



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Stanisław Popis

Projektowanie układów elektrohydraulicznych urządzeń i sytemów mechatronicznych 311[50].Z1.03

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Maria Suliga
mgr inż. Andrzej Rodak

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski

Korekta:

mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną jednostki modułowej 311[50].Z1.03. Projektowanie układów elektrohydraulicznych urządzeń i systemów mechatronicznych, zawartej w programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Materiał nauczania	6
4.1. Podstawy działania układów elektrohydraulicznych	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	21
4.1.3. Ćwiczenia	21
4.1.4. Sprawdzian postępów	22
4.2. Układy sensoryczne stosowane w układach elektrohydraulicznych	23
4.2.1. Materiał nauczania	23
4.2.2. Pytania sprawdzające	30
4.2.3. Ćwiczenia	31
4.2.4. Sprawdzian postępów	31
4.3. Budowa i działanie serwonapędów elektrohydraulicznych i układów proporcjonalnych	32
4.3.1. Materiał nauczania	32
4.3.2. Pytania sprawdzające	42
4.3.3. Ćwiczenia	42
4.3.4. Sprawdzian postępów	43
4.4. Zasady projektowania układów elektrohydraulicznych	43
4.4.1. Materiał nauczania	43
4.4.2. Pytania sprawdzające	47
4.4.3. Ćwiczenia	47
4.4.4. Sprawdzian postępów	48
5. Sprawdzian osiągnięć	49
6. Literatura	52

1. WPROWADZENIE

Poradnik dla ucznia będzie dla Ciebie pomocą w opanowaniu wiadomości oraz ukształtowaniu umiejętności niezbędnych do projektowania układów elektrohydraulicznych oraz analizowania

Poradnik dla ucznia zawiera:

- Wymagania wstępne – wykaz wiadomości i umiejętności, które powinieneś posiadać przed przystąpieniem do zajęć.
- Cele kształcenia- wykaz wiadomości i umiejętności, które zdobędziesz po zrealizowaniu zajęć.
- Materiał nauczania – wiadomości niezbędne do analizowania działania układów hydraulicznych, opisu funkcji elementów hydraulicznych, projektowania, montażu i eksploatacji układów hydraulicznych.
- Pytania sprawdzające – które pomogą Ci sprawdzić, czy opanowałeś zakres materiału nauczania.
- Ćwiczenia – które umożliwią Ci nabycie umiejętności praktycznych projektowania i montażu układów hydraulicznych.
- Sprawdzian postępów – umożliwiający Ci osobistą refleksję nad osiągniętymi efektami.
- Sprawdzian osiągnięć – umożliwiający ocenę osiągniętego przez Ciebie poziomu wiadomości oraz umiejętności.

Bardzo uważnie zapoznaj się z wiadomościami zawartymi w materiale nauczania, mając świadomość, że podane są one w formie skróconej. Nauczyciel wskaże Ci literaturę i inne materiały, które pozwolą na rozszerzenie i lepsze opanowanie zakresu wiadomości.

Realizując ćwiczenia zaproponowane w Poradniku dla ucznia oraz przez nauczyciela będziesz miał sposobność do weryfikacji wiedzy, którą nabyłeś oraz zastosowania jej w praktyce. Pod kierunkiem nauczyciela będziesz mógł zaprojektować, zmontować i uruchomić Twoje układy elektrohydrauliczne.

Po wykonaniu ćwiczeń określ poziom swoich postępów rozwiązując sprawdzian postępów.

Sprawdzian osiągnięć, któremu będziesz poddany, pozwoli na określenie stopnia opanowania przez Ciebie wiadomości i umiejętności objętych zakresem jednostki modułowej „Projektowanie układów elektrohydraulicznych urządzeń i systemów mechatronicznych”.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinieneś umieć:

- stosować jednostki miar układu SI,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu statyki, dynamiki, kinematyki, takimi jak: masa, siła, prędkość, energia,
- obsługiwać komputer na poziomie podstawowym,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- poszukiwać informacji w Internecie,
- definiować podstawowe pojęcia z zakresu hydrauliki,
- stosować wybrane prawa fizyczne do wykonywania podstawowych obliczeń układów hydraulicznych,
- określać strukturę funkcjonalną (budowę) układów hydraulicznych,
- rozpoznawać na schemacie układu hydraulicznego zastosowane elementy hydrauliczne,
- montować proste układy hydrauliczne na podstawie schematu,
- projektować proste układy hydrauliczne,
- aktywnie uczestniczyć w dyskusji,
- przygotowywać prezentacje,
- stosować różne metody i środki porozumiewania się w zakresie zagadnień technicznych (symbole, rysunki, zdjęcia),
- stosować ogólne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w czasie eksploatacji maszyn i urządzeń.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- określić strukturę funkcjonalną (budowę) układów elektrohydraulicznych,
- przeanalizować działanie siłowników i silników hydraulicznych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- przeanalizować działanie zaworów hydraulicznych i elektrohydraulicznych, sterujących napędem hydraulicznym w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- wyjaśnić działanie hydraulicznych układów zasilających w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- wyjaśnić działanie czujników i przetworników pomiarowych stosowanych w układach hydraulicznych i elektrohydraulicznych,
- rozpoznać na schemacie układu elektrohydraulicznego zastosowane elementy hydrauliczne i elektryczne,
- dobrać na podstawie katalogu i obliczeń napędy hydrauliczne w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać na podstawie katalogów czujniki i przetworniki w układach hydraulicznych i elektrohydraulicznych urządzeń i systemów mechatronicznych,
- dobrać na podstawie katalogu i dokumentacji technicznej elektrozawory hydrauliczne i zawory hydrauliczne w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać pompy hydrauliczne do układów zasilających w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- zaprojektować układy przekaźnikowo-stycznikowego sterowania napędami hydraulicznymi,
- zaprojektować układy hydrauliczne i elektrohydrauliczne z możliwością regulacji parametrów układu,
- posłużyć się technologią informatyczną podczas projektowania układów elektrohydraulicznych,
- dokonać obliczeń w celu określenia parametrów elementów wykorzystanych do budowy układów elektrohydraulicznych,
- objaśnić zasady BHP przy obsłudze układów elektrohydraulicznych.

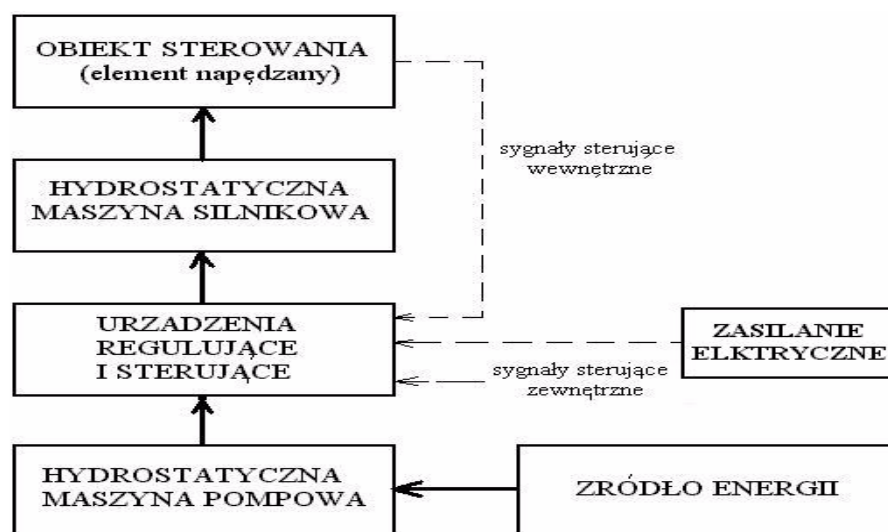
4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Podstawy działania układów elektrohydraulicznych

4.1.1. Materiał nauczania

Układ elektrohydrauliczny składa się z następujących urządzeń (rys. 4.1):

- źródła energii,
- hydrostatycznej maszyny pompowej (źródło ciśnienia),
- urządzeń regulujących i sterujących,
- hydrostatycznej maszyny silnikowej (siłowniki i silniki hydrauliczne).



Rys. 4.1. Schemat funkcjonalny układu elektrohydraulicznego

W układach elektrohydraulicznych wyróżnić można dwie części funkcjonalne:

- hydrauliczną – zawierającą urządzenia, zespoły, elementy uczestniczące w wytwarzaniu i przekazywaniu energii hydraulicznej zmagazynowanej w sprężonej cieczy roboczej oraz realizujące ruchy robocze (siłowniki i silniki hydrauliczne, zawory sterujące kierunkiem, ciśnieniem i natężeniem przepływu cieczy roboczej, zespół zasilania hydraulicznego),
- elektryczną – zawierającą elementy i urządzenia elektryczne, których zadaniem jest sterowanie urządzeniami części hydraulicznej, a także elementy umożliwiające generowanie sygnałów niezbędnych do realizowania zadań sterowniczych.

Zadania poszczególnych grup elementów są następujące:

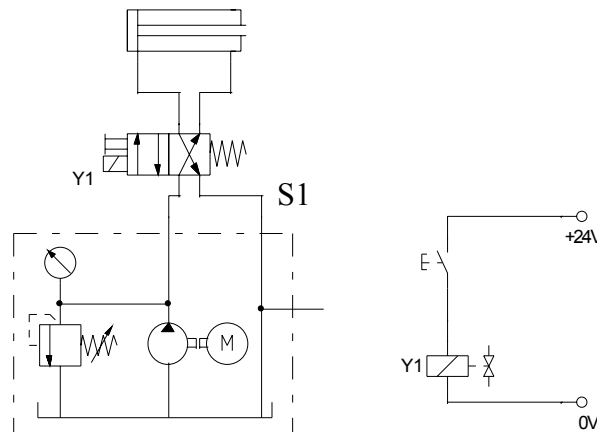
- źródło energii – silnik elektryczny (lub spalinowy) dostarcza energię mechaniczną w celu napędzania hydrostatycznej maszyny pompowej,
- hydrostatyczna maszyna pompowa – zamienia energię mechaniczną dostarczoną przez źródło energii na energię hydrauliczną (energię sprężonego oleju),
- urządzenia sterujące i regulujące:
 - nastawiają oraz regulują wartości ciśnienia w poszczególnych gałęziach układu oraz ilość przepływającego oleju,
 - kierują olej w odpowiednim momencie do odpowiedniego siłownika (silnika) i odprowadzają olej odpływający,
 - przetwarzają informacje i sygnały wewnętrzne i zewnętrzne w celu realizacji zadań z pkt. 1 i 2,

D) hydrostatyczna maszyna silnikowa – zamienia energię hydrauliczną na energię mechaniczną (siłownik lub silnik hydrauliczny).

Ponadto w skład układu hydraulicznego wchodzi jeszcze inne elementy pełniące rolę pomocniczą, nie wpływając bezpośrednio na sposób pracy urządzenia hydraulicznego (osprzęt):

- elementy przewodzące i gromadzące ciecz roboczą,
- elementy umożliwiające zachowanie odpowiednich właściwości cieczy roboczej (filtry, chłodnice i nagrzewnice),
- elementy służące do gromadzenia energii hydraulicznej, zwane akumulatorami hydraulicznymi,
- elementy pomiarowe.

Na rys. 4.2 przedstawiony jest schemat układu elektropneumatycznego, zapewniający wysunięcie tłoczyska siłownika wtedy, gdy wciśnięty jest przycisk elektryczny S1.



Rys. 4.2. Schemat prostego układu elektrohydraulicznego

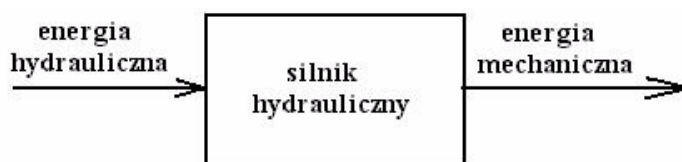
Elementy i urządzenia części elektrycznej oddziałują na strumień energii przepływający przez elementy i urządzenia części hydraulicznej za pomocą zaworów sterowanych elektrycznie. Zawory te mogą oddziaływać bezpośrednio na strumień główny energii hydraulicznej lub mogą realizować sterowanie pomocnicze zaworów hydraulicznych, sterujących strumieniem energii.

Stosowanie zaworów z pomocniczym elektrycznym sterowaniem sprzyja zmniejszeniu ciężaru i wymiarów zaworów, a także zwiększeniu szybkości i niezawodności ich działania.

Elektryczny układ sterujący przyjmuje sygnały generowane przez czujniki rozmieszczone w różnych miejscach hydraulicznej części układu dostarczające informacje o:

- 1) położeniu tłoczyska siłowników hydraulicznych,
- 2) gotowości układu do działania,
- 3) wartości parametrów (ciśnienia, prędkości ruchu).

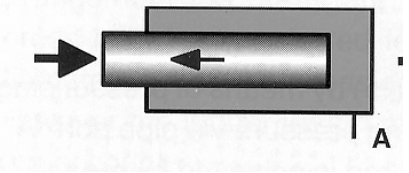
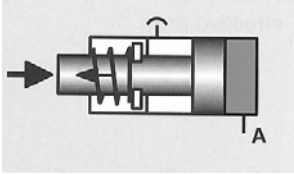
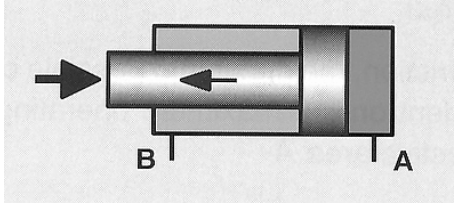
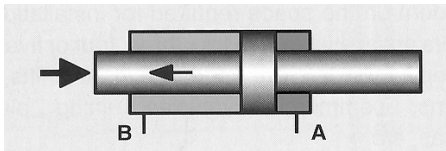
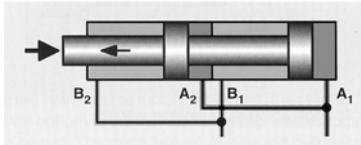
Silniki hydrauliczne (rys.4.3) zamieniają energię sprężonej cieczy roboczej na ruch obrotowy wału silnika (przy czym kąt obrotu jest wielokrotnością kąta pełnego).

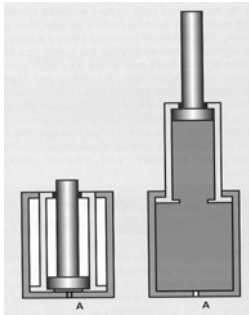
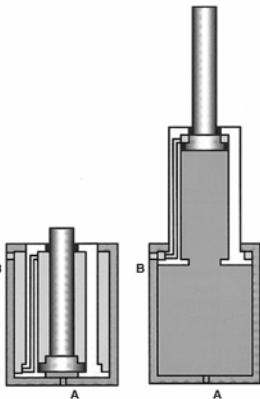
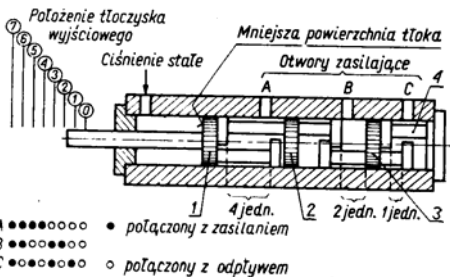


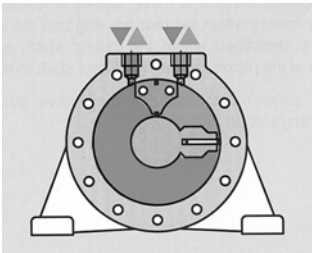
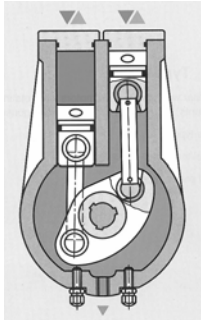
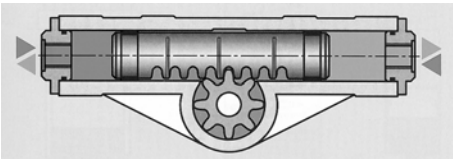
Rys. 4.3. Zadanie silnika hydraulicznego

Odmianą silników hydraulicznych są siłowniki hydrauliczne, które zamieniają energię hydrauliczną na przemieszczenie liniowe lub kątowe (przy czym kąt obrotu jest mniejszy od kąta pełnego), (tabela 4.1.)

Tabela 4.1. Rodzaje i zasady działania siłowników hydraulicznych.

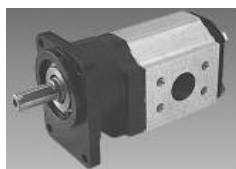
liniowe	Jednostropnego działania		Nurnikowe	<p>dzięki sprężonej cieczy roboczej wytwarzana jest tylko siła wypychająca nurnik siłownika, natomiast wsuwanie nurnika następuje pod wpływem siły zewnętrznej</p>	<p>Zasada działania siłownika nurnikowego. [7]</p> 
	Jednostropnego działania		Tłokowe	<p>siła przepychająca tłoczek wytwarzana jest przez sprężony olej, natomiast powrót tłoczka następuje pod wpływem siły sprężyny</p>	<p>Zasada działania siłowników jednostronnego działania tłokowego [7]</p> 
	Dwustronnego działania		Z jednostronnym tłoczyskiem	<p> ruch tłoczyska następuje w wyniku podawania sprężonego oleju kolejno z obu stron tłoka, siła wysuwająca ma wartość większą niż siła wsuwająca tłoczek</p>	<p>Zasada działania siłownika dwustronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem [7]</p> 
	Dwustronnego działania		Z obustronnym tłoczyskiem	<p> ruch tłoczyska następuje w wyniku podawania sprężonego oleju kolejno z obu stron tłoka, jeżeli przekroje tłoczek z obu stron są jednakowe, to siła wysuwająca jest równa sile wsuwającej tłoczek</p>	<p>Zasada działania siłownika dwustronnego działania z dwustronnym tłoczyskiem [7]</p> 
	Specjalne		Tandem	<p>na jednym tłoczysku znajdują się dwa tłoki, siła przekazywana na tłoczek jest dwukrotnie większa niż w siłownikach dwustronnego działania</p>	<p>Zasada działania siłownika tandemu. [7]</p> 

Liniiowe	Specjalne	Teleskopowe	<p>podanie sprężonej cieczy roboczej do wnętrza siłownika powoduje wysuwanie kolejno poszczególnych segmentów tłoczyska siłownika, wsuwanie poszczególnych segmentów następuje w wyniku działania siły zewnętrznej</p>	<p>Zasada działania siłownika teleskopowego jednostronnego działania [7]</p> 
		Teleskopowe	<p>podanie sprężonej cieczy roboczej do wnętrza siłownika przez króciec A powoduje wysuwanie kolejno poszczególnych segmentów tłoczyska siłownika, wsuwanie poszczególnych segmentów następuje w wyniku podania sprężonej cieczy roboczej przez króciec B</p>	<p>Zasada działania siłownika teleskopowego dwustronnego działania [7]</p> 
		Cyfrowe	<p>umożliwiają osiągnięcie przez tłoczysko określonych położeń pośrednich w zakresie skoku tłoczyska</p> <p>Tłoki 1, 2, 3 mają zderzaki w formie haczyków, ograniczające ich wzajemne przemieszczenia. Zderzak 4 jest nieruchomy. Tłok 1 po stronie tłoczyska wyjściowego ma mniejszą powierzchnię, na którą stale działa ciśnienie przeciwdziałające ciśnieniom doprowadzanym do otworów A, B, C. W celu uzyskania jednego z siedmiu położeń należy doprowadzić ciśnienie do odpowiednich otworów.</p>	<p>Siłownik cyfrowy trójbitowy [7]</p>  <p> A ●●●●●●●● ● połączony z zasilaniem B ●●●●●●●● ● połączony z zasilaniem C ○●●●●●●● ○ połączony z odpływem </p>

	Z tłokiem wahliwym	podawanie sprężonej cieczy roboczej przemiennie przez lewy lub prawy króciec powoduje obrót tłoka w lewą lub prawą stronę	Zasada działania siłownika z tłokiem obrotowym [7] 
	Z tłokami równoległymi	podawanie sprężonej cieczy roboczej przemiennie do lewej lub prawej komory siłownika powoduje przemieszczanie tłoków w górę i w dół, co jest przyczyną obrotu mimośrodowego i sprężonego z nim wału siłownika	Zasada działania siłownika z równoległymi tłokami [7] 
	Z zębatką	podawanie sprężonej cieczy roboczej przemiennie do lewej lub prawej komory siłownika powoduje przemieszczanie tłoka z zębatką w lewo oraz w prawo w dół, co jest przyczyną obrotu koła zębatego i sprężonego z nim wału siłownika	Zasada działania siłownika z zębatką [7] 

W układach hydraulicznych stosowane są silniki (rys.4.4):

- 1) zębate,
- 2) tłoczkowe osiowe oraz promieniowe,
- 3) gerotorowe.



a)



b)



c)

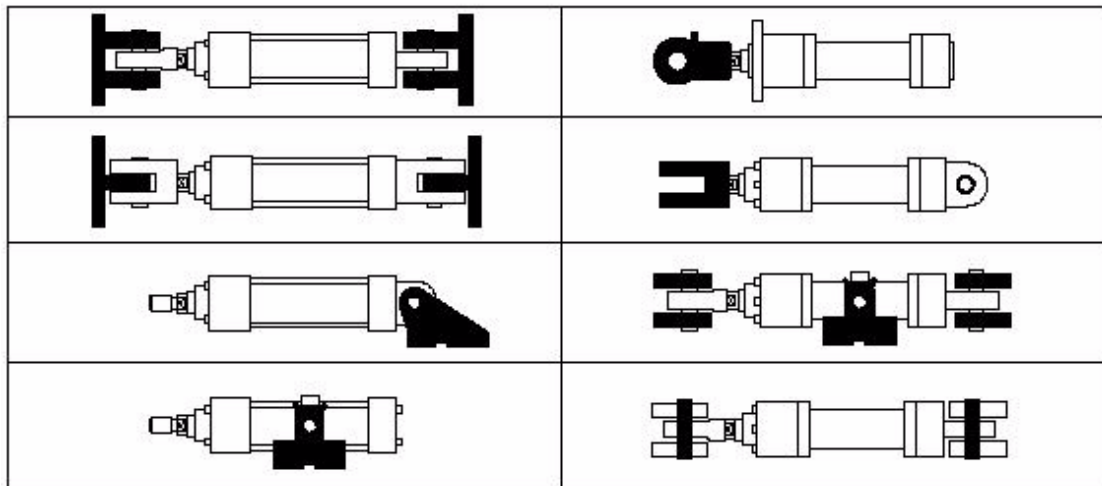


d)

Rys. 4.4. Silniki hydrauliczne: a) zębata, b) tłoczkowy osiowy, c) tłoczkowy promieniowy, d) gerotorowy [1]

Bardzo często stosowane są silniki tłoczkowe ze względu na możliwość uzyskiwania bardzo małych stabilnych prędkości obrotowych (1–2 [obr/min]) oraz dużych momentów obrotowych (do 50 000 [Nm]).

Siłowniki hydrauliczne sprzężone są z napędzanymi urządzeniami w sposób zapewniający dokładne przeniesienie napędu w sposób pokazany na rys.4.5, dzięki wykorzystaniu elementów przedstawionych na rys.4.6.



Rys. 4.5. Przykłady sposobów mocowania siłowników z innymi elementami [1]



Rys. 4.6. Elementy mocujące siłowników [1]

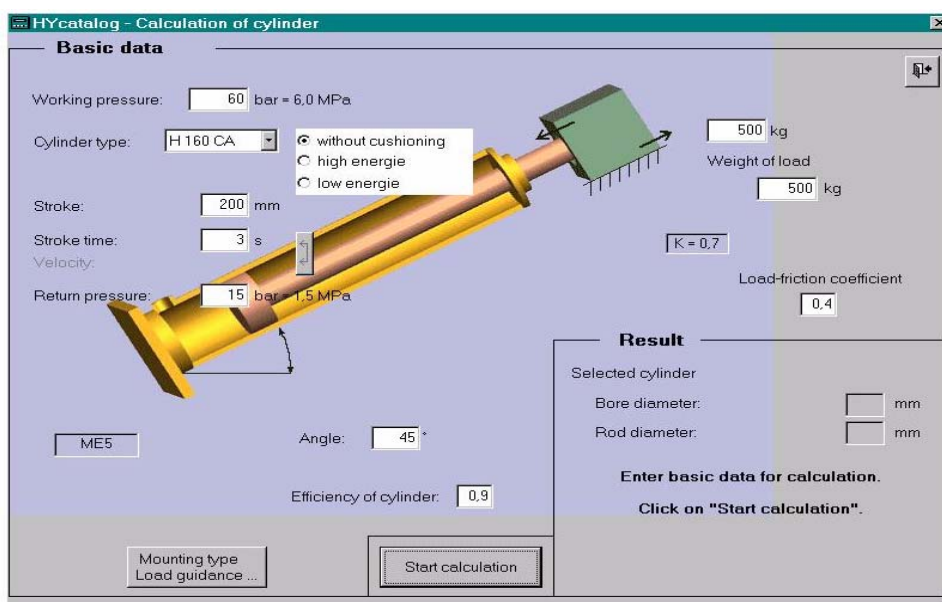
Podczas doboru siłownika hydraulicznego do określonego układu hydraulicznego należy wziąć pod uwagę wiele czynników – do najważniejszych należą:

- 1) siła powstająca na tłoczysku siłownika podczas wysuwania oraz wsuwania,
- 2) odporność na wyboczenie układu mechanicznego: cylinder-tłoczysko-element przemieszczany,
- 3) ciśnienie robocze oraz ciśnienie powrotne,
- 4) skok tłoczyska siłownika,
- 5) czas trwania ruchu tłoczyska,
- 6) sposób zamocowania siłownika,
- 7) sposób prowadzenia przemieszczanego przez siłownik przedmiotu.

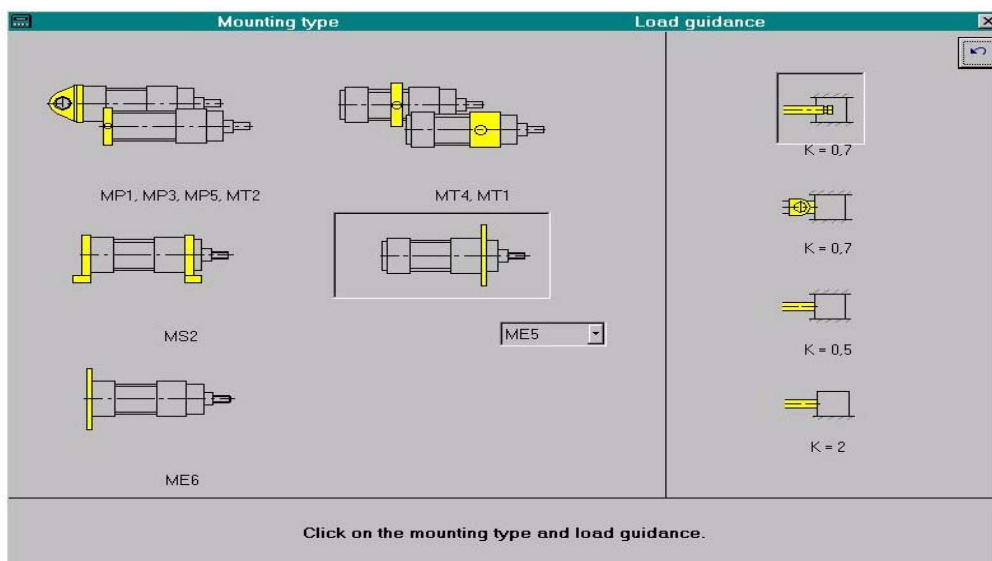
Poniżej podano przykład doboru siłowników hydraulicznych w oparciu o program komputerowy zawarty w katalogu elementów hydraulicznych firmy Bosch- Rexroth.

W celu doboru siłownika korzystając z przedstawionego programu należy wykonać następujące czynności:

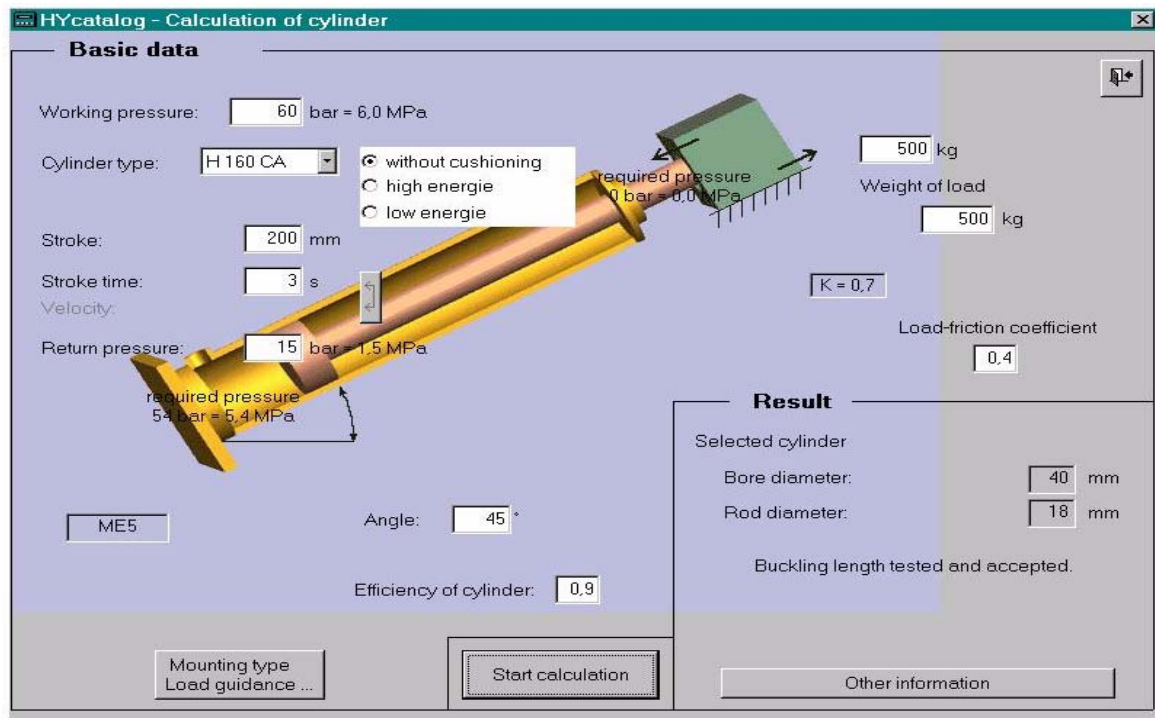
- wpisać podstawowe dane (siła powstająca na tłoczysku siłownika podczas wysuwania oraz wsuwania, ciśnienie robocze oraz ciśnienie powrotne, skok tłoczyska siłownika, czas trwania ruchu tłoczyska) – rys.4.7,
- określić sposób zamocowania siłownika oraz sposób prowadzenia przemieszczanego przez siłownik przedmiotu – rys. 4.8,
- kliknąć „Start calculation” w celu rozpoczęcia procesu obliczeń,
- odczytać w okienku „Result” wynik obliczeń – średnica tłoka i średnica tłoczyska (rys.4. 9),
- w oknie „Summary of the calculation” (rys.4.10) podane są dodatkowe informacje (chłonność siłownika oraz odporność na wyboczenie).



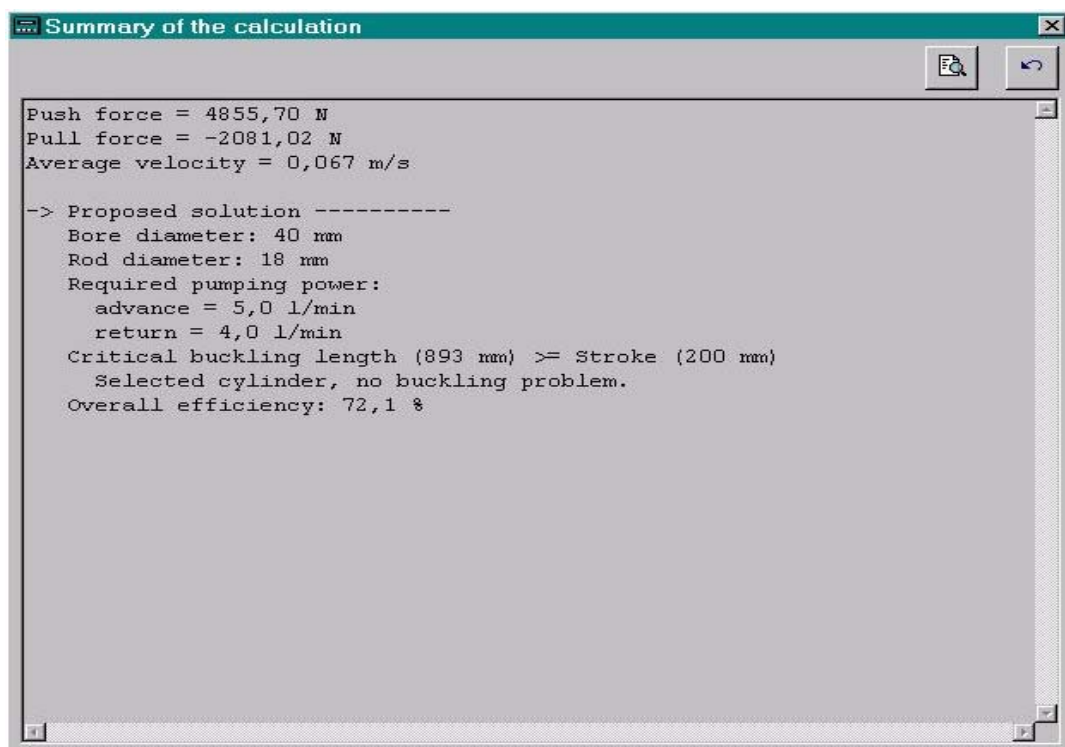
Rys. 4. 7. Okno wprowadzania danych w celu doboru siłownika hydraulicznego



Rys. 4.8. Okno wprowadzania danych o sposobie mocowania siłownika oraz prowadzenia przedmiotu



Rys. 4. 9. Okno odczytu rezultatu doboru siłownika



Rys. 4.10. Okno podsumowania doboru siłownika

W celu dobrania odpowiedniego silnika hydraulicznego należy określić kilka parametrów charakteryzujących silnik i na tej podstawie z katalogu dobrać odpowiedni silnik:

V_g – objętość geometryczna silnika (chłonność) [cm^3],

Δp – różnica ciśnień na wlocie i wylocie silnika [bar],

T_k – stała momentu obrotowego [Nm/bar],
 η_v – sprawność objętościowa,
 η_{mh} – sprawność mechaniczno-hydrauliczna,

a) natężenie przepływu cieczy roboczej [l / min] $q_v = \frac{V_g \cdot n}{1000 \cdot \eta_v}$
 b) prędkość obrotowa [1 / min] $n = \frac{q_v \cdot 1000 \cdot \eta_v}{V_g}$
 c) moment obrotowy [Nm] $T = \frac{V_g \cdot \Delta p \cdot \eta_{mh}}{20 \cdot \pi}$
 lub $T = T_k \cdot \Delta p \cdot \eta_{mh}$
 d) moc wyjściowa [kW] $P = \frac{2 \pi \cdot T \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{T \cdot n}{9549}$
 $= \frac{q_v \cdot \Delta p}{600} \cdot \eta_t$

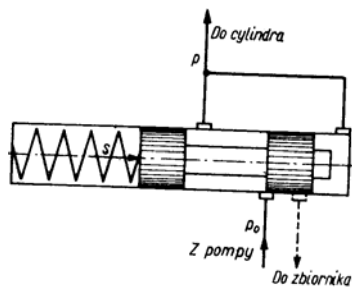
Zadaniem zaworów hydraulicznych i elektrohydraulicznych jest sterowanie przepływem płynów cieczy roboczej w układzie. Wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje zaworów (tab.4.2):

- zawory sterujące ciśnieniem – zawory bezpieczeństwa, zawory przelewowe, zawory redukcyjne,
- zawory sterujące natężeniem przepływu – dławiki,
- zawory sterujące kierunkiem przepływu – zawory rozdzielające, zawory zwrotne.

Tabela.4.2. Rodzaje zaworów hydraulicznych.

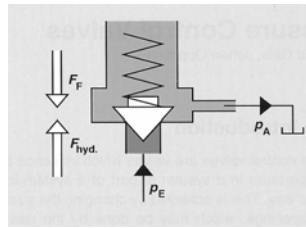
Zawory sterujące	Zawory redukcyjne stosowane są w celu utrzymania stałej wartości ciśnienia za zaworem niezależnie od zmian ciśnienia przed zaworem.	Zawory przelewowe stosuje się w układach, w których podczas normalnej pracy tylko część czynnika powinna dopływać do odbiornika, reszta musi być odprowadzona do zbiornika lub do innej gałęzi układu.	Zawory bezpieczeństwa stosowane są w przypadkach konieczności natychmiastowego zadziałania w momencie nagłego wzrostu ciśnienia.
------------------	---	--	--

Schemat konstrukcyjny hydraulicznego zaworu redukcyjnego. [10]



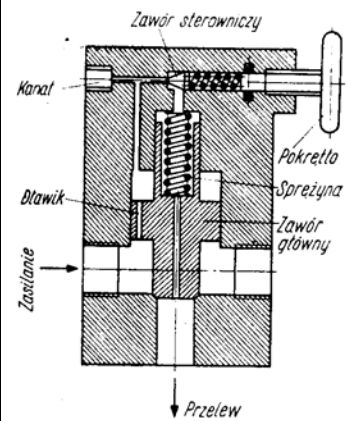
Tłoczek zaworu utrzymywany jest w położeniu otwarcia przez sprężynę. Ciecz bez przeszkód przepływa od pompy do cylindra. Jeżeli ciśnienie p wzrośnie do wartości granicznej wynikającej ze wstępnego napięcia sprężyny to tłoczek zostanie przesunięty w lewo zmniejszając dopływ oleju z pompy. Przy spadku ciśnienia p następuje działanie odwrotne.

Zasada działania zaworu przelewowego [7]

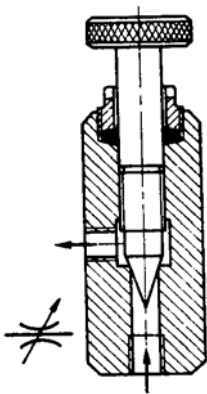
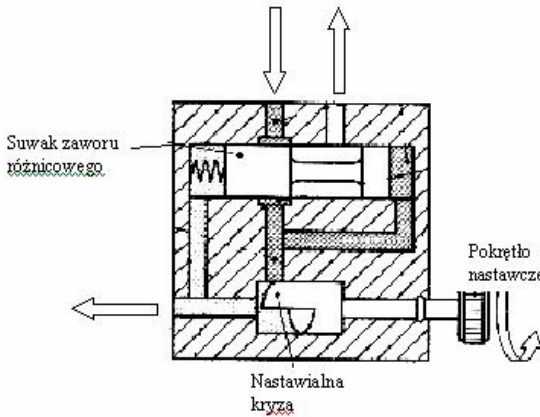
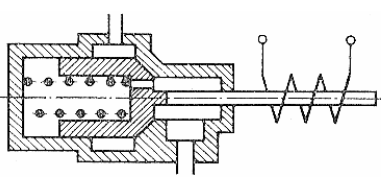
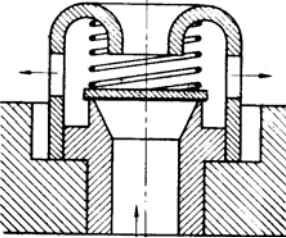
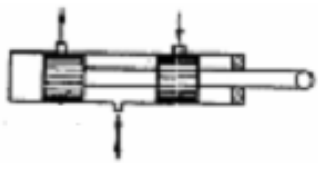


Zawór przelewowy otworzy przepływ cieczy hydraulicznej o ciśnieniu p_E do zbiornika (lub przewodu o niższym ciśnieniu p_A) wtedy, gdy $F_{hyd} > F_F + p_A A$, gdzie: A – pole przekroju otworu dopływu oleju.

Zawór bezpieczeństwa [3]



Wzrost ciśnienia cieczy w komorze pod zaworem głównym powoduje zwiększenie się ciśnienia w komorze nad zaworem głównym. Gdy określona wartość ciśnienia zostanie przekroczona, to zawór unosi się do góry upuszczając ciecz roboczą do przelewu, ciśnienie pod zaworem maleje powodując zmniejszenie się ciśnienia nad zaworem, ułatwienie przesunięcia zaworu do góry i ułatwienie wypływu oleju do przelewu. Niewielkie zmiany ciśnienia cieczy roboczej pod zaworem powodują zadziałanie zaworu.

Zawory sterujące natężeniem przepływu	<p>Zadaniem zaworów dławiących jest zmiana (ustawienie) natężenia przepływu ciecży roboczej.</p>	<p>Regulatory prędkości zapewniają stałą prędkość ruchu tłoka mimo zmieniającego się obciążenia.</p>	
	 <p>Dławienie przepływu ciecży roboczej następuje w wyniku przepływu ciecży przez szczelinę pomiędzy korpusem zaworu a powierzchnią stożkową nastawnej iglicy. Strzałkami oznaczono kierunek przepływu ciecży roboczej.</p>	 <p>Zawór różnicowy ma za zadanie utrzymać stały spadek ciśnienia na nastawialnej kryzie połączonej z zaworem dławiącym, dzięki temu zapewnione jest stałe natężenie przepływu ciecży roboczej do odbiornika.</p>	
Zawory sterujące kierunkiem przepływu	<p>Zawory odcinające stosowane są w celu zamykania i otwierania przepływu czynnika przez dany przewód.</p>	<p>Zawory zwrotne umożliwiają przepływ ciecży roboczej w jednym kierunku oznaczonym strzałkami, a zapobiegają przepływowi w kierunku przeciwnym.</p>	<p>Zawory rozdzielające kierują ciecżą roboczą do pracujących przestrzeni roboczych urządzeń hydraulicznych, umożliwiając jednocześnie swobodne odpływanie oleju z przestrzeni niepracujących tych urządzeń. Kierunek przepływu ciecży roboczej zaznaczono strzałkami.</p>
	<p>Schemat zaworu odcinającego [1]</p> 		

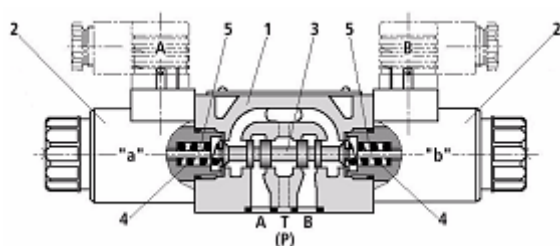
Zawory rozdzielające – kierują ciecżą roboczą do pracujących przestrzeni roboczych urządzeń hydraulicznych, umożliwiając jednocześnie swobodne odpływanie oleju z przestrzeni niepracujących tych urządzeń. Zawory rozdzielające doprowadzają ciecżą roboczą do urządzeń w taki sposób, aby wykonywały one ruch w pożądanym kierunku.

Zaletami zaworów rozdzielających są:

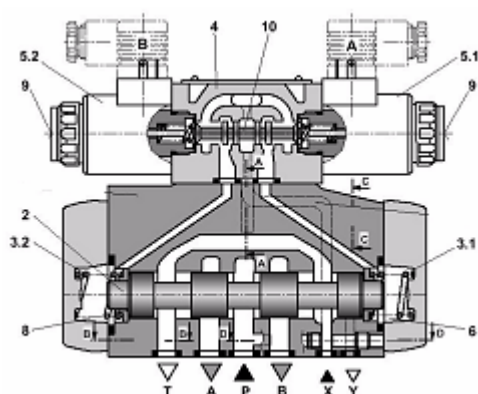
- prosta konstrukcja,
- niewielkie siły sterujące,

- wysoka przenoszona moc,
- niewielkie straty przepływu.

W układach elektrohydraulicznych zawory rozdzielające sterowane są sygnałem elektrycznym. Rozdzielacz składa się z obudowy (1), dwóch elektromagnesów (2), suwaka sterującego (3). W stanie beznapięciowym, suwak jest utrzymywany w centralnej pozycji przez sprężyny 4. Suwak sterujący jest uruchamiany przez rdzeń elektromagnesu typu mokrego – komora ciśnieniowa rdzeni elektromagnesów jest wypełniona cieczą roboczą. Siła elektromagnesu (2) działa poprzez popychacz (5) na suwak sterujący i przesuwa go z pozycji spoczynkowej do pozycji końcowej. Osiąga się w ten sposób zadany kierunek przepływu cieczy roboczej z P do A i z B do T lub z P do B i z A do T (rys.4.11).



Rys. 4.11. Konstrukcja elektrohydraulicznego zaworu rozdzielającego [1]



a)

b)

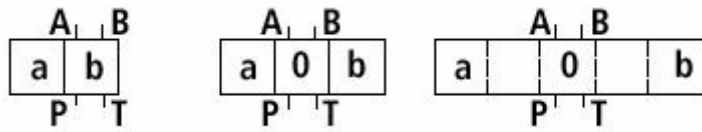
Rys. 4.12. Konstrukcja elektrohydraulicznego zaworu rozdzielającego ze wspomaganie hydraulicznym [1]

a) schemat konstrukcyjny, b) widok

W układach hydraulicznych dużej mocy stosowane są zawory rozdzielające ze wspomaganie (rys.4.12). Suwak (2) zaworu głównego utrzymywany jest w położeniu środkowym dzięki sprężynom (3.1) i (3.2). Przerostowanie suwaka (2) w lewo lub w prawo jest możliwe dzięki dopływowi do komór (6) lub (8) strumienia cieczy roboczej z zaworu-pilota (4). Zawór-pilot (4) sterowany jest sygnałami elektrycznymi podawanymi do cewek (5.1) oraz (5.2). Pokrętłami nastawczymi (9) można wstępnie ustalać położenie tłoka (10) zaworu pilota.

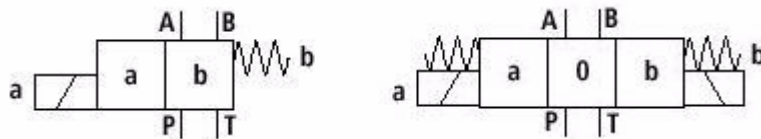
Z punktu widzenia funkcji pełnionej przez zawór rozdzielający w układzie hydraulicznym istotna jest ilość dróg sterowanych (ilość kanałów uzyskujących połączenia pomiędzy sobą) oraz ilość położeń (pozycji, które może zajmować suwak umożliwiających realizację innego układu połączeń sterowanych dróg). A, B, P, T – sterowane drogi, każdy kwadrat zawarty

w symbolu oznacza położenie suwaka. W zależności od potrzeb stosowane są różne rodzaje zaworów rozdzielających, których symbole przedstawione są na rys. 4.13, 4.14 i 4.15.



a) b) c)

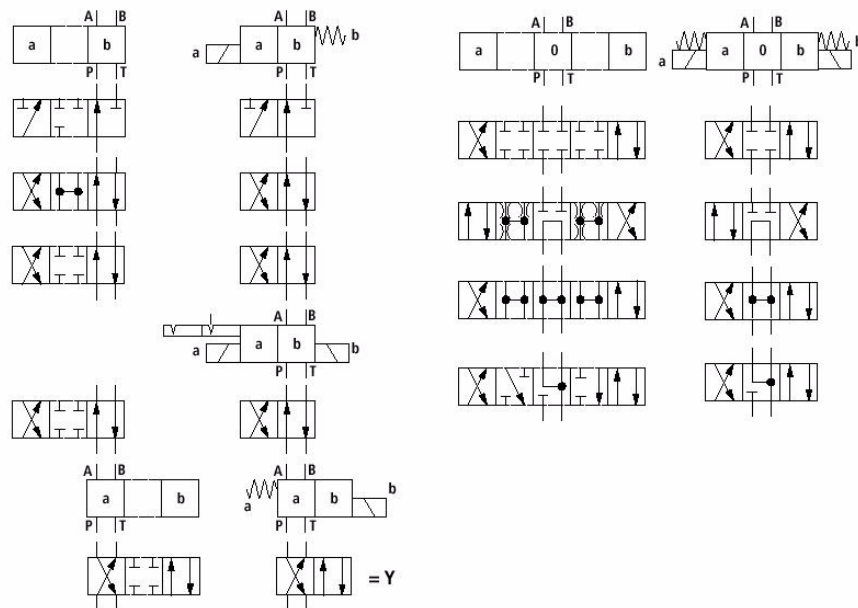
Rys. 4.13. Ogólne oznaczenie zaworów rozdzielających: a) 4/2, b) 4/3, c) 4/5



a) b)

Rys. 4.14. Przykłady oznaczania sposobów sterowania zaworów:

- a) zawór monostabilny
- b) zawór bistabilny

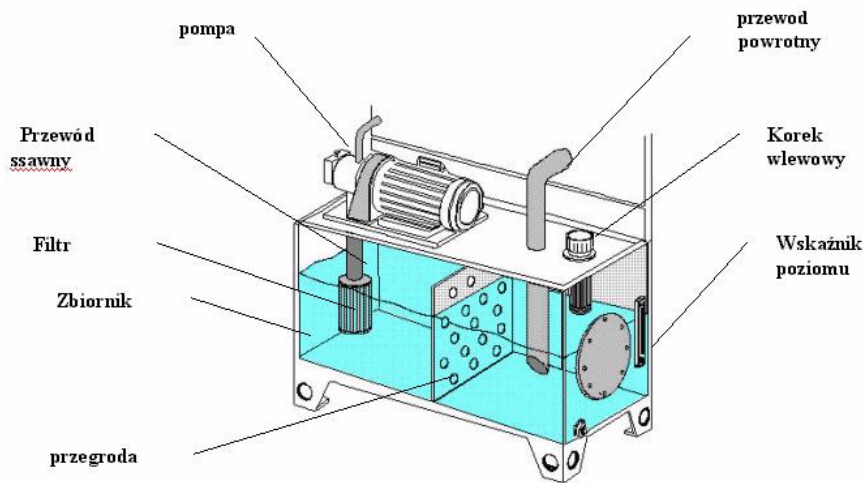


Rys. 4.15. Przykłady połączeń w zaworach rozdzielających

Obliczanie zaworu sterującego.

Wybór wielkości zaworu zależy od natężenia przepływu Q oraz spadku ciśnienia Δp . W oparciu o te parametry, na podstawie diagramów zawartych w katalogu należy dobrać zawór.

Pojemność zbiornika cieczy roboczej powinna być 2 do 8 razy większa niż łączna wydajność pomp zainstalowanych w stacji olejowej. Zbiornik zaopatrzony powinien być w filtr wlewowy oleju, wskaźniki poziomu oleju, filtr powietrzny (aby nie powstawało podciśnienie w zbiorniku).



Rys. 4.17. Schemat budowy stacji olejowej [2]

Zasada obliczania zespołu zasilającego

Celem obliczeń jest określenie wydajności pompy w zależności od chłonności siłownika.

$$Q_{sil} = A_{sil} \cdot v \quad Q_p = V_g \cdot n \cdot \eta_v$$

Q_{sil} – chłonność siłownika,

A_{sil} – powierzchnia tłoka siłownika,

v – prędkość ruchu tłoczenia siłownika,

Q_p – wydajność pompy,

n – prędkość obrotowa pompy,

η_v – sprawność objętościowa pompy (zawarta w katalogu),

V_g – geometryczna objętość robocza pompy.

Korzystając z katalogu, dla obliczonej wydajności pompy, należy dobrać pompę o odpowiedniej wartości geometrycznej objętości roboczej oraz prędkości obrotowej silnika pompy.

Dla przyjętej pompy obliczamy jej moc: $P_{an} = F \cdot v / \eta_c$

η_c – sprawność całkowita układu (dobierana z tabeli dla określonego rodzaju pompy).

Określenie potrzebnej mocy hydraulicznej pompy

Moc hydrauliczna pompy powinna spełniać warunek $P_p < P_{an}$ i wyznaczamy ją z zależności

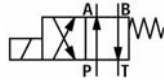
$$p_p = Q_p \cdot P_p / \eta_t, \text{ gdzie } p_p = F/A_{sil} + \Delta p_v$$

Δp_v – wartość empiryczna zależna od prędkości przepływu, rodzaju i długości przewodów.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie elementy tworzą strukturę funkcjonalną układu elektrohydraulicznego?
2. Jaka jest różnica pomiędzy silnikami, a siłownikami hydraulicznymi?
3. Określ cechy (liczbę dróg, liczbę położeń, sposób sterowania) zaworu, którego symbol przedstawiono poniżej

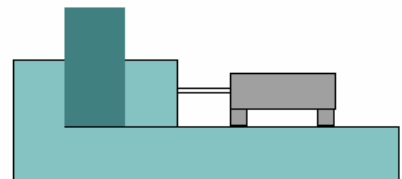


4. W jakim celu stosowany jest zawór bezpieczeństwa w hydraulicznym zespole zasilającym?
5. Jaką rolę spełnia zbiornik cieczy roboczej w hydraulicznym zespole zasilającym?
6. Co to jest chłonność siłownika hydraulicznego?
7. Wydajność pompy zastosowanej w zespole zasilającym układu hydraulicznego z jednym siłownikiem w porównaniu z chłonnością siłownika powinna być
 - a) mniejsza.
 - b) równa.
 - c) większa.

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Z katalogu siłowników hydraulicznych dobierz siłownik napędzający ruchomą szczękę urządzenia mocującego. Przedmiot mocowany zaciskany jest siłą 5000 [N], a szczęka ruchoma wykonuje skok 0,1 [m].



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w Poradniku dla ucznia,
- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zadanie wykonać indywidualnie,
- 4) wielkości i parametry niezbędne do dobrania siłownika, które nie zostały podane w treści ćwiczenia, przyjąć lub obliczyć,
- 5) niezbędne obliczenia pomocnicze zapisać w karcie ćwiczenia,
- 6) podać numer katalogowy siłownika

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
- katalog siłowników hydraulicznych (wersja drukowana lub elektroniczna),
- stanowisko komputerowe (umożliwiające skorzystanie z elektronicznej wersji katalogu).

Ćwiczenie 2

Z katalogu hydraulicznych zaworów rozdzielających dobierz elektrozawór hydrauliczny współpracujący z siłownikiem opisanym w ćwiczeniu 1.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w Poradniku dla ucznia,
- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zadanie wykonać indywidualnie,
- 4) wielkości i parametry niezbędne do dobrania elektrozaworu, które nie zostały podane w treści ćwiczenia, przyjąć lub obliczyć,
- 5) niezbędne obliczenia pomocnicze zapisać w karcie ćwiczenia,
- 6) w sprawozdaniu z ćwiczenia podać numer katalogowy elektrozaworu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
- katalog hydraulicznych zaworów rozdzielających (wersja drukowana lub elektroniczna),
- stanowisko komputerowe (umożliwiające skorzystanie z elektronicznej wersji katalogu).

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) objaśnić strukturę funkcjonalną układu elektrohydraulicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować budowę i działanie silników i siłowników hydraulicznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać korzystając z obliczeń i katalogu siłownik hydrauliczny?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) przeanalizować działanie hydraulicznych elektrozaworów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić zadania i budowę hydraulicznych układów zasilających?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) dobrać do potrzeb urządzenia elektrohydraulicznego układ zasilający hydrauliczny oraz elektryczny?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Układy sensoryczne stosowane w układach elektrohydraulicznych

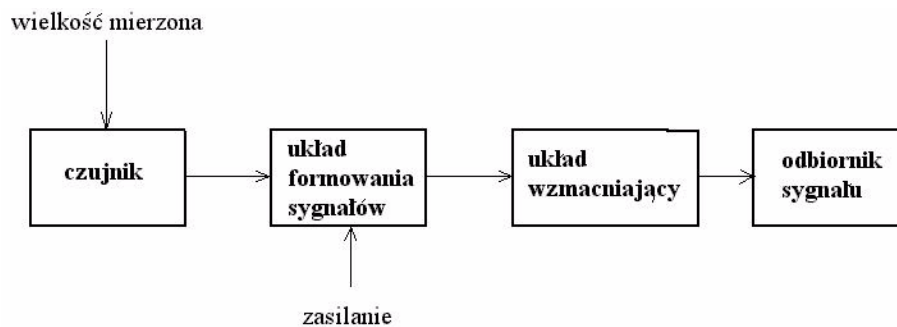
4.2.1. Materiał nauczania

W elektrohydraulicznych układach napędowych występują liczne wielkości, których wartości w trakcie trwania procesów powinny być mierzone i przetwarzane na odpowiednie sygnały. Istotne są szczególnie:

- 1) ciśnienie cieczy roboczej,
- 2) przepływ cieczy roboczej,
- 3) prędkość obrotowa i liniowa elementów ruchomych (wałów pomp i silników, tłoczków siłowników),
- 4) przemieszczenie liniowe i kątowe,
- 5) temperatura cieczy roboczej,
- 6) detekcja obecności przedmiotów wykonanych z różnych materiałów,
- 7) zanieczyszczenie cieczy roboczej.

Cel ten wypełniają odpowiednio dobrane przetworniki pomiarowe. Przetwornik pomiarowy jest wyodrębnionym zespołem elementów, które służą do pomiaru i przetwarzania z określoną dokładnością wartości wielkości mierzonej na wartość innej wielkości lub inną wartość tej samej wielkości.

Element, na który bezpośrednio oddziałuje wielkość mierzona, nazywa się czujnikiem. Zadaniem czujników pomiarowych jest rejestrowanie zjawisk i przekształcanie ich na sygnały elektryczne. Po przetworzeniu i wzmocnieniu wyniki są wyprowadzane w postaci sygnałów wizualnych, akustycznych bądź w postaci wydrukowanych protokołów (odbiornik sygnałów). Często wykorzystywane są one do także do bezpośredniego inicjowania zadziałania urządzeń wykonawczych, nastawczych, przekaźników (rys.4.18).



Rys.4. 18. Struktura układu pomiarowego

Wielkość mierzona jest przedstawiona w postaci sygnałów pojawiających się w określonym czasie. Sygnałem nazywamy przebieg czasowy wielkości fizycznej, która zawiera parametr informacji odtwarzający przebieg czasowy wartości wielkości pierwotnej. Wielkość fizyczną przenoszącą sygnał nazywamy nośnikiem sygnału.

W układach elektrohydraulicznych sensory wykorzystywane są najczęściej do:

- a) detekcji ciał wykonanych z różnych materiałów (np. obecności przedmiotu, na który oddziałuje siłownik, określania położenia tłocznika siłownika),
- b) pomiaru przemieszczenia liniowego lub kąowego, prędkości liniowej lub kąowej elementu ruchomego siłownika, silnika lub pompy (np. pomiar kąta obrotu wału silnika hydraulicznego),
- c) pomiaru temperatury cieczy roboczej,

d) pomiaru ciśnienia cieczy roboczej,

e) pomiaru innych parametrów (np zanieczyszczenia cieczy roboczej, przepływu cieczy roboczej).

Sensory stosowane w układach elektrohydraulicznych mogą być:

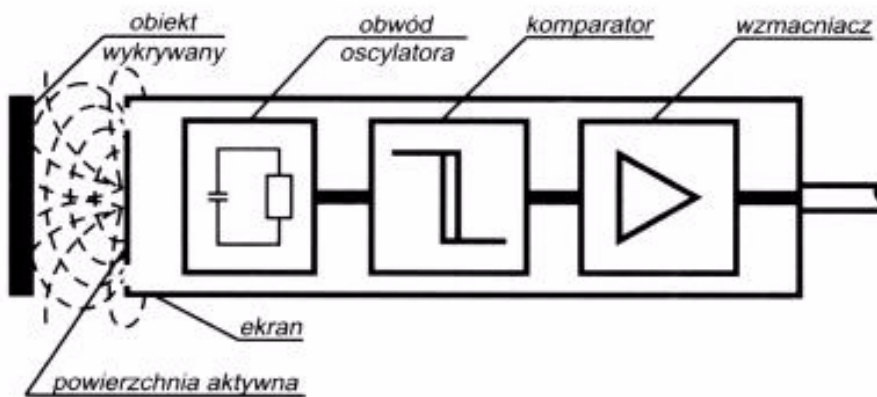
- analogowe – sygnał wyjściowy może przyjmować wszystkie wartości z zakresu przedziału zmienności,
- cyfrowe – sygnał wyjściowy ma postać ciągu sygnałów binarnych,
- binarne – sygnał wyjściowy charakteryzują dwie wartości (0 oraz 1).

Do detekcji przedmiotów wykorzystywane są sensory bezdotykowe (zbliżeniowe) binarne – umożliwiają one generowanie informacji: przedmiot jest lub przedmiotu nie ma. Stosowane są sensory:

- pojemnościowy,
- indukcyjny,
- optyczny.

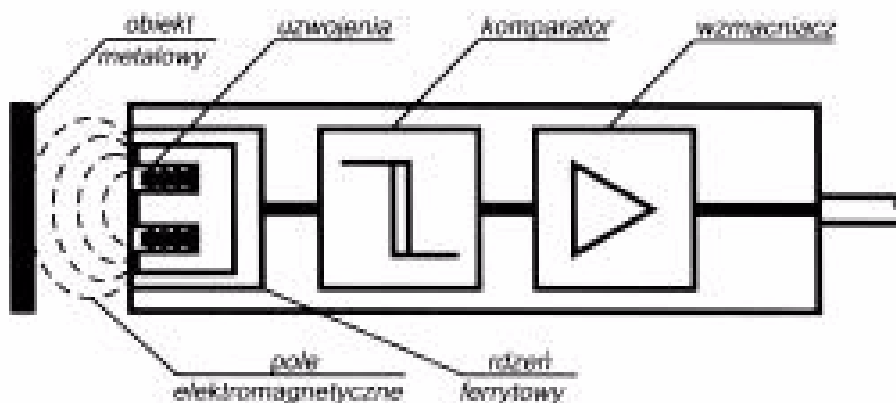
Pojemnościowy sensor zbliżeniowy

Sensor pojemnościowy (rys.4.19) aktywowany jest w zależności od pojemności w stosunku do materiału, który chcemy wyczuć – zbliżający się przedmiot powoduje zmianę pojemności kondensatora. Przy wzroście pojemności pojawiają się oscylacje, które wykrywa komparator. Sygnał z komparatora po wzmacnieniu umożliwia sterowanie układów wykonawczych.



Rys. 4.19. Struktura zbliżeniowego sensora pojemnościowego

Indukcyjny sensor zbliżeniowy

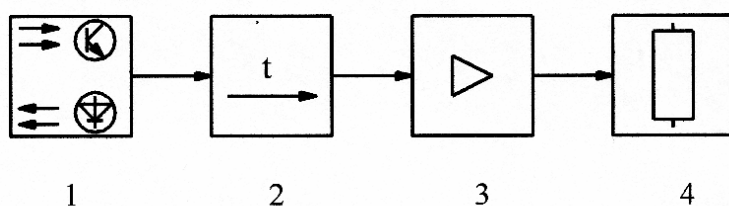


Rys. 4.20 Struktura indukcyjnego sensora zbliżeniowego.

Czujnik indukcyjny (rys.4.20) generuje zmienne pole elektromagnetyczne. Jeżeli w polu oddziaływania czujnika znajdzie się przedmiot metalowy, powstaną w nim prądy wirowe, które wpływają na spadek amplitudy pola elektromagnetycznego. Przy pewnej charakterystycznej dla danego czujnika zmianie na wyjściu z komparatora następuje skokowa zmiana napięcia. Napięcie to po wzmocnieniu umożliwia sterowanie elementów wykonawczych.

Optyczny sensor zbliżeniowy

Optyczny sensor zbliżeniowy (rys.4.21) składa się z diody świetlnej i fotoelektrycznej, stopnia synchronizującego (2) i wzmacniacza (3). Po przyłożeniu napięcia do styku w czujniku fotoelektrycznym wytwarza się promień świetlny wychodzący z powierzchni czołowej przełącznika. Jeżeli wyemitowany promień świetlny napotka na powierzchnię ciała, impulsy światła podlegają odbiciu i zostają odebrane przez fotoelement. Stopień synchronizacji ocenia odebrany sygnał i kieruje go do wzmacniacza. Ze wzmacniacza steruje on wyjściem przełącznika. Obciążenie podłącza się przez biegun ujemny przyłączanego napięcia. Stan przełącznika sygnalizowany jest przez diodę świetlną. Czujniki fotoelektryczne w zależności od sposobu wyczuwania mają szeroki zakres pola detekcji.

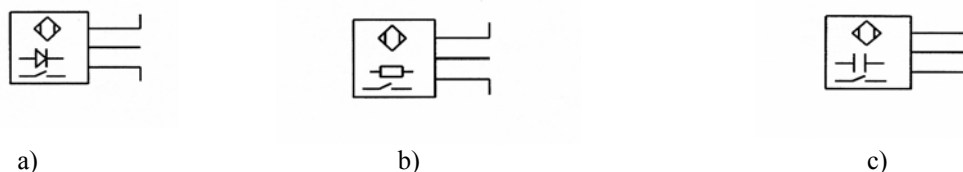


Rys. 4.21. Struktura optycznego sensora zbliżeniowego.

Czujniki bezdotykowe nie posiadają ruchomych części i najczęściej znajdują zastosowanie tam, gdzie występuje wysoka częstotliwość przełączania. Nie zużywają się mechanicznie, mają zwartą konstrukcję i są łatwe w montażu. Zalety czujników bezdotykowych to:

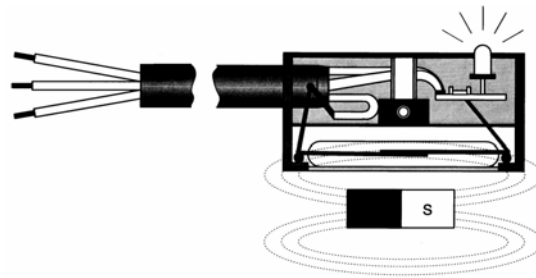
- wysoka powtarzalność,
- brak zużycia mechanicznego,
- wysoka częstotliwość przełączania.

Symbole sensorów bezdotykowych przedstawione są na rys. 4.22.



Rys. 4.22. Symbole graficzne sensorów: a) optycznego, b) indukcyjnego, c) pojemnościowego

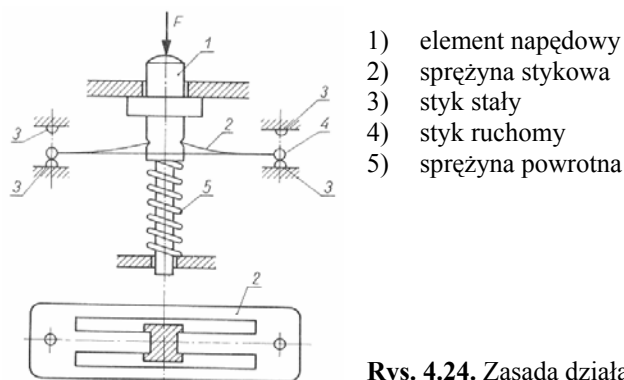
Kontaktron



Rys. 4.23. Zasada działania czujnika kontaktronowego [1]

Zestyki ruchome (druciki lub blaszki) zatopione w rurce szklanej pozbawionej powietrza zwierają się, gdy kontaktron znajdzie się w polu magnetycznym zamykając tym samym obwód elektryczny (rys.4. 23).

Łącznik krańcowy



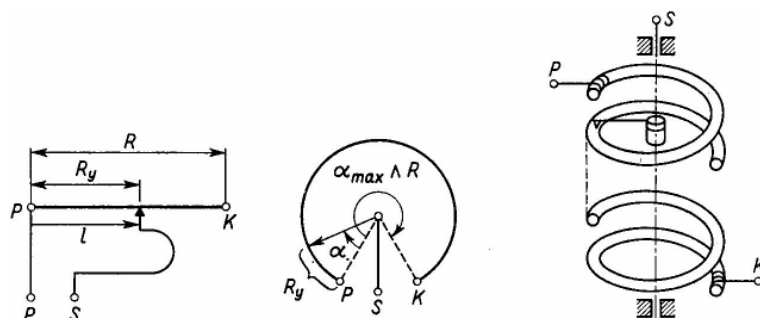
Rys. 4.24. Zasada działania łącznika krańcowego

Dzięki wciśnięciu elementu napędowego 1 poprzez sprężynę 2 styki ruchome 4 unoszą się do góry zwierając nowe obwody ze stykami 3.(rys.4.24).

Do pomiaru przemieszczenia liniowego lub kąтового w urządzeniach elektrohydraulicznych stosowane są czujniki: indukcyjny, potencjometryczny, optyczny.

Czujniki potencjometryczne

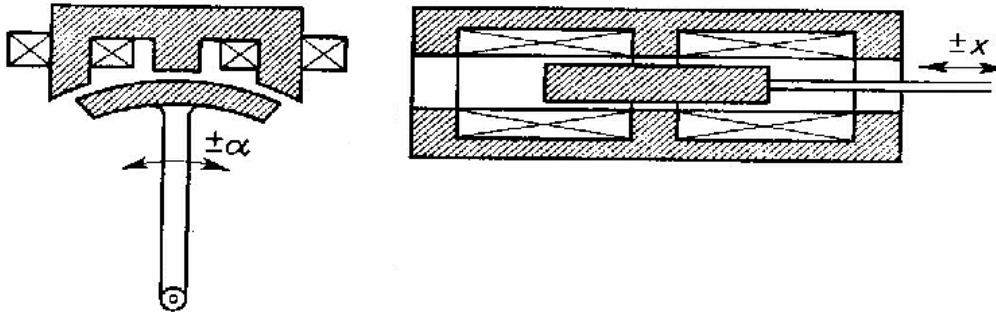
Zasadą przetwarzania przetworników potencjometrycznych jest zmiana rezystancji obwodu elektrycznego wskutek przemieszczania ruchomego styku wzdłuż drutu oporowego lub uzwojenia wykonanego z takiego drutu na izolacyjnym rdzeniu w postaci taśmy lub drutu ukształtowanych jak na rysunku 4.25. Wielkością wejściową jest przemieszczenie liniowe lub kątowe, a pierwotną wielkością wyjściową jest rezystancja R_y .



Rys. 4.25. Zasada działania i konstrukcji przetworników potencjometrycznych [4]

Czujniki indukcyjne

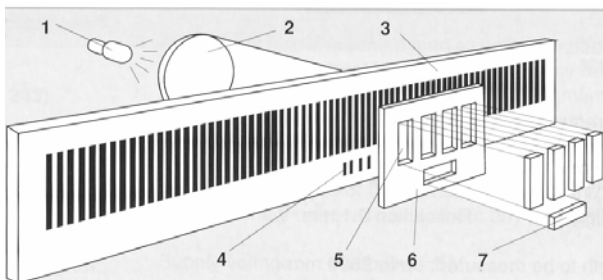
Bezpośrednią wielkością wejściową przetworników indukcyjnych (rys.4.26) jest przemieszczenie liniowe lub kątowe, które zmienia indukcyjność własną L .



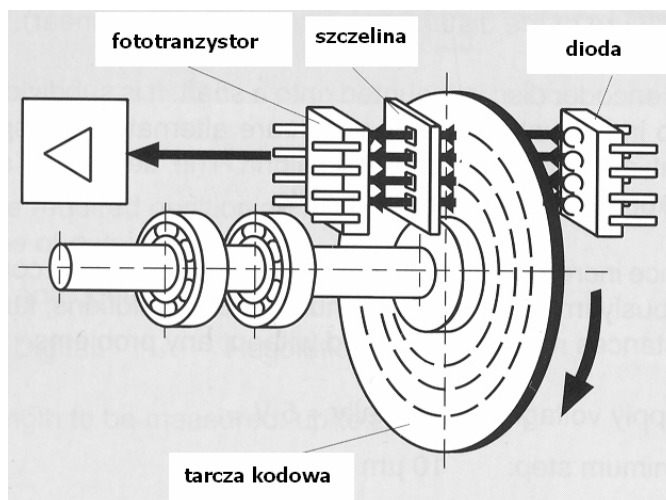
Rys. 4.26. Zasada działania przetworników indukcyjny [4]

Czujniki optyczne

Zasada działania inkrementalnego przetwornika przemieszczenia liniowego (rys.4.27) jest następująca: światło emitowane przez lampkę (1) zamieniane na wiązkę promieni równoległych w kondensorze (2) przenika przez liniał szklany (3) pokryty czarnymi kreskami, siatkę (5) płytki skanującej (6) i dociera do fotoelementu (7). Jeżeli liniał przemieszcza się, to do fotoelementu docierają impulsy świetlne. Miarą przemieszczenia liniału jest ilość impulsów docierających do fotoelementu zliczana przez licznik.



Rys. 4.27. Optyczny inkrementalny przetwornik przemieszczenia liniowego [8]

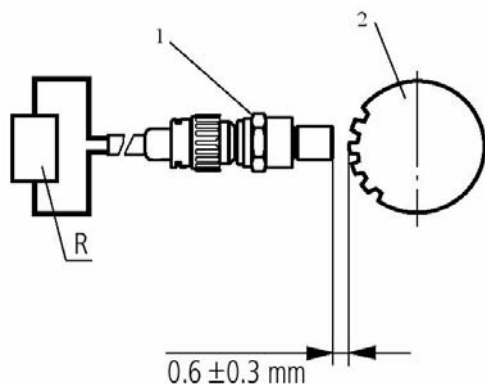


Rys. 4.28. Optyczna tarcza kodowa.[8]

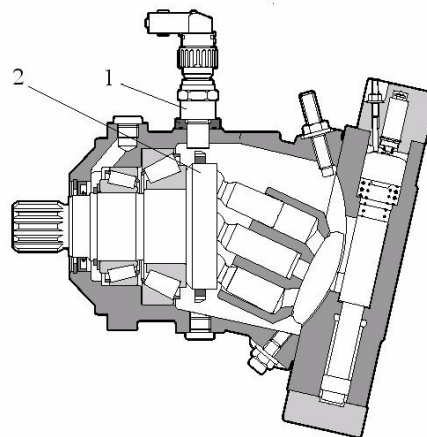
Optyczna tarcza kodowa (rys.4.28) służy do pomiaru przemieszczenia kąowego. Promienie światła emitowane przez diodę po przniknięciu przez tarczę kodową z naniesionymi kreskami docierają do fototranzystora. Miarą przesunięcia kąowego jest liczba impulsów świetlnych docierających do fototranzystora i zliczanych przez licznik.

Do pomiaru prędkości obrotowej elementów wirujących układów elektrohydraulicznych z reguły stosowane są sensory impulsowe indukcyjnościowe.

Zasada działania impulsowych indukcyjnych sensorów prędkości (rys.4.29, rys.4.30). Na elemencie wirującym umieszczona jest tarcza z naciętymi zębami (2). Impulsowy sensor indukcyjny (1) (sensor indukcyjny zbliżeniowy) usytuowany jest w niewielkiej odległości od obwodu tarczy. Poszczególne zęby przemieszczając się w pobliżu powierzchni czołowej sensora powodują wzbudzenie impulsów, których częstotliwość jest proporcjonalna do prędkości obrotowej tarczy.



Rys. 4.29. Zasada pomiaru prędkości obrotowej sensorem impulsowym [1]



Rys. 4.30. Sposób montażu sensora impulsowego w korpusie silnika hydraulicznego [1]

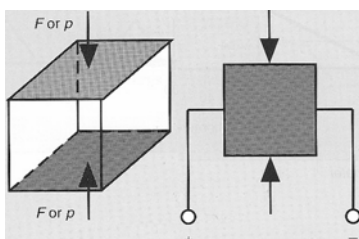
Przetworniki temperatury

Do pomiaru temperatury cieczy roboczej wykorzystywane są czujniki działające w oparciu o następujące zjawiska fizyczne:

- 1) wzrost ciśnienia stałej objętości gazu pod wpływem temperatury – termometry gazowe,
- 2) wzrostu rezystancji metali w wyniku wzrostu temperatury – termometry elektryczne,
- 3) zjawisko termoelektryczne – termopary.

Przetworniki ciśnienia

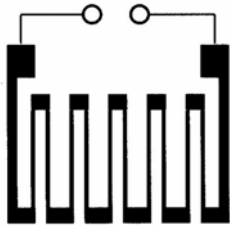
Do określania wartości ciśnienia w układach elektrohydraulicznych wykorzystywane są:
a) czujniki wykorzystujące zjawisko piezoelektryczne (rys.4.31).



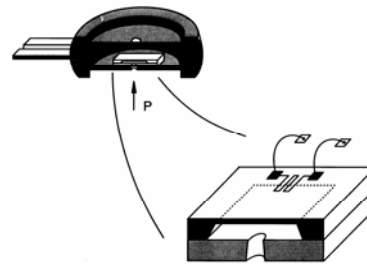
Rys. 4. 31. Ilustracja zjawiska piezoelektrycznego [8]

Jeżeli kryształ kwarcu poddany będzie działaniu siły F (lub ciśnienia), to w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny działania siły wytworzy się różnica potencjałów elektrycznych, która jest proporcjonalna do wartości siły.

b) czujniki tensometryczno-oporowe (rys. 4.32, rys.4.33).



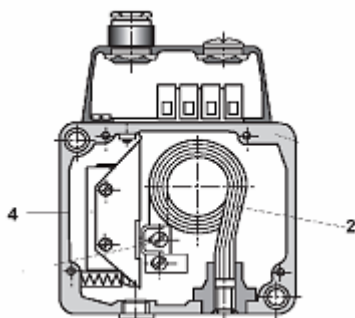
Rys. 4.32. Przetwornik tensometryczno-oporowy



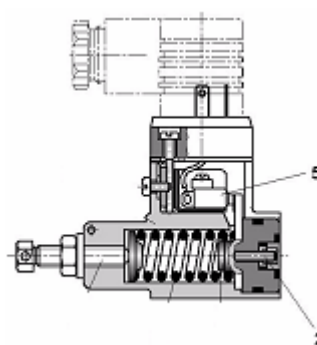
Rys. 4.33. Czujnik ciśnienia z tensometrem oporowym

Przetworniki tensometryczne wykorzystują zjawisko zmiany rezystancji drutu oporowego poddanego działaniu naprężeń mechanicznych. Przetworniki tensometryczne wykonane są z cienkich drutów (lub folii metalowych) naklejonych na podłoże poddane działaniu naprężeń mechanicznych. Naprężenia przenoszą się z podłoża do tensometru powodując zmianę jego rezystancji. Dokonując pomiaru zmiany rezystancji można określić wartość siły powodującej odkształcenie podłoża (lub ciśnienia).

Przełączniki ciśnienia wytwarzają sygnał elektryczny, gdy ciśnienie mierzone osiągnie określoną wartość. W przypadku przełącznika ciśnienia z rurką Bourdona (rys.4.34 a) elementem czynnym jest rurka Bourdona (2), która pod wpływem mierzonego ciśnienia cieczy roboczej odkształca się i powoduje przełączenie mikroprzełącznika (4), który zwiera obwód elektryczny sygnalizujący. Natomiast w przełączniku ciśnienia tłoczkowym (rys.4.34 b) elementem czynnym jest tłoczek (2), przemieszczający się pod wpływem ciśnienia cieczy roboczej i zwiernający styki mikroprzełącznika (5).



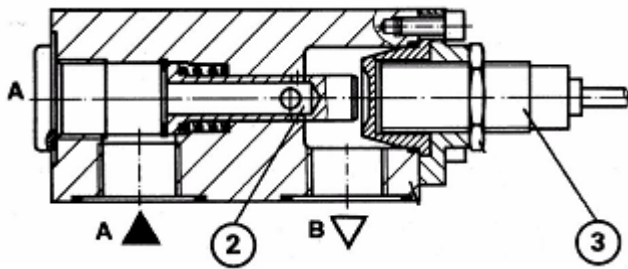
a)



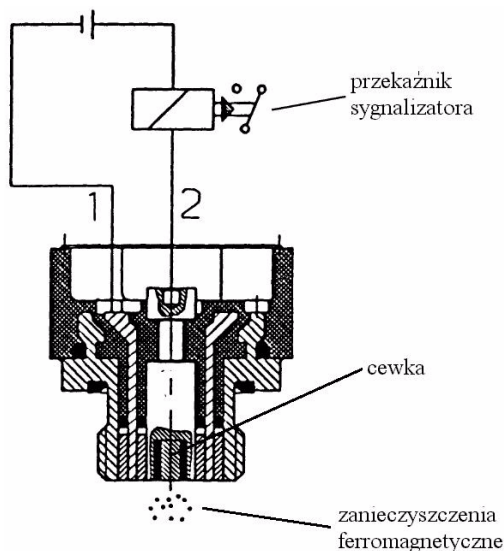
b)

Rys. 4.34. Przełączniki ciśnienia: a) z rurką Bourdona , b) z tłoczkiem [1]

Do sygnalizowania przepływu cieczy roboczej w przewodzie stosowane są indykatory przepływu (rys.4.35). Ciecz robocza przepływa w kierunku od A do B przez wydrążony tłoczek 2 i wytwarza siłę powodującą przemieszczanie tłoczka (2) w prawo. Tłoczek (2) zbliża się do czujnika zbliżeniowego (3) powodując jego zadziałanie. W przypadku zaniku przepływu cieczy roboczej tłoczek (2) jest przesuwany w lewo dzięki sprężynie.



Rys. 4.35. Indykator przepływu cieczy roboczej [1]



Rys.4.36. Przełącznik zanieczyszczenia cieczy roboczej [1]

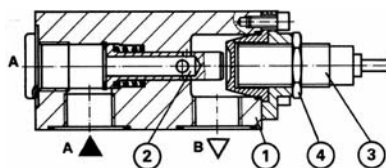
Przełącznik przedstawiony na rys.4.36 przeznaczony jest do wykrywania metalowych zanieczyszczeń w oleju. Montowany jest w silnikach oraz pompach hydraulicznych i umożliwia zapobieganie ewentualnym uszkodzeniom elementów układów hydraulicznych.

Zanieczyszczenia metalowe znajdujące się w przepływającej cieczy roboczej gromadzą się w pobliżu cewki przełącznika tworząc mostek powodujący połączenie elektryczne pomiędzy pierścieniem (1), a rdzeniem cewki i zadziałanie przełącznika sygnalizatora.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest struktura układu pomiarowego (sensorycznego)?
2. Jakie jest przeznaczenie i sposób działania urządzenia przedstawionego poniżej?



3. Objaśnij zasadę pomiaru prędkości obrotowej wału silnika hydraulicznego za pomocą sensora indukcyjnego impulsowego.

4. Wymień zalety stosowania zbliżeniowych czujników indukcyjnych.
5. Podaj przykład zastosowania w układzie elektrohydraulicznym potencjometrycznego czujnika przesunięcia kąтового.

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zaproponuj sposób sygnalizowania obecności w cieczy roboczej zanieczyszczeń metalowych. Z katalogu elementów układów hydraulicznych dobierz przykładowe urządzenie umożliwiające wykrywanie tych zanieczyszczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w Poradniku dla ucznia,
- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zadanie wykonać indywidualnie,
- 4) w karcie ćwiczenia narysować strukturę (schemat ideowy) układu umożliwiającego sygnalizowanie obecności w cieczy roboczej zanieczyszczeń metalowych,
- 5) z katalogu urządzeń hydraulicznych wybrać przykładowy numer katalogowy urządzenia umożliwiającego detekcję zanieczyszczeń metalowych w cieczy roboczej,
- 6) sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
- katalog elementów układów hydraulicznych (wersja drukowana lub elektroniczna),
- stanowisko komputerowe (umożliwiające skorzystanie z elektronicznej wersji katalogu).

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) objaśnić strukturę układu pomiarowego (sensorycznego)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować budowę i działanie sensorów zbliżeniowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać korzystając z katalogu, czujnik w celu zastosowania go w układzie elektrohydraulicznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) przeanalizować działanie czujników do pomiaru prędkości obrotowej wału silnika hydraulicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić zadania czujników i przetworników pomiarowych stosowanych w układach elektrohydraulicznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Budowa i działanie serwonapędów elektrohydraulicznych i układów proporcjonalnych

4.3.1. Materiał nauczania

Serwonapędem elektrohydraulicznym jest układ sterowania elektrohydraulicznego posiadający następujące właściwości:

- 1) następuje wzmocnienie mocy sygnału sterującego,
- 2) posiada sprzężenie zwrotne.

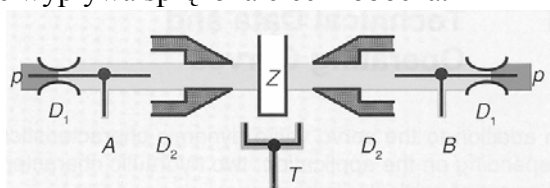
Istotnym elementem serwonapędów elektrohydraulicznych są serwowawory. Serwowawór elektrohydrauliczny jest elektrycznie regulowanym wzmacniaczem hydraulicznym z zamkniętym układem regulacji. Elektryczny sygnał wejściowy serwowaworu jest zamieniany na przepływ cieczy roboczej. Odchylenia od zadanej wartości prędkości lub położenia organu wykonawczego układu po zmierzeniu ich i zamianie na sygnał elektryczny wykorzystywane są do regulacji w serwowaworze.

Serwowawór składa się z dwóch części:

- 1) pilota sterującego (pierwszy stopień serwowaworu),
- 2) zaworu hydraulicznego (drugi stopień zaworu).

Zadaniem pierwszego stopnia serwowaworu jest generowanie sygnałów powodujących przemieszczanie tłoczka zaworu hydraulicznego.

Ważnym elementem serwowaworów jest wzmacniacz hydrauliczny typu dysza – przysłona. Zasada działania tego wzmacniacza przedstawiona jest na rys.4.37. Pomiędzy dyszami D_2 znajduje się przesłona Z , mająca możliwość przemieszczania się w lewo lub w prawo. Przez dysze wypływa sprężona ciecz robocza.

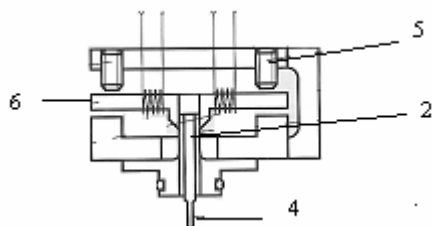


Rys.4. 37. Zasada działania wzmacniacza hydraulicznego typu dysza-przysłona [8]

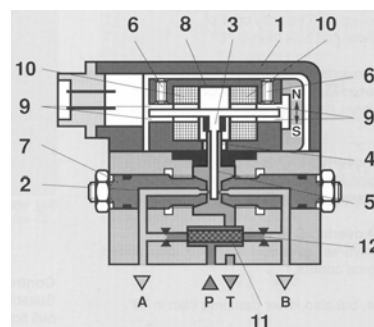
Jeżeli przesłona Z przemieszczona zostanie np. w lewo, to wypływ cieczy roboczej przez lewą dyszę będzie utrudniony i ciśnienie cieczy w komorze A wzrośnie. W komorze B następuje zjawisko odwrotne. W przypadku przemieszczenia przysłony w prawo w komorze B ciśnienie cieczy roboczej wzrasta, a maleje w komorze A .

Rysunek 4.38 przedstawia zasadę działania napędu elektromagnetycznego przysłony. Zwora (rdzeń) (6) osadzona jest na sprężystej tulei (2) z przysłoną (4). Podanie sygnału elektrycznego z lewej lub prawej strony zwory powoduje jej przemieszczenie kątowe proporcjonalne do wartości sygnału. Przesłona przemieszczona przez sprężystą tuleję (2) przenosi się na przysłonę (4).

Po zaniku sygnału elektrycznego tuleja 2 powoduje powrót zwory i przysłony do położenia środkowego.



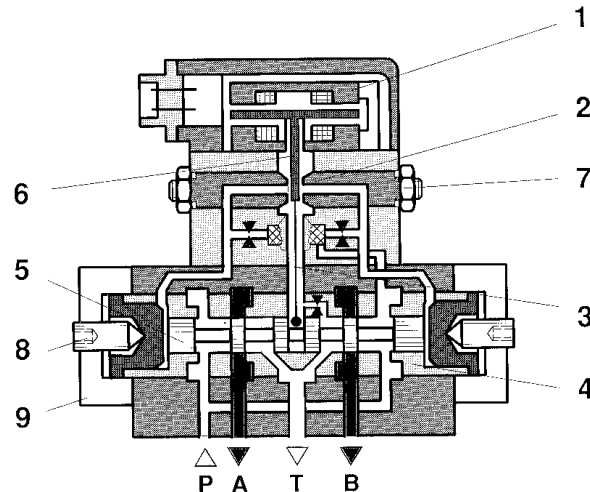
Rys. 4.38. Zasada działania napędu elektromagnetycznego przysłony [8]



Rys. 4.39. Budowa pierwszego stopnia serwowaworu elektrohydraulicznego [8]

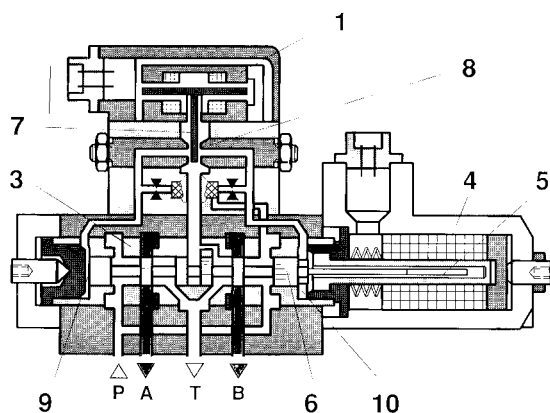
Schemat konstrukcji i sposób działania pierwszego stopnia serwowaworu (pilota sterującego) przedstawiony jest na rys.4.39. ((1) - napęd elektromagnetyczny przysłony, (2) - śruba dyszy, (3) -zwoira (rdzeń), (4) - tuleja sprężysta,(5) -przysłona, (6)- śruby, (7)- dysze regulujące, (8) -biegun magnesu, (9)- szczeliny powietrzne, (10)- uzwojenia cewki, (11) -filtr ochronny, (12)- opory stałe).

Poniżej przedstawiono wybrane przykłady konstrukcji serwowaworów elektrohydraulicznych.

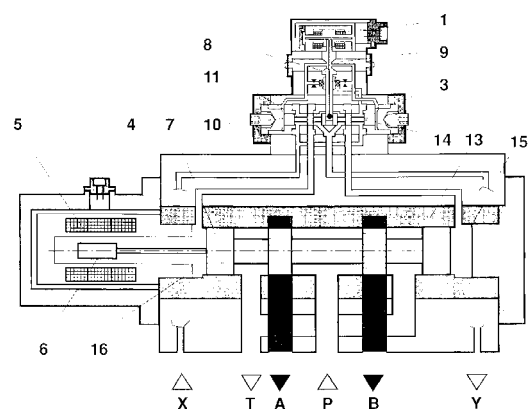


Rys. 4.40. Przykład konstrukcji serwowaworu rozdzielającego z mechanicznym sprzężeniem zwrotnym.[3]

Tłoczek regulujący (5) jest związany z napędem elektromagnetycznym przysłony (1) poprzez element sprężysty (3) stanowiący mechaniczne sprzężenie zwrotne. Podanie elektrycznego sygnału sterującego do napędu elektropneumatycznego przysłony (1) powoduje przemieszczenie przysłony (6) i powstanie różnych ciśnień cieczy roboczej w obu komorach wzmacniacza hydraulicznego (2). Ciśnienia te oddziałują na obie strony tłoczka (5) powodując zmianę jego położenia. Przemieszczenie tłoczka (5) poprzez element sprężysty (3) (mechaniczne sprzężenie zwrotne) powoduje zmianę położenia przysłony wzmacniacza hydraulicznego (2) przesuując ją w kierunku położenia środkowego i powodując zatrzymanie ruchu tłoczka (2). Położenie tłoczka (2) i aktualny przepływ cieczy roboczej przyjmują nowe wartości. Za pomocą śrub (8) można dokonywać zmiany punktu zerowego zaworu hydraulicznego (rys.4. 40).



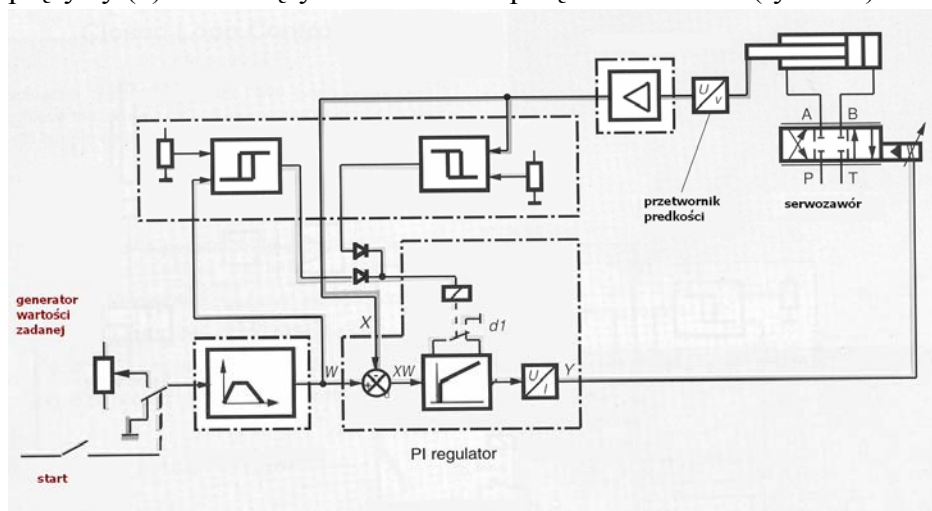
Rys.4. 41. Przykład konstrukcji serwowaworu rozdzielającego rozdzielającego z elektrycznym sprzężeniem zwrotnym.[3]



Rys. 4.42. Przykład konstrukcji serwowaworu z elektrycznym sprzężeniem zwrotnym trzystopniowego.[3]

Tłoczek regulujący (6) jest sprzęgnięty z indukcyjnym przetwornikiem położenia (4). Zmiana położenia tłoczka (6) i sprzęgniętego z nim rdzenia (5) jest przyczyną zmian sygnału generowanego przez przetwornik (4) stanowiącego elektryczne sprzężenie zwrotne zamkniętego układu regulacji sygnału podawanego do napędu elektromagnetycznego przysłony (1) i wpływa na położenie przysłony (7) wzmacniacza hydraulicznego, powodującego zmianę położenia tłoczka regulującego (6). Położenie tłoczka regulującego (6) zależy również od pozycji tulei (3) określanej śrubami nastawczymi (rys.4.41).

W celu uzyskania bardzo dużego wzmocnienia stosowane są serwowawory trójstopniowe. Główny tłoczek regulujący (7) jest sprzęgnięty z indukcyjnym przetwornikiem położenia (5). Zmiana położenia tłoczka (7) i sprzęgniętego z nim rdzenia (6) jest przyczyną zmian sygnału generowanego przez przetwornik (5) stanowiącego elektryczne sprzężenie zwrotne zamkniętego układu regulacji sygnału podawanego do napędu elektromagnetycznego przysłony (1) i wpływa na położenie przysłony wzmacniacza hydraulicznego (9) powodującego zmianę położenia tłoczka regulującego (11) zaworu rozdzielającego stanowiącego drugi stopień serwowaworu. Tłoczek regulujący (11) jest związany z napędem elektromagnetycznym przysłony (1) poprzez element sprężysty (8) stanowiący mechaniczne sprzężenie zwrotne (rys.4.42).

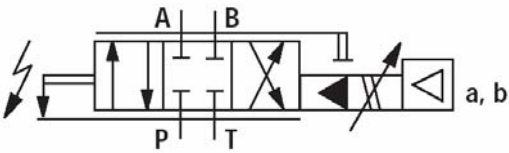
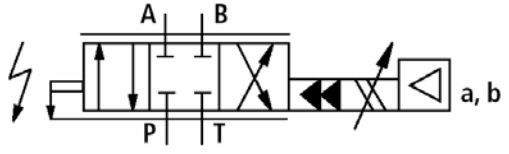


Rys. 4. 43. Przykład elektrohydraulicznego układu regulacji prędkości ruchu tłoczyska siłownika z zastosowaniem serwowaworu.[8]

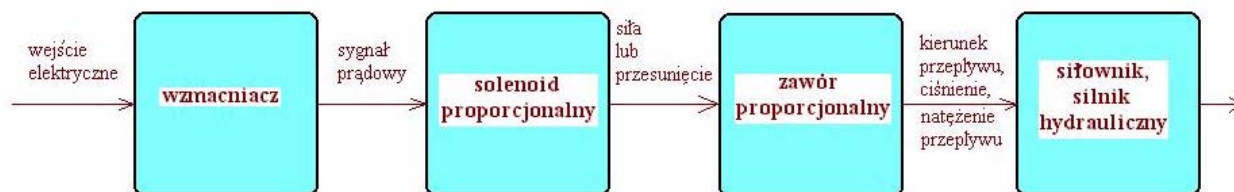
Elektrohydrauliczny układ z zastosowaniem serwowaworu pokazano na rys.4.43. Symbole wybranych serwowaworów przedstawiono w tabeli 4.3.

Tabela 4.3. Symbole wybranych serwowaworów

Rodzaj serwowaworu	Symbol
Serwowawór 4/3 dwustopniowy ze sprzężeniem mechanicznym i zewnętrznym układem regulacji	
Serwowawór 4/3 dwustopniowy ze sprzężeniem mechanicznym i zintegrowanym układem regulacji	

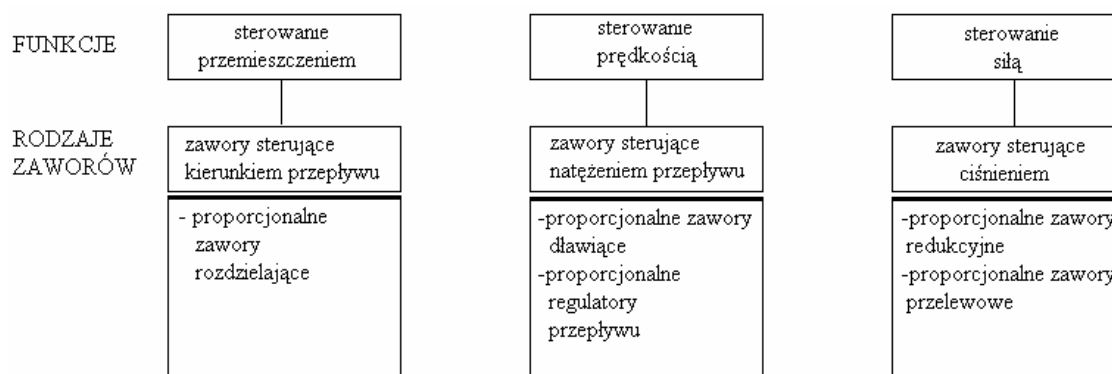
Serwowzawór 4/3 dwustopniowy ze sprzężeniem mechanicznym i elektrycznym oraz zintegrowanym układem regulacji	
Serwowzawór 4/3 trójstopniowy ze sprzężeniem mechanicznym i elektrycznym oraz zintegrowanym układem regulacji	

Hydraulika proporcjonalna jest kombinacją hydraulicznego przekazywania siły i przesunięcia z precyzją oraz elastycznością sterowania elektronicznego. Wejściowy sygnał napięciowy (od 0 do ± 9 V) jest zamieniany we wzmacniaczu na sygnał prądowy. Proporcjonalnie do natężenia prądu solenoid proporcjonalny wytwarza zmienne wyjście – siłę lub przesunięcie. Wielkości te stanowią sygnał wejściowy zaworu hydraulicznego powodując proporcjonalne zmiany natężenia przepływu lub ciśnienia cieczy roboczej. Elementy wykonawcze realizować mogą ruch charakteryzujący się zmienną siłą, prędkością, przyspieszeniem zależnie od zmian ciśnienia i natężenia przepływu cieczy roboczej (rys. 4.44).



Rys. 4.44. Struktura oraz zasada działania układu proporcjonalnego

Na rys.4.45 przedstawiono klasyfikację zaworów proporcjonalnych oraz funkcje, jakie wypełniają w układzie.



Rys.4.45. Funkcje i rodzaje elektrohydraulicznych zaworów proporcjonalnych

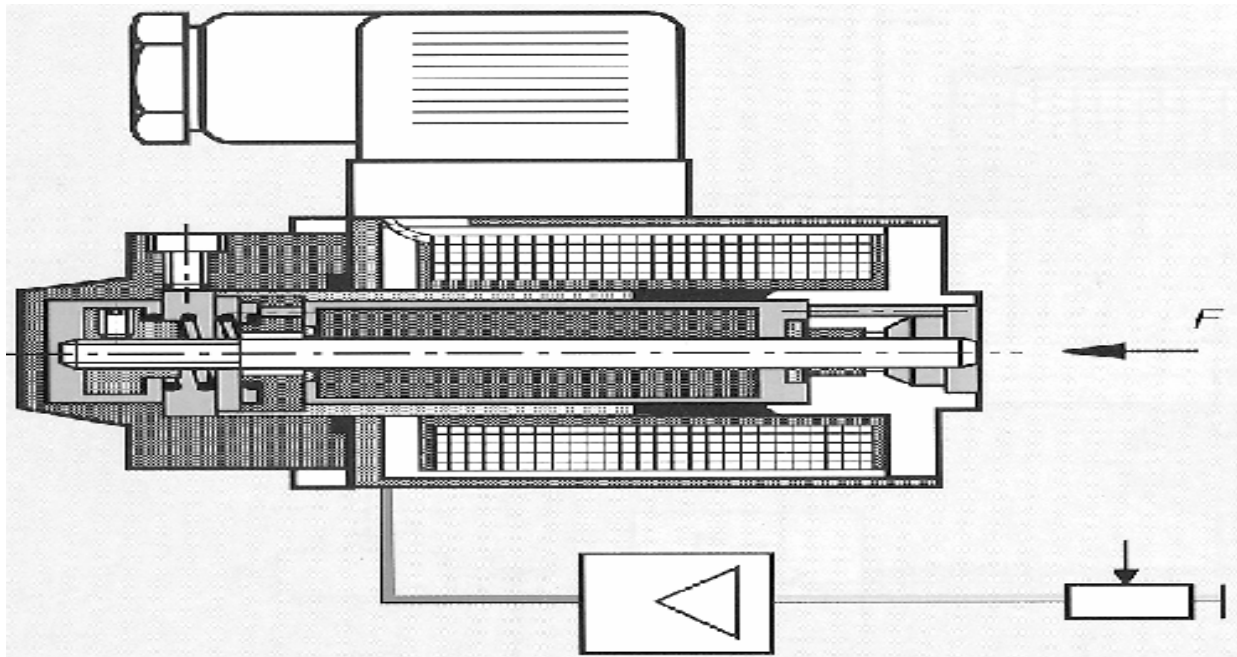
Nazwa zaworów wzięła się od ich podstawowego elementu, to znaczy magnesu (solenoidu) proporcjonalnego o specjalnej konstrukcji. W solenoidzie tym udało się uzyskać liniową charakterystykę siły oraz przemieszczenia. Solenoid proporcjonalny łączy sterowanie

elektroniczne z częścią hydrauliczną układów proporcjonalnych. Proporcjonalnie do zmiennego sygnału prądowego na wejściu wytwarza zmienny sygnał wyjściowy – siłę lub przemieszczenie.

Stosowane są dwa rodzaje solenoidów proporcjonalnych:

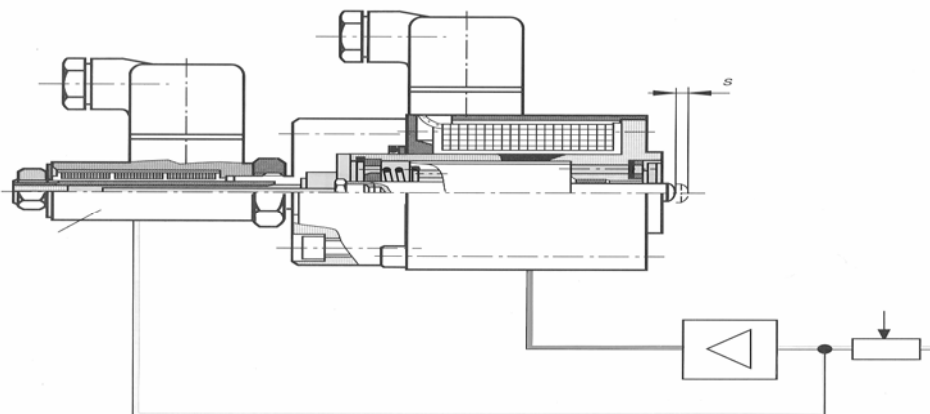
- a) z regulacją siły,
- b) z regulacją przemieszczenia.

W solenoidzie z regulacją siły na rdzeniu wysuwanym z cewki wytworzona jest siła będąca różnicą siły elektromagnetycznej wytwarzanej przez cewkę i siły sprężystości sprężyny powrotnej. Przesunięcie rdzenia wynosi ok. 1,5 mm i przyjmuje się, że w tym przedziale wartość siły wytwarzanej na rdzeniu jest stała i zależy od prądu płynącego przez uzwojenia cewki (rys. 4.46)



Rys. 4.46. Budowa solenoidu proporcjonalnego z regulacją siły. [8]

W solenoidzie z regulacją przemieszczenia położenie rdzenia jest regulowane i utrzymywane niezależnie od przeciwności. Suwaki proporcjonalnych zaworów sterujących kierunkiem przepływu, natężeniem przepływu oraz ciśnieniem mogą być sterowane bezpośrednio, a ich położenie regulowane w każdej pozycji (rys.4.47)



Rys. 4.47. Budowa solenoidu proporcjonalnego z regulacją przemieszczenia. [8]

W elektrohydraulicznych układach proporcjonalnych podobnie jak w układach hydraulicznych stosowane są zawory sterujące kierunkiem przepływu, natężeniem przepływu oraz ciśnieniem cieczy roboczej.

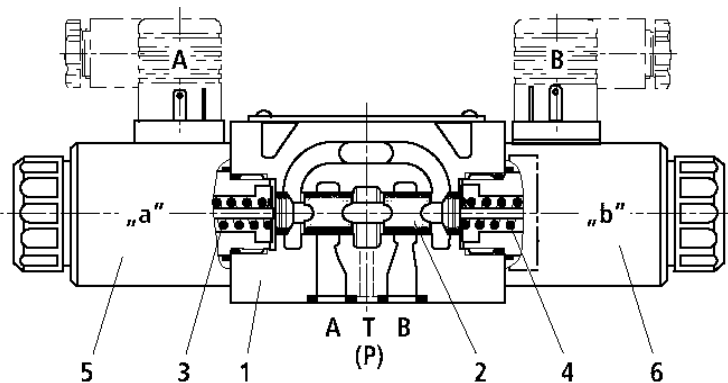
Zalety stosowania układów proporcjonalnych:

- 1) precyzyjne ustalanie oraz możliwość regulacji wartości prędkości, przyspieszenia oraz siły elementów wykonawczych,
- 2) możliwość realizacji zadań układu bez konieczności stosowania maksymalnych wartości (w granicach przedziału ich zmienności) ciśnienia oraz natężenia przepływu cieczy roboczej, co sprzyja zmniejszeniu energochłonności procesów realizowanych przez układ,
- 3) zmniejszenie ilości elementów hydraulicznych stosowanych do budowy układu, uproszczenie struktury układu,
- 4) zwiększenie pewności i precyzji działania układu, wydłużenie czasu eksploatacji elementów hydraulicznych i mechanicznych,
- 5) obniżenie kosztów eksploatacji układów proporcjonalnych w porównaniu z układami tradycyjnymi.

Podstawowymi elementami elektrohydraulicznych zaworów proporcjonalnych są:

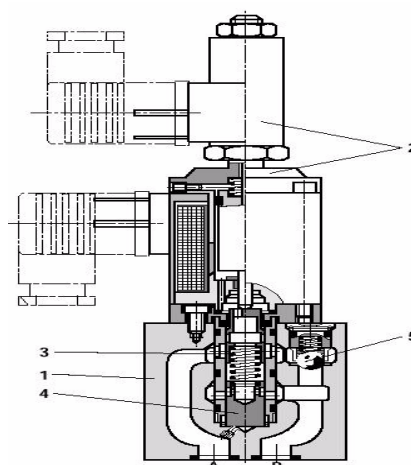
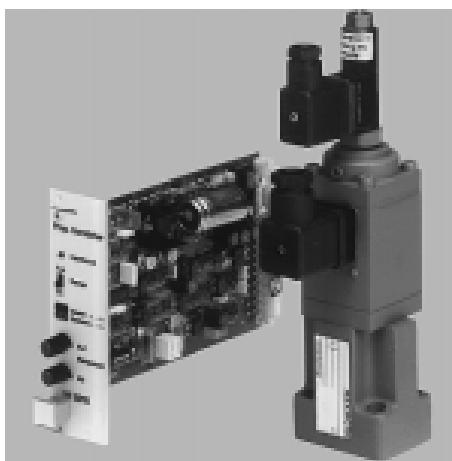
- przetwornik elektromechaniczny – solenoid proporcjonalny,
- przetwornik mechaniczno-hydrauliczny, zbudowany najczęściej w postaci zaworu suwakowego.

Na rysunku 4.48 przedstawiono hydrauliczny proporcjonalny zawór rozdzielający 4/2. W korpusie (1) znajduje się tłoczek regulacyjny (2) zajmujący dzięki sprężynom (3) i (4) położenie środkowe. Podanie do solenoidu proporcjonalnego (6) sygnału sterującego powoduje przemieszczenie tłoczka (2) w lewą stronę proporcjonalnie do wartości sygnału i połączenie kanałów P-A oraz T-B oraz proporcjonalny przepływ cieczy roboczej. Po zaniku sygnału sterującego tłoczek (2) powraca do położenia środkowego. Po podaniu sygnału sterującego do solenoidu proporcjonalnego (5) następuje odpowiednie przemieszczenie tłoczka (2) w prawo i połączenie kanałów T-A i P-B.



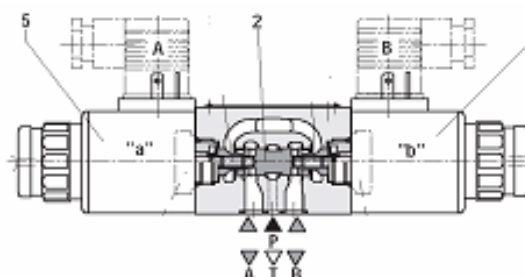
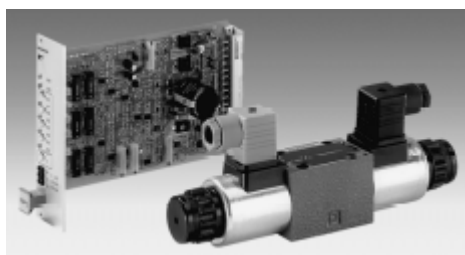
Rys.4.48. Hydrauliczny proporcjonalny zawór rozdzielający 4/2 [1]

Zasada pracy proporcjonalnego zaworu dławiąco-zwrotnego (rys.4.49) jest opisana poniżej. Strumień cieczy roboczej przepływający od A do B jest dławiony kryzą (3). Położenie kryzy (3), a więc i stopień dławienia, zależne są od położenia rdzenia solenoidu proporcjonalnego z regulacją przemieszczenia (2).



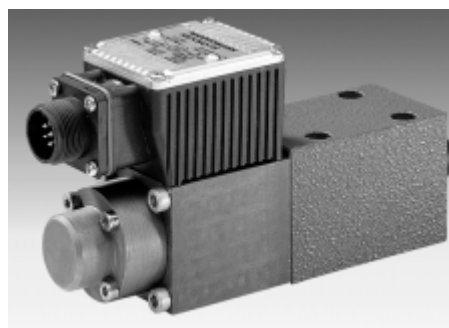
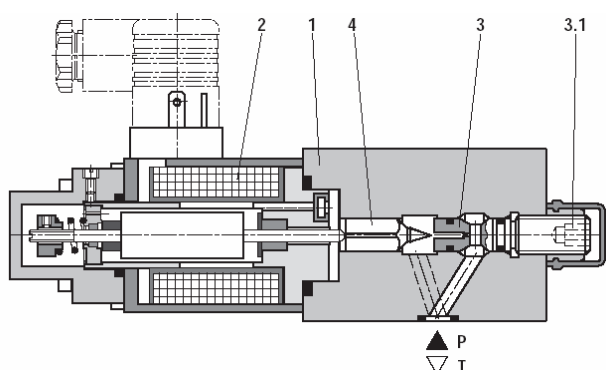
Rys.4.49. Zawór dławiąco - zwrotny proporcjonalny [10]

Poniżej przedstawiono opis działania proporcjonalnego zaworu redukcyjnego (rys.4.50). W przypadku braku sygnałów sterujących solenoidów proporcjonalnych (5) i (6) tłoczek zaworu (2) znajduje się w położeniu środkowym, połączenia kanałów A, B, T są otwarte i sprężona ciecz robocza sływa do zbiornika. Po podaniu sygnału sterującego do solenoidu (5) następuje przemieszczenie w prawo tłoczka (2) proporcjonalnie do wartości sygnału sterującego. Otwierają się połączenia P-B i A-T. Zanik sygnału sterującego solenoidu (5) powoduje powrót tłoczka (2) do położenia środkowego.



Rys. 4.50. Zawór redukcyjny proporcjonalny [10]

Proporcjonalny zawór przelewowy(rys.4.51) służy do ograniczania ciśnienia cieczy roboczej w układzie.



Rys. 4.51. Proporcjonalny zawór przelewowy [10]

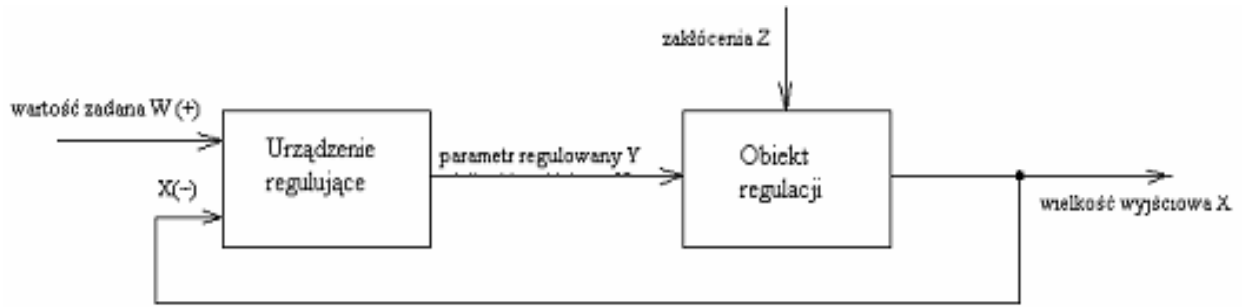
Podstawowymi częściami zaworu są: 1 – korpus, 2 – solenoid proporcjonalny z regulacją siły, 3 – gniazdo zaworu, 4 – tłoczek zaworu. Siła wytworzona przez solenoid (2) przepycha tłoczek zaworu (4) w kierunku gniazda zaworu (3). Ciśnienie cieczy roboczej w kanale P oddziałuje na tłoczek (4) przeciwdziałając sile wytwarzanej przez solenoid (2). Jeżeli siła hydrauliczna działająca na tłoczek (4) jest równa sile solenoidu (3) to następuje odsunięcie tłoczka (4) od gniazda (3) umożliwiając przepływ cieczy roboczej od P do T.

Tabela 4.4. Symbole wybranych elektrohydraulicznych zaworów proporcjonalnych

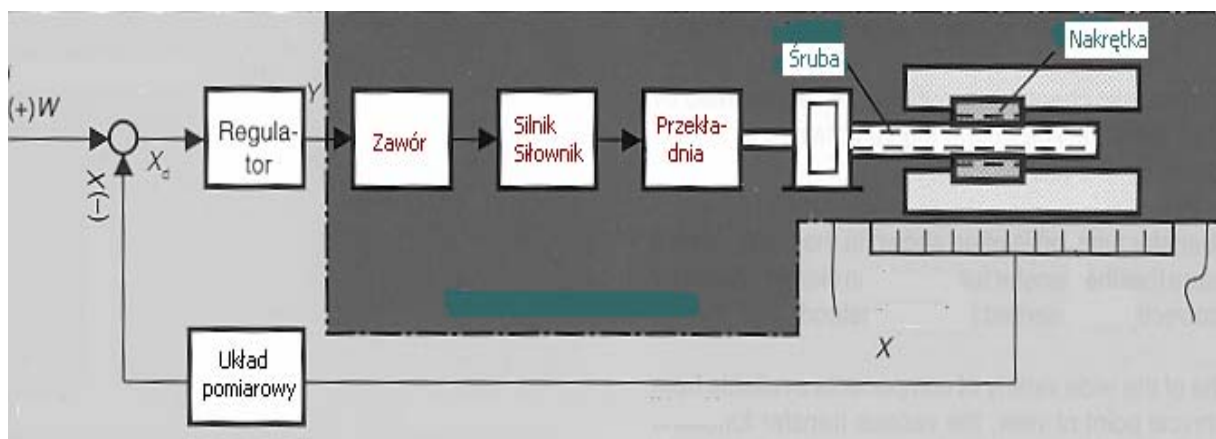
Nazwa zaworu	Symbol
Proporcjonalny zawór rozdzielający 4/2	
Proporcjonalny zawór rozdzielający 4/3	
Proporcjonalny zawór dławiąco-zwrotny	
Proporcjonalny zawór redukcyjny	
Proporcjonalny zawór przelewowy	

Elektrohydrauliczne układy proporcjonalne są zamkniętymi układami regulacji (rys.4.52 oraz rys.4.53).

W zamkniętych układach regulacji wartość wielkości wyjściowej jest mierzona i porównywana z wartością zadaną. W wyniku tego porównania urządzenie regulujące poprzez parametr Y oddziałuje na obiekt regulacji w celu zmiany wartości wielkości wyjściowej tak, aby zrównała się z wartością zadaną. Proces regulacji w układzie zamkniętym uwzględnia zakłócenia Z oddziałujące na obiekt regulacji.



Rys. 4.52. Struktura zamkniętego układu regulacji .



Rys.4.53. Przykład układu regulacji położenia.[8].

Położenie organu wykonującego ruch (nakrętki) jest ciągle mierzone poprzez układ pomiarowy. Wartość położenia nakrętki X jest porównywana z wartością zadaną W . Wynikiem tego porównania jest wartość X_d zwana uchybem regulacji. Wartość uchybu regulacji jest przekazywana do regulatora, którego zadaniem jest wytworzenie sygnału sterującego zawór proporcjonalny w celu takiego oddziaływania na silnik (siłownik) hydrauliczny, aby nakrętka zmieniła swoje położenie tak, że różnica $W - X = 0$.

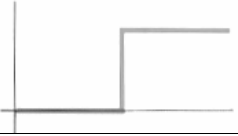
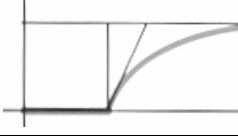
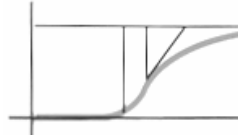
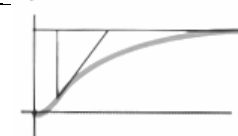


Obiektem regulacji jest zespół zawór-silnik(siłownik)-przekładnia-śruba-nakrętka. Urządzenie regulujące stanowią: układ pomiarowy oraz regulator.

Zadaniem zamkniętego układu regulacji jest:

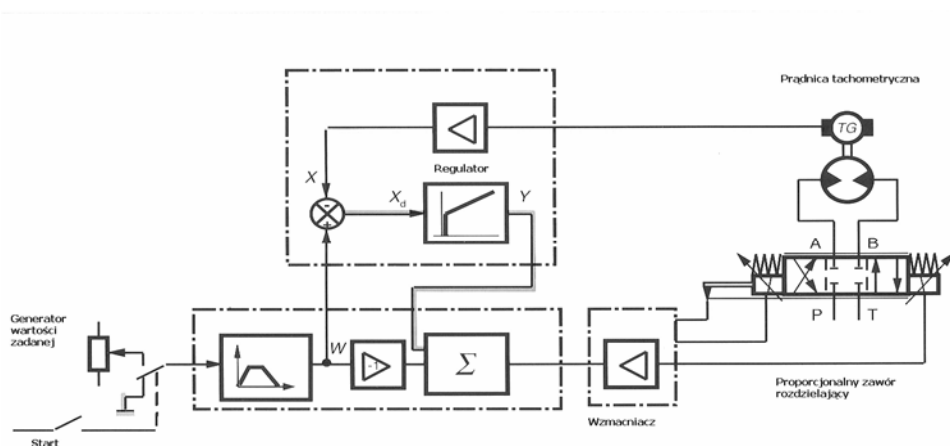
- 1) eliminowanie wpływu zakłóceń zewnętrznych na wielkość regulowaną,
- 2) zrównanie wartości wielkości regulowanej z wartością zadaną.

Dochodzenie wartości wielkości regulowanej do stanu ustalonego w wyniku zmiany wartości zadanej lub wpływu zakłóceń zawsze wymaga upływu pewnego czasu, wynika to z właściwości obiektu regulacji. W zależności od zadań stawianych procesowi regulacji wykorzystywane mogą być odpowiednie rodzaje regulatorów. W tabeli 5 zamieszczono przykłady stosowania regulatorów do określonych obiektów regulacji.

Tabela 4.5. Dobór regulatora do obiektu

REGULATOR \ OBIEKT	P	I	PI	PD	PID
	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE
	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK
	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK
	TAK	NIE	TAK	NIE	NIE
	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK
	NIE	NIE	NIE	TAK	TAK

Przykład zastosowania zaworu proporcjonalnego w układzie hydraulicznym przedstawiono na rys.4.54.

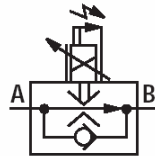


Rys.4. 54. Przykład układu regulacji prędkości obrotowej wału silnika hydraulicznego z zastosowaniem proporcjonalnego zaworu rozdzielającego [8]

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Scharakteryzuj strukturę i przedstaw sposób działania układu proporcjonalnego.
2. Objaśnij sposób działania solenoidu proporcjonalnego z regulacją siły.
3. Scharakteryzuj zalety stosowania elektrohydraulicznych układów proporcjonalnych.
4. Przedstaw sposób działania elektrohydraulicznego proporcjonalnego zaworu rozdzielającego.
5. Poniżej przedstawiono symbol zaworu proporcjonalnego
 - a) dławiąco-zwrotnego.
 - b) Redukcyjnego.
 - c) rozdzielającego.



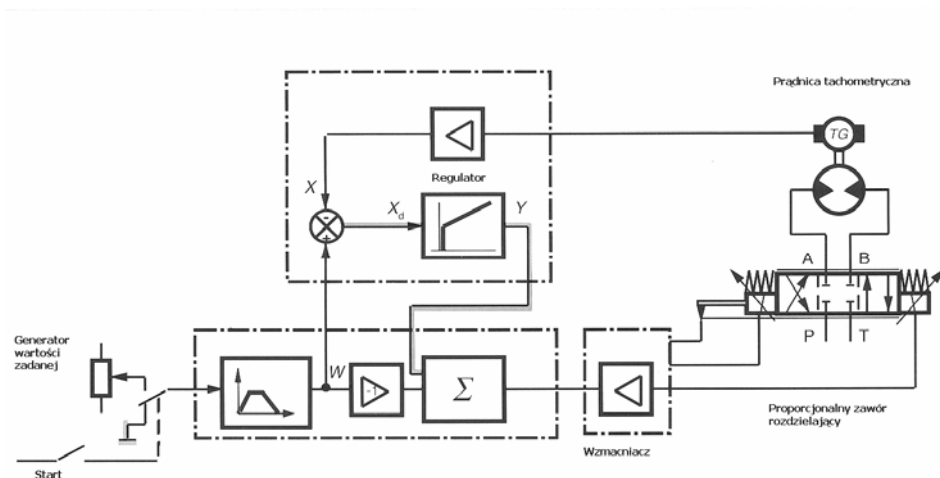
6. Scharakteryzuj strukturę i sposób działania układu regulacji.

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przeanalizuj schemat struktury elektrohydraulicznego układu proporcjonalnego regulacji prędkości obrotowej wału silnika hydraulicznego, wykonaj następujące polecenia:

- 1) podaj nazwy elementów hydraulicznych tworzących układ,
- 2) podaj nazwy urządzeń wchodzących w skład poszczególnych członów funkcjonalnych układu proporcjonalnego,
- 3) określ rodzaj solenoidu proporcjonalnego zastosowanego w zaworze proporcjonalnym.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w Poradniku dla ucznia,
- 2) zapoznać się wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zadanie wykonać indywidualnie,
- 4) w karcie ćwiczenia zapisać nazwy wszystkich zidentyfikowanych przez Ciebie elementów i urządzeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) objaśnić strukturę funkcjonalną elektrohydraulicznego układu proporcjonalnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować zalety stosowania układów proporcjonalnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) objaśnić sposób działania solenoidu proporcjonalnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) rozpoznać na podstawie symbolu rodzaj zaworu proporcjonalnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić strukturę i sposób działania układu regulacji automatycznej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

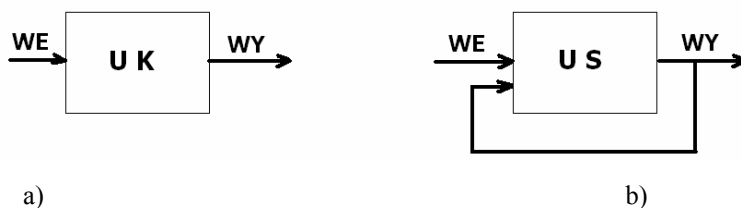
4.4. Zasady projektowania układów elektrohydraulicznych

4.4.1. Materiał nauczania

Wyróżniamy dwa podstawowe typy układów sterowania:

- kombinacyjne,
- sekwencyjne.

W układzie kombinacyjnym sygnały wyjściowe zależą jedynie od kombinacji sygnałów wejściowych. W układzie sekwencyjnym sygnały wyjściowe zależą nie tylko od kombinacji sygnałów wejściowych, ale również od stanu sygnałów wyjściowych (rys. 55).



Rys. 55. Typy układów sterowania: a) układ kombinacyjny, b) układ sekwencyjny

Projektowanie układów ma na celu odpowiednie dobranie elementów oraz sposobu łączenia ich tak, aby spełniały żądane wymagania.

Rodzaje projektowania:

- Projektowanie intuicyjne – opiera się na znajomości przez projektanta właściwości elementów hydraulicznych, elektrycznych, elektrohydraulicznych. Projektant musi znać sposoby ich łączenia oraz wymagania techniczne, jakie powinny spełniać. Ten sposób projektowania ma zastosowanie przy budowie prostych układów, wymaga jednak od projektanta dużego doświadczenia. Projektowanie intuicyjne nie zawsze umożliwia dobranie optymalnego układu.
- Projektowanie algorytmiczne – oparte jest o określony algorytm postępowania. W ten sposób można projektować układy rozbudowane i skomplikowane.
- Projektowanie analityczne – stosowane jest w praktyce inżynierskiej i polega na obliczaniu funkcji, jakie istnieją pomiędzy elementami i jakie powinny być spełnione. Do wykonanych obliczeń dobiera się elementy realizujące określone analityczne funkcje.

W układach elektrohydraulicznych czynności związane ze sterowaniem realizowane są przez elementy i urządzenia elektryczne, natomiast część hydrauliczna ma za zadanie realizację ruchów roboczych oraz informowanie o ich zrealizowaniu. Sygnały z części elektrycznej

przekazywane są do części hydraulicznej za pomocą rozdzielaczy sterowanych elektrycznie. Sygnały przekazywane z części hydraulicznej do elektrycznej mają za zadanie sygnalizować o gotowości układu do działania bądź o wykonaniu określonej czynności. Sygnały te generowane są przez przełączniki ciśnienia lub przez łączniki krańcowe.

Podejmując się zadania projektowania układów wykonawczych szczególną uwagę należy zwrócić na następujące aspekty:

- a) właściwe zrozumienie procesu działania urządzenia (zrozumienie treści zadania),
- b) jednoznaczne sformułowanie problemu, który należy rozwiązać,
- c) określenie warunków i sposobu generowania sygnałów sterujących, ustalenie połączeń pomiędzy elementami układu,
- d) dobór rodzaju elementów, z których zbudowany ma być układ.

Przytoczony poniżej przykład powinien przyczynić się do opanowania metodyki projektowania elektrohydraulicznych układów wykonawczych.

Przykład

Siłownik hydrauliczny dwustronnego działania ma za zadanie przesuwanie części z jednego przENOŚNIKA na drugi. Przesunięcie przedmiotu następuje w wyniku wysunięcia tłoczyska siłownika. Decyzję o przemieszczeniu części podejmuje operator naciskając przycisk elektryczny na stanowisku operatorskim. Jeżeli przycisk nie jest naciskany, to proces przesuwania nie jest realizowany.

Tok rozwiązania.

1. Sformułowanie problemu.

Zaprojektować elektrohydrauliczny układ sterowania siłownika dwustronnego działania zapewniający wysunięcie tłoczyska siłownika, gdy naciśnięty zostanie przycisk elektryczny i wsunięcie tłoczyska siłownika, jeżeli nacisk na przycisk nie będzie wywierany.

2. Ustalenie połączeń pomiędzy elementami.

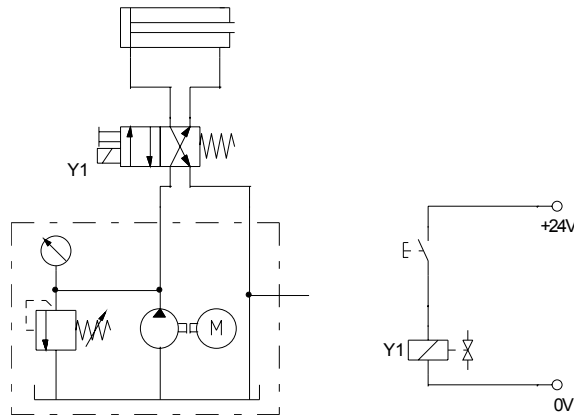
W celu ustalenia połączeń pomiędzy elementami należy dokonać analizy sposobu generowania sygnałów sterujących siłownikiem (ustalić warunki wysunięcia oraz wsunięcia tłoczyska siłownika). Tłoczysko siłownika wysunie się (siłownik będzie działał), gdy będzie naciśnięty przycisk elektryczny. Tłoczysko wsunie się (siłownik nie będzie działał), gdy nacisk na przycisk nie będzie wywierany. Tak więc siłownik powinien działać tylko wtedy, gdy będzie istniał sygnał generowany przez przycisk.

3. Dobór elementów:

Do budowy układu zastosować należy:

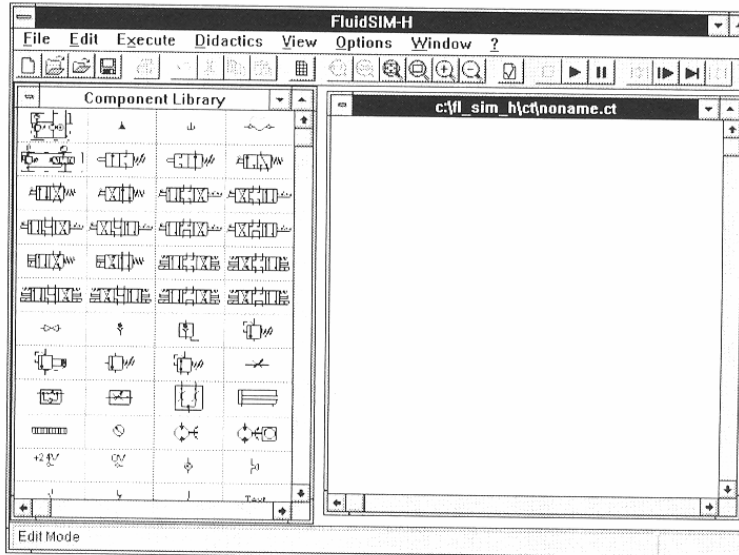
- a) zespół zasilania hydraulicznego,
- b) zespół zasilania elektrycznego,
- c) zawór rozdzielający sterowany sygnałem elektrycznym (monostabilny),
- d) przycisk elektryczny.

4. Schemat połączeń



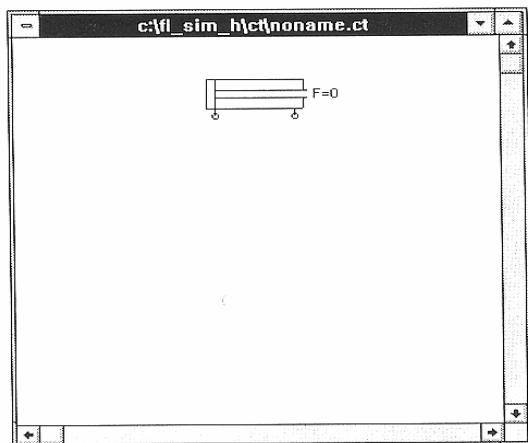
Projektowanie układów elektrohydraulicznych to proces złożony i pracochłonny, dlatego też często wykorzystywane są programy komputerowe ułatwiające to zadanie. W trakcie zajęć można skorzystać na przykład z komputerowego programu FLUID SIM H, który umożliwia tworzenie schematów układów elektrohydraulicznych oraz symulację ich działania. Zasadę korzystania z programu FLUID SIM H przedstawiamy poniżej:

- 1) tworzenie schematu układu elektrohydraulicznego rozpoczynamy od otwarczenia okna rysowania schematów – pasek tytułowy powinien być podświetlony i zawierać nazwę, pod którą będzie zapisany plik zawierający utworzony schemat, obok okna rysowania schematów powinna znajdować się biblioteka komponentów, czyli zbiór symboli elementów hydraulicznych wykorzystywanych do rysowania schematów (rys.56).



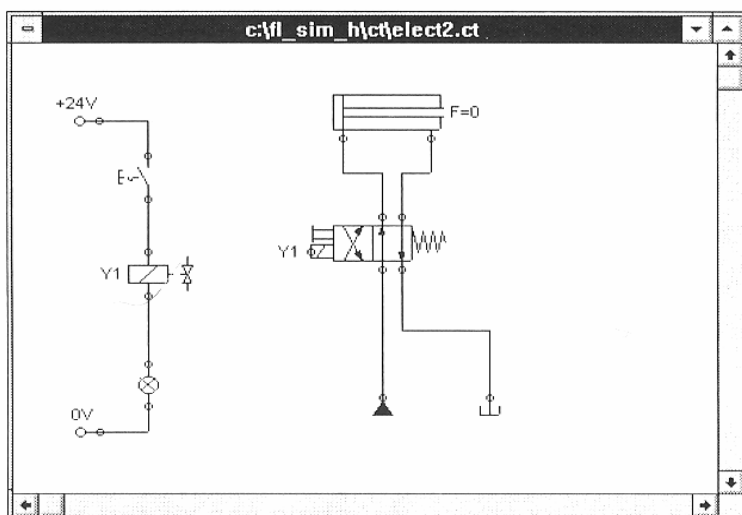
Rys. 56. Widok okna rysowania schematów oraz biblioteki komponentów programu FLUID SIM H

- 2) metodą zaznacz – przeciągnij – puść lokujemy w polu rysowania schematów poszczególne symbole elementów hydraulicznych zawartych w bibliotece komponentów (rys. 57).



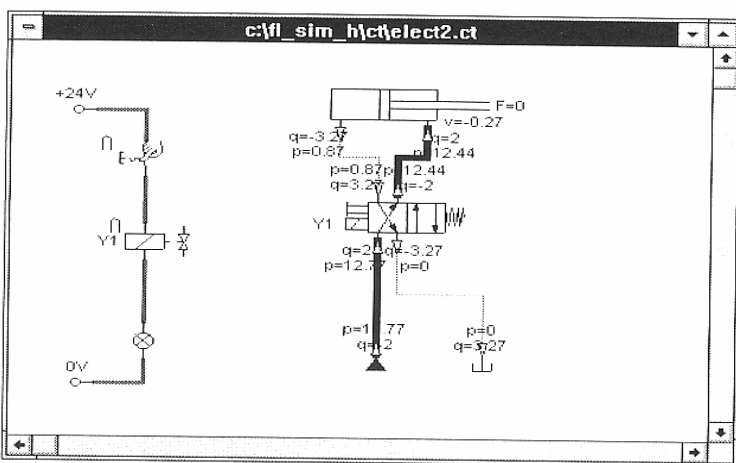
Rys. 57. Sposób umieszczania symboli elementów hydraulicznych w polu rysowania schematów

3) dokonujemy połączeń symboli poszczególnych elementów tworzących układ (rys.58).



Rys. 58. Dokonywanie połączeń elementów wchodzących w skład układu

4) po dokonaniu połączeń przechodzimy w tryb symulacji w celu dokonania sprawdzenia poprawności działania utworzonego układu (rys. 59).



Rys. 59. Symulacja zaprojektowanego układu elektrohydraulicznego

4.4.2. Pytania sprawdzające

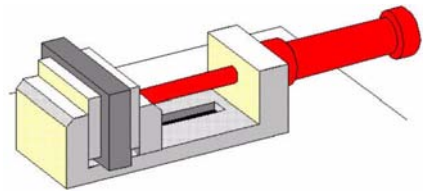
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Objaśnij istotę działania układów kombinacyjnych.
2. Objaśnij istotę działania układów sekwencyjnych.
3. Na czym polega intuicyjne projektowanie układów elektrohydraulicznych?
4. Jakie korzyści wynikają ze stosowania komputerowych programów do projektowania układów hydraulicznych i elektrohydraulicznych?
5. Scharakteryzuj metodykę projektowania układów elektrohydraulicznych.

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przedmiot w imadle zaciskany jest dzięki wysunięciu tłoczyska siłownika dwustronnego działania. Prędkość ruchu wysuwającego musi być tak dobrana, aby przedmiot zaciskany nie uległ zgnieceniu. Odmocowanie przedmiotu następuje w wyniku wsunięcia tłoczyska. Wysunięcie oraz wsunięcie tłoczyska siłownika następuje po naciśnięciu przez operatora odpowiednich przycisków elektrycznych.



1. Narysuj schemat układu elektrohydraulicznego.
2. Dokonaj sprawdzenia pracy układu za pomocą programu komputerowego np. FLUID SIM H.
3. Zmontuj i uruchom układ na stanowisku ćwiczeniowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

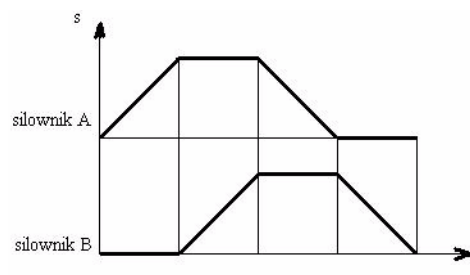
- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w Poradniku dla ucznia,
- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zadanie wykonać indywidualnie,
- 4) narysować schemat układu elektrohydraulicznego,
- 5) dokonać symulacji pracy układu za pomocą programu komputerowego,
- 6) zmontować i uruchomić układ na stanowisku ćwiczeniowym.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
- zestaw elementów oraz stanowisko ćwiczeniowe UKŁADY ELEKTROHYDRAULICZNE,
- stanowisko komputerowe z programem do projektowania i symulacji układów elektrohydraulicznych.

Ćwiczenie 2

Zaprojektuj układ elektrohydrauliczny realizujący cykl pracy przedstawiony za pomocą diagramu krokowego.



1. Narysuj schemat układu elektrohydraulicznego.
2. Dokonaj sprawdzenia pracy układu za pomocą programu komputerowego np. FLUID SIM H.
3. Połącz elementy układu na stanowisku ćwiczeniowym UKŁADY ELEKTROHYDRAULICZNE i sprawdź poprawność działania układu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w Poradniku dla ucznia,
- 2) zapoznać się wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zadanie wykonać indywidualnie,
- 4) narysować schemat układu elektrohydraulicznego,
- 5) dokonać symulacji pracy układu za pomocą programu komputerowego,
- 6) zmontować i uruchomić układ na stanowisku ćwiczeniowym.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
- zestaw elementów oraz stanowisko ćwiczeniowe UKŁADY ELEKTROHYDRAULICZNE,
- stanowisko komputerowe z programem do projektowania i symulacji układów elektrohydraulicznych.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) objaśnić istotę działania układu sekwencyjnego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) scharakteryzować metodykę projektowania układów elektrohydraulicznych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) dokonać symulacji działania układu elektrohydraulicznego za pomocą programu komputerowego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) narysować schemat prostego układu elektrohydraulicznego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) zmontować układ elektrohydrauliczny w oparciu o schemat? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

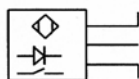
INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 9 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, zaznaczając znakiem X właściwą odpowiedź. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zaznaczyć odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Jeśli udzielenie odpowiedzi na któreś z pytań będzie Ci sprawiało trudność, odłóż jego rozwiązanie na później, udzielaj odpowiedzi na pozostałe pytania i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 20 minut.

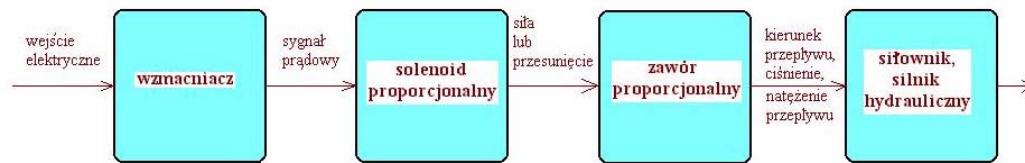
Powodzenia!

Zestaw zadań testowych

1. Zadaniem urządzeń elektrycznych wchodzących w skład układów elektrohydraulicznych jest
 - a) sterowanie urządzeń części hydraulicznej układu oraz generowanie sygnałów niezbędnych do realizacji zadań sterowniczych.
 - b) zamiana energii mechanicznej dostarczonej przez źródło energii na energię hydrauliczną.
 - c) zamiana energii hydraulicznej na energię mechaniczną.
 - d) gromadzenie energii hydraulicznej.
2. Podany symbol jest symbolem sensora
 - a) pojemnościowego.
 - b) indukcyjnego.
 - c) optycznego.
 - d) potencjometrycznego.
3. Sensory indukcyjne zbliżeniowe służą do detekcji przedmiotów
 - a) odbijających światło.
 - b) metalowych.
 - c) dielektrycznych.
 - d) wykonanych z drewna.



4. Podany schemat blokowy przedstawia strukturę układu



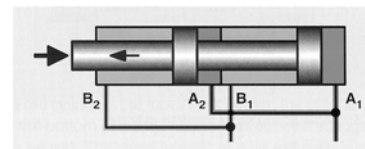
- z serwowaworem.
- proporcjonalnego.
- nawrotnego.
- sensorycznego.

5. Określ zadanie pierwszego stopnia serwowaworu elektrohydraulicznego.

- Realizacja sprzężenia zwrotnego w serwowaworze.
- Generowanie sygnału powodującego przemieszczenie tłoczka zaworu.
- Wzmocnienie ciśnienia cieczy roboczej.
- Wzmocnienie sygnału elektrycznego doprowadzonego do serwowaworu.

6. Na rysunku obok przedstawiono siłownik

- tandem.
- jednostronnego działania.
- nurnikowy.
- teleskopowy dwustronnego działania.

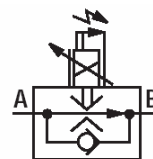


7. Proporcjonalny zawór dławiący zaliczany jest do grupy elementów

- sterujących natężeniem przepływu.
- wykonawczych.
- regulujących.
- sterujących ciśnieniem.

8. Przedstawiony symbol jest symbolem zaworu proporcjonalnego

- dławiaczo-zwrotnego.
- rozdzielającego.
- redukcyjnego.
- przelewowego.



9. Wybierz nazwę urządzenia wchodzącego w skład układu pomiarowego, którego zadaniem jest „rejestracja zjawisk i przekształcanie ich na sygnały elektryczne”.

- Urządzenie formowania sygnałów.
- Układ wzmacniający.
- Czujnik.
- Odbiornik sygnału.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Projektowanie układów elektrohydraulicznych urządzeń i systemów mechatronicznych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. FESTO: Materiały szkoleniowe z zakresu SENSORYKA, Warszawa, 1998
2. FLUID SIM H.
3. Lipski J., Zwolak E., Białas W.: Hydrauliczne urządzenia środków transportu, WKiŁ. Warszawa 1980
4. Romer E.: Miernictwo przemysłowe. PWN , Warszawa, 1978
5. Stryczek S.: Napęd hydrostatyczny – elementy. WNT, Warszawa 1990
6. Szydelski Z. : Napęd i sterowanie hydrauliczne. WKiŁ , Warszawa 1993
7. The Hydraulic Trainer, Volume 2: Proportional and Servo Valve technology: Mannesmann Rexroth AG, 1989
8. The Hydraulics Trainer , Volume 1: Basic Principles and Components of Fluid Technology, Mannesmann Rexroth AG, 1991
9. Vademecum hydrauliki, tom 3 : Projektowanie i konstruowanie układów hydraulicznych Mannesmann Rexroth AG, 1992
10. Zieliński A.: Napęd i sterowanie hydrauliczne obrabiarek. WNT, Warszawa 1972
11. PN –EN 982:1988 – Bezpieczeństwo maszyn. Wymagania dotyczące układów hydraulicznych i pneumatycznych i ich elementów. Hydraulika.