



Politechnika Świętokrzyska

WYDZIAŁ MECHATRONIKI I BUDOWY MASZYN



PROJEKT BADAWCZY POIR. 04.01.02-00-0045/18.

**"Opracowanie i demonstracja zrobotyzowanego systemu murarsko-tynkarskiego (ZSMT) do zastosowania w przemyśle budowlanym"
akronim ZSMT**

Zakres obowiązków

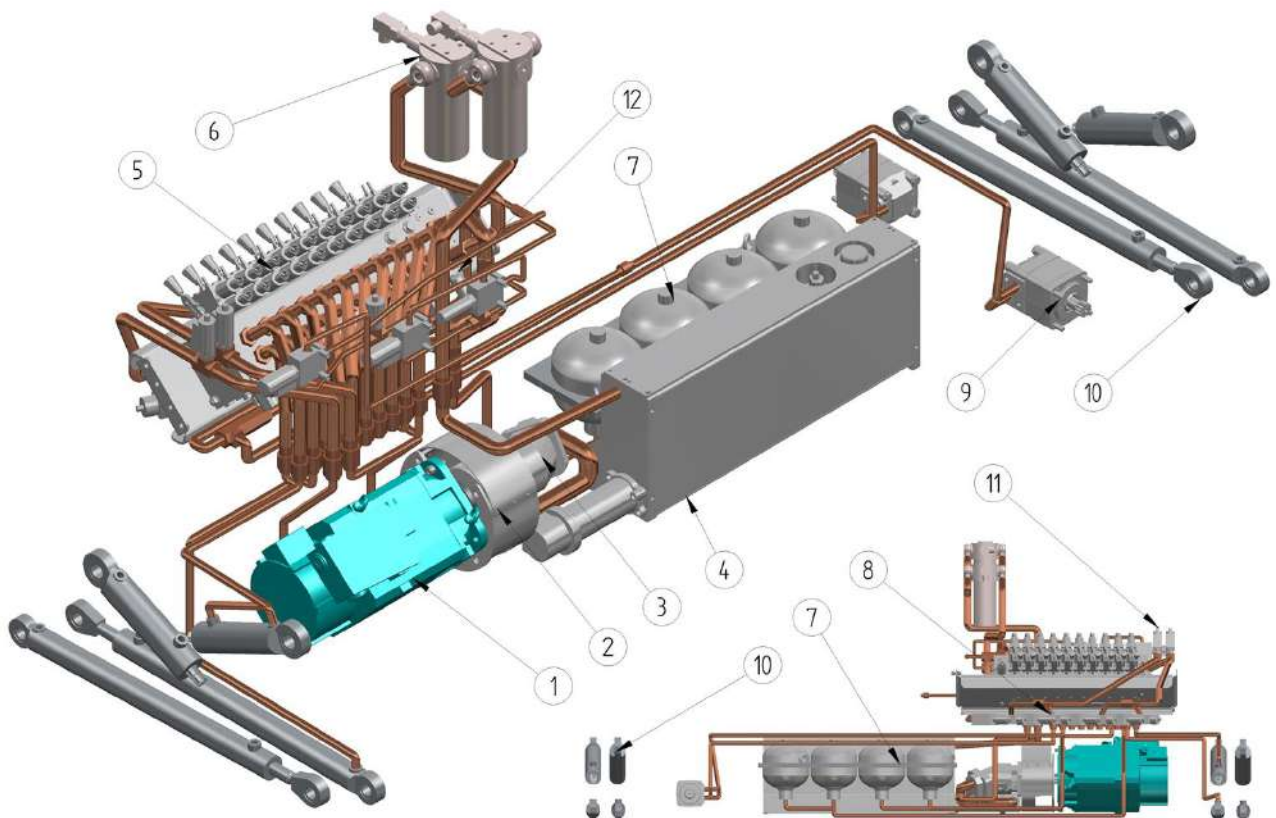
- 1) Wykonaniu projektu hydraulicznego układu napędowego zrobotyzowanego systemu murarskiego (ZSM).
- 2) Wykonaniu dokumentacji technicznej hydraulicznego układu napędowego zrobotyzowanego systemu murarskiego (ZSM).

Wykonawca projektu
Łukasz Chłopek

Kielce, 2019-2021 r.

Układ napędowy zrobotyzowanego systemu murarskiego (ZSM) składa się z elementów:

1. Serwo silnik 1PH8103
2. Sprzęgło
3. Pompa wielotłoczkowa osiowa z wychylonym wirnikiem (pompa o stałej wydajności)
4. Moduł zbiornika z filtrem wstępnym
5. Wielosekcyjny rozdzielacz proporcjonalny ze sterownikiem pracującym wg zasady $p=\text{const}$.
6. Zespół filtracyjny
7. Moduł akumulatorów hydropneumatycznych
8. Zespół rozdzielczy sterujących funkcjonalnością modułu akumulatorów hydropneumatycznych
9. Wolnoobrotowe silniki hydrostatyczne napędu jazdy podwozia
10. Siłowniki hydrostatyczne dwustronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem napędu łap stabilizujących (podpór)
11. Przekładniki ciśnienia dla hybrydowego układu napędowego (akumulatory hydropneumatyczne)
12. Przetwornik ciśnienia dla układu sterownia serwo pompy



Podstawą całego systemu jest serwo pompa hydrostatyczna zbudowana z serwo silnika elektrycznego 1 sprzężonego za pomocą sprzęgła 2 z pompą wielotłoczkową 3. Serwo pompa pracuje w oparciu o dwa sprzężenia zwrotne – ciśnienia w postaci przetwornika ciśnienia 12 oraz zintegrowanego z silnikiem 1 enkodera obrotowego. System nie mógłby działać bez zbiornika oleju 4 z zabudowanym filtrem ssawnym. Podstawowym elementem sterującym zabudowanym w systemie jest wielosekcyjny rozdzielacz proporcjonalny 5 zasilający siłowniki 10 napędu dwóch modułów podpór i silniki hydrostatyczne wolnoobrotowe 9 napędu gaśnic.

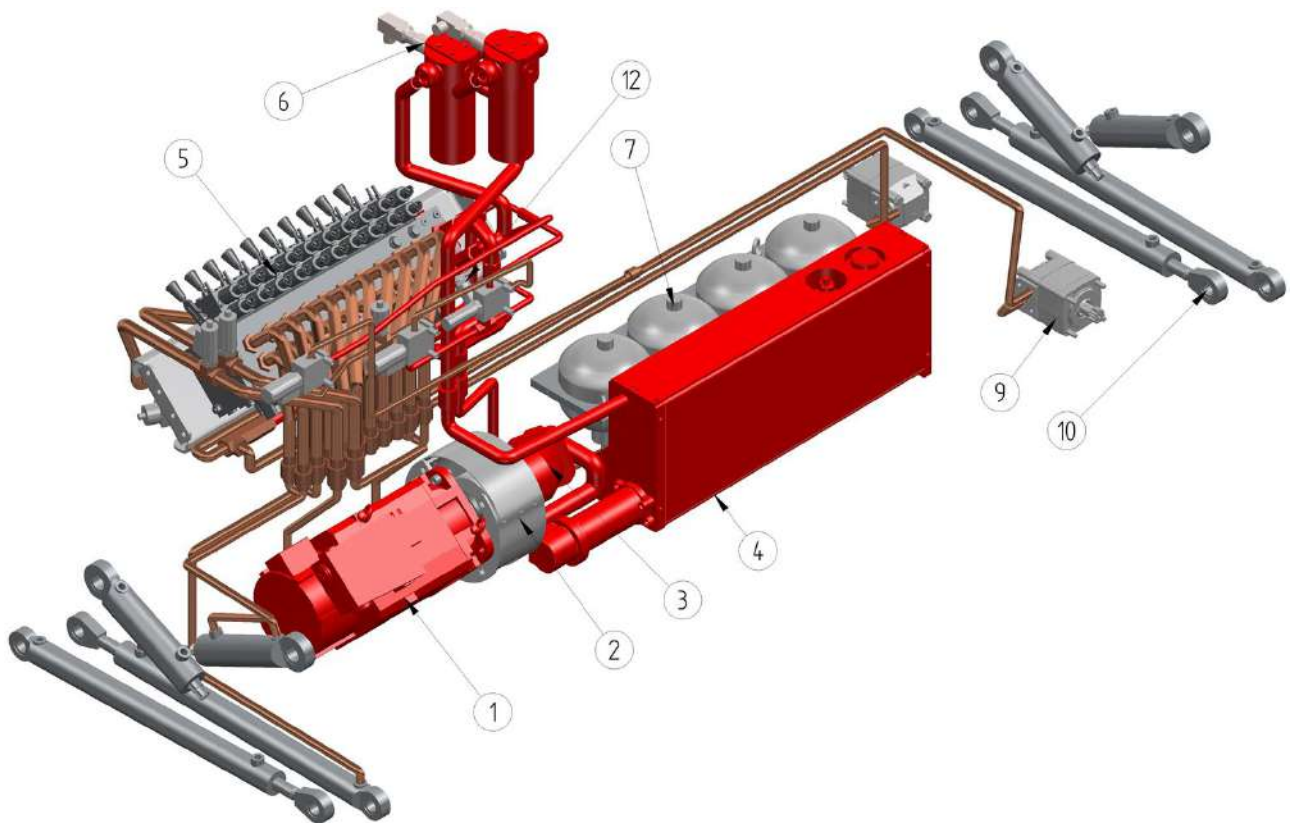
Część hybrydowa układu napędowego zbudowana jest z modułu akumulatorów hydropneumatycznych połączonych szeregowo po 2 sztuki dla każdego podukładu, rozdzielaczy 8 sterujących napełnianiem i opróżnianiem akumulatorów 7 oraz z przekaźników ciśnienia 11 stanowiących sprzężenie zwrotne dla układu sterującego opartego o sterownik PLC Simatic S7-1500. Wymieniony sterownik PLC zarządza także pozostałymi elementami układu napędowego.

System napędowy posiada szeroką funkcjonalność dzięki swojej konstrukcji szeregowo – równoległej. Konwencja układu szeregowo – równoległego (mieszanym) posiada szereg zalet do których można zaliczyć:

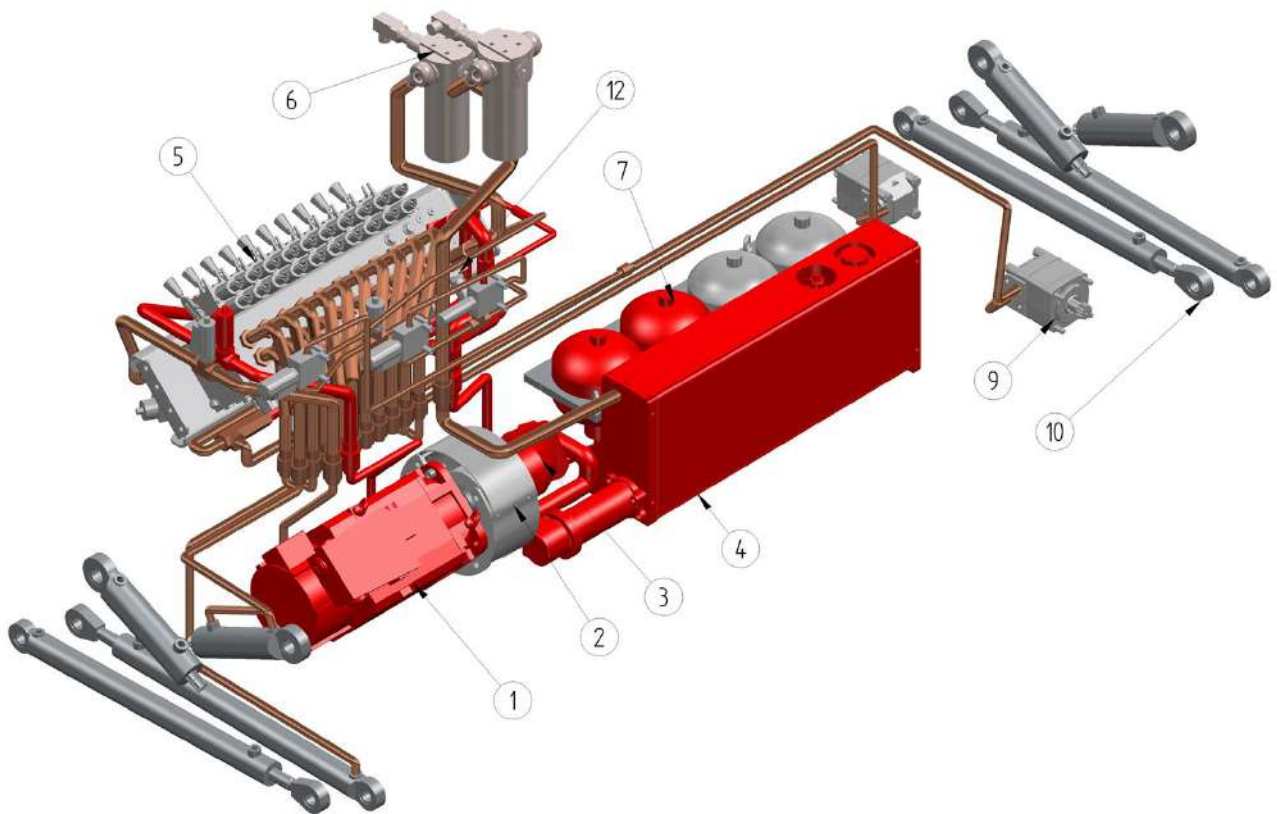
- ⑩ Praca maszyny z napędem hybrydowym mieszanym jest daleko bardziej ekonomiczna ze względu na większą dyspozycyjność układu i możliwość korzystania tylko z modułu hybrydowego w czasie realizacji prac wymagających mniejszego zapotrzebowania na moc w krótkich odstępach czasu
- ⑩ Dynamika maszyny jest znacznie większa dzięki dwóm źródłom energii
- ⑩ System charakteryzuje się dużą sprawnością między innymi dzięki jednostkowym, dużym sprawnościowym komponentów wchodzących w jego skład
- ⑩ Układ rekuperacji energii umożliwia realizację funkcjonalności awaryjnego źródła energii
- ⑩ Układ w konfiguracji napędu hybrydowego zapewnia uzyskanie stałych minimalnych osiągnięć maszyny w miarę starzenia się/zużycia całego systemu
- ⑩ Układ hybrydowy wg zastosowanej konfiguracji charakteryzuje się małymi uchybami regulacji – szereg sprzężeń zwrotnych, oraz krótkimi czasami odpowiedzi na sygnał sterujący min. dzięki charakterystyce pracy serwo pompy i akumulatorów hydropneumatycznych

Prace układu można podzielić na kilka etapów:

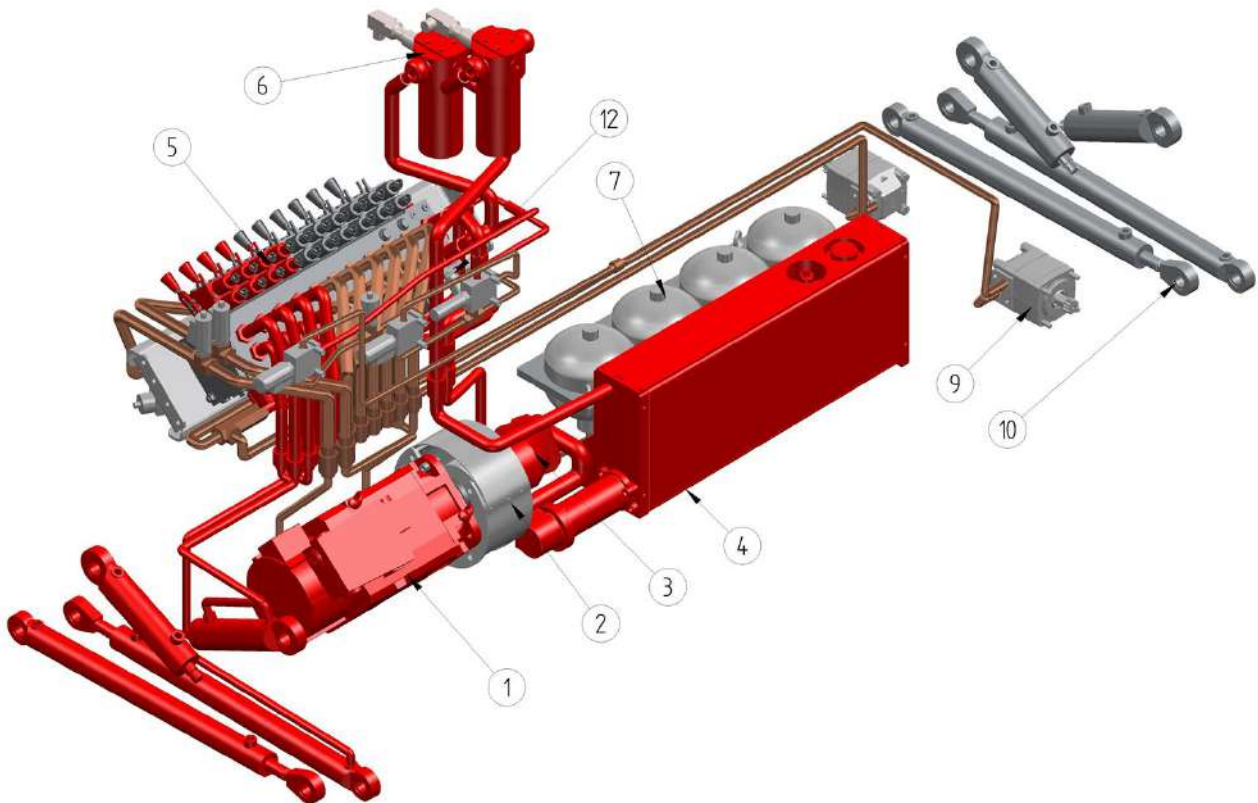
1. Uruchomienie maszyny/serwo pompy – serwo silnik 1 napędza za pomocą modułu sprzęgła 2 pompę wielotłoczkową 3, strumień cieczy roboczej jest kierowany za pomocą przewodów do sekcji zasilającej rozdzielacza 5 wyposażonej w kompensator/sterownik pracujący wg zasady $p = \text{const}$, który w konwencjonalnych układach eliminuje straty mocy spowodowane nadmiarem wydajności pompy natomiast w zbudowanym układzie kompensator spełnia funkcję zaworu maksymalnego



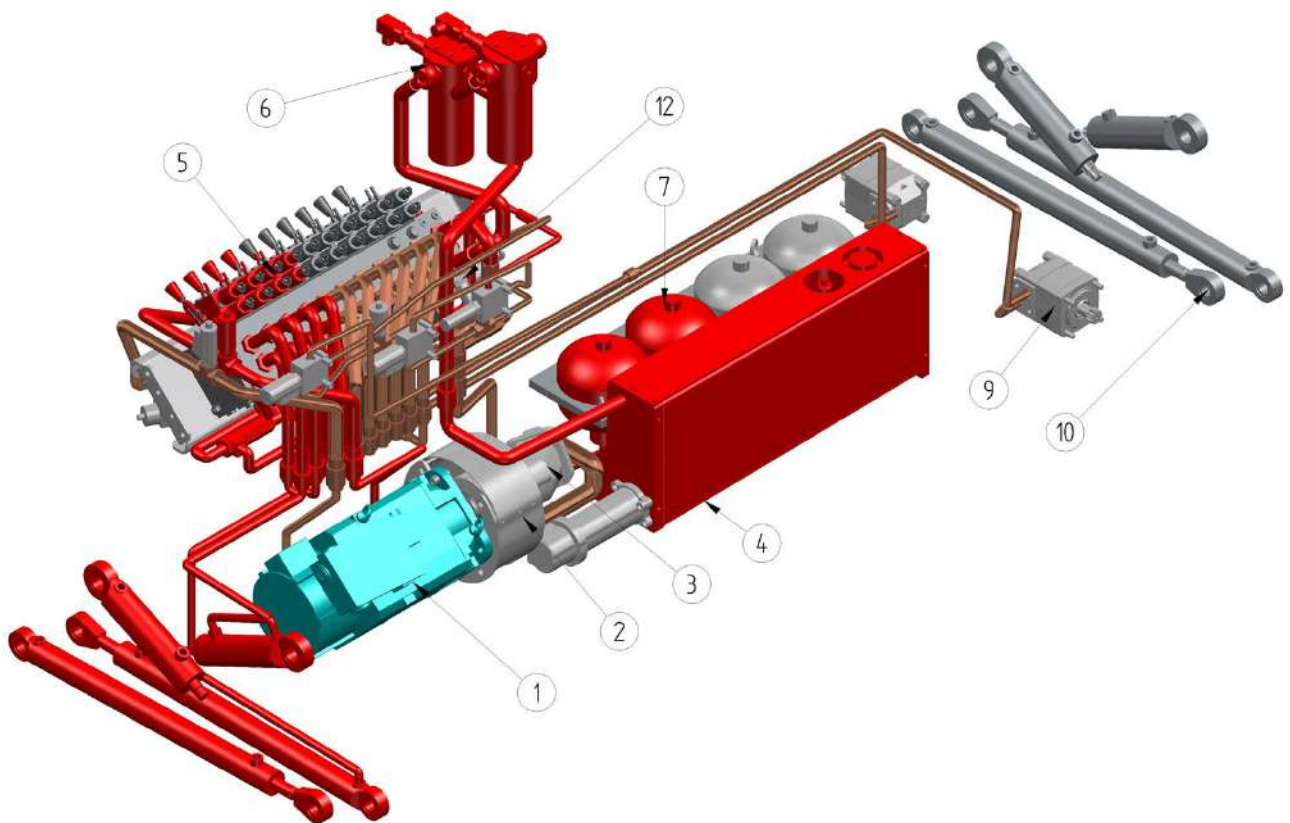
2. Ładowanie akumulatorów hydropneumatycznych – serwo pompa {1,2,3} zasysa olej ze zbiornika 4 i kieruje go do zespołu rozdzielaczy 8 ładujących moduł 7 akumulatorów hydropneumatycznych w sposób sekwencyjnych dwójkami lub symultanicznie



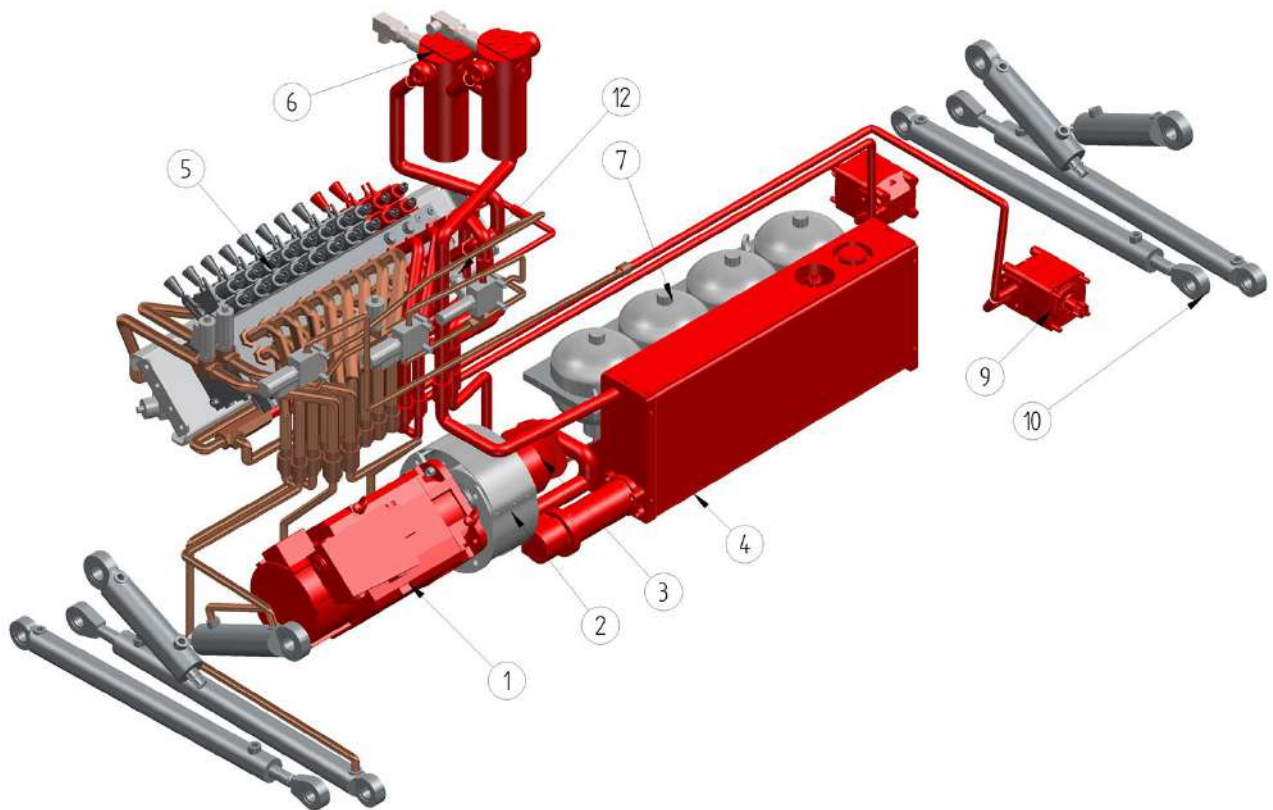
3. Napęd modułów podpór za pomocą serwo pompy – serwo pompa {1,2,3} zasila bezpośrednio rozdzielacz 5 sterujący ruchem siłowników 10 napędzających łapy modułów podpór, strumień cieczy z biernych objętości siłowników 10 kierowany jest poprzez rozdzielacz 5 poprzez zespół filtracyjny 6 do zbiornika 4



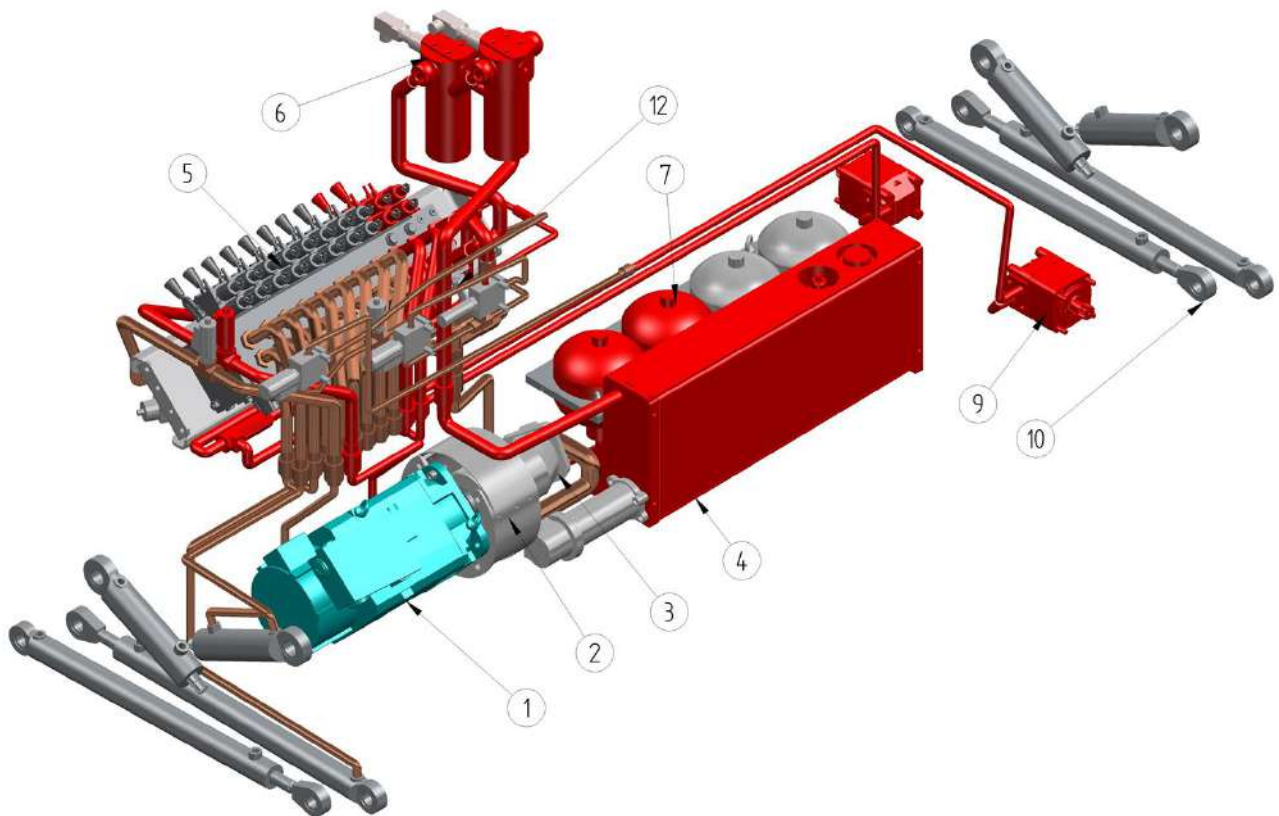
4. Napęd modułu podpór za pomocą akumulatorów hydropneumatycznych – moduł napędu hybrydowego 7 zasila rozdzielacz 5 sterujący ruchem siłowników 10 napędzających łąpy modułów podpór, strumień cieczy z biernych objętości siłowników 10 kierowany jest poprzez rozdzielacz 5 poprzez zespół filtracyjny 6 do zbiornika 4



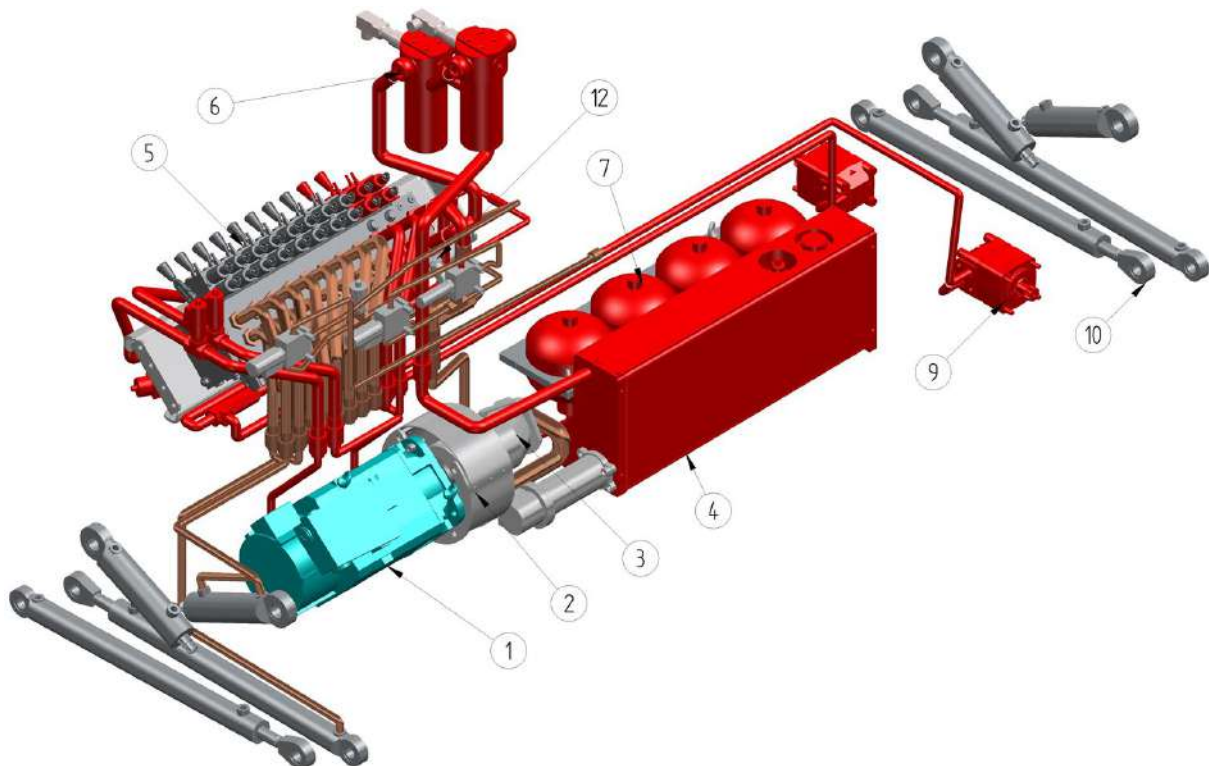
5. Napęd układu jazdy (silników wolnoobrotowych) za pomocą serwo pompy – serwo pompa {1,2,3} zasysa ciecź roboczą ze zbiornika 4 kierując ją do rozdzielacza 5 który za pomocą odpowiednich sekcji steruje i reguluje parametry silników wolnoobrotowych 9, ciecź z przestrzeni niskiego ciśnienia silników 9 wraca poprzez rozdzielacz 5 do zbiornika 4



6. Napęd układu jazdy (silników wolnoobrotowych) za pomocą modułu hybrydowego – ciecz robocza z modułu hybrydowego 7 kierowana jest do rozdzielacza 5 który za pomocą odpowiednich sekcji steruje i reguluje parametry silników wolnoobrotowych 9 układu jazdy, ciecz z przestrzeni niskiego ciśnienia silników 9 wraca poprzez rozdzielacz 5 do zbiornika 4

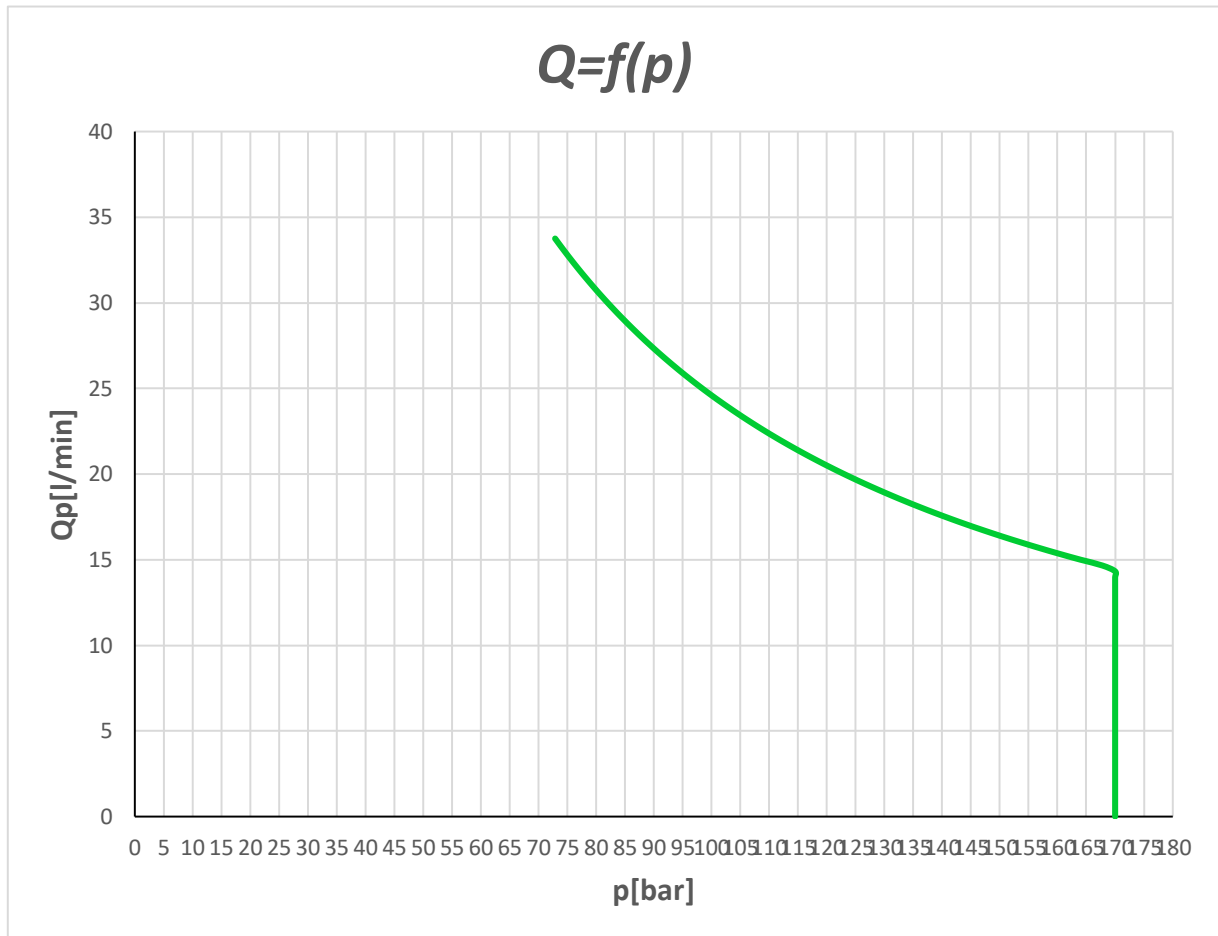


7. Napęd układu jazdy (silników wolnoobrotowych) za pomocą modułu hybrydowego z pełną mocą [funkcja power boost - poruszanie się w sytuacjach wymagających pokonania zwiększonego oporu ruchu podwozia np. pokonywanie przeszkód] – ciecz robocza z całego modułu hybrydowego 7 kierowana jest do rozdzielacza 5 który za pomocą odpowiednich sekcji steruje i reguluje parametry silników wolnoobrotowych 9 układu jazdy, ciecz z przestrzeni niskiego ciśnienia silników 9 wraca poprzez rozdzielacz 5 do zbiornika 4



Do zalet/innowacji zaprojektowanego i zbudowanego systemu napędowego można zaliczyć:

- Niezawodność systemu napędu podwozia gąsienicowego – dwu źródłowość
- Układ charakteryzuje się cichą pracą bez wibracji – serwo pompa pracuje w przedziale prędkości obrotowej $0 \leq n[\text{obr/min}] \leq 300$
- Wysoką dyspozycyjność systemu
- Serwo pompa sterowana przez sterownik PLC może realizować różne charakterystyki pracy np. sterowanie PID czy też sterowania wydajnością według zasady stałej mocy $P[\text{kW}] = \text{const}$ obrazowaną przez hiperbole obciążenia



- System charakteryzuje się dużą niezawodnością dzięki zdecentralizowanemu charakterowi zasilnia odbiorników
- Układ napędowy charakteryzuje się wybitnie gładkimi ruchami aktuatorów, pozbawionymi drgań czy szarpnięć
- Uchyb regulacji jest znacznie mniejszy niż w przypadku układów konwencjonalnych
- Czas odpowiedzi układu na sygnał sterujący jest praktycznie natychmiastowy
- Innowacyjny układ napędu gąsienic za pomocą serwo pompy charakteryzuje się:
 - Bardzo dobrą dynamiką pracy
 - Prostą konstrukcją eliminującą potrzebę zastosowania sumowego sterowania według stałej mocy $P[\text{kW}] = \text{const}$
 - Wysoką precyzją ruchów gąsienic umożliwiającą sprawne poruszanie się w pomieszczeniach
- Zbudowany hybrydowy układ napędowy umożliwia zasilanie maszyny bez

uruchamiania serwo pompy w czasie realizacji procedur pozycjonowania maszyny w pomieszczeniu jej poziomowania i pracy

- Urządzenie chwytające może być zasilane z modułu napędu hybrydowego co znacznie obniża koszty jego użytkowania

Wszystkie rozwiązania przedstawione w tym opisie są przedmiotem postępowania patentowego