



**LABORATORIUM NAPĘDÓW HYDRAULICZNYCH
I PNEUMATYCZNYCH**

INSTYTUT MASZYN ROBOCZYCH CIĘŻKICH
WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH
POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa



Ćwiczenie HP4

Podstawowe elementy układów pneumatycznych

Instrukcja

Cel ćwiczenia

- Zapoznanie się z budową i działaniem podstawowych elementów pneumatyki siłowej.
- Poznanie zasad projektowania prostych układów pneumatyki siłowej.
- Opanowanie praktycznych umiejętności budowania prostych układów pneumatycznych z prawidłowym wykorzystaniem własności ich elementów.

1. Podstawowe pojęcia

Układy pneumatyki siłowej służą do wywoływania określonej reakcji **urządzeń wykonawczych** (silników i zaworów pneumatycznych), przetwarzających energię **sprężonego czynnika roboczego** na pracę mechaniczną, bądź sterujących tą energią.

Czynnikiem roboczym najczęściej wykorzystywanym w napędach i sterowaniu pneumatycznym jest **sprężone powietrze**.

Napęd pneumatyczny jest to wykorzystanie energii sprężonego gazowego czynnika roboczego do poruszania mechanizmów i urządzeń. Poniżej zestawiono wybrane przykłady zastosowania pneumatyki:

- układy zawieszenia pojazdów, maszyn roboczych itp.,
- napędy mechanizmów drzwi pojazdów;
- urządzenia i maszyny sortujące, mocujące, pakujące itp.,
- manipulatory montażowe,
- napędy urządzeń transportu bliskiego (podajników, podnośników itp.);
- napęd urządzeń hamulcowych pojazdów drogowych i szynowych;
- napędy elementów dociskowych;
- napędy narzędzi warsztatowych.

Napęd pneumatyczny realizowany jest za pomocą **silników pneumatycznych**. Pracujące prostoliniowo (o ruchu postępowo-zwrotnym) nazywane są **siłownikami**. Ponadto wyróżnia się silniki pneumatyczne o ruchu **obrotowym** oraz o ruchu **wahadłowym**.

Sterowanie pneumatyczne jest to sposób oddziaływania na obiekt sterowania, w którym jako przekaźnik informacji wykorzystuje się sprężony gaz (powietrze). Poniżej zestawiono wybrane przykłady zastosowania pneumatyki sterowniczej:

- elementy wykonawcze regulujące dopływ energii sprężonego powietrza do urządzeń napędowych;
- realizacja sterowania za pomocą sygnałów (np. impulsów) pneumatycznych.

Pneumatyczne urządzenia sterujące przepływem sprężonego powietrza nazywane są **zaworami pneumatycznymi**. Rozróżnia się zawory pneumatyczne sterujące kierunkiem przepływu, zawory sterujące ciśnieniem oraz zawory sterujące natężeniem przepływu.

2. Podstawowe informacje o budowie układów pneumatycznych

2.1. Uzdatnianie czynnika roboczego

Czynnik roboczy (sprężone powietrze), przed wprowadzeniem do układu musi zostać odpowiednio **uzdatniony**, tj. pozbawiony zanieczyszczeń mechanicznych, odwodniony, pozbawiony wrażeń oleju ze sprężarki oraz nasycony specjalnym olejem do pneumatycznych urządzeń wykonawczych z ruchomymi częściami mechanicznymi. Zadanie to realizowane jest przez odpowiednie urządzenia – tzw. **zespół przygotowania powietrza**, montowane na wejściu instalacji sprężonego powietrza, jako wyposażenie sprężarek, bądź indywidualnie w poszczególnych obwodach pneumatycznych.

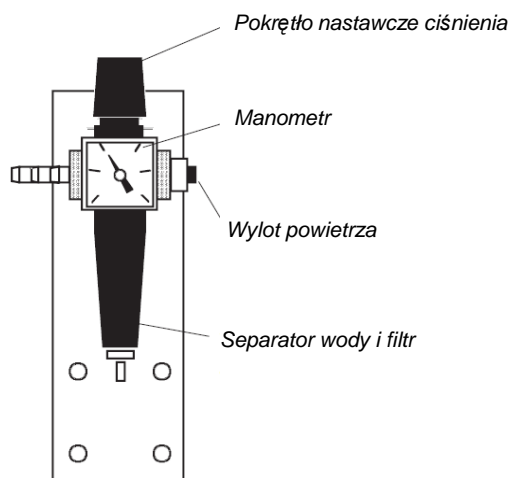
Osuszanie sprężonego powietrza może być realizowane różnymi metodami:

- przez wykroplenie wilgoci w wyniku schładzania poniżej punktu rosy;
- przez przepuszczanie powietrza przez warstwę środka absorpcyjnego, tworzącego z wilgocią z powietrza kondensat, spływający na dno zbiornika;
- za pomocą wkładów adsorpcyjnych, kolejno regenerowanych przez osuszanie zimnym lub gorącym powietrzem.

Zanieczyszczenia mechaniczne i olejowe usuwane są za pomocą odpowiednich **filtrów**.

Naoliwianie sprężonego powietrza wpływającego do układu pneumatycznego odbywa się w tzw. **smarownicach** sprężonego powietrza.

Poniżej przedstawiony został zespół przygotowania powietrza zastosowany na stanowisku laboratoryjnym.



Zespół przygotowania powietrza używany na stanowisku laboratoryjnym

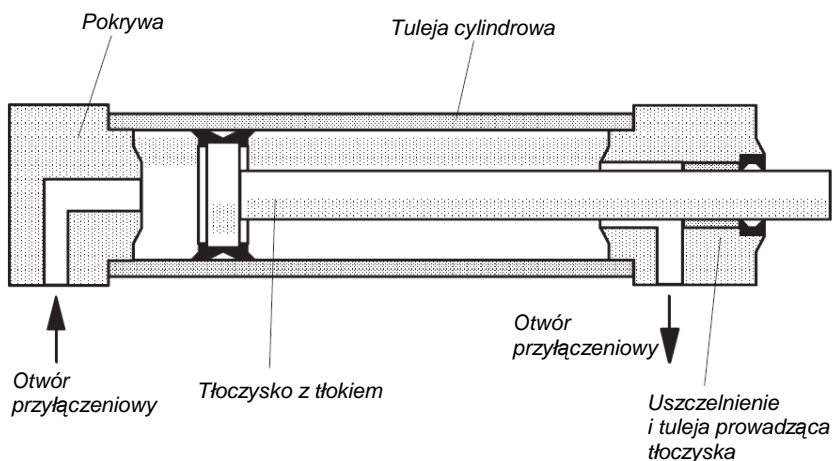
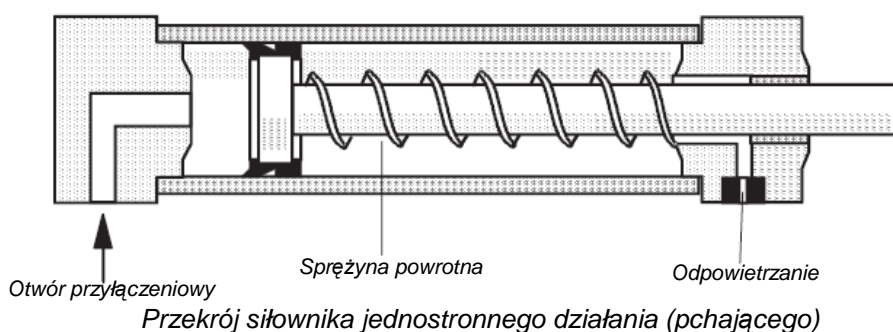
Zastosowany na stanowisku laboratoryjnym pneumatycznym zespół przygotowania powietrza łączy w sobie rolę separatora i osadnika wody, filtra zanieczyszczeń mechanicznych oraz reduktora ciśnienia, utrzymującego ciśnienie robocze w układzie na stałym poziomie, niezależnie od poboru powietrza. Osadnik wody wymaga regularnego opróżniania.

2.2. Podstawowe elementy wykonawcze

Siłowniki pneumatyczne

Ze względu na budowę, siłowniki pneumatyczne można podzielić między innymi na membranowe, tłokowe, beztłoczkowe, nurnikowe, teleskopowe. Siłowniki tłokowe nazywane są **cyldrami pneumatycznymi**. W zależności od sposobu działania, wyróżnić można siłowniki: dwustronnego działania, jednostronnego działania pchające (podczas wysuwu tłoczką sprężyna powrotna jest ściskana) lub ciągnące (podczas wysuwu tłoczką sprężyna powrotna jest rozciągana), wirujące (wykonujące ruch obrotowy wokół osi tłoczką), wahadłowe itd.

W siłowniku tłokowym sprężone powietrze wpływając przez otwór przyłączeniowy do komory cylindra wywiera ciśnienie na tłok, powodując wysunięcie tłoczką. W siłowniku jednostronnego działania cofnięcie tłoczką następuje samoczynnie z chwilą obniżenia ciśnienia, pod wpływem sprężyny powrotnej. Natomiast w siłowniku dwustronnego działania cofnięcie tłoczką wymaga przyłożenia ciśnienia po przeciwnej stronie tłoka.

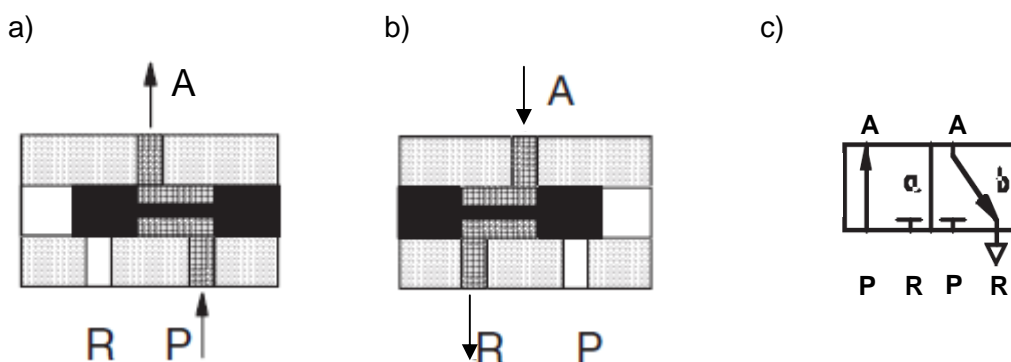


2.3. Podstawowe elementy sterujące

a. Zawory rozdzielające

Zawory rozdzielające (tzw. rozdzielacze) służą do kierowania przepływem czynnika roboczego w układach pneumatycznych. Za ich pomocą można kierować sprężone powietrze do poszczególnych gałęzi układu oraz zamykać i otwierać jego dopływ do poszczególnych obwodów pneumatycznych. Rozdzielacze dzielą się m.in. ze względu na liczbę otworów – tzw. dróg (dwudrogowe, trzydrogowe, czterodrogowe itd.), liczbę nastawianych położeń (np. dwu-, trzy-, czteropolożeniowe), sposób sterowania (ręczny, mechaniczny, pneumatyczny, elektromagnetyczny). Zawory te oznaczają się w sposób informujący o liczbie otworów oraz liczbie położeń roboczych: np. symbol 3/2 oznacza, że zawór ma 3 otwory i 2 położenia robocze, czyli jest trzydrogowy i dwupołożeniowy.

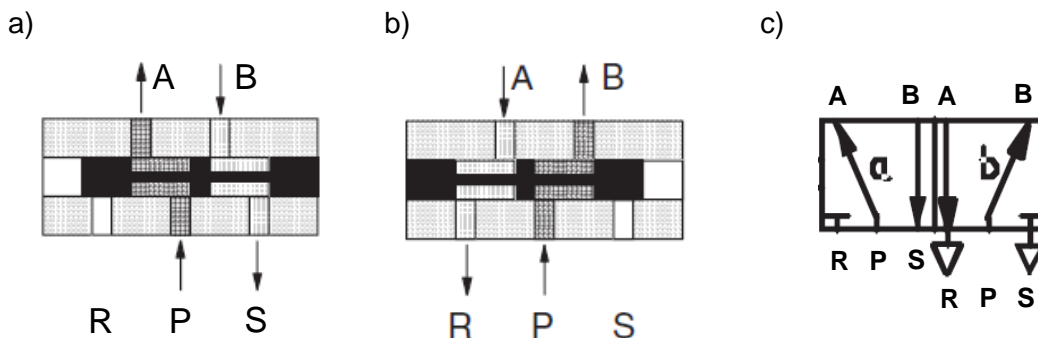
Poniżej przedstawiono schematycznie działanie zaworu 3/2.



Działanie zaworu rozdzielającego 3/2:
a) położenie otwartego przełotu „P” → „A”
b) położenie otwartego przełotu „A” → „R”
c) symbol graficzny zaworu

Zawór ten pozwala przełączać pomiędzy dwoma przepływami: łącząc z „A” albo drogę „R”, albo drogę „P”. Do „P” podłączany jest dopływ sprężonego powietrza, natomiast droga „R” jest zwykle wykorzystywana przez wewnętrzny mechanizm odpowietrzający. W zapisie graficznym zaworu kratka „a” odpowiada jednej pozycji roboczej zaworu (z otwartym przełotem „P” → „A”), a kratka „b” odpowiada drugiej pozycji roboczej („P” zamknięte, następuje jedynie wypuszczanie powietrza przez „R”). W przypadku zastosowania sprężyny powrotnej w konstrukcji zaworu, jedna z jego pozycji uzyskuje miano **neutralnej** (do niej zawór może samoczynnie powracać), zaś druga, której uzyskanie wymaga pokonania siły sprężyny, pozostaje **robocza**.

Kolejny rysunek przedstawia działanie zaworu 5/2 (5-drogowego, 2-położeniowego).



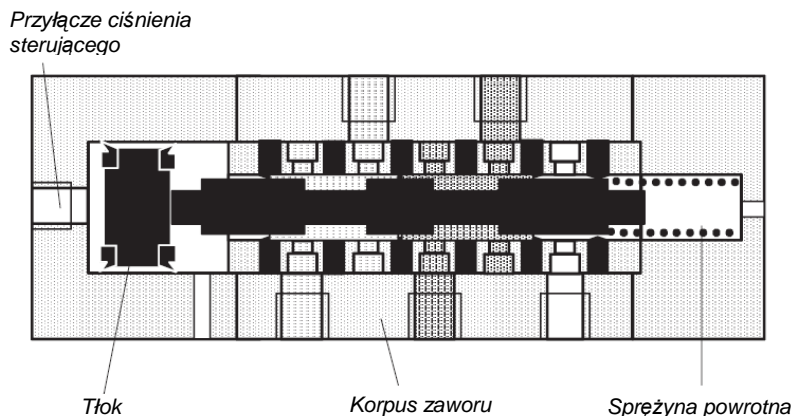
Działanie zaworu rozdzielającego 5/2:
a) położenie otwartego przełotu „P” → „A”
b) położenie otwartego przełotu „P” → „B”
c) symbol graficzny zaworu

Jak widać na powyższym rysunku, zawór pozwala przełączać pomiędzy przelotem „P” → „A”, a przelotem „P” → „B”. Nieaktywny w danej pozycji otwór wyjściowy (odpowiednio „B” lub „A”) jest przełączany do „S” lub „R”, które zwykle są wykorzystywane do odpowietrzania.

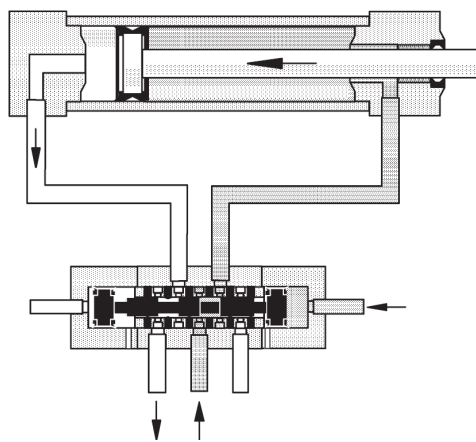
W przypadku **zaworu rozdzielającego 5/2** w wersji ze **sprężyną powrotną** i **sterowaniem ciśnieniem**, przełączanie pozycji realizowane jest przez przykładanie ciśnienia sygnałowego.

Gdy działa ciśnienie sygnałowe, tłok pokonując sztywność sprężyny przesuwa się do pozycji **roboczej**, powodując otwarcie określonych wylotów i zamknięcie pozostałych.

Gdy ciśnienie sygnałowe spadnie, sprężyna powoduje powrót tłoka do pozycji **neutralnej** i zamknięcie/otwarcie alternatywnej kombinacji wylotów.



Przekrój zaworu rozdzielającego 5/2 ze sprężyną powrotną i sterowaniem ciśnieniem (zawór w pozycji neutralnej)



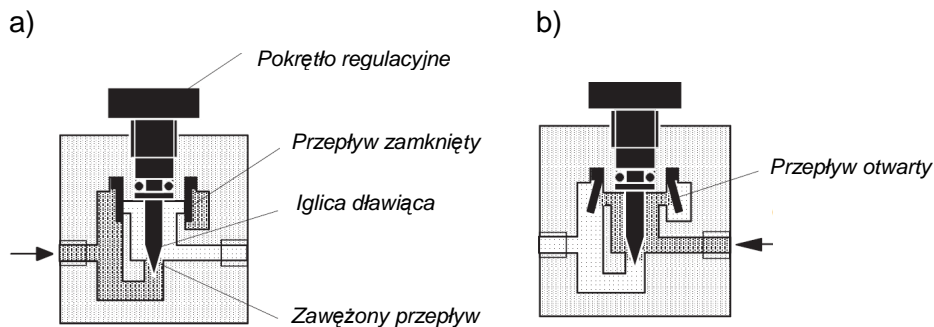
Współpraca zaworu rozdzielającego 5/2 z siłownikiem dwustronnego działania

b. Zawory zwrotne

Zawory zwrotne umożliwiają przepływ czynnika roboczego tylko w jednym kierunku. Stosowane są jako zabezpieczenie przed nadmiernym spadkiem ciśnienia w układzie. Odmianą zaworu zwrotnego jest **zawór szybkiego spustu**, umożliwiający np. szybkie opróżnienie komory siłownika, co pozwala istotnie zwiększyć prędkości ruchu tłoka.

c. Zawory dławiące

Zawory dławiące służą do sterowania natężeniem przepływu czynnika roboczego. Działają na zasadzie zawężania przekroju przepustowego.



Zawór dławiący dwupozycyjny

a) w położeniu dławienia przepływu; b) w położeniu swobodnego przepływu

d. Zawory redukcyjne

Działanie zaworu redukcyjnego polega na utrzymywaniu nastawionej wartości ciśnienia wyjściowego niezależnie od zmian wartości tego ciśnienia na wejściu do zaworu oraz natężenia przepływu. Warunkiem jego poprawnego działania jest, aby ciśnienie na wejściu nie spadało poniżej nastawionej wartości wyjściowej. Elementem regulującym ciśnienie jest najczęściej sprężyna z mechanizmem zmiany jej napięcia, współpracująca z grzybkiem dławiącym lub odcinającym przepływ. Konstrukcyjnie zawór redukcyjny składa się z części kontrolującej przepływ czynnika o żądanym ciśnieniu oraz zaworu spustowego, który otwiera się w momencie wzrostu ciśnienia roboczego powyżej określonego poziomu.

e. Zawory bezpieczeństwa

Zawór bezpieczeństwa służy do ograniczania wzrostu ciśnienia roboczego w układzie do ustalonej wartości. Po przekroczeniu nastawionej wartości ciśnienia zawór bezpieczeństwa samoczynnie się otwiera, uwalniając nadmiar czynnika do atmosfery. Podobnie jak w przypadku zaworu redukcyjnego, elementem regulującym ciśnienie jest najczęściej sprężyna z mechanizmem zmiany jej napięcia, współpracująca z grzybkiem otwierającym i zamykającym wylot.

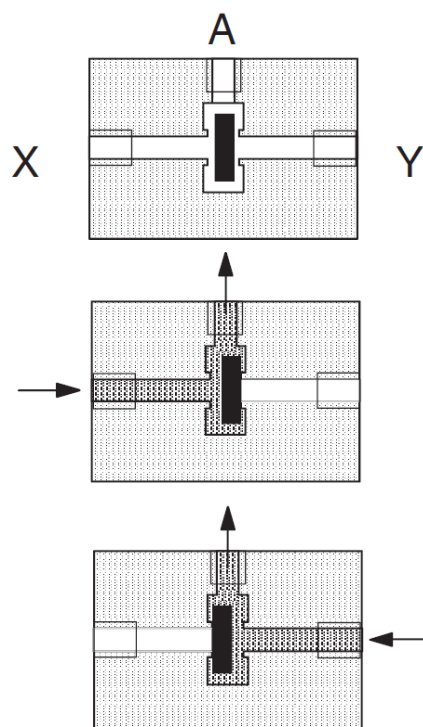
f. Przełącznik obiegu

Zawór ten ma dwa otwory wejściowe i jeden wyjściowy, czyli jest zaworem trójdrogowym. Łączy on alternatywnie jedną lub drugą drogę wejściową z drogą wyjściową. Gdy jedna droga wejściowa jest zamykana, otwiera się druga.

Przełącznik obiegu realizuje funkcję logiczną alternatywy („OR”):

X	Y	A
0	0	0
1	0	1
0	1	1

W przypadku równoczesnego zasilania otworów X i Y, na wyjściu A pojawi się czynnik roboczy z wejścia o wyższym ciśnieniu.



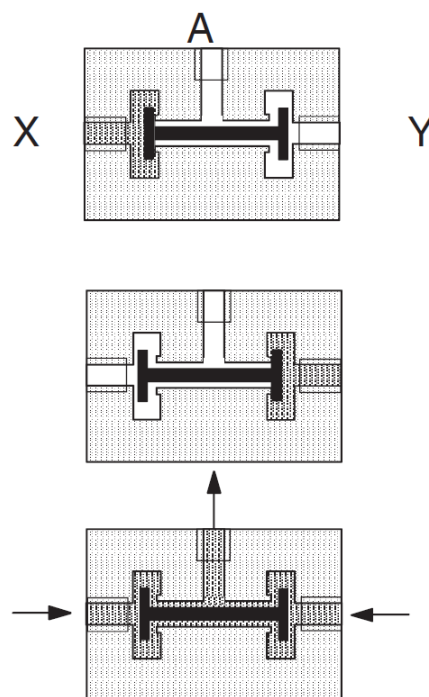
g. Zawór zdwojonego sygnału

Zawór zdwojonego sygnału jest – podobnie jak przełącznik obiegu – zaworem trójdrogowym, o jednej drodze wyjściowej i dwóch wejściowych. Ciśnienie na wyjściu pojawia się tylko w przypadku jednoczesnego zaistnienia ciśnień w obu drogach wejściowych.

Zawór zdwojonego sygnału realizuje funkcję logiczną koniunkcji („AND”):

X	Y	A
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

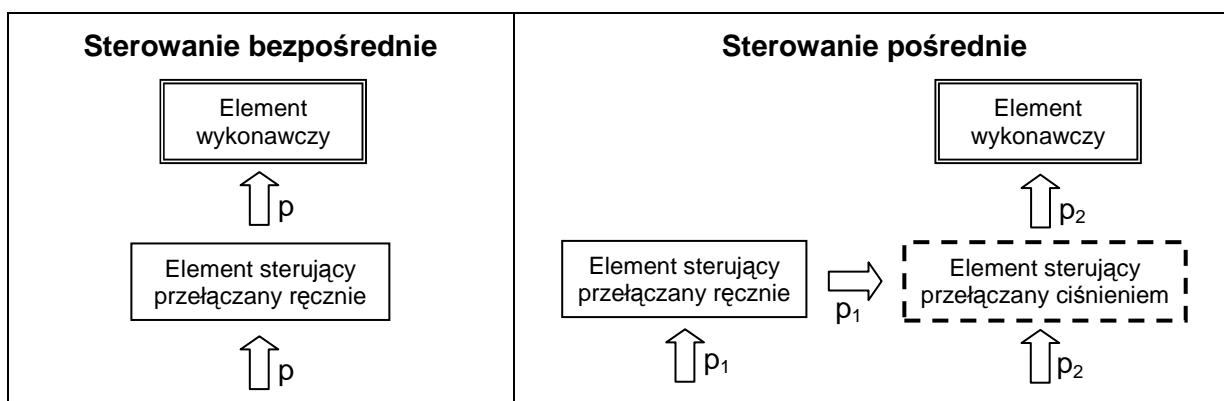
Jedynie równoczesne zasilanie otworów X i Y spowoduje pojawienie się ciśnienia na wyjściu A.



2.4 Sterowanie bezpośrednie i pośrednie

Sterowanie bezpośrednie elementem wykonawczym (np. siłownikiem) ma miejsce w przypadku, gdy jest on zasilany tym samym strumieniem czynnika roboczego, który przepływa przez rozdzielacz sterowany ręcznie.







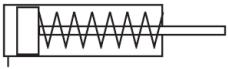
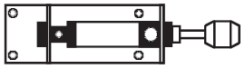
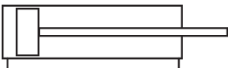
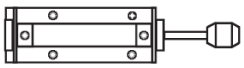
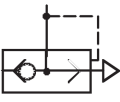
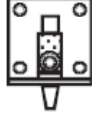




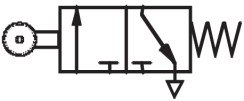

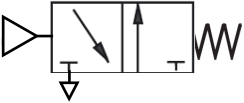

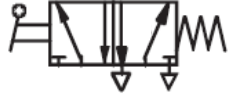
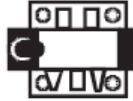
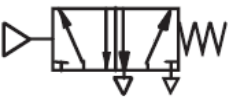
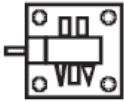
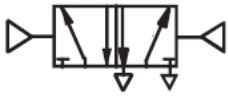
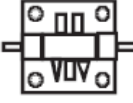
Sterowanie pośrednie ma miejsce w przypadku, gdy element wykonawczy jest zasilany osobnym strumieniem czynnika roboczego, przepływającym przez oddzielny (pośredni) rozdzielacz sterowany ciśnieniem. Rozdzielacz sterowany ręcznie służy jedynie do przełączania pozycji rozdzielacza sterowanego ciśnieniem. Pozwala to np. zróżnicować wielkości ciśnień i strumienia czynnika roboczego: sygnałowego (w obwodzie zaworu ręcznego) i roboczego (w obwodzie zasilania siłownika).

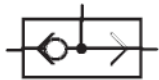





3. Symbole elementów pneumatycznych

W zapisie technicznym elementy pneumatyki siłowej na schematach funkcjonalnych przedstawiane są za pomocą znormalizowanych symboli graficznych. W Polsce ujmują je norma PN-ISO 1219-1:1994.

Poniżej zestawione zostały symbole graficzne podstawowych elementów pneumatycznych dostępnych na stanowisku laboratoryjnym.

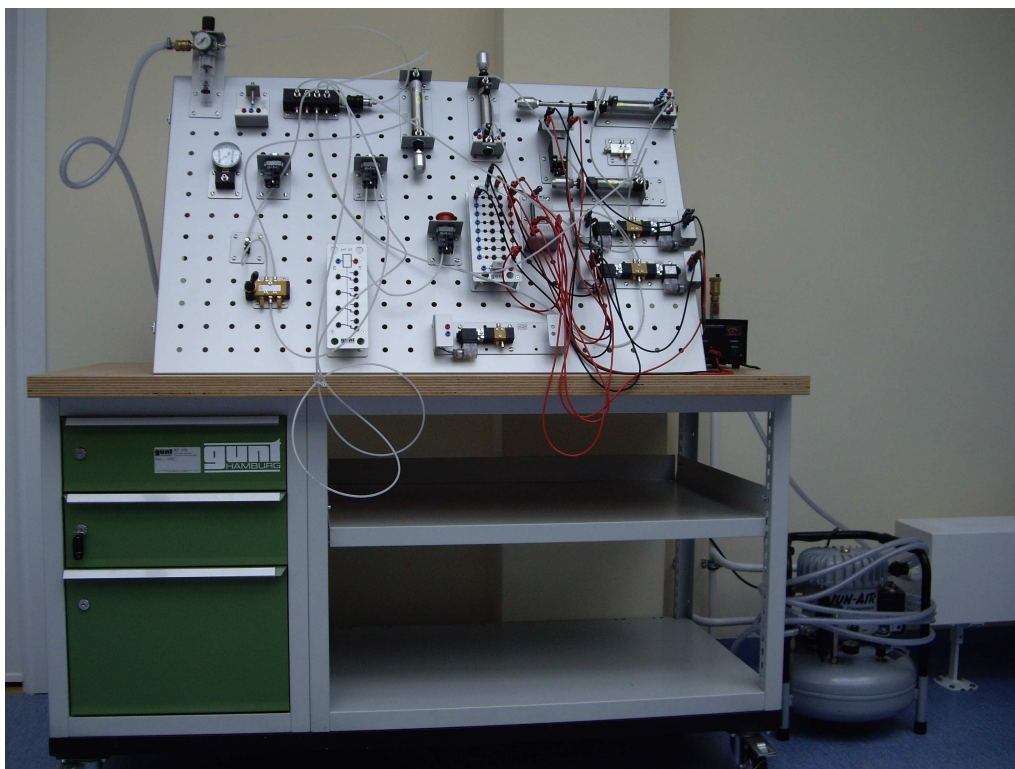
Symbol graficzny	Szkic elementu dostępnego na stanowisku	Opis
		Przewód pneumatyczny
		Połączenie przewodów pneumatycznych
		Zespół przygotowania powietrza (filtr + smarownica + reduktor)
		Siłownik (cylinder) pneumatyczny jednostronnego działania pchający
		Siłownik (cylinder) pneumatyczny tłokowy dwustronnego działania
		Zawór szybkiego spustu
		Regulowany zawór dławiąco-zwrotny (ze swobodnym przepływem w jednym kierunku i dławionym przepływem w drugim kierunku)
		Rozdzielacz 3/2 (trzydrogowy, dwupołożeniowy) ze sprężyną powrotną, sterowany przyciskiem
		J.w., sterowany dźwignią rolkową
		J.w., sterowany ciśnieniem; normalnie otwarty
		Rozdzielacz 5/2 (pięciurogowy, dwupołożeniowy) ze sprężyną powrotną, sterowany dźwignią
		J.w., sterowany ciśnieniem
		Rozdzielacz 5/2 bistabilny (bez sprężyny powrotnej), sterowany obustronnie ciśnieniem

		Przełącznik obiegu („OR”)
		Zawór zdwojonego sygnału („AND”)

4. Opis stanowiska laboratoryjnego

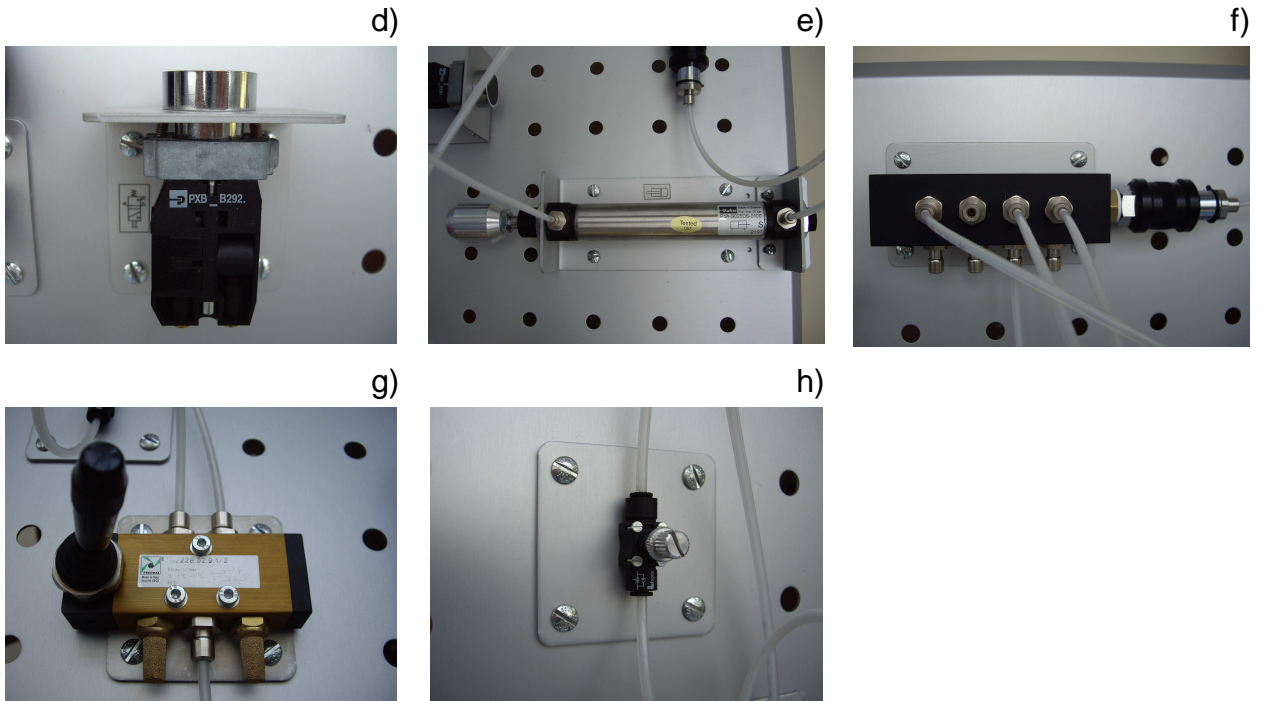
Stanowisko laboratoryjne wyposażone jest w perforowaną tablicę do szybkiego montażu elementów pneumatyki siłowej. Elementy wyposażenia stanowiska są konstrukcyjnie przystosowane do łatwego zamocowania na tablicy montażowej. Części i podzespoły pneumatyczne znajdują się w szafkach pod tablicą montażową. Ich zamocowanie i demontaż dokonywane są przy użyciu śrubokręta. Szybkozłącza umożliwiają łatwy montaż przewodów pneumatycznych.

Stanowisko zasilane jest czynnikiem roboczym w postaci sprężonego powietrza, dostarczanego z umieszczonej obok elektrycznej sprężarki.



Stanowisko laboratoryjne do budowy układów pneumatyki siłowej



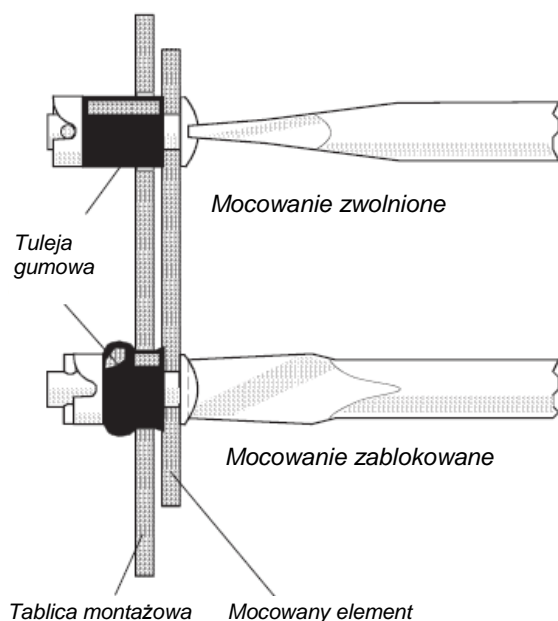


Przykładowe elementy pneumatyczne: a) sprężarka; b) zespół przygotowania powietrza; c) rozdzielacz 3/2 sterowany ciśnieniem, z wylotem szybkiego spustu; d) zawór rozdzielający 3/2; e) siłownik dwustronnego działania, f) rozgałęziacz z zaworem suwakowym; g) zawór rozdzielający 5/2 sterowany dźwignią; h) zawór dławiąco-zwrotny

Stanowisko wyposażone jest również w elementy elektromagnetyczne i elektroniczne oraz zasilacz elektryczny, umożliwiające budowanie układów zautomatyzowanego sterowania pneumatyką siłową.

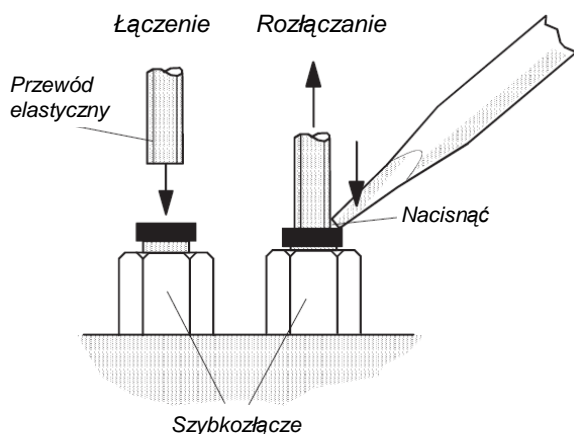
4.1. Sposób mocowania urządzeń i przewodów pneumatycznych

a. Mocowanie elementów pneumatycznych do tablicy montażowej



1. Ustawić mocowany element w żądanym położeniu i wsunąć gumowe tuleje w odpowiednie otwory montażowe tablicy.
2. Posługując się śrubokrętem z płaską końcówką obrócić każdy z trzpieni montażowych o kąt 90° w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara (w prawo). Odgłos zatrasku potwierdzi prawidłowe zadziałanie mocowania.
3. Zwolnienie mocowania następuje po obróceniu wszystkich trzpieni montażowych o kąt 90° w kierunku przeciwnym. Następnie można dany element wysunąć.

b. Mocowanie przewodów pneumatycznych



Wszystkie urządzenia pneumatyczne na stanowisku laboratoryjnym wyposażone są w szybkozłącza przystosowane do przewodów elastycznych o średnicy 4 mm.

1. Przy użyciu odpowiedniego narzędzia można odciąć wymagany odcinek przewodu pneumatycznego. Długość odcinka należy przewidzieć z odpowiednim nadmiarem, uwzględniając nieprostoliniowe ułożenie przewodu oraz ułatwiającym montaż.
2. Przecięcie musi być wykonane w płaszczyźnie prostopadłej do przewodu.
3. Mocno wcisnąć koniec przewodu w szybkozłącze.
4. W celu rozłączenia, wystarczy płaską końcówką śrubokręta nacisnąć pierścień szybkozłącza i wyciągnąć przewód.

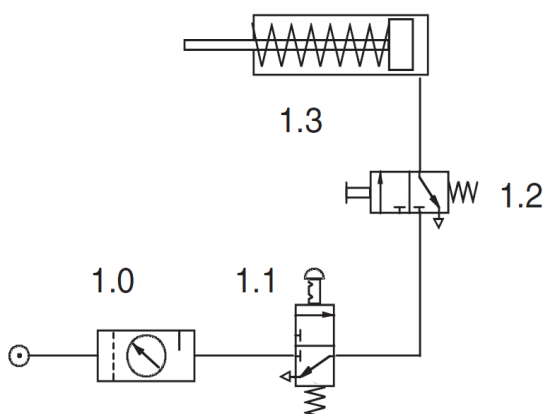
Odcinki przewodów można wykorzystywać wielokrotnie. Uszkodzone końcówki należy odciąć.

5. Przykładowy układ pneumatyczny

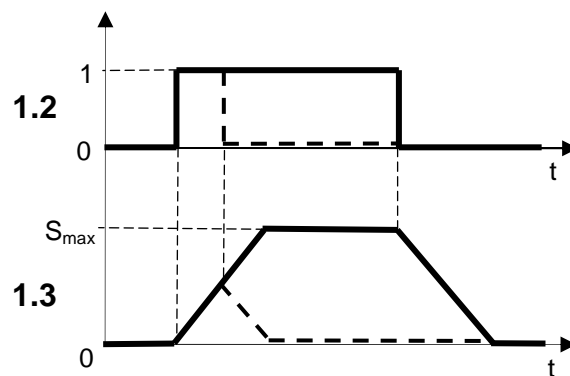
Zadanie: Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z siłownikiem, którego tłoczek wysuwa się po naciśnięciu przycisku i cofa się po jego zwolnieniu.

W rozwiązaniu zastosowano siłownik jednostronnego działania sterowany zaworem rozdzielającym (rozdzielaczem) 3/2. Poniższe ilustracje przedstawiają schemat funkcjonalny układu, cyklogram pracy układu oraz schemat połączeń elementów na tablicy montażowej.

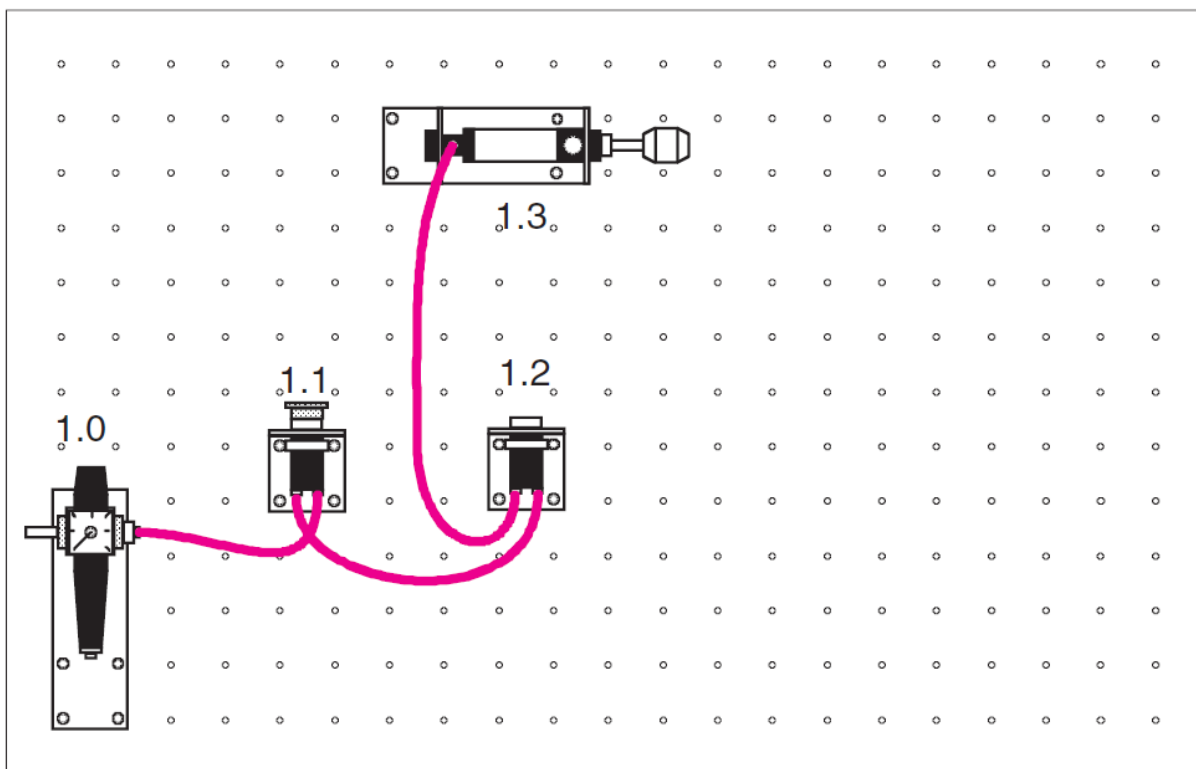
Jest to przykład **sterowania bezpośredniego** siłownikiem.



Schemat funkcjonalny układu pneumatycznego



Cyklogram pracy układu



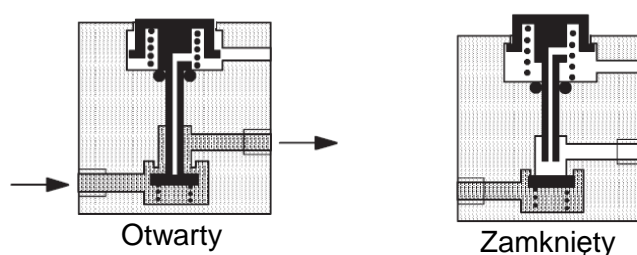
Schemat połączeń elementów na tablicy montażowej:

(1.0) zespół przygotowania powietrza; (1.1) rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną, sterowany przyciskiem z blokadą położenia; (1.2) rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną, sterowany przyciskiem; (1.3) siłownik jednostronnego działania

Siłownik jednostronnego działania (1.3) ma wbudowaną sprężynę powrotną, która po obniżeniu ciśnienia powoduje samoczynne cofanie tłoczyska. Zatem wystarczy, żeby układ pneumatyczny wymuszał tylko wysuw tłoczyska.

Zawór rozdzielający (1.1) pełni rolę pneumatycznego wyłącznika układu, otwierającego i zamykającego przepływ czynnika roboczego w postaci sprężonego powietrza.

Właściwe sterowanie wysuwem tłoczyska siłownika (1.3) realizuje zawór rozdzielający (1.2), stąd przedstawiony wcześniej cyklogram pracy układu obejmuje te właśnie elementy. Bardzo ważne jest podłączenie zaworu (1.2) we właściwym kierunku. Poniżej przedstawione jest działanie tego zaworu.



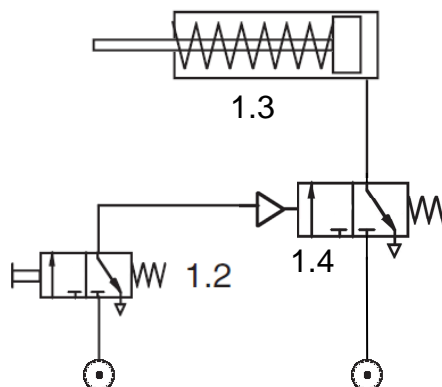
Działanie zaworu (1.2)

Konstrukcyjnie jest to tzw. zawór **normalnie zamknięty**, czyli otwarcie przepływu (pozycja „a” na rysunku symbolu graficznego zaworu) wymaga naciśnięcia przycisku. Po zwolnieniu przycisku zawór **samoczynnie powraca do pozycji neutralnej** (pozycja „b” na rysunku symbolu graficznego zaworu), zamykając przepływ. Naciśnięcie przycisku zaworu (1.2) powoduje otwarcie przepływu doprowadzającego sprężone powietrze do siłownika (dolny wylot na powyższym rysunku) i w efekcie wysunięcie jego tłoczyska. Dopóki przycisk jest przytrzymywany, tłoczysko siłownika pozostaje wysunięte, ponieważ cały czas przykładane jest do niego ciśnienie. Zwolnienie przycisku (1.2) powoduje samoczynny

powrót zaworu do pozycji zamknięcia, w której następuje odprowadzenie powietrza z komory siłownika do atmosfery przez drugi (górny na powyższym rysunku) wylot zaworu i w efekcie wsunięcie tłoczyska pod wpływem wewnętrznej sprężyny powrotnej.

Wariant rozwiązania ze sterowaniem pośrednim

W przypadku, gdy pomiędzy rozdzielaczem 3/2 sterowanym przyciskiem (1.2) a siłownikiem (1.3) zostanie zastosowany np. sterowany ciśnieniem rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną (element 1.4 na rysunku poniżej), układ będzie realizował **sterowanie pośrednie** elementem wykonawczym. W takim przypadku dopływ czynnika roboczego do siłownika będzie otwierany i zamykany przez rozdzielacz (1.4), którego pozycje robocze będzie przełączał zawór (1.2).



Przykład sterowania pośredniego siłownikiem

Cyklogram pracy układu pozostanie niezmienny w stosunku do rozwiązania ze sterowaniem bezpośrednim.

6. Wykonanie ćwiczenia

W zależności od liczebności zespołu wykonującego ćwiczenie, może on zostać podzielony na mniejsze grupy, które w części praktycznej będą wykonywać indywidualne zadania. Poniżej przedstawiony jest ogólny zarys przebiegu ćwiczenia.

1. Wprowadzenie: omówienie budowy podstawowych elementów pneumatycznych, dostępnych na stanowisku laboratoryjnym.
2. Sporządzenie schematów funkcjonalnych i cyklogramów pracy prostych układów pneumatycznych. (Przykładowe zadania zostały wyszczególnione w załączniku do instrukcji.)
3. Montaż zaprojektowanego układu pneumatycznego na stanowisku.
4. Prezentacja działania zbudowanego układu oraz omówienie ewentualnych rozwiązań alternatywnych.
5. Wykonanie sprawozdania.
6. Zakończenie: demontaż i schowanie użytych elementów, uporządkowanie stanowiska.

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wypełnioną niezbędnymi danymi stroną tytułową (wzór na ostatniej stronie instrukcji)
- opis zadań do zrealizowania,
- schematy funkcjonalne zaprojektowanych układów pneumatycznych z wyszczególnieniem użytych elementów sterujących i wykonawczych,
- schemat połączeń elementów na tablicy montażowej (dopuszczalna fotografia),
- graficzne przedstawienie działania głównych elementów sterujących i wykonawczych, w postaci cyklogramu pracy układu,
- ewentualne propozycje rozwiązań alternatywnych.

Sprawozdanie powinno zostać wykonane w obrębie czasu przewidzianego na realizację ćwiczenia i oddane bezpośrednio po jego zakończeniu.

Zgodnie z regulaminem Laboratorium Napędów Hydraulicznych i Pneumatycznych, ostateczne zaliczenie ćwiczenia, na którym niezbędne będzie wykazanie się umiejętnością samodzielnego zaprojektowania i zbudowania prostego układu pneumatycznego, następuje w terminie podanym w grafiku Laboratorium.

7. Zasady bezpieczeństwa

Ze względu na poruszające się części oraz występujące w układzie wysokie ciśnienie robocze, podczas wykonywania ćwiczenia należy zachować szczególną ostrożność, aby uniknąć nieszczęśliwego wypadku lub uszkodzenia stanowiska na skutek nieprawidłowo wykonanego połączenia, wadliwego zamocowania urządzeń, bądź np. spowodowania niekontrolowanego zadziałania elementów ruchomych.

- **Przed podłączeniem zasilania** pneumatycznego do zmontowanego na stanowisku układu należy **dokładnie** sprawdzić, czy układ jest prawidłowo złożony, czy nie ma luźnych połączeń lub mocowań, uszkodzonych części lub przewodów, bądź innych potencjalnych zagrożeń.
- Przed uruchomieniem **sprężarki** dokładnie sprawdzić, czy wszystkie **połączenia pneumatyczne** są prawidłowo wykonane i zabezpieczone przed przypadkowym rozłączeniem.
- **Nie wolno** rozłączać ani wymieniać żadnych elementów, gdy w układzie panuje **ciśnienie** robocze.
- Na tablicy montażowej mogą być montowane **wyłącznie** elementy stanowiące **wyposażenie stanowiska**.
- Przed uruchomieniem układu **dokładnie** sprawdzić, czy wszystkie **poruszające się elementy**, a szczególnie tłoczyska siłowników, mają wystarczającą ilość miejsca na wykonywanie ruchów roboczych.
- Na drodze tłoczysk siłowników nie mogą znajdować się **żadne przeszkody** poza ewentualnymi wyłącznikami krańcowymi lub czujnikami.
- Należy pozostawać **w bezpiecznej odległości od siłowników**, ponieważ istnieje ryzyko ich niespodziewanego zadziałania.

8. Literatura

1. Szenajch W.: Napęd i sterowanie pneumatyczne, WNT Warszawa 1992.
2. Węsierski Ł.: Elementy i układy pneumatyczne, OW NOT Kielce 1989-1990.
3. Polska norma PN-ISO 1219-1:1994.

Zestaw zadań wykonywanych w ramach ćwiczenia laboratoryjnego

Zadanie B12a

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **bepośrednim** sterowaniem siłownikiem jednostronnego działania, którego tłoczysko wysuwa się, gdy wciśnięte są dwa przyciski, a po zwolnieniu jednego z nich powraca do pozycji całkowitego wsunięcia.

(Wskazówka: 2x rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany przyciskiem)

Zadanie B21a

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **bepośrednim** sterowaniem siłownikiem dwustronnego działania, którego tłoczysko wysuwa się po wychyleniu dźwigni i cofa się po jej zwolnieniu.

(Wskazówka: rozdzielacz 5/2 ze sprężyną powrotną sterowany dźwignią)

Zadanie P11a

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **pośrednim** sterowaniem siłownikiem jednostronnego działania, którego tłoczysko wysuwa się po naciśnięciu przycisku i cofa się po jego zwolnieniu.

(Wskazówka: rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany przyciskiem + rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany ciśnieniem)

Zadanie P12a

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **pośrednim** sterowaniem siłownikiem jednostronnego działania, którego tłoczysko zostaje wysunięte, gdy wciśnięte są dwa przyciski, a po zwolnieniu jednego z nich powraca do pozycji całkowitego wsunięcia.

(Wskazówka: 2x rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany przyciskiem + zawór zdwojonego sygnału („AND”) lub rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany ciśnieniem)

Zadanie P12b

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **pośrednim** sterowaniem siłownikiem jednostronnego działania, którego tłoczysko wysuwa się po krótkim naciśnięciu jednego przycisku i cofa się po krótkim naciśnięciu drugiego przycisku.

(Wskazówka: 2x rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany przyciskiem + rozdzielacz 5/2 bistabilny sterowany obustronnie ciśnieniem)

Zadanie P12c

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **pośrednim** sterowaniem siłownikiem jednostronnego działania, którego tłoczysko wysuwa się po naciśnięciu jednego z dwóch przycisków i cofa się po jego zwolnieniu.

(Wskazówka: 2x rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany przyciskiem + przełącznik obiegu („OR”) + rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany ciśnieniem)

Zadanie P21a

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **pośrednim** sterowaniem siłownikiem dwustronnego działania, którego tłoczysko wysuwa się po naciśnięciu przycisku i cofa się po jego zwolnieniu.

(Wskazówka: rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany przyciskiem + sterowany ciśnieniem rozdzielacz 5/2 ze sprężyną powrotną)

Zadanie P22a

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **pośrednim** sterowaniem siłownikiem dwustronnego działania, którego tłoczysko wysuwa się po naciśnięciu jednego przycisku, zatrzymuje się po jego zwolnieniu, natomiast cofa się po naciśnięciu drugiego przycisku.

(Wskazówka: 2x rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany przyciskiem + rozdzielacz 5/3 ze sprężyną powrotną sterowany obustronnie ciśnieniem, całkowicie zamknięty w pozycji neutralnej)

Zadanie P22b

Zaprojektować i zbudować układ pneumatyczny z **pośrednim** sterowaniem siłownikiem dwustronnego działania, którego tłoczysko wysuwa się po krótkim naciśnięciu jednego przycisku i cofa się po krótkim naciśnięciu drugiego przycisku.

(Wskazówka: 2x rozdzielacz 3/2 ze sprężyną powrotną sterowany przyciskiem + rozdzielacz 5/2 bistabilny sterowany obustronnie ciśnieniem)

Zadanie zaliczeniowe

Układ pneumatyczny z elementami automatyzacji i regulacji prędkości pracy (projekt + montaż na stanowisku).

INSTYTUT MASZYN ROBOCZYCH CIĘŻKICH		LABORATORIUM NAPĘDÓW HYDRAULICZNYCH I PNEUMATYCZNYCH	
Nr ćwiczenia: HP4	Temat: <i>Podstawowe elementy układów pneumatycznych</i>		
Zespół:	Grupa:	Data:	
		D/W/Z	

Lista osób wykonujących ćwiczenie:

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.