



PIOTR PAWEŁKO

NAPĘD I STEROWANIE HYDRAULICZNE
PODSTAWY
ĆWICZENIA LABORATORYJNE

Schematy hydrauliczne

Materiały przeznaczone są dla studentów Wydziału Inżynierii Mechanicznej i
Mechatroniki

kopiowanie, powielanie, rozpowszechnianie bez wiedzy autora zabronione

SZCZECIN 2020

1. Schematy hydrauliczne

Schematy funkcjonalne układów hydraulicznych rysuje się zgodnie z przyjętą, umowną symboliką. Każdemu elementowi przedstawianemu na schemacie odpowiada symbol graficzny, który wyraża funkcję, jaką spełnia on w układzie. Symbol graficzny nie obrazuje konstrukcji ani też rozmiaru elementu. Symbole graficzne elementów hydraulicznych ujęte zostały w normach:

- **PN-ISO 1219-1:1994**— „Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne. Symbole graficzne i schematy układów. *Symbole graficzne*” zgodną z normą ISO 1219-1:1991 [10],
- **PN-ISO 1219-2:1998** – „Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne. Symbole graficzne i schematy układów. *Schematy układów*.” zgodną z normą ISO 1219-2:1995 [11].

Znajomość symboliki zawartej w normach jest podstawą czytania tworzenia schematów układów pneumatycznych i hydraulicznych. Tak jak rysunek techniczny jest nazywany językiem inżynierów, tak symbolika zawarta w normach jest „językiem” hydraulików i pneumatyków.

Normy PN-ISO 1219 – 1/2 dopuszczają stosowanie dwóch rodzajów symboli graficznych m.in. dla zaworów sterowanych pośrednio, w tym także rozdzielaczy. Wyróżnia się symbole uproszczone i symboli szczegółowe. Jeżeli nie ma potrzeby dostarczania informacji o specyfice działania poszczególnego elementu, wówczas stosowane są symbole uproszczone. Znajomość symbolu szczegółowego pozwala w niektórych przypadkach na precyzyjne odczytanie właściwości funkcjonalnych rozdzielacza.

Poprawnie narysowany symbol graficzny rozdzielacza powinien zawierać składowe elementy graficzne i oznaczenia, które umożliwią uzyskanie wszystkich informacji o jego właściwościach funkcjonalnych. Wybrane symbole graficzne elementów napędów i sterowań hydraulicznych, stosowane na schematach funkcjonalnych układów, przedstawiono w tabelach 4.1-4.6, zestawiając je w grupy elementów.

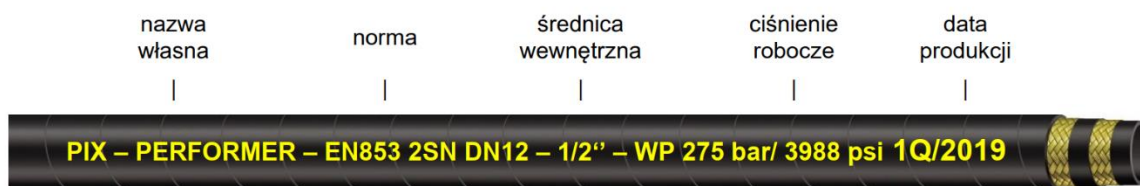
Czynnikiem roboczym w układach hydraulicznych jest **mineralny olej hydrauliczny**. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania..** Olej w układzie hydraulicznym powinien mieć zapewniony poziom czystości zgodnie z klasami czystości wg. norm NAS 1638 [19] lub ISO 4406 [20], najczęściej wymagana jest czystość oleju w klasie 4/5. Lepkość kinematyczna w temperaturze **40°C**, dla normalnej i ustabilizowanej temperatury (między 40°C a 60°C) funkcjonowania układu hydraulicznego, jest określana przez producenta układu.

Tabela 1. Fragment z klasyfikacji olejów przemysłowych wg ISO 6743-4:1999 (EN-ISO 6743-4:2001). Rodzina H (układy hydrauliczne)

Symbol ISO	Skład i właściwości	Zastosowania
Układy hydrostatyczne		
HH	Rafinowane nieinhibitowane oleje mineralne	
HL	Rafinowane oleje mineralne z poprawionymi właściwościami przeciwkorozyjnymi i przeciwutleniającymi	
HM	Oleje HL z poprawionymi właściwościami przeciwzużyciowymi	Typowe układy hydrauliczne, które zawierają mocno obciążone elementy
HR	Oleje HL z poprawionymi właściwościami lepkościowo-temperaturowymi	
HV	Oleje HM z poprawionymi właściwościami lepkościowo-temperaturowymi	Budownictwo i zastosowania morskie

Zasadnicze filtrowanie oleju odbywa się na bieżąco wewnątrz pracującego układu hydraulicznego w filtrach wysoko ciśnieniowych (na linii zasilania), nisko ciśnieniowych (na powrocie lub ssaniu). Jeżeli istnieje konieczność dodatkowej filtracji np. po awarii, można wykorzystać zewnętrzne agregaty filtracyjne.

Obecnie hydraulika siłowa operuje na ciśnieniach roboczych w zakresie 0-450 bar (0-45 MPa). Typowe zakresy ciśnień nominalnych pracy układów hydraulicznych to: 10-60 bar, 50-150 bar, 100-200 bar, 200-300 bar, 300-400 bar. Projektując układ hydrauliczny oraz dobierając jego podzespoły należy poruszać się w obrębie jednego zakresu ciśnienia nominalnego.



Rys.1 Przykład oznakowania przewodu elastycznego hydrauliki siłowej [22].

Tabela 2 Symbole graficzne - podstawowe













	Przewód: <ul style="list-style-type: none"> • roboczy, • zasilania sterowania, • powrotny, • elektryczny.
	Przewód: <ul style="list-style-type: none"> • sygnału sterowania (wewnętrzny i zewnętrzny), • odprowadzenia przecieków wewnętrznych (spustowy albo odpowietrzający). Filtr Położenie chwilowe
	Obrysowanie dwóch lub więcej symboli elementów funkcjonalnych stanowiących zespół w obrębie jednego urządzenia.
	Elementy mechaniczne (wał, dźwignia, tłoczysko).

Tabela 3 Symbole graficzne - funkcyjne

	Trójkąt równoboczny wskazanie kierunku przepływu i rodzaju płynu. Zaczerniony trójkąt wskazuje czynnik hydrauliczny (niezaczerniony – pneumatyczny)
	Strzałka prosta lub ukośna wskazuje: <ul style="list-style-type: none"> • ruch prostoliniowy, • kierunek przepływu płynu przez zawory, • kierunek przepływu ciepła.
	Ruch obrotowy w określonym kierunku.
	Strzałka ukośna (długa) wskazuje możliwą zmienność albo nastawialność pompy, sprężyny, elektromagnesu itd.
	Element elektryczny lub przewód elektryczny.
	Zamknięcie kanału lub odcięcie drogi przepływu.
	Oddziaływanie elektryczne liniowe w przeciwnych kierunkach.
	Wskaźnik temperatury lub kontrola temperatury.




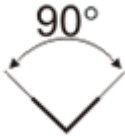
	Napęd główny.
	Sprężyna.
	Dławienie czynnika roboczego.
	Miejsce dla uproszczonego symbolu zaworu zwrotnego.

Tabela 4 Symbole graficzne – przewody i łączniki

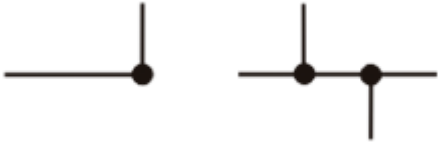


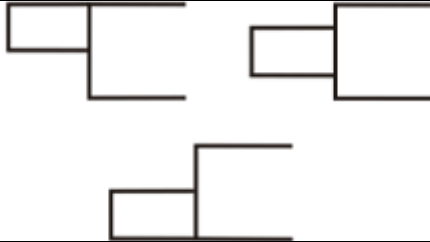





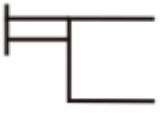
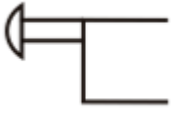
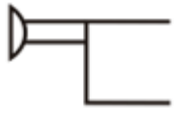
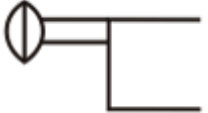
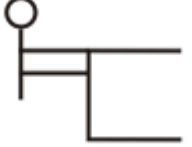
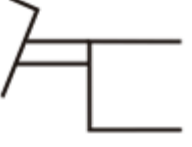

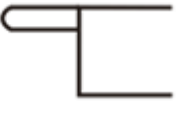
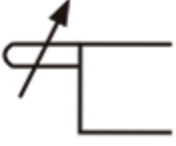

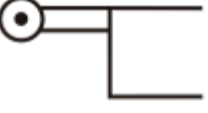
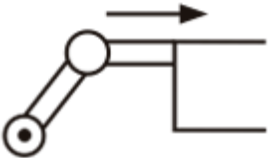
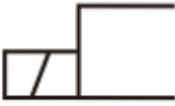




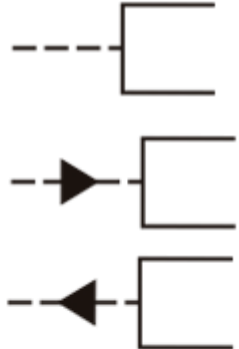



	Przykłady połączenia przewodów lub kanałów.
	Skrzyżowanie przewodów lub kanałów bez połączenia.
	Przewód giętki, elastyczny (zwykle łączący części ruchome).

Tabela 5 Symbole graficzne – mechanizmy i sposoby sterowania

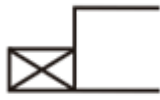
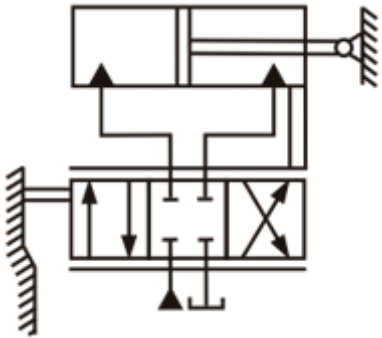



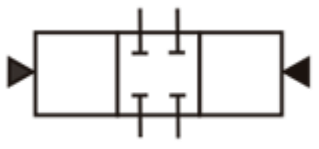
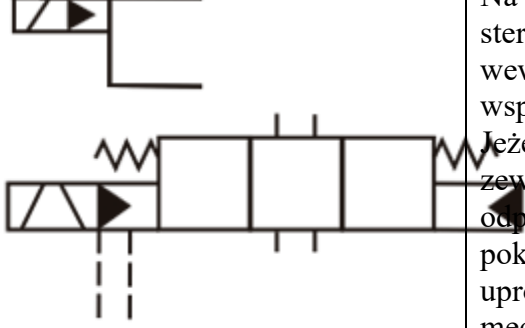
	Symbole sposobów sterowania zaworem mogą być rysowane w dowolnym dogodnym położeniu, prostopadłe do skrajnej ścianki prostokąta symbolu zaworu.
	Tłoczyisko - ruch liniowy w dwóch kierunkach (strzałka nie jest obowiązująca).
	Wał - ruch obrotowy o dwóch kierunkach (strzałka nie jest obowiązująca).
	Zapadka o dwóch kierunkach działania - mechanizm do ręcznego utrzymywania określonego położenia, stałego do granicznej wartości siły.
	Blokada o jednym kierunku działania - mechanizm do blokowania urządzenia. Odblokowanie dokonuje się za pomocą niezależnego sposobu sterowania. Symbol sposobu sterowania jest umieszczony w prostokącie.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki

	Przerzutka o dwóch kierunkach działania - mechanizm zabezpieczający przed zatrzymywaniem w środkowym martwym położeniu.
Sterowanie siłą mięśni.	
	Symbol ogólny, bez wskazania sposobu sterowania. Nieokreślona liczba kierunków działania.
	Przycisk wciskany (jeden kierunek działania).
	Przycisk wyciągany (jeden kierunek działania).
	Przycisk wciskany i wyciągany (dwa kierunki działania).
	Dźwignia.
	Pedał (jeden kierunek działania).
	Pedał dwukierunkowy (dwa kierunki działania).
Sterowanie mechaniczne.	
	Popychacz lub trzpień (jeden kierunek działania).
	Popychacz z nastawną długością (jeden kierunek działania).
	Sprężyna (dwa kierunki działania).
	Rolka (dwa kierunki działania).

	Rolka (jeden kierunek działania).
Sterowanie elektryczne.	
	Element elektryczny liniowy, (np. elektromagnes) z jedną cewką (jeden kierunek działania).
	Element elektryczny liniowy, (np. elektromagnes) z dwoma cewkami w jednym zespole, działającymi w kierunkach przeciwnych.
	Element elektryczny liniowy, (np. silnik momentowy) z dwoma cewkami o zmiennych charakterystykach w jednym zespole (dwa kierunki działania) działającymi w kierunkach przeciwnych.
	Silnik elektryczny.
	Element piezoelektryczny.
Sterowanie bezpośrednie za pomocą ciśnienia	
	- ogólnie, - przez wzrost ciśnienia, - przez spadek ciśnienia.
	Sterowanie ze wspomaganie przez wzrost ciśnienia
	Sterowanie ze wspomaganie przez spadek ciśnienia.
	Sterowanie różnicowe (z wykorzystaniem różnicy powierzchni przeciwległych).

	<p>Wewnętrzna droga sygnału sterującego (sterowanie zaworu ciśnieniem własnym czynnika przepływającego przez zawór).</p>
	<p>Zewnętrzna droga sygnału sterującego.</p>
<p>Sterowanie pośrednie (zaworem pomocniczym).</p>	
	<p>Sterowanie z wykorzystaniem wzrostu ciśnienia hydraulicznego w sterowaniu jednostopniowym (z wewnętrznym zasilaniem sterowania, bez sterowania wstępnego).</p>
	<p>Sterowanie z wykorzystaniem spadku ciśnienia hydraulicznego w sterowaniu jednostopniowym (z wewnętrznym zasilaniem sterowania, bez sterowania wstępnego).</p>
	<p>Sterowanie z wykorzystaniem ciśnienia hydraulicznego w sterowaniu dwustopniowym (z wewnętrznym zasilaniem sterowania i odprowadzeniem cieczy sterującej, bez sterowania wstępnego).</p>
	<p>Sterowanie dwustopniowe (np.: elektromagnes i ciśnienie hydrauliczne), zewnętrzne zasilanie sterowania.</p>
	<p>Sterowanie dwustopniowe (np.: elektromagnes i ciśnienie hydrauliczne), wewnętrzne zasilanie sterowania.</p>
	<p>Sterowanie dwustopniowe (np.: kolejno ciśnienie pneumatyczne i ciśnienie hydrauliczne), wewnętrzne zasilanie sterowania, zewnętrzne odprowadzenie cieczy sterującej, uprzednie sterowanie wstępne.</p>
	<p>Sterowanie dwustopniowe (np.: elektromagnes i ciśnienia hydrauliczne), zawór główny ustalany w położeniu środkowym sprężynami, zewnętrzne zasilanie sterowania.</p>
	<p>Sterowanie dwustopniowe (np.: elektromagnes i ciśnienia hydrauliczne), zawór główny ustalany w położeniu środkowym za pomocą ciśnień, zewnętrzne zasilanie sterowania, zewnętrzne odprowadzenie cieczy sterującej, zewnętrzne odprowadzenie przecieków.</p>

Sprzężenie zwrotne	
	Sprzężenie zwrotne zewnętrzne (symbol ogólny). Wartość zadana i wartość mierzona wielkości regulowanej są sprawdzane poza zaworem.
	Sprzężenie zwrotne wewnętrzne. Zastosowano połączenie mechaniczne między ruchomą częścią konstrukcji, a ruchomą częścią elementu sterującego (sterującej przetwarzaniem energii). Wartość zadana i wartość mierzona wielkości regulowanej są sprawdzane wewnątrz zaworu.
	Symbole sposobów sterowania o jednym kierunku działania są rysowane obok symbolu graficznego elementu, którym sterują, w taki sposób, jakby urojone siły na symbolu graficznym elementu przesuwały go w inne położenie.
	Dla zaworów o trzech lub więcej położeniach sterowanie położeniami wewnątrz symbolu może być wyraźnie pokazane poprzez przeciągnięcie wewnętrznych linii granicznych symbolu graficznego zaworu w górę lub w dół i przez dodanie do tych linii odpowiednich symboli sterowania.
	Jeżeli objaśnienie nie jest wystarczające, to dla zaworów o trzech położeniach symbole mechanizmów sterujących dla położenia środkowego można umieszczać na skrajnych ściankach prostokątów symboli.
	Jeżeli element sterowany jest ustalany w położeniu środkowym, neutralnym za pomocą ciśnienia, to należy dorysować dwa odrębne trójkąty na obu skrajnych ściankach symbolu.
	Na symbolach uproszczonych elementów sterowanych pośrednio pomija się zazwyczaj wewnętrzne drogi przepływu zasilania sterowania wspomagającego i odprowadzenia płynu sterowania. Jeżeli w takich elementach występują pojedyncze, zewnętrznie zasilane zawory sterujące lub przewody odprowadzania cieczy sterującej, wówczas należy je pokazać tylko po jednej stronie symbolu uproszczonego. Każdy dodatkowy symbol mechanizmu sterującego lub sposobu sterowania albo przewodu odprowadzenia przecieków wewnętrznych zaleca się rysować po drugiej stronie symbolu. Na symbolach, które są umieszczane na elementach, należy przedstawić wszystkie połączenia zewnętrzne.

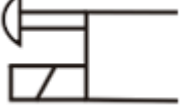
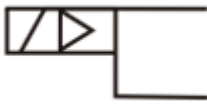




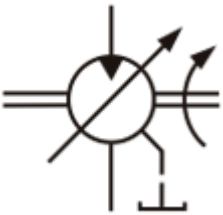

	<p>Przy sterowaniu równoległym (OR) symbole mechanizmów i sposobów sterowania powinny być rysowane jeden obok drugiego, np.: elektromagnes albo przycisk będą uruchamiały zawór główny niezależnie od siebie</p>
	<p>Przy sterowaniu szeregowym (AND) symbole kolejnych stopni sterowania są przedstawiane w jednej linii np.: elektromagnes uruchamia zawór sterujący, który następnie uruchamia zawór główny.</p>
	<p>Listwy mechanizmu zapadkowego powinny być tak rysowane, aby były podzielone na taką samą liczbę segmentów i umieszczone w tej samej kolejności jak w elemencie sterowanym. Wycięcia powinny być zaznaczone tylko w tych położeniach, w których następuje ustalanie. Linia obrazująca zapadkę powinna być rysowana na segmencie listwy odpowiednim do przedstawionego na symbolu graficznym położenia zaworu sterującego</p>

Tabela 6 Symbole graficzne – Przetwarzanie i gromadzenie energii

	<p>Pompa hydrauliczna.</p>
	<p>Pompa hydrauliczna o jednym kierunku przepływu, o stałej objętości roboczej i o jednym kierunku obrotów.</p>
	<p>Silnik hydrauliczny o zmiennym kierunku przepływu, o stałej objętości roboczej, o dwóch kierunkach obrotów.</p>
	<p>Silnik hydrauliczny o jednym kierunku przepływu, o zmiennej objętości roboczej, nieokreślonym mechanizmie i sposobie sterowania, z odprowadzeniem (na zewnątrz) przecieków wewnętrznych, o jednym kierunku obrotów, z dwustronnym wałem końcowym.</p>
	<p>Silnik hydrauliczny o zmiennym kierunku przepływu, o zmiennej objętości roboczej, o dwóch kierunkach obrotów.</p>




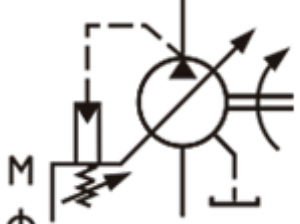
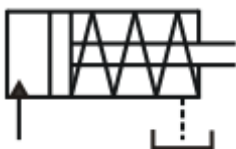
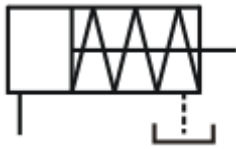
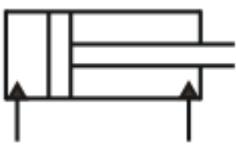

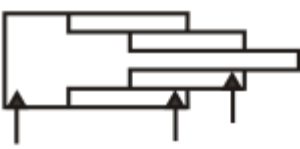


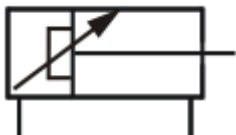
	<p>Pompa-silnik hydrauliczny o zmiennym kierunku przepływu, o zmiennej objętości roboczej, sterowany siłą mięśni, z odprowadzeniem na zewnątrz przecieków wewnętrznych, o dwóch kierunkach obrotów.</p>
	<p>Pompa-silnik hydrauliczny o zmiennej objętości roboczej o jednym kierunku obrotów.</p>
	<p>Przekładnia hydrauliczna zwarta, o zmiennej prędkości, o jednym kierunku obrotów, z pompą o zmiennej objętości roboczej.</p>
	<p>Pompa o zmiennej objętości roboczej, z wyrównaniem ciśnienia, o jednym kierunku obrotów, nastawiana sprężyną. Z odprowadzeniem na zewnątrz przecieków wewnętrznych.</p>

Tabela 7 Symbole graficzne – liniowe przetworniki energii

		<p>Siłownik hydrauliczny jednostronnego działania pchający ze sprężyną.</p>
		<p>Siłownik hydrauliczny dwustronnego działania.</p>
		<p>Siłownik teleskopowy hydrauliczny dwustronnego działania.</p>
		<p>Siłownik hydrauliczny dwustronnego działania, nastawialny z hamowaniem jednostronnym.</p>


	Siłownik nurnikowy.
---	---------------------

Tabela 8 Symbole graficzne – specjalne przetworniki energii

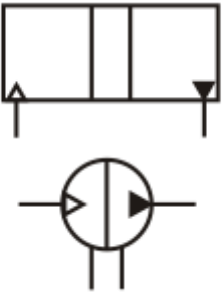
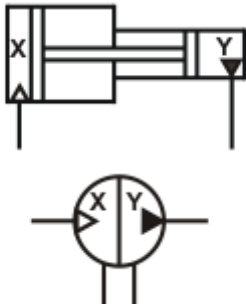
	<p>Przeźmiennik pneumatyczno-hydrauliczny przetwarzający ciśnienie pneumatyczne na równe co do wartości ciśnienie hydrauliczne lub na odwrót:</p> <ul style="list-style-type: none"> - jednostronnego działania, - ciągłego działania.
	<p>Wzmacniacz ciśnienia, manipulator. Element przetwarzający ciśnienie X na ciśnienie Y, dla dwóch rodzajów płynów.</p> <ul style="list-style-type: none"> - jednostronnego działania, - ciągłego działania.

Tabela 9 Symbole graficzne – gromadzenie energii






	Akumulator (tylko w położeniu pionowym), bez wskazania rodzaju obciążenia.
	Akumulator hydrauliczny gazowy, ciecz jest utrzymywana pod ciśnieniem za pomocą sprężonego gazu.

Tabela 10 Symbole graficzne – źródła energii, zbiorniki, filtracja oleju

	Źródło energii hydraulicznej, symbol ogólny uproszczony.
	Silnik elektryczny.
	Napęd główny nieelektryczny.

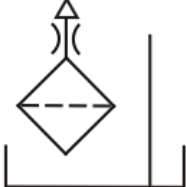


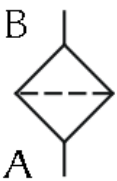
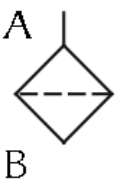
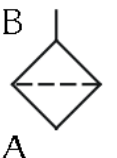

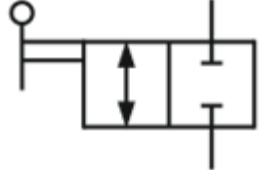
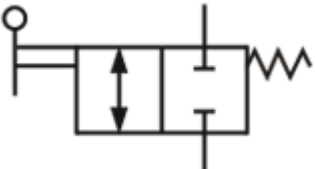
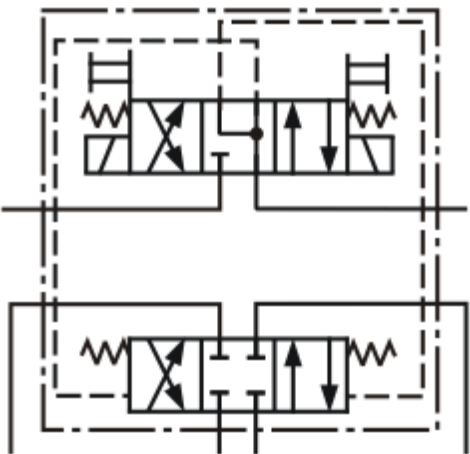
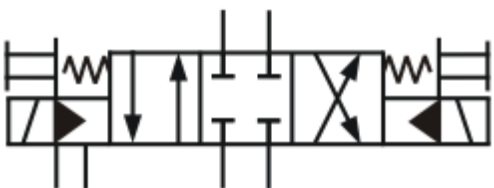
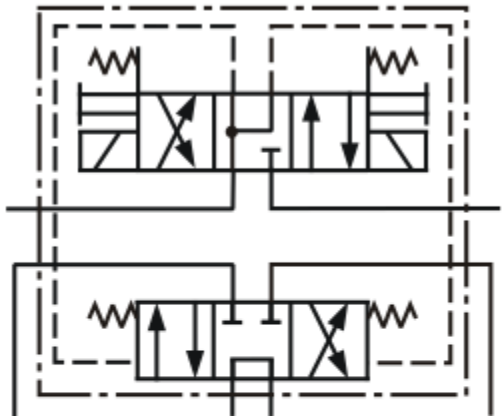
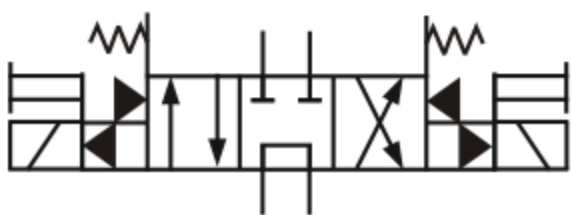
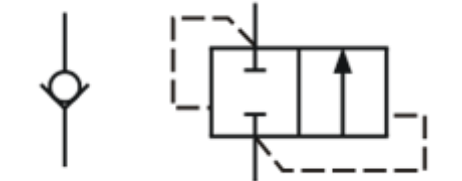
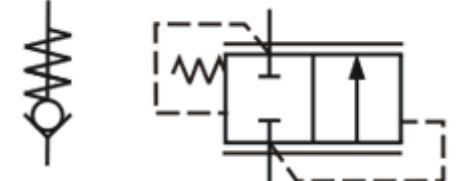
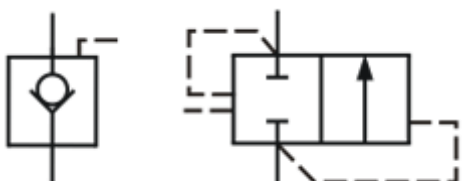
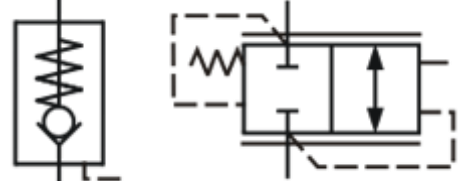
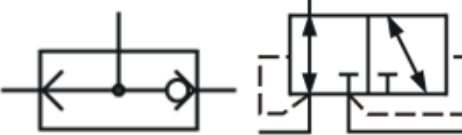
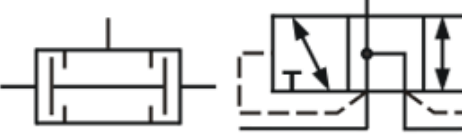
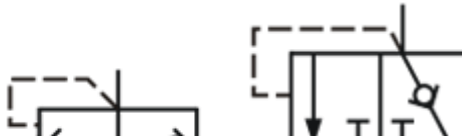

	<p>Zbiornik otwarty do atmosfery, z przewodem obiegu powrotnego poniżej poziomu płynu, z filtrem powietrza.</p>
	<p>Zbiornik otwarty do atmosfery, miejscowe odprowadzenie przecieków wewnętrznych albo powrót.</p>
	<p>Zbiornik zamknięty pod normalnym ciśnieniem albo zamknięty z przewodami poniżej poziomu płynu, bez połączenia z atmosferą.</p>
	<p>Filtr symbol ogólny. A-B kierunek przepływu cieczy przez filtr (kierunek filtracji)</p>
	<p>Filtr wlewowy. A-B kierunek przepływu cieczy przez filtr (kierunek filtracji)</p>
	<p>Filtr ssawny. A-B kierunek przepływu cieczy przez filtr (kierunek filtracji)</p>
	<p>Filtr powietrza.</p>

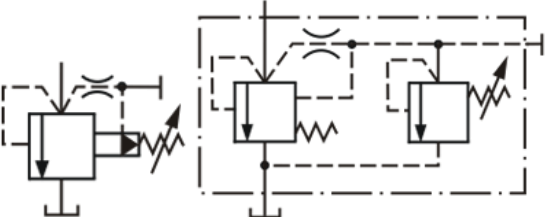
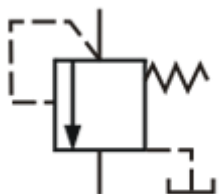
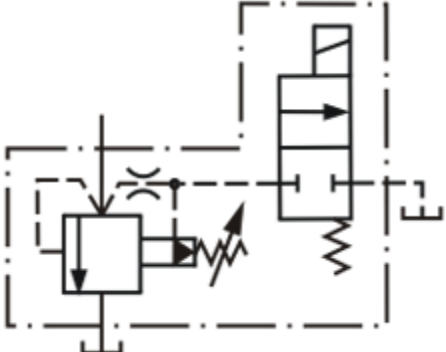
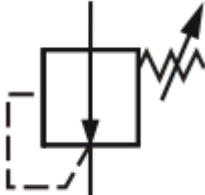

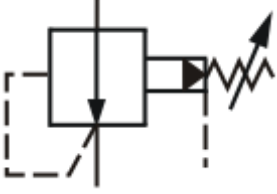
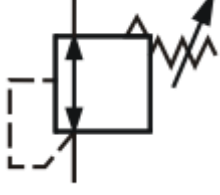
Tabela 11 Symbole graficzne – zawory

Zawory sterujące kierunkiem przepływu (zawory rozdzielające).	
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 2/2 (dwie drogi przepływu, dwa niezależne położenia) sterowany dźwignią. Zawór odcinający.</p>
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 2/2 (dwie drogi przepływu, dwa niezależne położenia) sterowany dźwignią, powrót wymuszony sprężyną.</p>

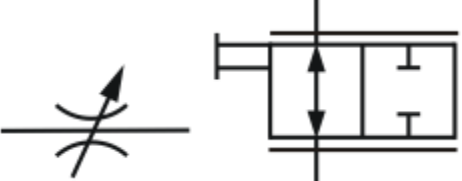

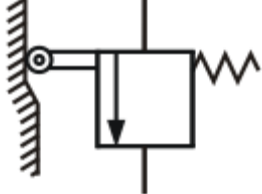
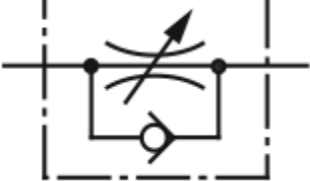
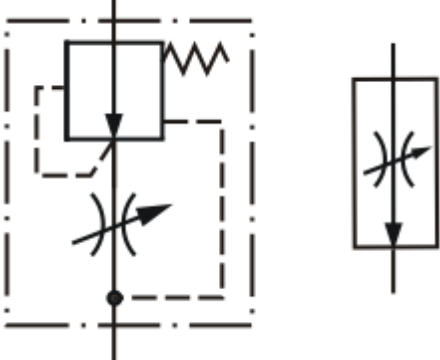
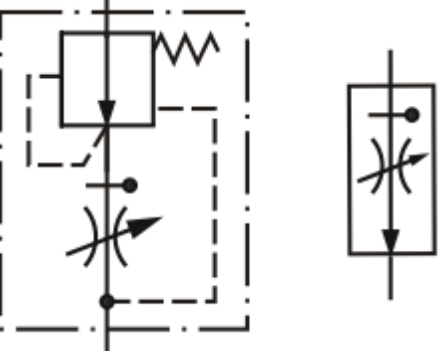
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 3/2 (trzy drogi przepływu, dwa niezależne położenia) sterowany mechanicznie za pomocą rolki, powrót wymuszony sprężyną.</p>
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 4/2 (cztery drogi przepływu, dwa niezależne położenia) sterowany ręcznie za pomocą przycisku, powrót wymuszony sprężyną.</p>
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 5/2 (pięć dróg przepływu, dwa niezależne położenia) sterowany za pomocą ciśnienia w obu kierunkach.</p>
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 3/3 (trzy drogi przepływu, trzy niezależne położenia) sterowany za pomocą elektromagnesów, ustalany w położeniu środkowym sprężynami.</p>
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 4/3 (cztery drogi przepływu, trzy niezależne położenia) sterowany ręcznie za pomocą przycisku, ustalany w położeniu środkowym sprężynami.</p>
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 5/3 (pięć dróg przepływu, trzy niezależne położenia) dwustopniowe sterowanie za pomocą elektromagnesów oraz wzrostu ciśnienia, ustalany w położeniu środkowym sprężynami.</p>
	<p>Serwowawór z przekryciem dodatnim w położeniu środkowym, ustalany w położeniu środkowym sprężynami, sterowany elektromagnesem z dwoma cewkami.</p>
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 4/3 zamknięty w położeniu środkowym, z przekryciem dodatnim (w położeniu środkowym wszystkie drogi przepływu odcięte), z nieskończoną liczbą położeń pośrednich.</p>
	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 4/3 zamknięty w położeniu środkowym, z przekryciem ujemnym (w położeniu środkowym wszystkie drogi przepływu połączone wewnętrznie), z nieskończoną liczbą położeń pośrednich.</p>

<p style="text-align: center;">Szczegółowy</p>  <p style="text-align: center;">Uproszczony</p> 	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 4/3 ze sterowaniem wstępnym.</p> <p>Stopień sterowania wstępnego: cztery drogi przepływu, trzy niezależne położenia, ustalany w położeniu środkowym sprężynami, sterowany dwoma przeciwstawnymi elektromagnesami, z przesuwem ręcznym, zewnętrzne doprowadzenie i odprowadzenie cieczy sterującej.</p> <p>Stopień główny: cztery drogi przepływu, trzy niezależne położenia, ustalany w położeniu środkowym sprężynami, sterowany za pomocą wewnętrznego ciśnienia w obu kierunkach. Przewody sterowania nie są pod ciśnieniem w położeniu neutralnym (sprężyny ustalające w położeniu środkowym nie są rysowane na symbolu uproszczonym).</p>
<p style="text-align: center;">Szczegółowy</p>  <p style="text-align: center;">Uproszczony</p> 	<p>Zawór sterujący kierunkiem przepływu 4/3 ze sterowaniem wstępnym.</p> <p>Stopień sterowania wstępnego: cztery drogi przepływu, trzy niezależne położenia, ustalany w położeniu środkowym sprężynami, sterowany dwoma przeciwstawnymi elektromagnesami, z przesuwem ręcznym, zewnętrzne doprowadzenie i odprowadzenie cieczy sterującej.</p> <p>Stopień główny: cztery drogi przepływu, trzy niezależne położenia, ustalany w położeniu środkowym sprężynami i ciśnieniem, sterowany ciśnieniem. Przewody sterowania są pod ciśnieniem w położeniu neutralnym (oddzielne trójkąty w symbolu uproszczonym oznaczają ustalenie w położeniu środkowym ciśnieniem).</p>
<p>Zawory zwrotne, przełączniki obiegu (zawory logiczne).</p>	

	<p>Zawór zwrotny nie obciążony, otwiera się wówczas, gdy ciśnienie wejściowe jest wyższe niż ciśnienie wyjściowe.</p>
	<p>Zawór zwrotny obciążony sprężyną, otwiera się wówczas, gdy ciśnienie wejściowe jest wyższe od sumy ciśnienia wyjściowego i ciśnienia wynikającego z siły sprężyny.</p>
	<p>Zawór zwrotny sterowany zamykany ciśnieniem, otwiera się wówczas, gdy ciśnienie wejściowe jest wyższe niż ciśnienie wyjściowe, przy sterowaniu wstępnym może następować sterowanie zamykaniem zaworu bez sprężyny powodującej powrót.</p>
	<p>Zawór zwrotny sterowany otwierany ciśnieniem, obciążony sprężyną, sterowanie otwieraniem zaworu ze sprężyną wymuszającą powrót.</p>
	<p>Przełącznik obiegu (zawór logiczny LUB). Droga wejściowa połączona z wyższym ciśnieniem jest automatycznie łączona z drogą wyjściową w chwili, gdy druga droga wejściowa jest zamykana.</p>
	<p>Zawór podwójnego sygnału (zawór logiczny I). Droga wyjściowa jest otwarta tylko wówczas, gdy obydwie drogi wejściowe są pod ciśnieniem.</p>
	<p>Zawór szybkiego spustu. Jeżeli na drodze wejściowej nastąpi spadek ciśnienia, to droga wyjściowa samoczynnie otwiera się do atmosfery i następuje swobodny wylot czynnika.</p>
<p>Zawory sterujące ciśnieniem.</p>	
	<p>Zawór ograniczający ciśnienie, maksymalny jednostopniowy. Ciśnienie wejściowe jest regulowane przez otwarcie drogi obiegu powrotnego albo drogi wylotowej, położonej naprzeciwko przyłożonej siły (np. sprężyny).</p>

	<p>Zawór ograniczający ciśnienie, maksymalny dwustopniowy, z dodatkowym wyposażeniem do sterowania zdalnego.</p>
	<p>Zawór kolejności działania, jednostopniowy, obciążony sprężyną, droga wyjściowa pozwala na podtrzymanie ciśnienia, z zewnętrznym odprowadzeniem przecieków wewnętrznych.</p>
	<p>Zawór ograniczający ciśnienie, sterowany elektrycznie.</p>
	<p>Regulator ciśnienia (zawór redukcyjny) dwudrogowy jednostopniowy, nastawiany sprężyną.</p>
	<p>Regulator ciśnienia (zawór redukcyjny) trójdrogowy jednostopniowy, nastawiany sprężyną.</p>
	<p>Zawór redukcyjny dwustopniowy, nastawiany sprężyną, z odprowadzeniem cieczy sterującej.</p>
	<p>Zawór redukcyjny z upustem, jeżeli ciśnienie wyjściowe przewyższy ciśnienie nastawiane to nastąpi swobodny wylot powietrza do atmosfery.</p>

Zawory sterujące natężeniem przepływu.

	<p>Zawór dławiący nastawialny, bez wskazania sposobu sterowania albo stanu zaworu, normalnie bez położenia całkowicie zamkniętego.</p>
	<p>Zawór zasuwowy odcinający, normalnie z jednym położeniem całkowicie zamkniętym.</p>
	<p>Zawór dławiący nastawialny, sterowany mechanicznie za pomocą rolki, obciążony sprężyną.</p>
	<p>Zawór dławiąco-zwrotny jednokierunkowy, z nastawialnym dławieniem, ze swobodnym przepływem w jednym kierunku i dławionym przepływem w przeciwnym kierunku.</p>
	<p>Regulator przepływu dwudrogowy ze zmiennym wyjściowym natężeniem przepływu, strzałka na drodze przepływu w symbolu uproszczonym oznacza wyrównanie ciśnień bez wyrównania temperatury.</p>
	<p>Regulator przepływu dwudrogowy z wyrównaniem temperatury ze zmiennym wyjściowym natężeniem przepływu, strzałka na drodze przepływu w symbolu uproszczonym oznacza wyrównanie ciśnień z wyrównaniem temperatury.</p>

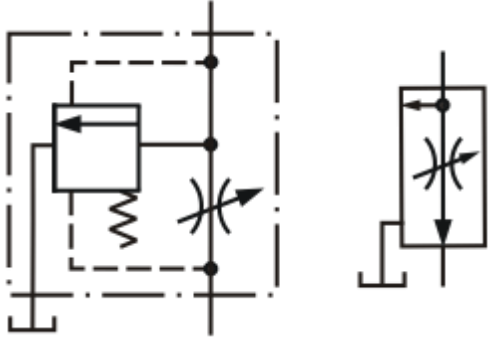










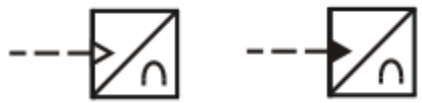
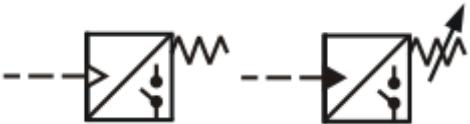
	<p>Regulator przepływu trójdrogowy, ze zmiennym wyjściowym natężeniem przepływu, z drogą obejściową do zbiornika, bez wyrównywania temperatury.</p>
---	---

Tabela 12 Symbole graficzne – przyrządy pomiarowe i czujniki

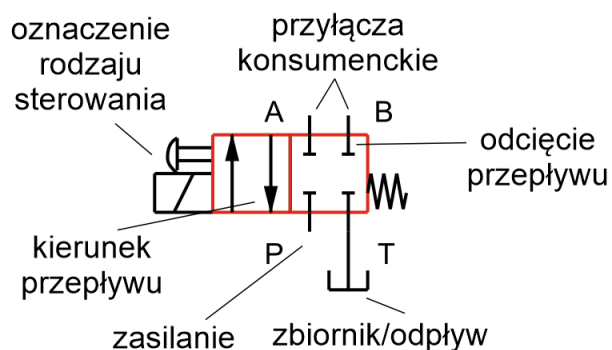
	<p>Wskaźnik ciśnienia.</p>
	<p>Manometr.</p>
	<p>Manometr różnicowy.</p>
	<p>Termometr.</p>
	<p>Wskaźnik poziomu cieczy.</p>
	<p>Wskaźnik przepływu.</p>
	<p>Przepływomierz.</p>
	<p>Przepływomierz całkujący.</p>
	<p>Obrotomierz do pomiaru częstości obrotów.</p>

	Miernik momentu obrotowego.
	Przetwornik analogowo ciśnieniowy, generujący sygnał elektryczny odpowiednio do wartości ciśnienia wejściowego.
	Przetwornik ciśnienia (np.: przetwornik pneumo-elektryczny), generujący sygnał elektryczny po przekroczeniu uprzednio nastawionego ciśnienia (o stałej wartości lub nastawialny).

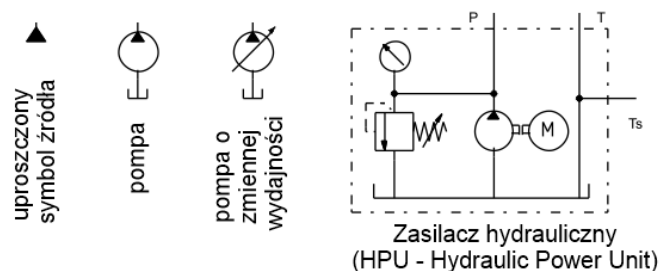
Przewody robocze na schematach rysuje się linią ciągłą, natomiast przewody układów sterowania rysuje się linią przerywaną. Połączenia czy rozgałęzienia przewodów zaznacza się wyraźnie kropką na przecięciu linii.

Elementy wykonawcze (robocze), zwane aktuatorami, zmieniające energię ciśnienia cieczy na energię mechaniczną, dzieli się na dwie grupy: siłowniki i silniki hydrauliczne.

Przepływem oleju hydraulicznego sterują zawory rozdzielające. Zawór rozdzielający przedstawia się jako zespół kwadratów, przy czym poszczególne kwadraty określają położenie elementu sterującego (stan zaworu rozdzielającego). Liczba przyłączy w kwadracie wskazuje, ile dróg zawiera zawór rozdzielający. Linie wskazują połączenie między przyłączami, a strzałki - kierunek przepływu powietrza. Powrót oleju do zbiornika oznacza się za pomocą znaku \sqcup .



Rys. 2 Symbolika stosowana w schematach funkcjonalnych rozdzielaczy.



Rys. 3 Symbolika oznaczeń źródeł energii hydraulicznej stosowana w schematach funkcjonalnych.

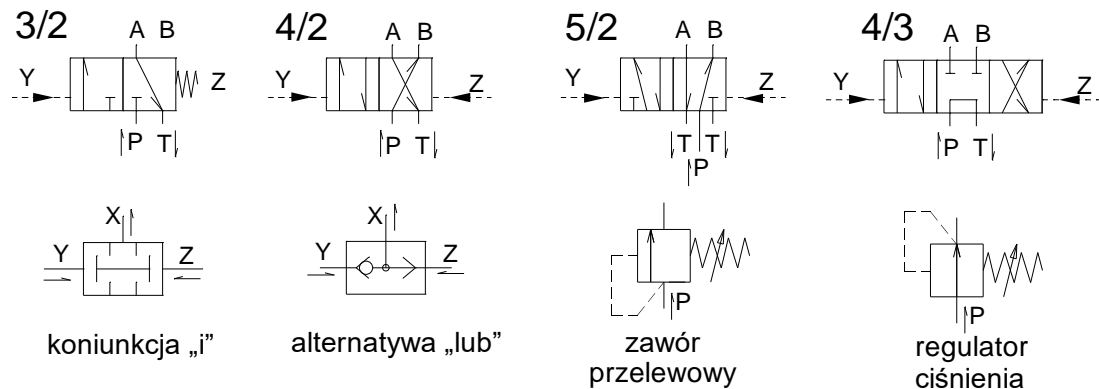
Tabela 13 Przykłady symboli graficznych wybranych zaworów rozdzielających

Symbol graficzny	Zastosowanie i objaśnienie symbolu
	Zawór dwudrogowy dwupołożeniowy 2/2 normalnie zamknięty
	Zawór dwudrogowy dwupołożeniowy 2/2 normalnie otwarty
	Zawór trójdrogowy dwupołożeniowy 3/2 normalnie zamknięty
	Zawór trójdrogowy dwupołożeniowy 3/2 normalnie otwarty
	Zawór czterodrogowy dwupołożeniowy 4/2
	Zawór pięciodrogowy dwupołożeniowy 5/2
	Zawór czterodrogowy trójpołożeniowy 4/3, w pozycji środkowej zasilanie odcięte
	Zawór pięciodrogowy trójpołożeniowy 5/3, w pozycji środkowej zasilanie odcięte

W celu zabezpieczenia prawidłowego montowania zaworów w układach hydraulicznych poszczególne przyłącza oznacza się dużymi literami lub cyframi w sposób następujący:

A, B	przyłącza robocze	2, 4
P	przyłącze zasilające	1
T	przyłącze odprowadzenia oleju do zbiornika	3
X, Y, Z	przyłącza/sygnały sterujące	12, 14, 16

Rodzaj zastosowanego rodzaju sterowania zaworu rozdzielającego umieszcza się z boku symbolu zaworu – z prawej lub lewej strony narysowanego kwadratu. Możliwe są



praktycznie wszystkie zestawienia zaworów z istniejącymi rodzajami sterowania.

Rys. 4 Przykładowe oznaczenia przyłączy w zaworach hydraulicznych

Ze względu na odmiany sterowania, a ściślej sposób uzyskiwania poszczególnych położeń głównego elementu sterującego rozróżnia się:

- rozdzielacze sterowane bezpośrednio (jednostopniowe),
- rozdzielacze sterowane pośrednio (dwustopniowe), są wyposażone we własny układ wspomagania.

Ponadto można dodatkowo rozróżnić:

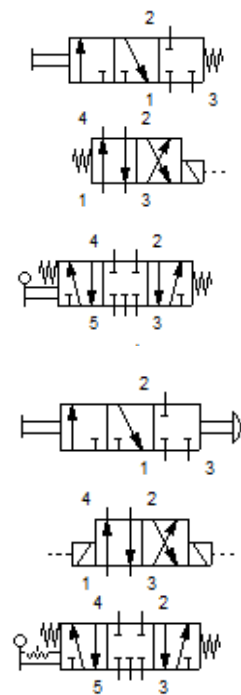
- zawory powracające do położenia początkowego po odjęciu sygnału sterującego (zawory unistabilne lub monostabilne):

„uni- ” oraz „mono-” jako prefiks oznacza „jedno-”.

- zawory utrzymujące położenie sterowane po odcięciu sygnału sterującego (zawory bistabilne lub multistabilne):

„bi-” jako prefiks oznacza „dwa-”,

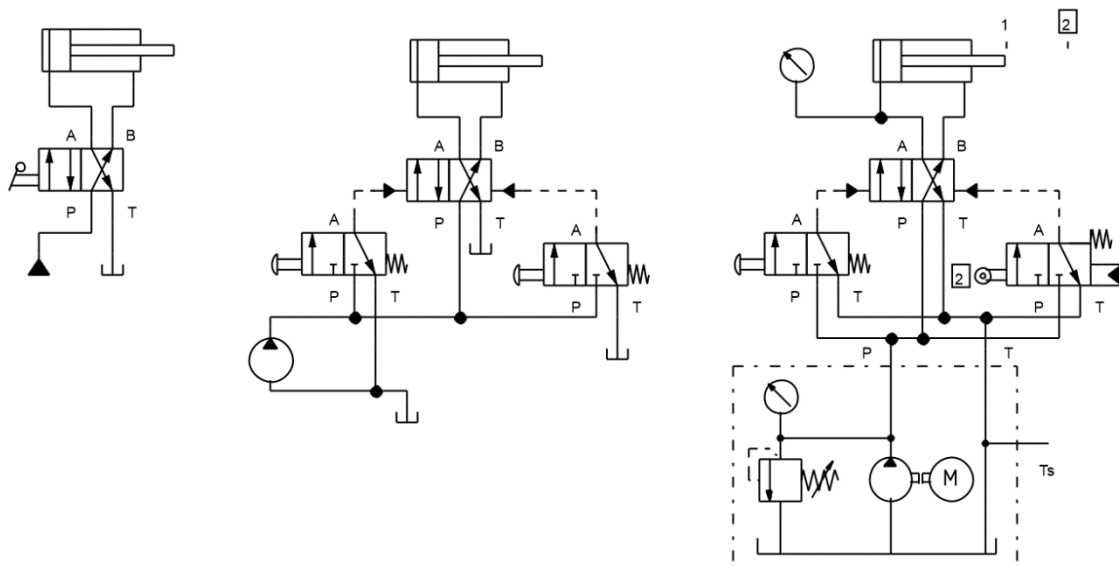
„multi-” jako prefiks oznacza „wiele-”.



Przyjęto ogólne zasady rysowania schematów hydraulicznych:

1. Schemat układu sterowania powinien być podzielony na oddzielne zespoły zawierające element napędowy (np. siłownik) oraz elementy sterujące jego ruchami.
2. Zaleca się rysowanie wszystkich siłowników i zaworów rozdzielających na jednakowych poziomach.
3. Zespoły powinny być uszeregowane, o ile to możliwe, w kierunku od lewego do prawego w kolejności startu poszczególnych elementów napędowych.
4. Schemat połączeń należy rysować w kierunku przebiegu sygnału, tj. od dołu do góry; nie jest wymagane uwzględnianie przestrzennego rozmieszczenia.
5. Położenie hydraulicznych ew. elektrycznych łączników drogowych (krańcowych) oznacza się pionową kreską umieszczoną prostopadle na drodze przemieszczającego się elementu (np. tłoczyska siłownika).
6. Elementy pneumatyczne powinny być rysowane w położeniu, jakie zajmują w układzie na chwilę przed podaniem sygnału START.
7. Siłowniki i zawory rozdzielające powinny być zasadniczo rysowane poziomo.
8. Przewody należy rysować liniami prostymi (poziomymi lub pionowymi), unikając ich wzajemnego przecinania się.

Przykładowe schematy układów hydraulicznych pokazano na poniższych rysunkach.



Rys. 5 Przykładowe schematy układów hydraulicznych z oznaczeniami przyłączy elementów

Przebieg ćwiczenia:

1. Zapoznać się z budową podstawowych elementów napędu i sterowania hydraulicznego (elementy zasilające, siłownik, silniki, zawory rozdzielające).
2. Przeprowadzić identyfikację symboli graficznych i gniazd przyłączeniowych na elementach wyposażenia stanowisk dydaktycznych.
3. Zapoznać się z techniką montażu i łączenia elementów na tablicach symulacyjnych.
4. Zapoznać się z dostępnym oprogramowaniem wspomagającym rysowania schematów funkcjonalnych oraz symulacją pracy układów hydraulicznych – Festo FluidSIM-H.

LITERATURA

Książki

- [1] Lewandowski D.i inni.: Pneumatyka i hydraulika urządzeń mechanicznych - laboratorium. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1999
- [2] Świder J., Sterowanie i automatyzacja procesów technologicznych i układów mechatronicznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006
- [3] Z.Szydelski,:Pojazdy samochodowe–Napęd i sterowanie hydrauliczne, WKŁ 1999
- [4] Osiecki A.: Napęd hydrostatyczny maszyn
- [5] A. Garbacik,: „Studium projektowania układów hydraulicznych” Ossolineum 1997
- [6] S. Stryczek,: „Napęd hydrostatyczny”, WNT Warszawa 1990
- [7] Cink, J. Tomczyk, T. Wolski: Hydrostatyczne układy napędowe maszyn roboczych. Skrypt P.Ł. Łódź, 1993.
- [8] Lewandowski D.i inni.: Pneumatyka i hydraulika urządzeń mechanicznych - laboratorium. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1999
- [9] Tomczyk J: Modele dynamiczne elementów i układów napędów hydrostatycznych. WNT, Warszawa 1999.

Normy

- [10] PN - ISO 1219-1 1991 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Symbole graficzne i schematy układów -- Symbole graficzne
- [11] PN-ISO 1219-2:1998, Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Symbole graficzne i schematy układów -- Schematy układów
- [12] PN-M-73001:1991 + Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne. Terminologia.
- [13] PN-ISO 2944:2005 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Ciśnienia nominalne
- [14] PN-ISO 3320:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Średnice cylindrów i średnice tłoczków -- Szereg metryczny
- [15] PN-ISO 3322:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Cylindry (siłowniki) -- Ciśnienia nominalne
- [16] PN-ISO 4393:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Cylindry -- Skoki tłoka; szereg podstawowy
- [17] PN-ISO 4397:1994 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Łączniki i części współpracujące -- Średnice nominalne zewnętrzne przewodów sztywnych lub półsztywnych i średnice nominalne wewnętrzne przewodów giętkich
- [18] PN-M-73020:1973 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Elementy i zespoły hydrauliczne i pneumatyczne -- Ogólny podział i oznaczenie
- [19] NAS 1638 Cleanliness Requirements of Parts used in Hydraulics Systems
- [20] PN-ISO 4406:2005 Napędy i sterowania hydrauliczne -- Ciecze robocze -- Metoda kodowania poziomu zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych
- [21] PN-EN ISO 6743-4:2015-09 Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) -- Klasyfikacja -- Część 4: Grupa H (Układy hydrauliczne)

Strony www

- [22] Materiały firmy TUBES <https://www.tubes-international.pl/>
- [23] Napęd i Sterowanie Hydrauliczne i Pneumatyczne www.hip.agh.edu.pl
- [24] Materiały firmy Air-Com www.air-com.pl
- [25] Politechnika Krakowska, Instytut Konstrukcji Maszyn <http://graf.mech.pk.edu.pl/>