są wzajemnie wałami Cardana. Obciążenie zewnętrzne układu reprezentowane jest przez siły oporów ruchu, tzn. siłę związaną z momentem tarcia toczonego, siłę samostaczania (nachylenie maksymalne trasy to  $4^\circ$ ), siły pochodzące od mas pojazdu i doczepionych wagonów.

## 2.1. Silnik spalinowy lokomotywy

W dołowych lokomotywach spalinowych za generowanie momentu obrotowego i prędkości obrotowej odpowiedzialny jest silnik Diesla. W przypadku lokomotyw spalinowych dla kopalń węgla, sam silnik jak i jego podzespoły (rys. 4) muszą spełniać szereg szczególnych wymagań związanych z bezpieczeństwem. Najważniejszym z nich jest warunek nieprzekroczenia maksymalnej temperatury powierzchni zewnętrznej ( $150^\circ\text{C}$ ) oraz budowy przeciwwybuchowej.



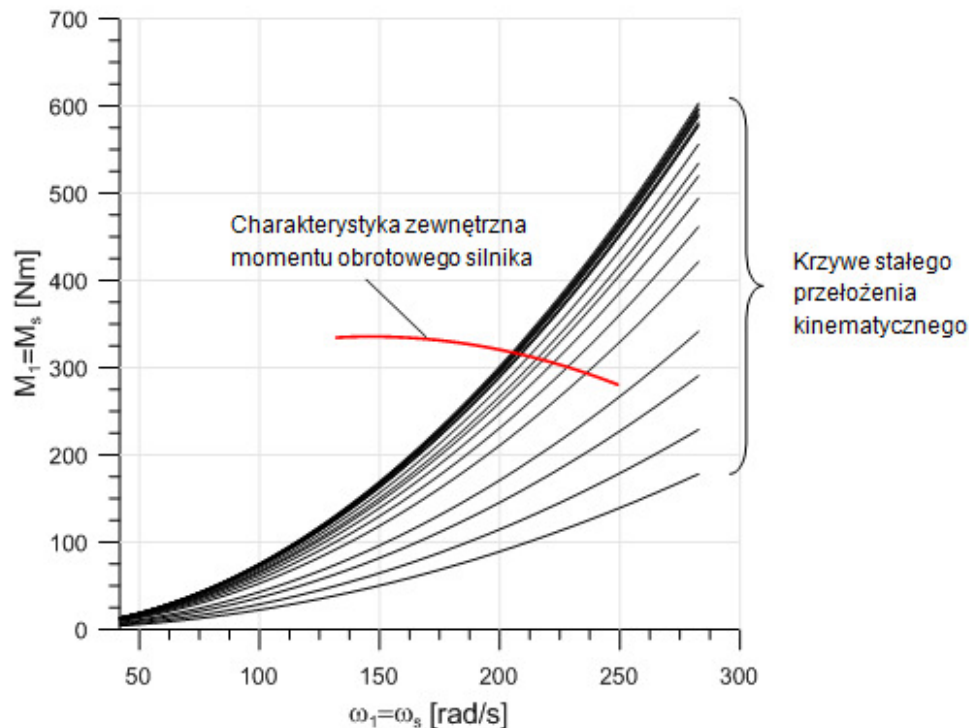
Rys. 4. Elementy składowe silnika spalinowego lokomotywy dla kopalń węgla [4]

Silnik, wraz z układem dolotowym oraz wylotowym, stanowią tzw. dolotowo-wylotowy układ ognioszczelny. Najistotniejszymi elementami tego układu są przerywacze płomienia, zarówno dolotowe, jak i wylotowe. Zadaniem przerywaczy jest zabezpieczenie przed przedostaniem się płomieni z części ognioszczelnej do otaczającej atmosfery. Przerywacz płomienia wykorzystuje gaszące własności szczeliny powietrznej. Ze względu na konieczność utrzymania wartości temperatury spalin opuszczających układ wylotowy poniżej  $150^\circ\text{C}$ , wymagane jest odebranie pewnej ilości ciepła spalinom. Dokonuje się tego za pośrednictwem wymiennika ciepła, którym może być płuczka wodna lub „suchy” wymiennik ciepła.

Ostatnimi elementami układu wylotowego, znajdującymi się już poza osłoną ognioszczelną jest łapacz iskier oraz rozrzedzacz spalin.

## 2.2. Przekładnia hydrokinetyczna

W rozważanym układzie napędowym lokomotywy typu Lds-100K-EMA zastosowano przekładnię hydrokinetyczną typu PH2.340-25 produkcji ZHS Łódź. Przekładnia taka składa się z pompy, turbiny i wirnika kierownicy. Pompa przetwarza energię mechaniczną dostarczaną przez wał korbowy silnika w energię kinetyczną cieczy. Z kolei turbina przetwarza tę energię z powrotem w pracę mechaniczną dalszych członów mechanizmu napędowego [1]. Podstawową zaletą zastosowania takiego rozwiązania jest eliminacja sprzęgła ciernego. Przekładnia taka pozwala na ciągłe i bezstopniowe dostosowanie przełożenia do chwilowego obciążenia. Przykładowy wykres współpracy silnika spalinowego z przekładnią hydrokinetyczną pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Współpraca przekładni hydrokinetycznej z silnikiem spalinowym [2]

## 2.3. Przekładnia rewersyjna

W opisanym układzie napędowym zastosowano, do zmiany zwrotu prędkości obrotowej, przekładnię rewersyjną SB-102 produkcji Falubaz. Przekładnia posiada dwa biegi:

- I bieg – dla osiągnięcia maksymalnej siły pociągowej, podczas ruszania,
- II bieg – dla osiągnięcia maksymalnej prędkości.

Przełączanie pomiędzy biegami realizowane jest poprzez załączanie poszczególnych sprzęgieł, zabudowanych na wałach przekładni. Pozwala to na zmianę biegów pod obciążeniem, ponieważ koła zębate są w ciągłej współpracy. Zastosowanie tej przekładni w układzie napędowym wynika również z jej cech konstrukcyjnych, tzn. położenia wałów

wejściowych i wyjściowych przekładni. Jej konstrukcja pozwoli między innymi na zabudowę hamulca awaryjno-postojowego na wale układu napędowego. W tabeli 1 przedstawiono parametry techniczne przekładni SB-102.

**Parametry techniczne przekładni SB-102 [3]**

Tabela 1

Rodzaj	pełnonawrotna pod obciążeniem
Sterowanie	hydrauliczno mechaniczne
Moc przenoszona przy $n=2900 \text{ min}^{-1}$	96 kW
Max moment wejściowy	1200 Nm
Przełożenie przód / tył	3,462 / 3,415 (1 bieg) 1,726 / 1,698 (2 bieg)
Ciśnienie oleju zasilania sprzęgieł	1,2÷1,4 MPa
Masa	230 kg

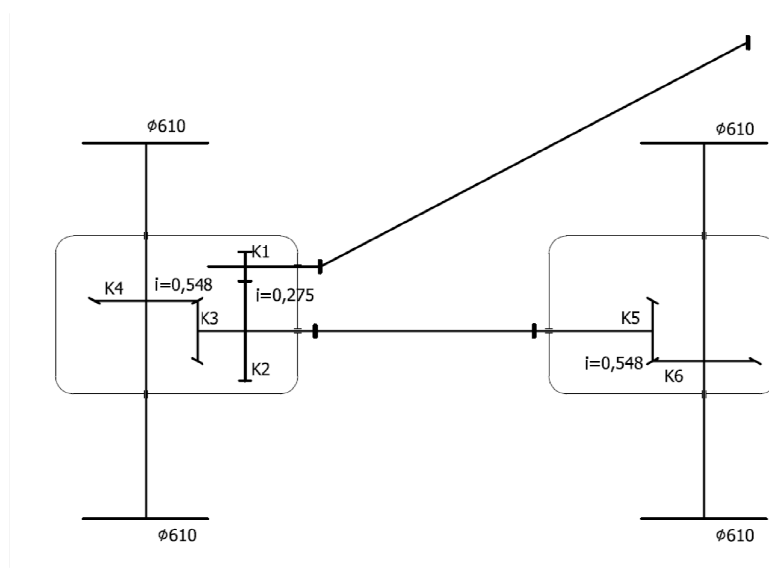
## 2.4. Przekładnie kątowe

W układzie napędowym lokomotywy zastosowano dwie przekładnie kątowe: przednią i tylną, służące przekazaniu momentu obrotowego z układu napędowego na koła jezdne zestawów kołowych. W przekładni kątowej przedniej zastosowano przełożenie  $i=19/69$ , na stopniu walcowym oraz  $i=17/31$ , na stopniu kątowym. Przekładnia kątowa tylna ma tylko jedno przełożenie kątowe  $i=17/31$ . Na rysunku 6 pokazano układ kinematyczny przekładni kątowych, zabudowanych na osiach zestawów kołowych, natomiast w tabeli 2 dane techniczne przekładni kątowych i kół jezdnych.

**Parametry techniczne przekładni kątowych i kół jezdnych [3]**

Tabela 2

Przełożenie przekładni kątowej przedniej	$i=19/69 \cdot 17/31$
Przełożenie przekładni kątowej tylnej	$i=17/31$
Średnica toczna koła jezdneho	610 mm



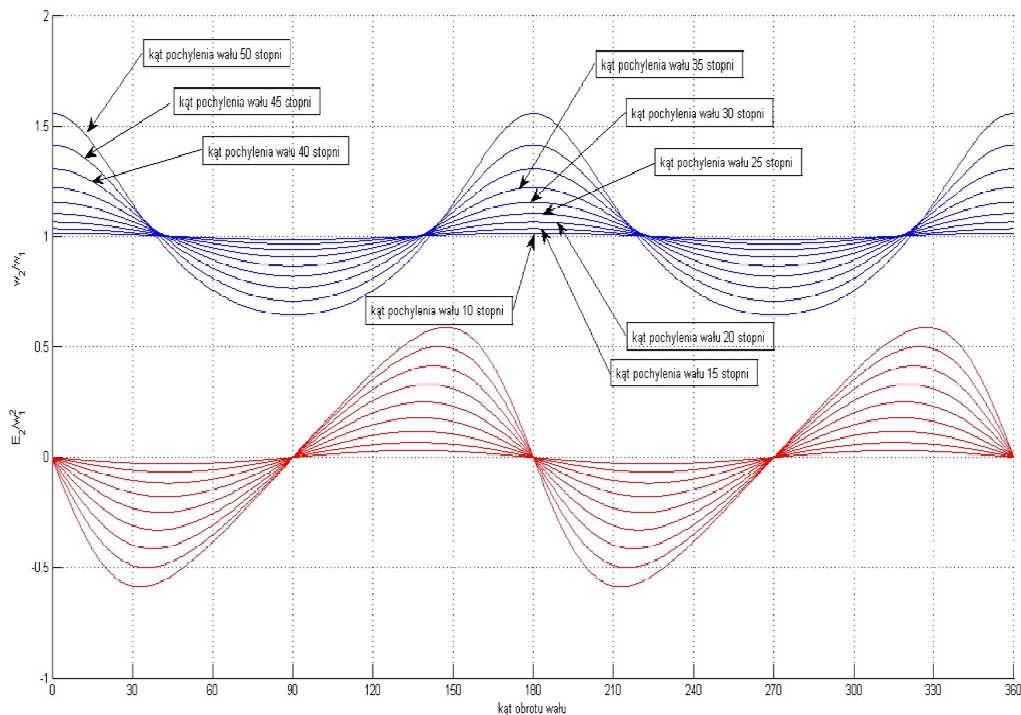
Rys. 6. Przekładnie kątowe zabudowane na osiach zestawów kołowych [2]



## 2.5. Wały przegubowe Cardana

W budowie maszyn stosowane są powszechnie wały z przegubami krzyżakowymi, zwanymi również przegubami Cardana. Umożliwiają one łączenie elementów układu napędowego w przypadku braku współosiowości pomiędzy wyjściem, a wejściem współpracujących zespołów. Cechą charakterystyczną przegubu krzyżakowego jest nierównomierne przenoszenie ruchu obrotowego, przy kącie załamania wału  $\beta \neq 0$ .

Na rysunku 7 przedstawiono wpływ kąta załamania (pochylenia) wału na przebieg zmienności przełożenia  $\omega_2/\omega_1$  oraz przyspieszenia kątownego  $\varepsilon_2/\omega_1^2$ . Przedstawione krzywe sporządzono dla kątów w zakresie  $0 \div 50^\circ$  (im większy kąt pochylenia wału tym zmienność prędkości oraz przyspieszenia kątownego osiąga większą amplitudę).



Rys. 7. Wpływ kąta załamania wału na przebieg zmienności przełożenia  $\omega_2/\omega_1$  i przyspieszenia kątownego  $\varepsilon_2/\omega_1^2$  [2]

## 3. Układy hydrauliczne lokomotyw

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 poszukiwane są rozwiązania, które charakteryzują się efektywnym przeniesieniem napędu. Mając poniższe na uwadze, lokomotywy wyposażane są często w napędy mechaniczno-hydrauliczne oraz w pełni hydrostatyczne.

### 3.1. Lokomotywa z napędem mechaniczno-hydraulicznym

W ITG KOMAG opracowano rozwiązania konstrukcyjne napędu mechaniczno-hydraulicznego lokomotyw przystosowanych do pracy w warunkach:

- kopalni rud oraz na powierzchni (spełniające wymagania Dyrektywy Maszynowej),
- kopalni węgla kamiennego (spełniające wymagania Dyrektywy Maszynowej oraz Dyrektywy ATEX) [6, 7].

Dla obu rozwiązań opracowano odrębne układy hydrauliczne. W przypadku lokomotywy pierwszego typu, układ hydrauliczny zapewnia realizację następujących funkcji:

- zasilanie i smarowanie przekładni hydrokinetycznej,
- smarowanie i sterowanie pracą przekładni rewersyjnej,
- sterowanie prędkością jazdy,
- hamowanie manewrowe oraz awaryjno-postojowe,
- uruchamianie piasecznic.

Dla lokomotywy drugiego typu (pracującej w warunkach, w których występuje zagrożenie wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu), w układzie hydraulicznym przewidziano dodatkowo:

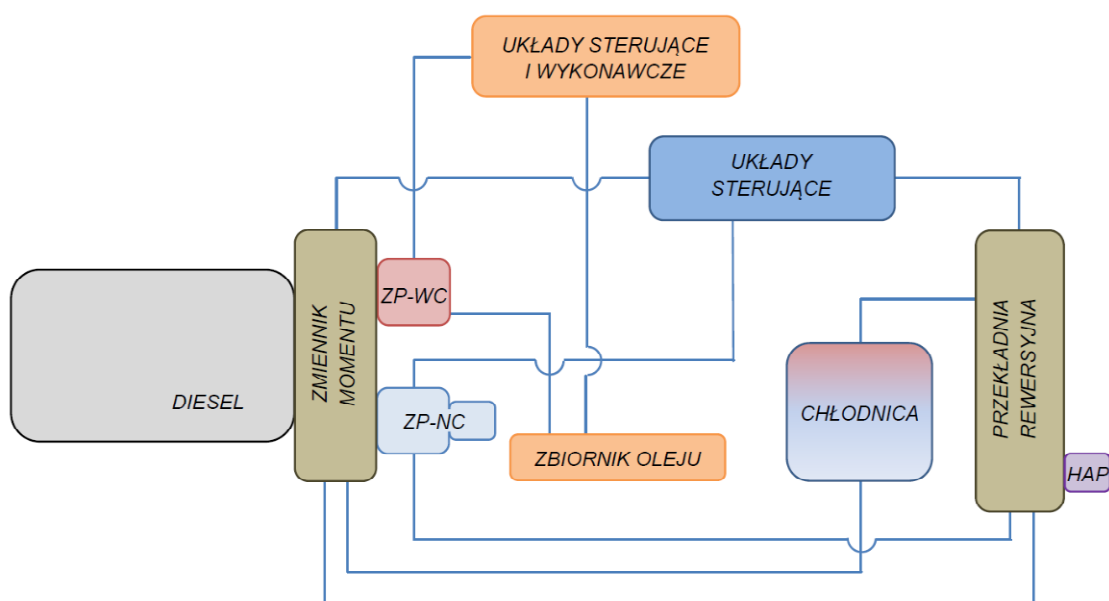
- układ rozruchu silnika spalinowego,
- układ napędu silnika wentylatora chłodnicy oleju.

Układ hydrauliczny lokomotyw (rys. 8) zbudowano w oparciu o:

- zespół pompowy (ZP-NC), złożony z pomp zębatych, z których jedna bezpośrednio współpracuje z przekładnią hydrokinetyczną (zmiennikiem momentu), a druga pracuje w obwodzie niskiego ciśnienia,
- pompę zębatą (PZ-WC), pracującą w obwodzie wysokiego ciśnienia.

Zespół pompowy (ZP-NC) zapewnia zasilanie i smarowanie przekładni hydrokinetycznej, jak również smarowanie i sterowanie pracą przekładni rewersyjnej. Pompa zębata (PZ-WC), pracująca w obwodzie wysokiego ciśnienia, zapewnia sterowanie prędkością jazdy, hamowanie manewrowe „z wycuciem obciążenia”, zwalnianie hamulca postojowego, uruchamianie piasecznic i ładowanie akumulatora hydraulicznego przeznaczonego do awaryjnego hamowania za pomocą hamulców manewrowych. Dla lokomotywy pracującej w warunkach zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu, w układzie hydraulicznym przewidziano dodatkowo zasilanie silnika wentylatora chłodnicy oleju z obwodu niskiego ciśnienia oraz ładowanie akumulatorów hydraulicznych, odpowiadających za rozruch silnika spalinowego (z obwodu wysokiego ciśnienia).

Na linii tłocznej każdej z pomp przewidziano zabudowę filtra wysokociśnieniowego o wysokiej dokładności filtracji oraz zaplombowanego zaworu zabezpieczającego układ przed nadmiernym wzrostem ciśnienia.



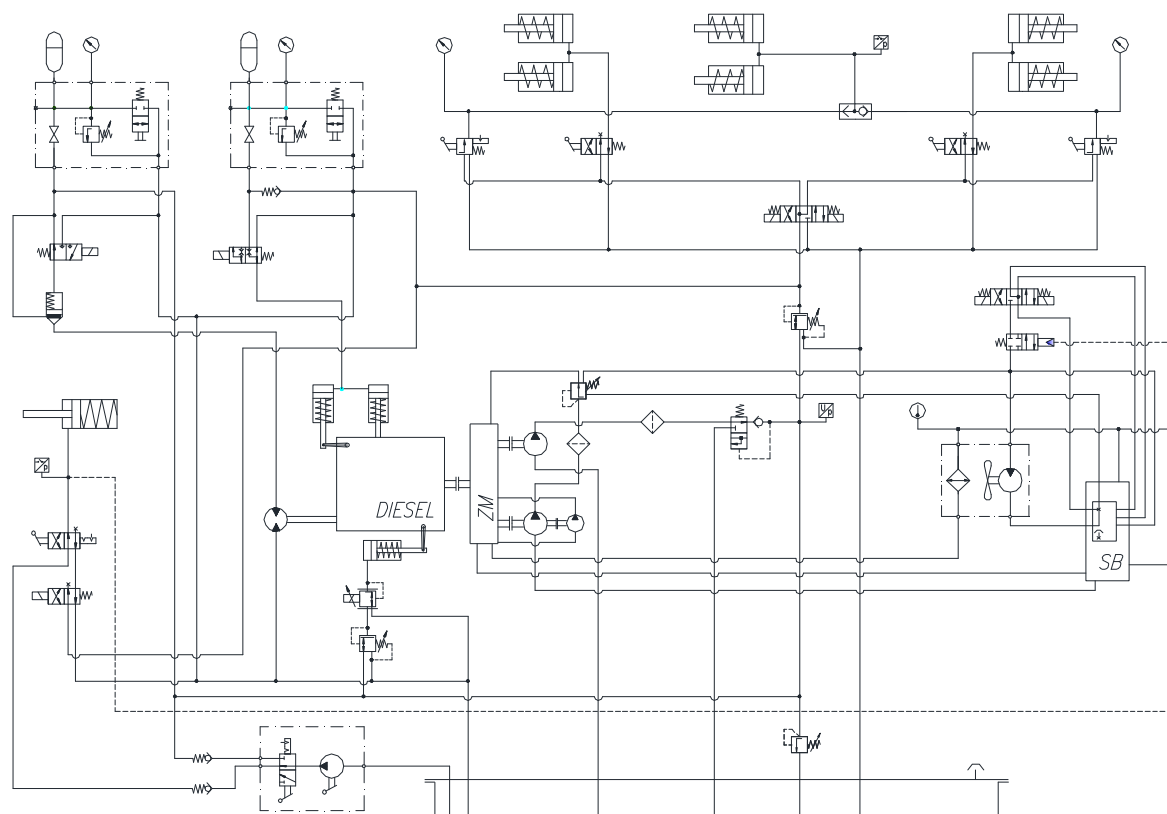
Rys. 8. Hydrauliczny schemat blokowy lokomotywy: PZ-WC – pompa zębata obwodu wysokiego ciśnienia, ZP-NC – zespół pompowy obwodu niskiego ciśnienia, HAP – hamulec awaryjno-postojowy [8]

Przykład rozwiązania konstrukcyjnego lokomotyw przeznaczonych do pracy w warunkach kopalni węgla kamiennego przedstawiono na rysunku 9. W tym przypadku wszystkie elementy elektryczne spełniają wymagania dyrektywy ATEX (rozruch silnika spalinowego realizowany jest na drodze hydraulicznej, łącznie z otwieraniem przysłony umożliwiającej dopływ powietrza do układu dolotowego oraz otwieraniem zaworu udrażniającego przepływ paliwa).

Układ rozruchowy składa się z:

- rozrusznika hydraulicznego,
- akumulatora hydraulicznego (wraz z blokiem zaworowym i układem rozdzielaczy sterujących) zasilającego rozrusznik,
- akumulatora hydraulicznego (wraz z blokiem zaworowym i rozdzielaczem sterującym) zasilającego cylinder przysłony wlotu powietrza oraz cylinder odcięcia paliwa,
- cylindra przysłony,
- cylindra odcięcia paliwa.

Akumulatory hydrauliczne opróżnione w trakcie rozruchu są ładowane podczas normalnej pracy lokomotywy. Zabudowana w układzie pompa ręczna umożliwia napełnienie akumulatorów w przypadku braku wymaganej do rozruchu ilości cieczy roboczej oraz awaryjne odhamowanie maszyny i odholowanie jej do zajezdni w przypadku wystąpienia awarii. Wymagania dotyczące urządzeń pracujących w atmosferze zagrożonej wybuchem spowodowały, że do napędu wentylatora chłodnicy wykorzystano silnik hydrauliczny, zasilany wprost z układu niskiego ciśnienia, obsługującego zmiennik momentu i przekładnię rewersyjną. Za regulację prędkości obrotowej silnika spalinowego odpowiedzialny jest iskrobezpieczny, proporcjonalny zawór redukcyjny, posiadający certyfikat ATEX.



Rys. 9. Schemat hydrauliczny lokomotywy przeznaczonej do pracy w warunkach kopalni węgla [8]



Sterowanie prędkością jazdy lokomotywy sprowadza się do następujących po sobie czynności:

- określenie kierunku jazdy lokomotywy,
- odhamowanie hamulca postojowego,
- regulacja prędkości jazdy,
- sterowanie hamulcem manewrowym,
- w razie konieczności korzystanie z piasecznic.

Wybór kierunku jazdy lokomotywy realizowany jest (na drodze elektrycznej) za pomocą przycisku znajdującego się na pulpicie operatora. Podanie napięcia elektrycznego na odpowiednią cewkę rozdzielacza RKJ (rys. 9), pociąga za sobą jego przesterowanie, umożliwiając przy tym przepływ oleju do układu sterującego kierunkiem obrotów przekładni rewersyjnej. Odhamowanie hamulca postojowego oraz regulacja prędkości jazdy realizowane są (na drodze elektrohydraulicznej) poprzez wychylenie dźwigni zadajnika elektrycznego (joystick), zabudowanego w pobliżu podłokietnika fotela operatora.

W pierwszej fazie wychylenia dźwigni zadajnika następuje (na drodze elektrohydraulicznej) odhamowanie hamulca postojowego. W drugiej fazie, na skutek wychylenia dźwigni zadajnika, następuje proporcjonalny wzrost napięcia podawanego na cewkę zaworu sterującego pracą pompy wtryskowej, powodując wzrost prędkości obrotowej wału silnika spalinowego. Skutkiem tego jest ruszenie lokomotywy z miejsca i jej dalsza jazda. Hamowanie poruszającej się lokomotywy następuje poprzez zwolnienie dźwigni zadajnika oraz podanie cieczy roboczej do cylindrów hamulca manewrowego. Hamowanie „z wyczuciem obciążenia” odbywa się (na drodze hydraulicznej) dzięki sterowaniu ręcznym zaworem proporcjonalnym. W przypadku wystąpienia poślizgu kół w czasie ruszania lokomotywy z miejsca lub podczas hamowania, operator powinien używać piasecznic, uruchamianych za pomocą rozdzielaczy suwakowych (RP).

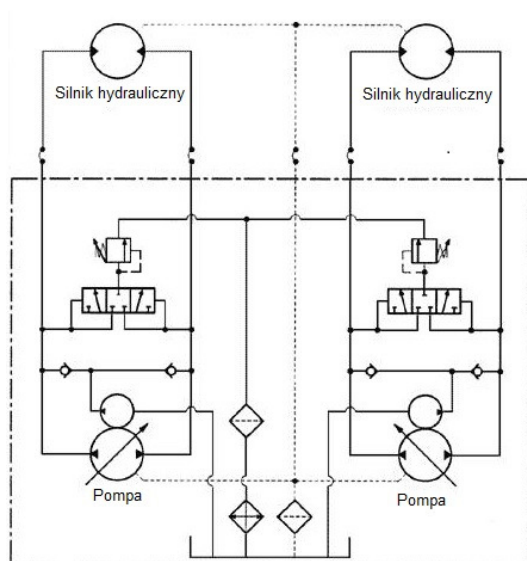
Awaryjne zatrzymanie lokomotywy może mieć miejsce w wyniku zdjęcia napięcia z cewki rozdzielacza umożliwiającego swobodny przepływ oleju do lub z hamulca awaryjno-postojowego.

### 3.2. Lokomotywa z napędem hydrostatycznym

Postępujący rozwój technologiczny silników i pomp hydraulicznych przeznaczonych do układów zamkniętych, wzrost ich niezawodności, wysoka sprawność, jak również zastosowanie nowoczesnych układów sterowania powodują, że stosowane dotychczas rozwiązania w postaci hydrokinetycznego układu z przekładnią mechaniczną, zastępowane są układem hydrostatycznym. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość realizowania jazdy 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 i przekładnie mechaniczne, rozdzielcze, sprzęgła rozłączalne, wały Cardana. Wpływa to niewątpliwie na zmniejszenie awaryjności układu przeniesienia napędu [1, 5].

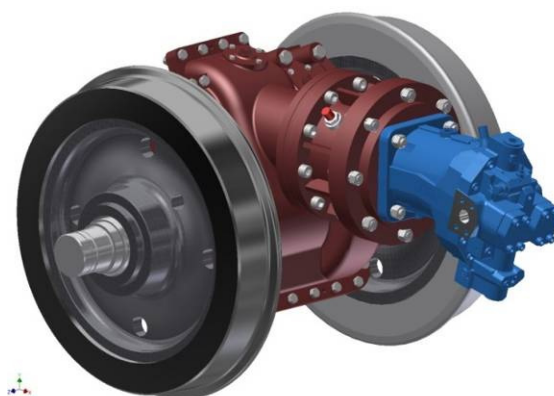
W wyniku prowadzonych prac projektowych, w ITG KOMAG opracowano hydrostatyczny układ napędowy, przystosowany do zastosowania w lokomotywach przeznaczonych do pracy na powierzchni, jak również w podziemiach kopalń.

W układzie napędowym lokomotywy (przystosowanej do pracy na powierzchni, jak również w podziemiach kopalń) zabudowano dwie przekładnie hydrostatyczne (rys. 10), pracujące w dwóch niezależnych układach zamkniętych. Służą one do przeniesienia napędu z silnika spalinowego na zestawy kołowe.



Rys. 10. Schemat ideowy układu przekładni hydrostatycznych [9]

Silnik spalinowy napędza dwie pompy o zmiennej wydajności oraz jedną o stałej wydajności, osadzone na wspólnym wale. Dwie pierwsze pompy zasilają silniki hydrauliczne zabudowane do przekładni kątowych, których wały stanowią osie zestawów kołowych (rys. 11). Silniki zabudowane są w ten sposób, aby do każdego zestawu kołowego przeznaczony był jeden hydrauliczny silnik napędowy. Trzecia pompa pracuje w układzie otwartym i zapewnia obsługę pozostałych układów hydraulicznych maszyny.



Rys. 11. Zestaw kołowy z zabudowanym silnikiem hydraulicznym [9]

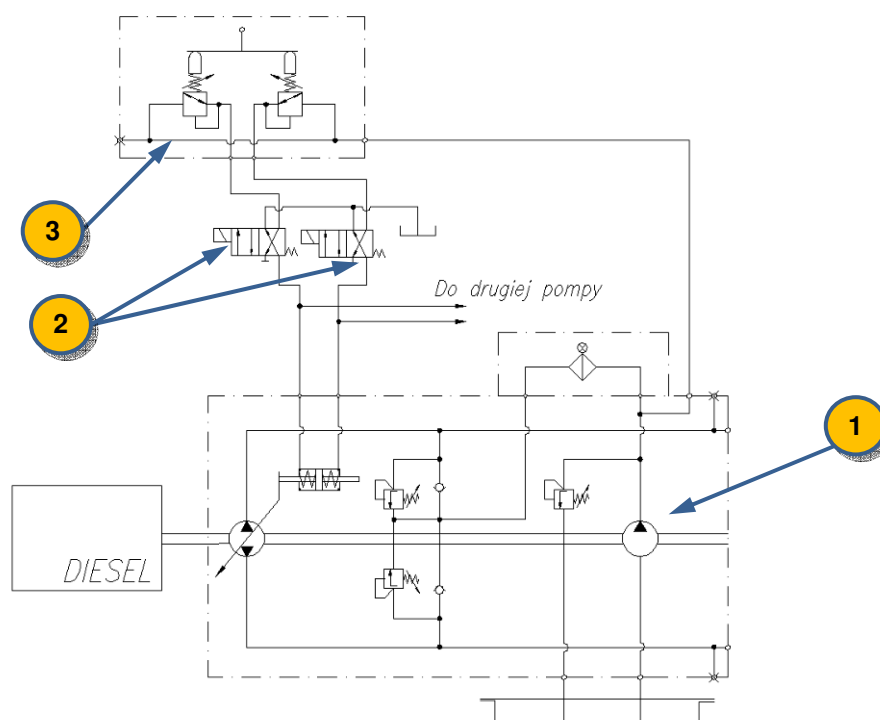
Układ pojedynczej przekładni hydrostatycznej wyposażono w pompę tłoczkową zmiennej wydajności oraz silnik hydrauliczny zmiennej chłonności. Pompa posiada regulator pozwalający na jej sterowanie hydraulicznym sygnałem zewnętrznym. W korpusie pompy zabudowana jest dodatkowo pompa doładowująca, służąca do uzupełniania przecieków cieczy roboczej wewnątrz pompy i silnika oraz wymiany oleju w układzie przekładni hydrostatycznej. Ciśnienie doładowania ustalane jest przez zawór przelewowy, który mieści się na wyjściu pompy doładowującej. Pompę wyposażono w filtr oleju ze wskaźnikiem

zanieczyszczeń. Umiejscowiony jest on pomiędzy pompą doładowującą, a pompą główną. Dodatkowo układ doładowujący wyposażono w układ kontrolno-zabezpieczający składający się z czujników ciśnienia oraz manometrów.

Silnik hydrauliczny wyposażono w regulator, dostosowujący jego chłonność do parametrów obciążenia zewnętrznego. Regulator zmienia chłonność silnika z wartości minimalnej do wartości maksymalnej, gdy ciśnienie robocze wzrośnie 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).

Sterowanie jazdą lokomotywy odbywa się z kabiny operatora za pomocą manipulatora hydraulicznego oraz przycisków umieszczonych w pulpicie sterowniczym lokomotywy. Polega na określeniu (wyborze) kierunku jazdy lokomotywy i regulacji prędkości jazdy.

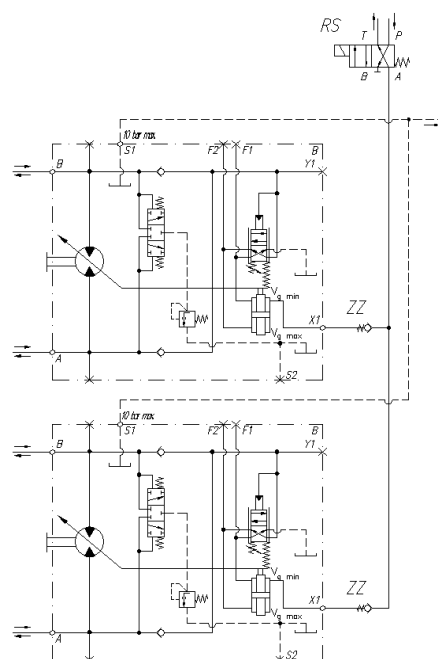
Pierwsza funkcja realizowana jest poprzez wybór przycisku w pulpicie sterującym i wychylenie manipulatora, sterowanego ręcznie, w odpowiednim kierunku. Druga funkcja realizowana jest poprzez zwiększenie wychylenia dźwigni manipulatora, co objawi się wzrostem ciśnienia medium roboczego. Medium to zasila regulatory zabudowane na pompach tłokowych przekładni hydrostatycznych, powodując przesterowanie cylindrów regulacyjnych pomp, a co za tym idzie, zmianę jednostkowej objętości roboczej. To z kolei przekłada się na rozpoczęcie przepływu cieczy w obwodzie zamkniętym pompa-silnik. Zabudowane na silnikach hydraulicznych regulatory o działaniu automatycznym powodują, że prędkość jazdy staje się proporcjonalna do wychylenia manipulatora oraz zależna od zadanego obciążenia [9]. Na rysunku 12 przedstawiono układ sterowania pomp, który zbudowany został z zastosowaniem trzech podstawowych elementów: pompy doładowującej (poz. 1), manipulatora hydraulicznego sterowanego ręcznie (poz. 3) oraz dwóch rozdzielaczy elektrohydraulicznych (poz. 2).



Rys. 12. Uproszczony schemat ideowy układu sterowania pompami głównymi [9]

Lokomotywa wyposażona jest dodatkowo w automatyczny układ umożliwiający jazdę manewrową (rys. 13). Wyzwalany jest on automatycznie, po uruchomieniu maszyny.

Po przekroczeniu prędkości wynoszącej 3 m/s układ wyłącza się, pozwalając lokomotywie osiągnąć maksymalną prędkość jazdy. Układ składa się z rozdzielacza (RS) oraz dwóch zaworów zwrotnych (ZZ), przez które medium hydrauliczne kierowane jest do odpowiednich przyłączy obu silników hydraulicznych. Rozdzielacz zabudowany jest tak, że w stanie beznapięciowym przyłącza regulatorów silników połączone są ze spływem i możliwa jest jazda z prędkością maksymalną, równą 5 m/s. Po podaniu napięcia na cewkę rozdzielacza, przepływająca ciecz pod ciśnieniem pozwala na przesterowanie regulatorów i zmianę chłonności silników hydraulicznych do maksymalnych wartości. W ten sposób zmniejsza się maksymalną prędkość jazdy do wartości wynoszącej 3,2 m/s, umożliwiającej prowadzenie prac manewrowych.



Rys. 13. Schemat hydrauliczny układu umożliwiającego jazdę manewrową

#### 4. Podsumowanie

W konstrukcjach lokomotyw spalinowych opracowanych w ITG KOMAG stosuje się napędy mechaniczny z zmiennikiem momentów oraz napędy hydrostatyczne. Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat można zauważyć, że układy napędowe hydrostatyczne w dużej mierze wyparły układy z mechanicznym przeniesieniem napędu. Jakkolwiek układy mechaniczno-hydrauliczne są tańsze w produkcji, to niewątpliwą zaletą układów hydrostatycznych jest możliwość realizowania jazdy 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 i przekładnie mechaniczne, sprzęgła rozłączalne, wały Cardana. Wpływa to niewątpliwie na zmniejszenie awaryjności układu przeniesienia napędu. Eliminacja wałów Cardana zwiększyła bezpieczeństwo poprzez eliminację elementów obrotowych w przedziale silnikowym.

Efektom prac prowadzonych w ITG KOMAG, dotyczących lokomotyw, są ich nowoczesne konstrukcje, wyposażone w liczne rozwiązania poprawiające bezpieczeństwo, wydajność oraz ergonomię użytkowania. Szczególny nacisk położono na bezpieczeństwo pracy oraz zapewnienie konkurencyjnych, w stosunku do podobnych konstrukcji, parametrów użytkowych. Aktywna współpraca z użytkownikami przedstawionych lokomotyw pozwala na ich sukcesywne doskonalenie, w celu jak najlepszego spełnienia oczekiwań kopalń. Opracowanie dwóch rozwiązań konstrukcyjnych lokomotyw dołowych spalinowych typu Lds-100K gwarantuje ich bezpieczne i satysfakcjonujące użytkowanie w kopalniach rud oraz węgla kamiennego.

## Literatura

- [1] Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wyd. Śląsk, Katowice 1990
- [2] Dobrzaniecki P., Mężyk A.: Kształtowanie cech eksploatacyjnych górniczych pojazdów szynowych. ITG KOMAG, Gliwice 2012. ISBN 978-83-60708-70-5
- [3] Dokumentacja techniczna Lokomotywa dołowa spalinowa dla kopalń węgla Lds-100K-EMA. ITG KOMAG Gliwice 2011 (materiały niepublikowane)
- [4] Kaczmarczyk K., Brzeżański M.: Problemy ekologiczne silników spalinowych eksploatowanych a wyrobiskach węgla kamiennego. ITG KOMAG, Gliwice 2015. ISBN 978-83-60708-87-3
- [5] Korecki Z.: Napędy i sterowanie hydrauliczne maszyn górniczych. Wydawnictwo: ŚWT, Katowice 1993
- [6] Nieśpiałowski K.: Evolution of Lds locomotive's hydraulic drive. Wiadomości Górnicze 2015 nr 9
- [7] Nieśpiałowski K.: Układy hydrauliczne maszyn i urządzeń dla przemysłu górniczego. Maszyny Górnicze 2010 nr 3-4
- [8] Nieśpiałowski K., Rojek P., Jasiulek T.: Hydraulic systems of Lds locomotives designed by KOMAG Centre. Układy hydrauliczne dla lokomotyw Lds zaprojektowanych przez CMG KOMAG. Materiały na konferencję: Riadenie tekutinovych systemov 2008, VIII medzinarodna vedecka a odborna konferencia, Strbske Pleso (Slovakia), 2.4. - 4.4.2008
- [9] Rojek P., Nieśpiałowski K.: Hydrostatyczny napęd lokomotywy WLP-50EM/H. Maszyny Górnicze 2015 nr 4