

Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych,
Systemów Transportowych
i Układów Hydraulicznych
Politechnika Wrocławska

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

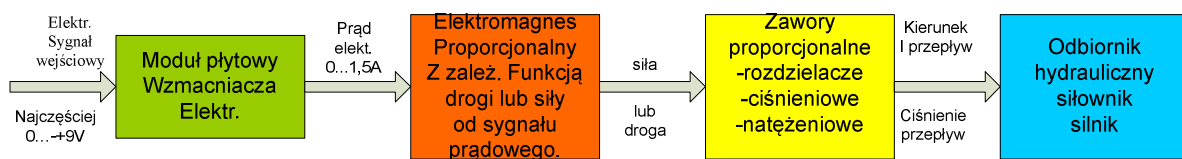
Sterowanie odbiornikiem hydraulicznym z rozdzielaczem proporcjonalnym

Opracowanie: Z. Kudźma, P. Osiński, M. Stosiak

Wstęp teoretyczny:

Sterowanie proporcjonalne w technice hydraulicznej.

Proporcjonalne elementy sterujące stały się obecnie w hydraulice ogniwem łączącym zwykłe sterowanie hydrauliczne z regulacją. Zalety praktycznego zastosowania tych elementów w układach hydraulicznych zostały bardzo szybko rozpoznane.



Rys.1 Przebieg sygnału w technice sterowania proporcjonalnego.

Zapoznajmy się z przebiegiem sygnałów zaprezentowanym na rysunku 1.

Sygnał wejściowy w postaci napięcia (najczęściej między 0... +9V) zostaje w elektronicznym wzmacniaczu przetworzony w prąd elektryczny odpowiednio do wartości napięcia np. $1\text{mV} = 1\text{mA}$.

Proporcjonalnie do tej wartości prądu elektrycznego jako sygnału wejściowego zostaje przez proporcjonalny elektromagnes wytworzona wielkość wyjściowa w postaci siły i drogi. Wielkości te, siła lub droga służące jako sygnał wejściowy dla zaworu hydraulicznego, oznaczają proporcjonalnie do tego sygnału określone natężeniem przepływu lub ciśnienia.

Dla odbiornika, a tym samym dla elementu roboczego maszyny lub urządzenia, oznacza to nie tylko ewent. zmianę kierunku, lecz również wywarcie wpływu na płynną zmianę prędkości i siły. Równocześnie, odpowiednio od zależności czasowej np. zmiany natężenia przepływu w czasie, można powodować płynną zmianę przyspieszenia lub opóźnienia.

Zawory i pompy proporcjonalne z ich proporcjonalnymi magnesami mogą stanowić miejsca połączeń (złącza) z elektronicznym układem sterowania, a tym samym zapewnić osiągnięcie większej elastyczności w przebiegu pracy maszyn i urządzeń produkcyjnych, a nawet umożliwić tworzenie swobodnie programowalnych sterowań i napędów. Zalety techniczne proporcjonalnych elementów sterujących polegają przede wszystkim na kontrolowanym przełączaniu, płynnym sterowaniu i możliwości zredukowania liczby elementów hydraulicznych potrzebnych do zrealizowania określonych zadań z zakresu

sterowania. W ten sposób sprzyja to również ogólnemu zmniejszeniu materiałochłonności układów hydraulicznych. Stosując zawory proporcjonalne można uzyskać szybsze i dokładniejsze przebiegi ruchów z jednoczesnym usprawnieniem procesu przełączania. Dzięki kontrolowanym przełączeniom unika się szczytowych wartości ciśnienia. Inną konsekwencją stosowania zaworów proporcjonalnych jest osiągnięcie większej trwałości elementów mechanicznych i hydraulicznych.

Elektryczne przekazywanie sygnałów sterujących kierunkiem i natężeniem przepływu lub ciśnieniem umożliwia umieszczanie proporcjonalnych elementów sterujących bezpośrednio na odbiorniku. W ten sposób uzyskuje się istotną poprawę charakterystyki dynamicznej sterowania hydraulicznego. Użytkownicy urządzeń hydraulicznych zaczęli szerzej wprowadzać sterowanie proporcjonalne dopiero wówczas, gdy na rynku pojawiły się odpowiednie elementy sterujące o prostej konstrukcji. Elementy te nie różnią się w istotny sposób od objętych normalnymi programami produkcyjnymi. Wiele części lub zespołów przyjęto z standardowego programu produkcji. Ostatecznie do zwiększenia zasięgu stosowania sterowania proporcjonalnego przyczyniło się także opracowanie funkcjonalnie niezawodnych i konstrukcyjnie prostych elektronicznych płytek drukowanych o zunifikowanych wymiarach (tzw. moduł Europy). Do każdego rodzaju proporcjonalnych elementów sterujących opracowano odpowiedni wzmacniacz, który zawiera właściwe dla danego elementu zespoły elektroniczne.

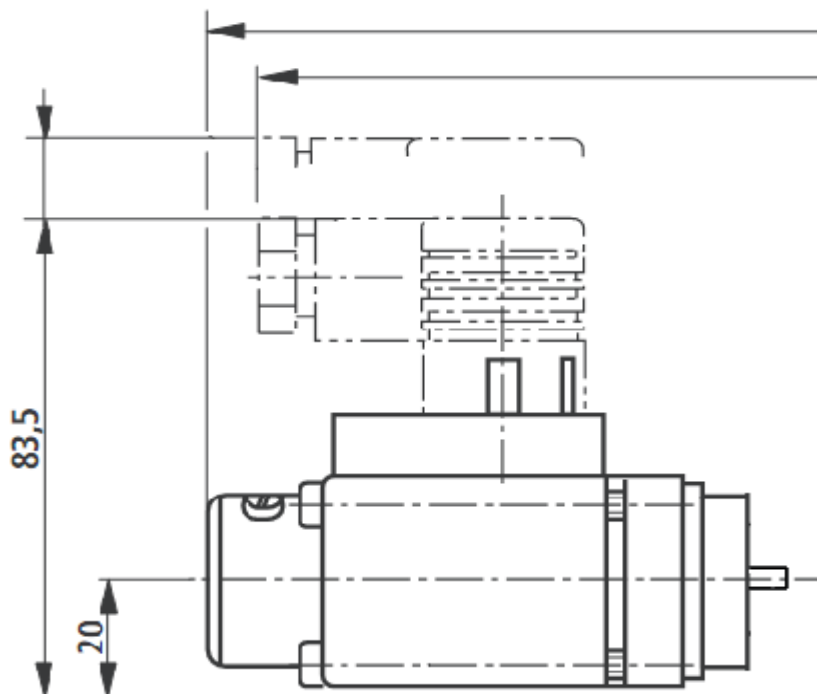
Z reguły są to:

- stabilizator napięcia
- generator przebiegów liniowych
- generator funkcji
- elementy zadające
- przekaźnik wartości zadanych

Elektromagnes o regulowanym skoku

Położenie rdzenia w tych elektromagnesach jest regulowane przez zamknięty układ regulacji i to niezależnie od siły reakcji, o ile ta siła mieści się w dopuszczalnym zakresie roboczym elektromagnesu. Za pomocą elektromagnesu o regulowanym skoku można bezpośrednio sterować np. suwakami proporcjonalnymi rozdzielaczy, zaworów natężeniowych i ciśnieniowych, powodując doprowadzenie tych suwaków do każdego dowolnego położenia. Skok elektromagnesu, zależne od wielkości konstrukcyjnej od 3 do 5 mm.

Elektromagnesy o regulowanym skoku stosowane są, jak już wyżej wspomniano, przede wszystkim w czterodrogowych rozdzielaczach proporcjonalnych. W powiązaniu z elektrycznym sprzężeniem zwrotnym otrzymuje się małą histerezę i mały błąd powtarzalności skoku elektromagnesu. Poza tym następuje wyregulowanie sił hydrodynamicznych występujących na suwaku rozdzielacza (siła jest magnetyczna jest stosunkowo mała w porównaniu z siłami zakłócającymi). W rozdzielaczach ze sterowaniem wstępnym ciśnienie sterujące działa na dużą powierzchnię czynną. Wskutek tego dysponowanie siły nastawcze są nieporównywalnie większe i siły zakłócające nie wywierają już procentowo tak silnego wpływu. Z tego względu można wstępnie sterować rozdzielacze proporcjonalne wykonywać bez elektrycznego sprzężenia zwrotnego.



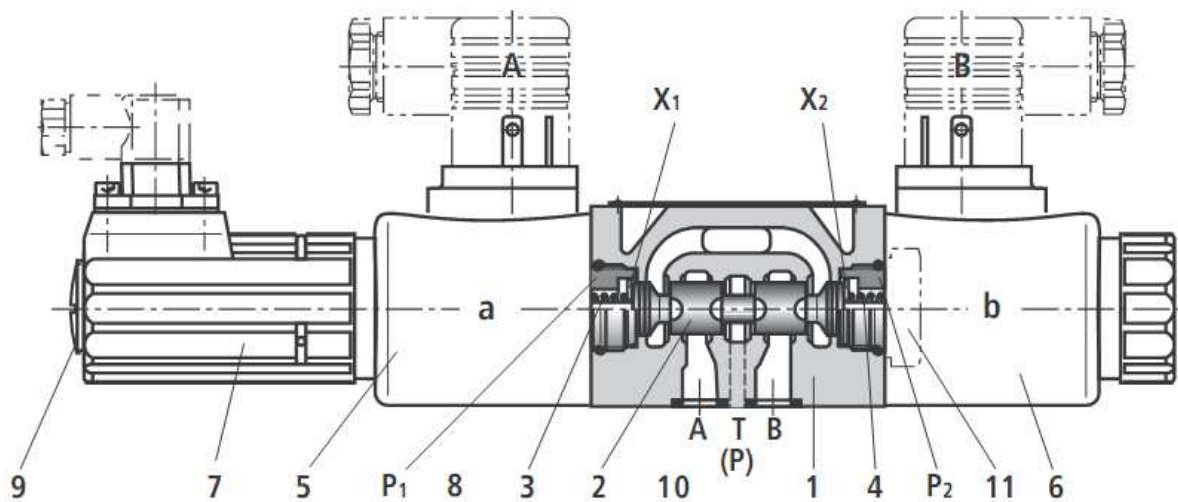
Rys.2 Elektromagnes proporcjonalny o regulowanym skoku

Rozdzielacze proporcjonalne



Rys.3 Rozdzielacze proporcjonalne firmy Bosch- Rexroth

Rozdzielacz proporcjonalny służy do wywierania wpływu na kierunek i natężenie przepływu. Rozdzielacz proporcjonalny sterowany bezpośrednio. Przedstawiając opis tych rozdzielaczy zamieszczamy szereg punktów, które dotyczą również innych, opisanych niżej rozdzielaczy proporcjonalnych. Są to następujące punkty: Histereza, powtarzalność, suwaki, uwagi zasadnicze do wykresów i charakterystyki przejścia suwaka. Proporcjonalny elektromagnes wywiera bezpośrednie działanie na suwak tak samo jak rozdzielacz proporcjonalny.



Rys.4 Bezpośrednio sterowany rozdzielacz proporcjonalny z elektrycznym sprzężeniem zwrotnym

Rozdzielacze proporcjonalne 4/2 i 4/3 zostały zaprojektowane jako urządzenia sterowane bezpośrednio do zabudowy płytowej. Uruchomienie odbywa się za pomocą elektromagnesów proporcjonalnych z gwintem centralnym i demontowaną cewką. Sterowanie elektromagnesem odbywa się przy zastosowaniu zewnętrznej elektroniki sterującej (typ WRE) bądź

zintegrowanej elektroniki sterującej (typ 4WREE) wg . producentów Bosch-Rexroth oraz Ponar Wadowice.

Budowa:

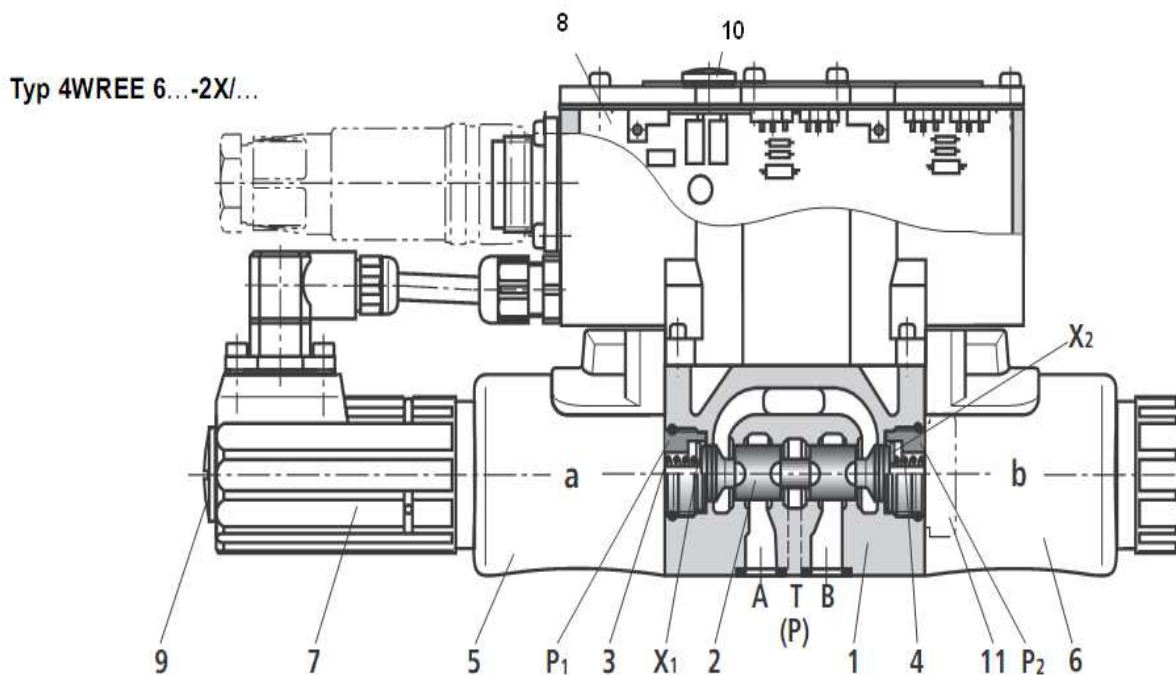
Zawór składa się zasadniczo z następujących elementów:

- obudowa (1) z powierzchnią przyłączeniową
- suwaki sterujące (2) ze sprężyną dociskową (3 i 4) i miseczka sprężyny (X1 i X2)
- elektromagnesy (5 i 6) oraz rury biegunowe (P1 i P2) z centralnym gwintem
- czujnik przemieszczenia (7)
- jako opcja: zintegrowana elektronika sterująca (8)
- mechaniczna regulacja punktu zerowego dostępna przez Pg13,5 (9) lub elektryczną regulację punktu zerowego przez Pg7 (10) (typ 4WREE) .

Działanie:

- gdy elektromagnesy (5 i 6) nie zostały jeszcze wystawiane, wówczas położenie środkowe suwaka sterującego (2) jest zapewniane przez sprężyny dociskowe (3 i 4), pomiędzy miseczkami sprężyny (X1 i X2)
- bezpośrednie sterowanie suwaka sterującego (2) realizowane jest przez wzbudzenie jednego proporcjonalnego elektromagnesu, np. przez sterowanie „b” (6)
- przesunięcie suwaka sterującego (2) w lewo proporcjonalnie do wejściowego sygnału elektrycznego
- połączenie od P do A i od B do T odbywa się poprzez zwężkowe przekroje poprzeczne z progresywną charakterystyką
- wyłączenie elektromagnesu (6)
- sprężyna dociskowa (3) znów doprowadza suwak sterujący (2) do położenia środkowego

W stanie nieczynnym suwak (2) utrzymywany jest przez sprężyny cofające elektromagnesów w mechanicznym położeniu środkowym. W przypadku symbolu suwaka „V” nie odpowiada ono jednak hydraulicznemu położeniu środkowemu. Po włączeniu elektrycznego obwodu regulacji zaworu suwaka pozycjonowany jest w hydraulicznym położeniu suwaka.



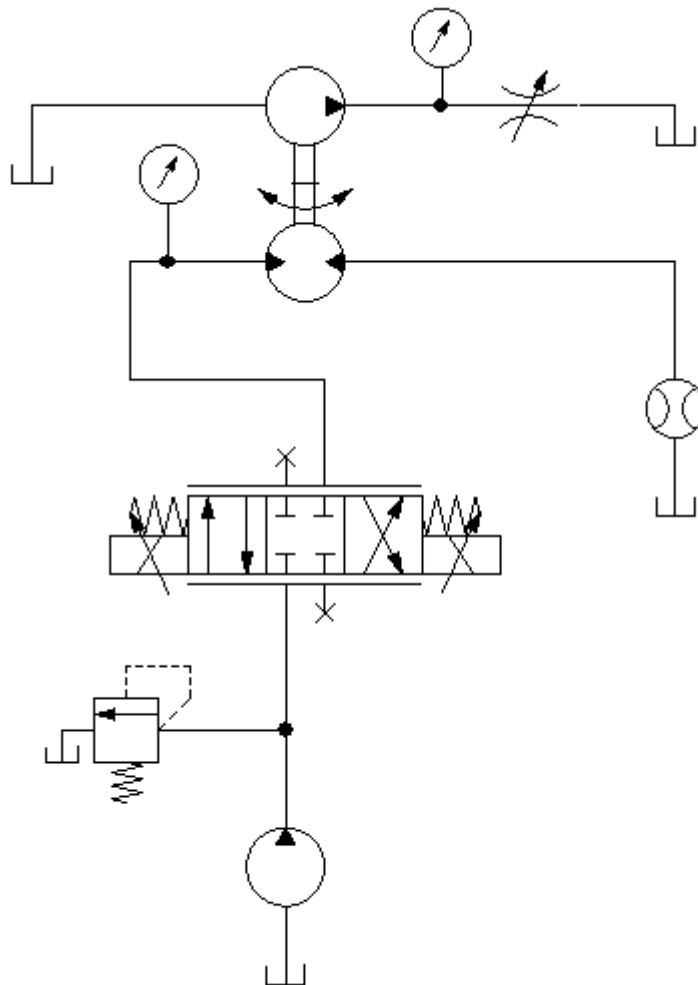
Rys.5 Rozdzielacz proporcjonalny ze zintegrowanym układem elektronicznym.

Powtarzalność (zwana też odtwarzalnością)- pod tym pojęciem rozumie się rozpiętość (stopień zgodności), obrębie której osiąga się sygnały wyjściowe przy kolejnym wielokrotnym nastawianiu takich samych sygnałów wejściowych. Odnosząc to do suwaka sterującego oznacza to, że przy wielokrotnym nastawieniu tej samej wartości zadanej otrzymywane odchylenie położenia będzie $\leq 1\%$, Rozdzielacze bez czujnika położenia. Położenie suwaka nie jest więc podawane dodatkowej kontroli. Wskutek tego, zależnie od wielkości rozdzielacza, otrzymujemy histerezę wynoszącą 5-6% i powtarzalności z odchyleniem 2-3%. Suwak rozdzielacza proporcjonalnego różni się wyraźnie od suwaka normalnego rozdzielacza. Suwak „proporcjonalny” ma zwężające się przekroje dławiące w kształcie trójkąta. One to przyczyniają się do progresywnej charakterystyki przepływu.

Cel ćwiczenia:

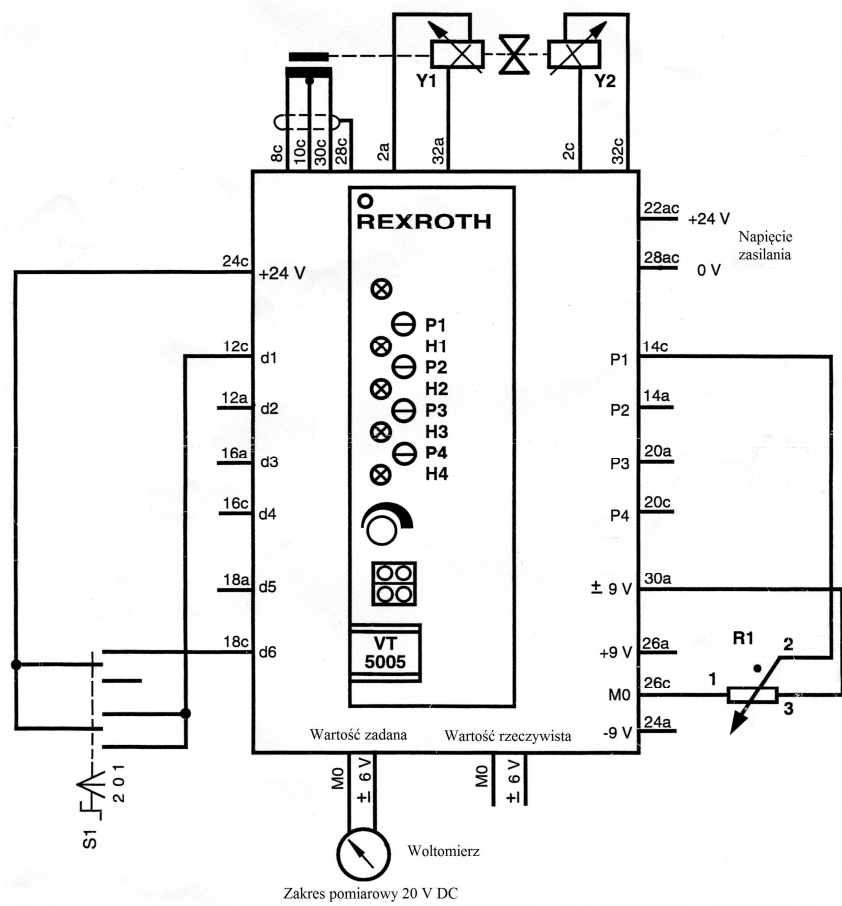
Celem ćwiczenia jest zbadanie właściwości sterowania odbiornikiem hydraulicznym za pomocą rozdzielacza proporcjonalnego.

Schemat układu hydraulicznego:



Rys.6 Schemat układu hydraulicznego

Na rys. 7 przedstawiono schemat połączeń elektrycznych rozdzielacza proporcjonalnego wraz z kartą sterującą (wzmacniaczem elektronicznym).



Rys. 7. Schemat połączeń elektrycznych rozdzielacza proporcjonalnego używanego podczas zajęć laboratoryjnych.

Wyniki pomiarów:

$P_{obc}=2\text{MPa}$

$P_{obc}=1,5\text{MPa}$

$P_{obc}=1\text{MPa}$

U	V	s	Qs	ns	Ms	Ps
[V]	[dm ³]	[s]	[dm ³ /s]	[Obr/s]	[Nm]	[MPa]
10						
7						
5						
4,5						
4						
3,5						
3						

2,5						
2						
1,5						

Przykładowe obliczenia

$$Q=V/t$$

Q- natężenie przepływu

t-czas [s]

V-objętość [dm³]

M_s= moment silnika

n_s= obroty silnika

W sprawozdaniu proszę również umieścić właściwe opisy poszczególnych elementów układu z rys. 6. Ponadto zamieścić tabelę pomiarową z wynikami pomiarów, przykładowe obliczenia z analizą wymiarową w układzie jednostek SI oraz zamieścić wykres $n_s = f(U)$ przy $p_s = \text{const}$. Sprawozdanie kończyć powinno się wnioskami i spostrzeżeniami.

Literatura podstawowa i uzupełniająca:

1. Andrzej Pizoń „Hydrauliczne i elektrohydrauliczne układy sterowania i regulacji”, WNT Warszawa 1987.
2. H. Doerr, R. Ewald „Vademecum hydrauliki” tom II, wydawca Bosch-Rexroth Warszawa 2007.
3. Andrzej Osiecki „Hydrostatyczny napęd maszyn” WNT Warszawa 2004.
4. Stefan Stryczek „Napęd hydrostatyczny” WNT Warszawa 2005.
5. Karta katalogowa firmy Bosch-Rexroth RE 29061
6. Edward Tomasiak „Napęd i sterowanie hydrauliczne i pneumatyczne” Oficyna Wydawnicza Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
7. Zygmunt Kudźma, Michał Stosiak, Szymon Herok „Stanowisko do wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych zaworów proporcjonalnych”, Pomiary, Automatyka, Robotyka, nr3/2014.