

# HYDROSTATYCZNE UKŁADY NAPĘDOWE W BEZZAŁOGOWYCH POJAZDACH LĄDOWYCH

Adam BARTNICKI, Andrzej TYPIAK

Instytut Budowy Maszyn, Wydział Mechaniczny

Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, Polska

tel. (22) 683 93 88, e-mail typiak@wme.wat.edu.pl

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono zalety hydrostatycznych układów napędowych jako jednostek napędowych układów jezdnych maszyn i pojazdów. Przedstawiono tendencje rozwojowe tych układów oraz przykład zastosowania w bezzałogowym pojeździe lądowym.

**Słowa kluczowe:** hydrostatyczne układy napędowe, układy sterowania, maszyny inżynierskie

## 1. WPROWADZENIE

Trudne warunki pracy maszyn inżynierskich i pojazdów wojskowych, duże i zmienne obciążenia ich układów roboczych i jezdnych, eksploatacja w relatywnie niekorzystnych warunkach pracy, sprawiają iż poszukuje się efektywniejszych układów przenoszenia mocy, obniżających koszt eksploatacji maszyn i pojazdów. Dąży się też do zwiększenia bezpieczeństwa pracy i odciążenia kierowcy-operatora od nadmiernego wysiłku psychicznego i fizycznego oraz między innymi do obniżenia emitowanego przez maszyny hałasu i ciepła.

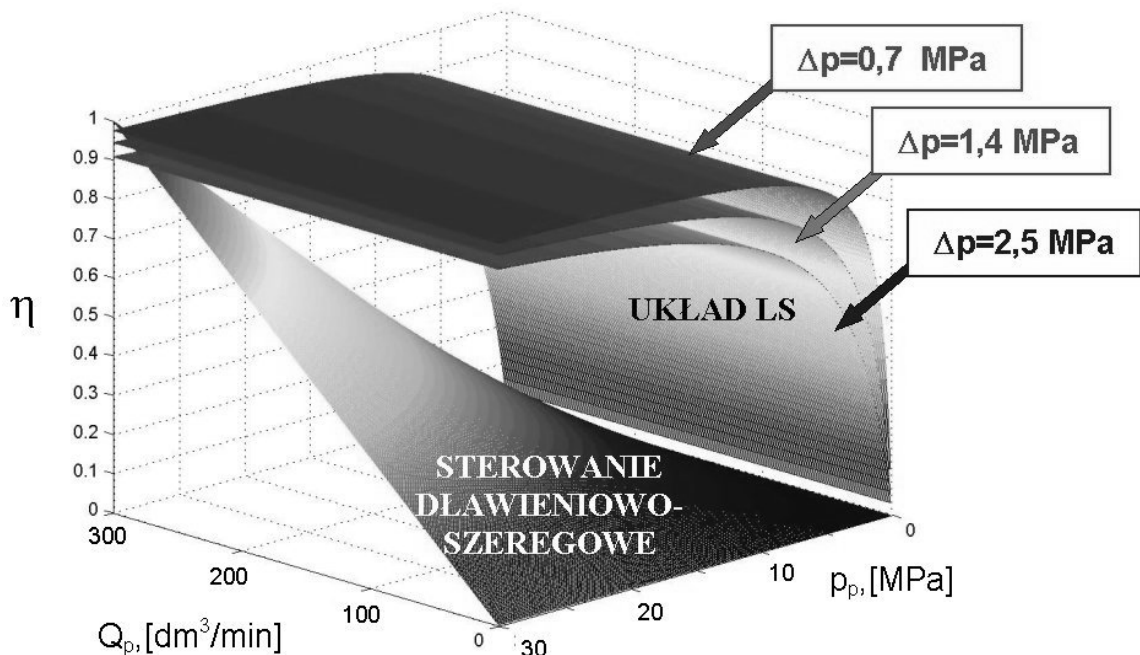
Postępujący rozwój elementów hydraulicznych, ich niezawodność i podatność na sterowanie, sprawił iż hydrostatyczne układy napędowe są coraz częściej stosowane w rozwiązaniach układów napędowych jazdy współczesnych maszyn i pojazdów. Podstawowymi aspektami przemawiającymi za ich stosowaniem są:

- łatwość przenoszenia napędu od silnika spalinowego do kół, unikanie zwiększających masę i gabaryty wałów napędowych,
- płynna zmiana przełożenia przekładni,
- wykorzystywanie dużego obszaru pracy silnika spalinowego,
- eliminacja rozłączalnych sprzęgieł, skrzyń biegów, przekładni rozdzielczych za silnikiem napędowym, ze względu na możliwość montażu wielu pomp w osi wału,
- eliminacja przekładni rozdzielczych za skrzyniami biegów, ze względu na łatwość przenoszenia napędu, wykorzystując energię hydrauliczną cieczy,

- optymalizacja realizowania napędu odwróconego i możliwość zabezpieczenia silnika napędowego przed rozbieganiem podczas tego napędu,
- zabezpieczenie silnika napędowego przed przeciążeniem,
- możliwość realizowania jazdy z automatyczną zmianą przełożenia,
- szeroki zakres prędkości obrotowych wałów silników hydraulicznych.

Na obecnym etapie rozwoju hydrostatycznych układów napędowych, dąży się do polepszenia ich sprawności i żywotności, zwiększenia dokładności sterowania, a tym samym zwiększenia dokładności wykonywanych zadań technologicznych oraz automatyzacji wybranych ruchów roboczych.

Jednym z takich rozwiązań, zapewniających wysoką sprawność hydrostatycznych układów napędowych maszyn i pojazdów, są układy z kompensacją obciążenia (load sensing), które, w stosunku do układów sterowanych dławieniowo, charakteryzują się wyższą sprawnością w znacznej części zakresu roboczego pomp hydraulicznych (rys.1). Hydrostatyczne układy napędowe z kompensacją obciążenia zapewniają utrzymanie stałych parametrów pracy układu hydraulicznego bez względu na wielkość i charakter jego obciążenia, a także pozwalają na precyzyjne sterowanie elementami wykonawczymi układu.

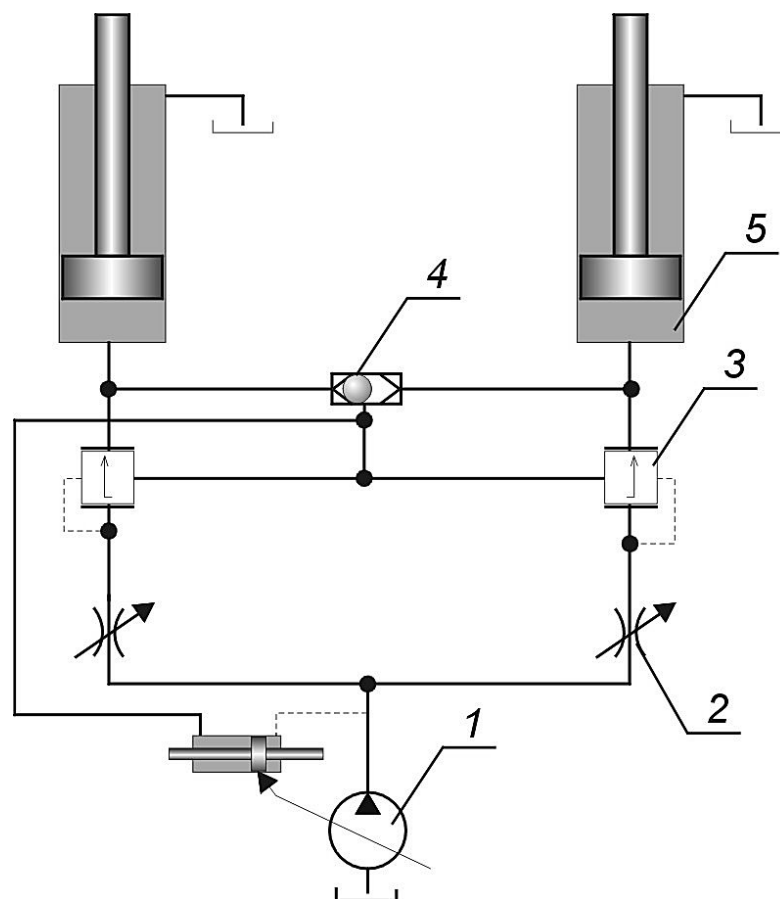


Rys.1. Przykładowe charakterystyki sprawnościowe hydrostatycznych układów napędowych z kompensacją obciążenia i sterowanych dławieniowo:  $\eta$  - sprawność hydrauliczna,  $Q_p$ ,  $p_p$  - wydajność i ciśnienie czynnika roboczego,  $\Delta p$ -różnica ciśnienia niezbędna do działania układu z kompensacją obciążenia

Kolejnym etapem rozwoju hydrostatycznych układów napędowych są systemy LUDV – niezależnego od obciążenia rozdziału wydajności pompy, w których podobnie jak w układach LS, wartości prędkości roboczych każdego z elementów wykonawczych mogą być precyzyjnie sterowane - bez względu na wielkość i charakter zmian obciążenia zewnętrznego (rys.2). Podstawową zaletą tego typu układów jest automatyczne redukowanie prędkości wszystkich odbiorników w przypadku gdy wydajność pompy jest niewystarczająca, aby zapewnić żadaną chłonność (nastawioną zaworem dławiącym (2)) wszystkich odbiorników.

Przedstawione tendencje rozwojowe hydrostatycznych układów napędowych maszyn i pojazdów (coraz częściej wyposażanych w systemy LS czy LUDV) i korzyści wynikające z ich wprowadzania sprawiają, że rozwiązania te obejmują kolejne grupy maszyn i pojazdów.

Z przeprowadzonej analizy literatury wynika, iż maszyny wyposażone w hydrostatyczne układy napędowe charakteryzują się większą precyzją sterowania, mniejszymi nadwyżkami dynamicznymi, lepszą ergonomią i podatnością na zdalne i automatyczne sterowanie.



Rys. 2. Sterowanie odbiornikami energii w oparciu o system LUDV:

1 – pompa zmiennej wydajności, 2 – zawory dławiące (rozdzielacze), 3 – zawory różnicowe, 4 – zawór zwrotny, 5 – odbiorniki

## 2. HYDROSTATYCZNY UKŁAD NAPĘDOWY JAZDY POJAZDU LEWIATAN

Wśród pojazdów wyposażonych w hydrostatyczne układy napędowe jazdy można znaleźć pojazdy rodzimej produkcji. Przykładem takiego pojazdu jest lekki wielozadaniowy transporter Lewiatan (rys.3), który powstał w wyniku wzajemnej współpracy firm BIBUS MENOS, HYDROMEGA oraz Wojskowego Instytutu Techniki Panczernej i Samochodowej. Pojazd ten może być wykorzystany zarówno jako nośnik niewielkich ładunków (do 1,5 t) jak również jako pojazd bazowy-nośnik narzędzi lub osprzętów roboczych do wykonywania prac inżynierskich. Dobre właściwości trakcyjne w trudnodostępnym terenie jak również zdolność pokonywania przeszkód wodnych zdecydowanie rozszerza zakres realizowanych przez pojazd prac. W pojeździe tym koła napędowe są niezależne napędzane hydraulicznymi silnikami gerotorowymi rys.4 - stałej chłonności, zasilanymi pompą zmiennej wydajności sterowanej za pomocą serwozaworu. W czasie wyjeżdżania pojazdu z przeszkody wodnej możliwa jest jednoczesna praca łożysk napędowych i wybranych silników kół. W układzie zastosowano specjalne zawory, bloki sterujące osiami napędowymi umożliwiające:

- włączanie i wyłączenie poszczególnych silników,
- synchronizację pracy kół napędowych,
- skręt w miejscu, przez napęd silników jednej strony pojazdu do przodu, a drugiej strony do tyłu,
- skręt i wybór kierunku pływania,
- wybór kierunku jazdy pojazdu.

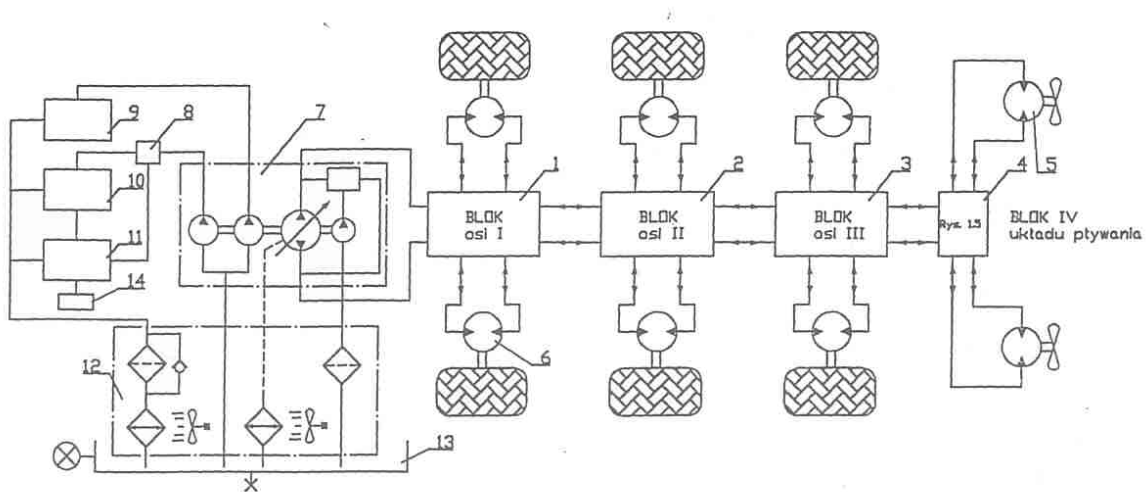
Do zasilania wspomaganie układu kierowniczego, hamulcowego oraz odbiorników zewnętrznych zainstalowano za pompą główną pompy pomocnicze stałej wydajności.



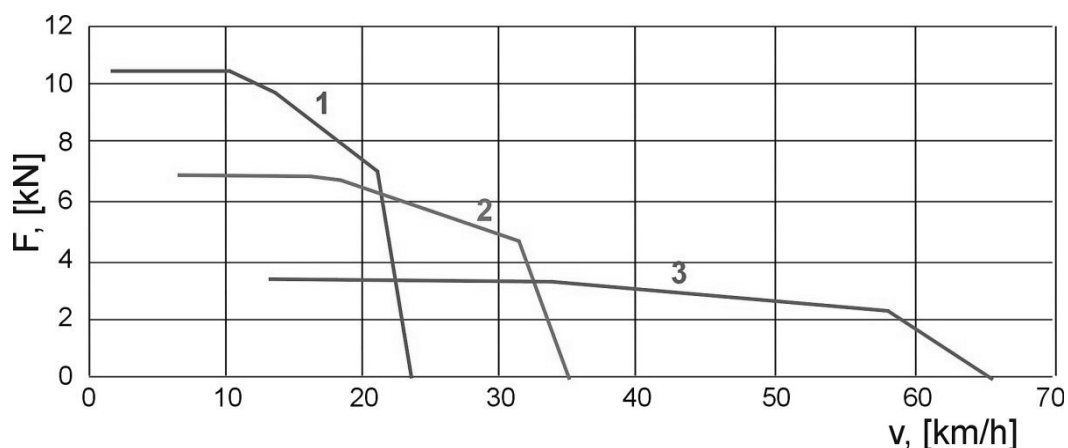
Rys. 3. Wielozadaniowy transporter Lewiatan

Sterowanie przekładnią hydrostatyczną realizowane jest poprzez elektroniczny układ automatycznej zmiany przełożenia oddziaływujący na wydajność pompy. Ze względu na wymaganą rozpiętość przełożeń i zastosowanie silników o stałej objętości roboczej wybór wstępny przełożeń terenowych lub szosowych dokonuje się przez odłączanie silników kolejnych osi. Uzyskuje się w ten sposób zmienną, sumaryczną chłonność silników. Na rys. 5 przedstawiono charakterystykę trakcyjną pojazdu, na której poszczególne krzywe przedstawiają różne warianty przeniesienia napędu na koła napędowe pojazdu:

- 1 – napęd realizowany przez sześć silników,
- 2 - napęd realizowany przez cztery silniki,
- 3 - napęd realizowany przez dwa silniki.



Rys. 4. Uproszczony schemat hydrostatycznego układu napędu jazdy i pływania pojazdu Lewiatan: 1, 2, 3 - bloki sterujące osiami napędowymi, 4 - blok sterujący układem pływania, 5 - silnik hydrauliczny napędu śruby pływania, 6 - silnik hydrauliczny napędu kół, 7 - zespół pomp zasilających z silnikiem spalinowym, 8 - blok priorytetowy rozdziału mocy, 9 - blok hydrauliczny układu kierowniczego, 10 - blok hydrauliczny układu hamulcowego, 11 - blok hydrauliczny zasilania urządzeń zewnętrznych, 12 - zespół chłodzący filtrujący, 13 - zbiornik oleju, 14 - wyjście zewnętrzne do zasilania narzędzi hydraulicznych



Rys. 5. Charakterystyka trakcyjna pojazdu

Jednostką napędową wybrano silnik o zapłonie samoczynnym z doładowaniem firmy KUBOTA o mocy ciągłej netto 55 kW.

Zgodnie z charakterystyką pojazd o masie własnej 1,8 t, zakładając w warunkach terenowych wartość współczynnika oporów toczenia 0.02, jest w stanie pokonać wzniesienie o nachyleniu 85%. Prędkość maksymalna pojazdu w jeździe po drodze utwardzonej wynosi ok. 60 km/h. Operator (patrz wykres), ma możliwość wyboru dwóch zakresów przełożeń terenowych i jednego zakresu przełożeń szosowych.

### 3. PODSUMOWANIE

Przedstawione tendencje rozwojowe hydrostatycznych układów napędowych i ich zalety, postępujący rozwój elementów hydraulicznych, ich niezawodność i podatność na sterowanie powodują, że układy te znajdują coraz szersze zastosowanie we współczesnych maszynach i pojazdach, jako układy napędowe jazdy.

Wymagania stawiane współczesnym maszynom i pojazdom, ograniczenie zużycia energii, konieczność płynnej zmiany prędkości jazdy w szerokim zakresie, możliwość uzyskiwania małych prędkości, w przypadku niektórych maszyn i pojazdów jest istotnym czynnikiem przemawiającym za wprowadzaniem tych układów.

Podatność tych układów na sterowanie, sprawia iż w układy te coraz częściej wyposaża się maszyny i pojazdy zdalnie i automatycznie sterowane, przewidziane do realizacji prac związanych z zagrożeniem życia i zdrowia ludzkiego.

## **Literatura**

1. Bartnicki A., Kuczmarski F.: Badanie statycznych i dynamicznych właściwości hydrostatycznych układów napędowych z kompensacją obciążenia, XVI Konferencja Naukowa „Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych”, Zakopane 2003
2. Chodkowski A., Burdziński Z., Balcerzak J., Kołodziej W., Orlik L: Terenowe pojazdy kołowe. Materiały konferencyjne WITPiS 1981
3. Garbacik A. i inni: Kierunki rozwoju napędów i konstrukcji maszyn roboczych. Fluid Power Net Publication, Kraków 1999
4. Garbacik A. i inni, Studium projektowania układów hydraulicznych. Ossolineum, Kraków 1997
5. Materiały projektowo techniczne firmy HYDROMEGA
6. Pomierski W.: Zastosowanie modeli matematycznych strat mocy i objętościowych w projektowaniu napędu hydrostatycznego. Materiały konferencji: Napęd, Sterowanie, Automatyzacja Maszyn Roboczych i Pojazdów -WAT 2000
7. Pomierski W., Siejda Z., Zienowicz Z.: Napęd lekkiego wielozadaniowego transportera, nośnika uzbrojenia - Lewiatan 5SG. Materiały konferencyjne; Napędy i Sterowanie 2002 VIII Seminarium MTG, Gdańsk 2002

## **LOAD COMPENSATED HYDROSTATIC DRIVING SYSTEMS IN UNMANNED GROUND VEHICLES**

Abstract: In this paper the advantages of hydrostatic power systems as the power transmission units for machines and vehicles have been presented. Moreover, the development trends of them and examples of their use in unmanned ground vehicle have been described.