

Hydrostatyczne Układy Napędowe

Laboratorium

Temat:

Sterowanie elektropneumatyczne
— sekwencyjne

CEL ĆWICZENIA

Celem laboratorium jest zapoznanie się podstawowymi elementami układów pneumatycznych, sposobami sterowania oraz możliwości sekwencjonowania ruchu elementów wykonawczych w pneumatyce - zrozumienie idei wykorzystywanej przy układach pneumatycznych, w których siłowniki wykonują ruch w odpowiedniej kolejności, ściśle zależny od ruchu poprzednich elementów wykonawczych.

WIADOMOŚCI PODSTAWOWE

Podstawowe cechy, zalety oraz wady układów pneumatycznych zaprezentowano poniżej.

Medium	Podzespoły	Parametry
<ul style="list-style-type: none">• Łatwy dostęp do nieograniczonych ilości czynnika roboczego• Łatwy transport sprężonego powietrza na duże odległości• Możliwość magazynowania i transportu sprężonego powietrza w zbiornikach• Odporność medium na wahania temperatury• Nieszczelność instalacji nie skutkuje natychmiastową awarią• Sprężone powietrze przy odpowiednio przygotowanym układzie nie zanieczyszcza otoczenia, może być stosowane np. w przemyśle spożywczym	<ul style="list-style-type: none">• Prosta konstrukcja elementów pneumatycznych• Dobre zabezpieczenie układu przed przeciążeniem• Dobry stosunek jednostki przenoszonej mocy do masy elementów układu• Duża trwałość elementów systemu pneumatycznego• Łatwa naprawa i duża odporność na uszkodzenia	<ul style="list-style-type: none">• Duże prędkości robocze elementów wykonawczych:<ul style="list-style-type: none">• siłowniki pneumatyczne 1-2 m/s• silniki pneumatyczne do 30 000 obr/min• turbiny do 450 000 obr/min• Możliwość płynnego sterowania i regulacji prędkości ruchu elementów wykonawczych poprzez dławienie natężenia przepływu czynnika roboczego• Możliwość sterowania i regulacji wartości siły i momentu obrotowego generowanych przez pneumatyczne elementy wykonawcze poprzez wartość ciśnienia sprężonego powietrza

Wady i ograniczenia układów pneumatycznych

- Ograniczona aspektem ekonomicznym wartość możliwych do uzyskania sił roboczych < 35 kN przy ciśnieniach < 0,7 MPa
- Duży koszt przygotowania medium – sprężanie powietrza wymaga dużych nakładów energii
- Mgła olejowa stosowana w systemach pneumatycznych przenika do otoczenia w trakcie wyrzutu powietrza z układu
- Hałas związany z wypływem powietrza wymusza konieczność stosowania elementów tłumiących
- Ścisłość medium nie pozwala na uzyskanie równomiernej i stałej prędkości ruchu

Rozdzielacze

Zawory rozdzielające (rozdzielacze) to elementy sterujące kierunkiem przepływu. Rozdzielacze można podzielić ze względu na kilka cech:

- Liczba dróg przepływu — jest to liczba otworów utworzonych w zaworze, przez które przepływa czynnik roboczy, są one odcinane bądź też wzajemnie łączone przez element sterujący zaworu. Najczęściej spotykanymi rodzajami zaworów są zawory dwu-, trzy-, i czterodrogowe.
- Liczba położeń elementu sterującego zaworu — najczęściej są używane zawory dwu- i trzypołożeniowe,
- Rodzaje sterowania zaworu — gama sposobów sterowań takimi zaworami jest szeroka, od najprostszych sterowań ręcznych bądź nożnych (w których osoba obsługująca dokonuje przełączeń za pomocą siły mięśni), poprzez mechaniczne, elektryczne, ciśnieniowe — pneumatyczne aż do sposobów mieszanych,
- Odmiany sterowania — wyróżniamy takie typy jak: sterowane bezpośrednio lub pośrednio, mające własny system wspomagania. Zawory utrzymujące położenie sterowane również po odjęciu sygnału sterującego — zawory bi-stabilne, oraz powracające do położeń początkowych po zabraniu sygnału sterującego - zawory monostabilne,
- Sposób zasilania — może występować zasilanie przewodowe lub bezprzewodowe.



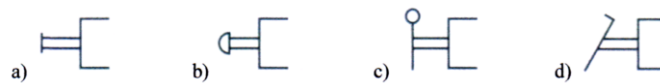
Rys. 1. Rozdzielacze pneumatyczne sterowanie elektrycznie [2]

Wymienione pierwsze cztery cechy są niezależne od rozwiązań konstrukcyjnych i mają odzwierciedlenie w schematach funkcjonalnych układów pneumatycznych. Zawory w schematach funkcjonalnych są reprezentowane przez zestawy przylegających do siebie kwadratów. Liczba kwadratów wskazuje ilość możliwych położeń elementu sterującego zaworu. Przyłącza doprowadzające i odprowadzające są rysowane po zewnętrznych stronach kwadratu i zawsze przy tym, któremu odpowiada pozycja wyjściowa. Liczba tych przyłączy wskazuje iludrogowy jest rozdzielacz. Funkcje realizowane oznaczane są symbolicznie wewnątrz kwadratów. Linie wewnątrz kwadratów wskazują możliwe sposoby łączenia przyłączy. Są one zakończone strzałkami, które wskazują kierunek przepływu. Odcięcie przepływu jest symbolizowane poprzeczną kreską. Łączenie się dróg wewnątrz zaworów symbolizują kropki na przecięciu się ich. Niezaczerniony trójkąt jest symbolem wylotu powietrza do atmosfery. Przykładowe oznaczenia zostały ukazane poniżej w tabeli (tabela 1).

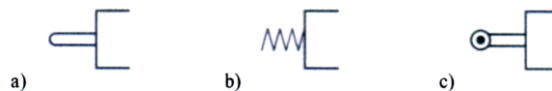
Tabela 1. Przykładowe symbole funkcjonalne zaworów rozdzielających ISO 1219

Rodzaj zaworu rozdzielającego	Symbol funkcjonalny
Dwudrogowy dwupołożeniowy normalnie otwarty	
Dwudrogowy dwupołożeniowy normalnie zamknięty	
Trzydrogowy dwupołożeniowy otwarty	
Trzydrogowy dwupołożeniowy zamknięty	
Czterodrogowy dwupołożeniowy	
Pięciodrogowy dwupołożeniowy	

Do powyższych symboli funkcjonalnych są dołączane również symbole oznaczające sposoby sterowań, prezentowane poniżej na rysunkach. Są one znormalizowane i zawsze umieszczane na zewnątrz symbolu zaworu prostopadłe do przyłączy.



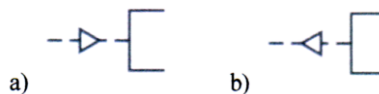
Rys. 2. Sterowanie siłą mięśni a) symbol ogólny, b) przyciskiem, c) dźwignią, d) pedałem



Rys. 3. Sterowanie mechaniczne a) popychaczem lub przyciskiem, b) sprężyną, c) przyciskiem z rolką



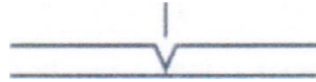
Rys. 4. Sterowanie elektryczne a) elektromagnes z jedną cewką, b) elektromagnes z dwoma cewkami działającymi przeciwnie



Rys. 5. Sterowanie ciśnieniowe bezpośrednie a) przez wzrost ciśnienia, b) przez spadek ciśnienia



Rys. 6. Sterowanie ciśnieniowe pośrednie a) przez wzrost ciśnienia w zaworze głównym, wywołanym przez zawór wspomagający, b) przez spadek ciśnienia w zaworze głównym, wywołany przez zawór wspomagający



Rys. 7. Zapadka wymuszająca utrzymanie określonego położenia



Rys. 8. Przykłady sposobów sterowań [2]

Oprócz powyżej wymienionych sterowań, są stosowane także sterowania mieszane, które są ich kombinacją. Przy sterowaniach mieszanych spotykamy najczęściej kompilacje zawsze dwóch innych. Ich symbole są umieszczane na tej samej zasadzie jak przy sterowaniach pojedynczych.

W oznaczeniach pneumatycznych ważne jest numerowanie przyłączy, które jest ujednolicone ustalonymi normami i ułatwia odpowiednie podłączenie zaworu. W zaworach mogą występować cztery rodzaje przyłączy:

- Zasilania,
- Robocze,
- Odpowietrzania,
- Sygnałów sterujących.

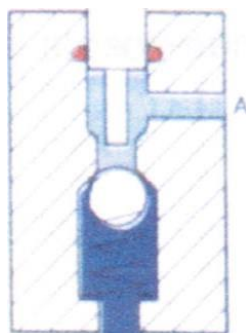
Oznaczeniami przyłączy są obecnie cyfry, które zastąpiły wcześniej stosowane litery. Sposób znakowania i opisu przedstawia tabela 2.

Tabela 2 Oznaczenia przyłączy elementów pneumatycznych.

Rodzaj przyłącza	Aktualne oznaczenie cyfrowe	Poprzednie oznaczenie literowe
Wlot, przyłącze ciśnienia zasilania	1	P
Przyłącze robocze	2, 4, 6	A, B, C
Przyłącze odpowietrzania	3, 5, 7	R, S, T
Przyłącza sygnałów sterujących robocze	10, 11, 12, 14	X, Y, Z

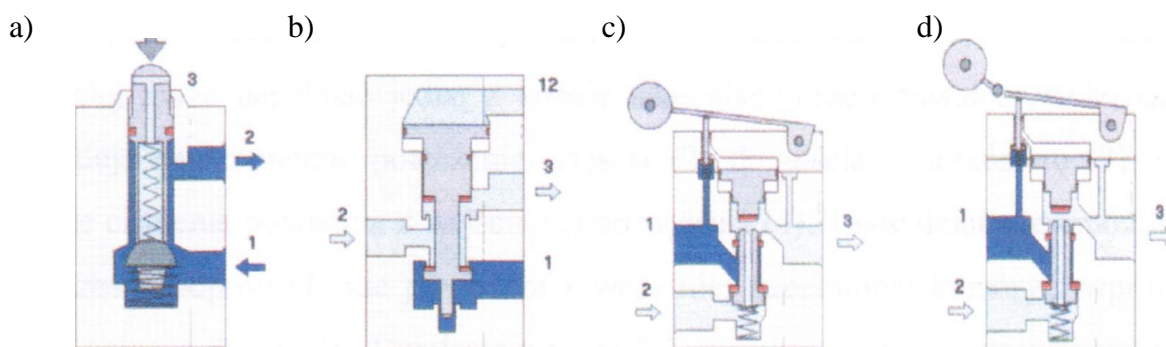
Przyłącza sygnałów sterujących otrzymują zawsze oznaczenia dwucyfrowe. Uaktywnienie przyłącza o oznaczeniu 12 powoduje zawsze przesterowanie i połączenie przyłączy 1 i 2, natomiast uaktywnienie przyłącza o oznaczeniu 14 powoduje połączenie po przesterowaniu zaworu przyłączy 1 i 4. Symbole 10 i 11 są przeznaczone dla przyłączy ciśnieniowych np. w zaworach podwójnego sygnału.

Najprostszym przykładem stosowanego rozdzielacza jest zawór dwudrogowy dwupołożeniowy (2/2), z możliwością otwierania lub zamykania dopływu powietrza do odbiorników. Na rys. 9 przedstawiony jest sposób działania takiego elementu. Elementem zamykającym jest kulka dociskana przez sprężynę do gniazda zaworu, która odcina tym samym dopływ powietrza. Przepływ powietrza jest otwierany poprzez przesunięcie kulki popychaczem.



Rys. 9. Schemat ideowy zaworu 2/2

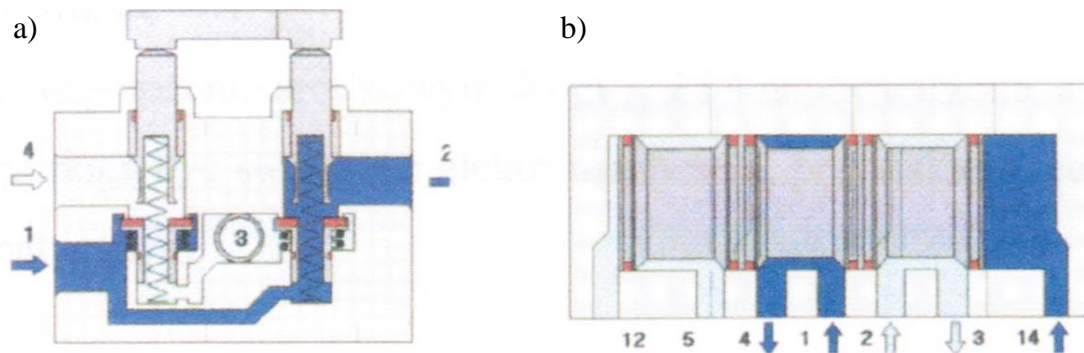
Zawór rozdzielający trójdrogowy dwupołożeniowy (3/2) ma wbudowany specjalny popychacz z kanałem odpowietrzającym. Sterowanie tymi rozdzielaczami odbywa się w sposób ręczny, pneumatyczny lub mechaniczny (rys. 10).



Rys. 10. Schematy ideowe zaworów rozdzielających a) sterowany przyciskiem, b) sterowanie pneumatyczne, c) sterowanie mechaniczne za pomocą rolki, d) sterowanie mechaniczne za pomocą rolki łamanej.

Rozdzielacze te charakteryzują się wspólną zasadą działania: przepływ powietrza podawanego do przyłącza (1) zostaje zablokowany przez element odcinający (2). Swobodny przepływ powietrza między komorami (1) i (2) następuje dopiero po przesterowaniu zaworu, mechanicznym przesunięciu elementu odcinającego powietrze, przez wciśnięcie ręczny popychacza (a), podanie ciśnienia sterującego (b) lub wciśnięcie rolki obrotowej (c) i (d). Zwolnienie elementu odcinającego powietrze, puszczenie przycisku, odjęcie ciśnienia sterującego lub zwolnienie rolki, powoduje przesterowanie rozdzielacza i ponowne zablokowanie przepływu powietrza, jednocześnie umożliwiając ujście jego nadmiaru do atmosfery wyjściem (3).

Zawory zawierające więcej dróg; cztero- (4/2) bądź też pięciodrogowe (5/2) dwupołożeniowe (rys. 11a i b), opierają się na tym samym sposobie działania. W praktyce najczęściej zawory takie są stosowane do sterowania ruchem siłowników dwustronnego działania.



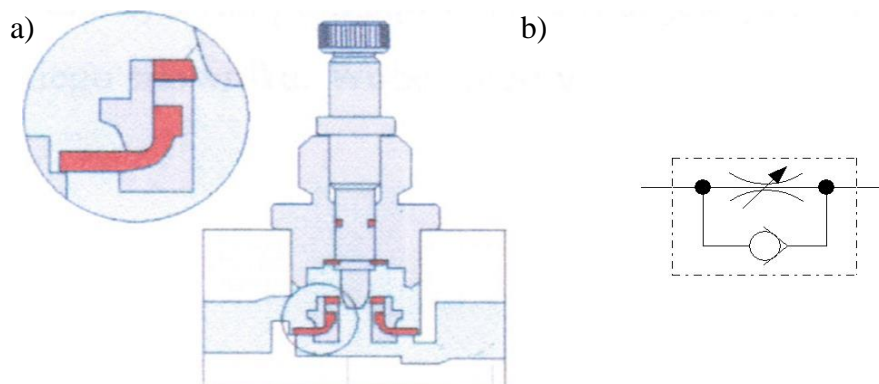
Rys. 11. Schematy ideowe zaworów rozdzielających a) rozdzielacz zaworowy 4/2 sterowany mechanicznie, b) rozdzielacz suwakowy 5/2 sterowany pneumatycznie

Ciśnienie podane do przyłącza (1) w stanie spoczynku zaworu 4/2 (rys. 11a) jest kierowane do wyjścia (2) zaworu i dalej do jednej z komór siłownika. Przerobienie rozdzielacza powoduje połączenie wyjścia (2) do ujścia w atmosferę (3) oraz podanie ciśnienia powietrza z wejścia (1) do wyjścia (4). Umożliwia to zasilanie drugiej komory siłownika i jednocześnie odprowadzenie czynnika roboczego z pierwszej komory. Działanie zaworu 5/2 sterowanego pneumatycznie (rys. 11b) opiera się na tej samej zasadzie. Przerobienie zaworu w tym przypadku odbywa się za pomocą ciśnienia sterującego podawanego na wejścia (12) i (14).

Zawory pięciodrogowe trójpołożeniowe 5/3 cechują się jeszcze większymi możliwościami. Służą głównie do sterowania siłownikami dwustronnego działania z możliwością zatrzymania ruchu siłownika w dowolnym momencie. Mogą być wyposażone w dodatkowe urządzenia sterujące tj. zegary czasowe, sterowniki PLC, itp. Położenie neutralne zaworu jest ustalane za pomocą dwóch sprężyn w chwili odcięcia sygnału sterującego.

Zawory dławiąco-zwrotne

Zawory dławiąco-zwrotne należą do grupy zaworów sterujących natężeniem przepływu. Mogą one być nastawiane ręcznie, mechanicznie lub elektropneumatycznie. Natężenie przepływu jest zazwyczaj ustawiane ręcznie przy pomocy pokrętki. Jego obrót powoduje zmniejszenie szczeliny powietrznej, w wyniku zbliżenia iglicy do gniazda w zaworze. Funkcja dławienia jest spełniana przy przepływie powietrza tylko w jednym kierunku, przepływ w kierunku przeciwnym jest uniemożliwiony przez sprężystą uszczelkę.



Rys. 12. Zawór dławiąco-zwrotny a) schemat ideowy, b) symbol funkcjonalny

Zawory sterujące natężeniem przepływu stosowane są do sterowania prędkością ruchu siłowników i silników pneumatycznych. Zawory dławiące mogą być umieszczone na wlocie lub wylocie elementu wykonawczego:

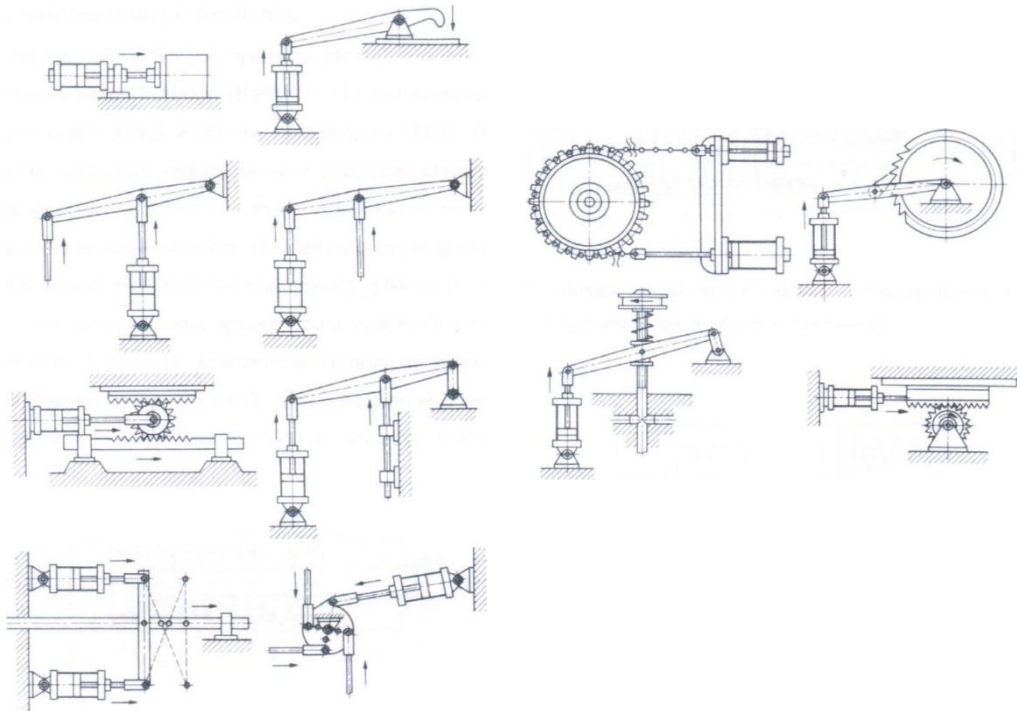
- Dławienie na wlocie — tzw. dławienie pierwotne, w którym steruje się natężeniem powietrza doprowadzanym do siłownika, w wyniku czego uzyskuje się zmianę prędkości ruchu tłoka. Odprowadzenie powietrza w takim połączeniu nie jest hamowane i wydostaje się ono bez dławienia do atmosfery. Stosując układy z takim dławieniem należy uważać na działające zmiany obciążenia na tłoczysko, które mogą znacznie wpływać na jego prędkość ruchu. Najczęściej jest ono stosowane przy sterowaniu siłownikami jednostronnego działania,
- Dławienie na wylocie — tzw. dławienie wtórne, w którym steruje się natężeniem powietrza uchodzącym do atmosfery na wylocie z odbiornika. Zastosowanie tego sposobu dławienia w układach pneumatycznych poprawia efektywność i stabilność pracy siłownika. Najczęściej jest ono stosowane w siłownikach dwustronnego działania.

Pneumatyczne elementy wykonawcze

Zastosowaniem pneumatycznych układów wykonawczych w przemyśle jest wprawianie w ruch mechanizmów i elementów maszyn. Jest to możliwe dzięki zamianie czynnika roboczego, występującego w postaci sprężonego powietrza, na energię mechaniczną przy zastosowaniu siłowników i silników pneumatycznych.

Podział pneumatycznych elementów wykonawczych:

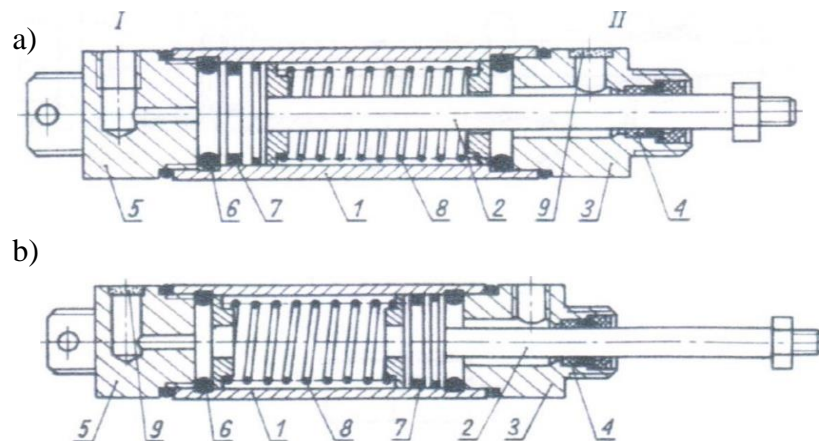
- Silniki liniowe (siłowniki pneumatyczne):
 - Jednostronnego działania:
 - Tłokowe,
 - Membranowe,
 - Dwustronnego działania:
 - Z amortyzacją w krańcowych położeniach,
 - Z obustronnym tłoczyskiem
- Silniki obrotowe (silniki pneumatyczne):
 - Tłokowe,
 - Łopatkowe,
 - Zębate,
 - Przepływowe – turbiny.



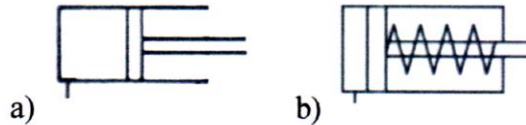
Rys. 13. Przykłady instalacji siłowników [1]

Siłowniki jednostronnego działania

Ruch postępowy w siłowniku jednostronnego działania (rys. 14) jest wymuszony powietrzem podawanym tylko z jednej strony elementu ruchomego — tłoka. Tłok przemieszcza się w komorze aż do krańcowego położenia, ruch powrotny jest wymuszony sprężyną lub siłą grawitacji. Siłowniki jednostronnego działania charakteryzują się stosunkowo niewielkim skokiem roboczym. Elementy te mogą być stosowane w układach zarówno jako same elementy wykonawcze jak również sterujące oraz rozdzielające.



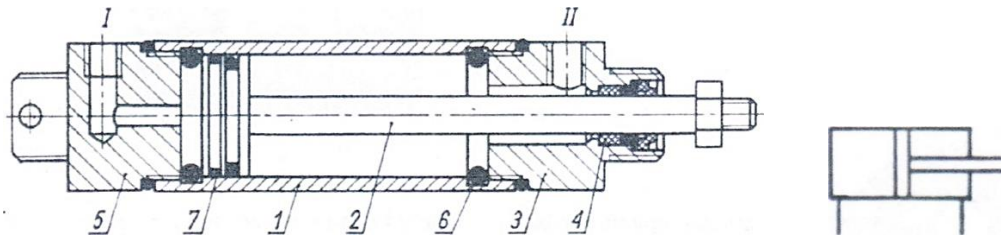
Rys. 14. Siłownik jednostronnego działania — a) ruch roboczy (wysuw) – siłownik pchający, b) ruch roboczy (wsuw) – siłownik ciągnący [1]



Rys. 15. Symbol funkcjonalny siłownika jednostronnego działania a) ruch powrotny pod wpływem siły zewnętrznej, b) ruch powrotny pod wpływem sprężyny powrotnej

Siłowniki dwustronnego działania

Zasada działania siłownika dwustronnego działania (rys. 16) opiera się na doprowadzaniu sprężonego powietrza z obu stron tłoka w sposób naprzemienny. Powietrze sprężone z elementu zasilającego jest kierowane przez rozdzielacz i doprowadzane do jednej z komór siłownika, gdzie ciśnieniem powietrza wymusza przemieszczenie tłoka. Gdy następuje przesterowanie rozdzielacza, sprężone powietrze jest kierowane do przeciwnej komory siłownika, w tym samym momencie następuje połączenie drugiej komory z atmosferą, a tym samym jej opróżnienie. Tak jest realizowany cykl wysuwu i powrotu siłownika. Siłowniki te są szeroko stosowane w pneumatycznych układach napędowych.



Rys. 16. Siłownik dwustronnego działania oraz symbol funkcjonalny [1]

W stosunku do siłowników jednostronnego działania mają one szereg zalet. Mogą osiągać skoki nawet do 2 m, ruch do przodu nie jest hamowany przez sprężynę, ruch powrotny jest równomierny oraz szybki. Prędkości ruchu tłoczyska mogą być nastawiane w obu kierunkach. Ogranicznikami skoku siłownika są zwykle zderzaki tłoka w cylindrze. Możliwe jest również montowanie specjalnych tłumików (zderzaków) mających łagodzić niekorzystne zjawiska związane z wyhamowywaniem znacznych mas o dużych prędkościach.

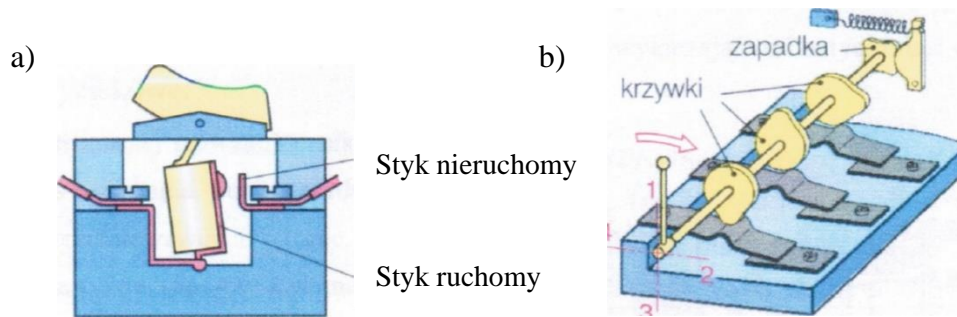
Elementy sterujące

Przełączniki ręczne

Przełączniki ręczne są elementami, które pozostają w pozycji, w jakiej zostały ustawione. Wśród konstrukcji łączników możemy spotkać różne rozwiązania, najpowszechniej stosowane są typu:

- Przechyłnego — charakteryzują się dwoma położeniami — włączony/wyłączony (rys. 17a),
- Wybierakowego — mogą zapewniać kilka kombinacji łączenia (rys. 17b) — uruchamianie łącz odbywa się za pośrednictwem krzywek.

Przyciskami można uruchamiać nawet kilka zestyków jednocześnie. Elementy te umożliwiają sterowanie kilkoma niezależnymi obwodami elektrycznymi.



Rys. 17. Przelącznik a) ręczny typu przechylnego — możliwe dwa położenia, b) ręczny wybierakowy (krzywkowy) z czterema kombinacjami łączenia

Łączniki

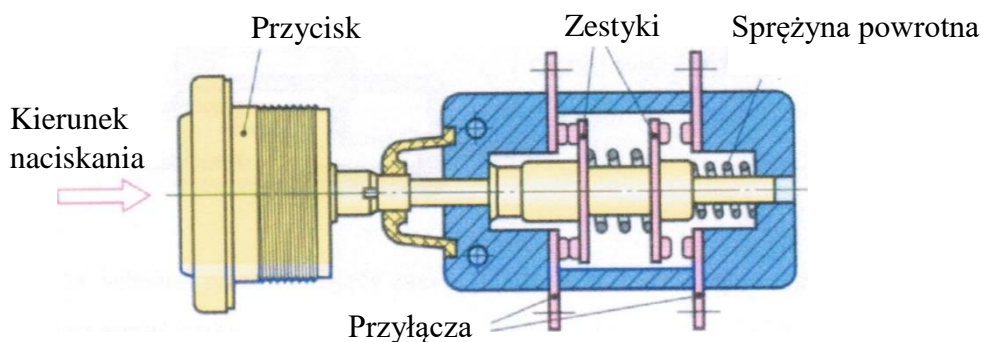
Jednymi z najważniejszych elementów składowych sterowania elektropneumatycznego są łączniki (zestyki) uruchamiane najczęściej ręcznie lub mechanicznie. Możemy wyróżnić dwa rodzaje zestyków:

- Zestyk zwierny — normalnie otwarty „no” — po uruchomieniu zamyka obwód prądowy,
- Zestyk rozwierny — normalnie zamknięty „ni” — po uruchomieniu przerywa obwód prądowy.

Łączniki przyciskowe

Przyciski (łączniki przyciskowe) są elementami, które działają tylko podczas naciskania. Połączenie lub rozłączenie odbywa się dzięki ruchomym elementom przemieszczanym ręcznie. Przyciski tak jak i przełączniki mają najczęściej po kilka zestyków (np. trzy zwierny i trzy rozwierny). Powrót w położenie początkowe zestyków łącznika zapewnia ściskana w trakcie przyciskania sprężyna (rys. 18).

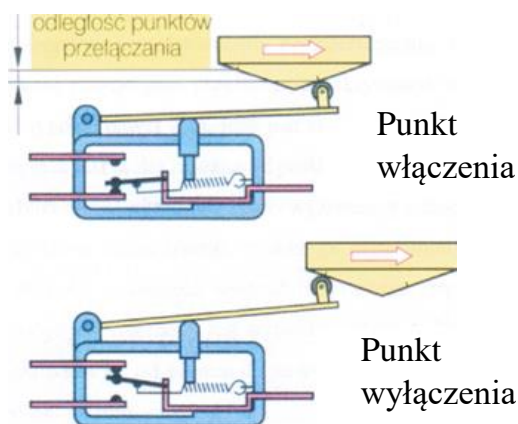
Często są wykorzystywane np. do uruchamiania ręcznego cyklu pracy, bądź jako wyłączniki awaryjne. Łączniki, które są wykorzystywane jako awaryjne muszą posiadać duży czerwony przycisk najlepiej umieszczony na żółtym tle. Są one zawsze zestykami rozwiernymi, wyłączającymi natychmiast obwód prądowy.



Rys. 18. Schemat łącznika przyciskowego

Łączniki krańcowe

Łączniki krańcowe są elementami sygnalizującymi osiągnięcie przez ruchomy element roboczy określonej pozycji bądź położenia krańcowego. W momencie określania pozycji krańcowych często współpracują z ogranicznikami. Są uruchamiane za pomocą krzywek zderzaków itp. Łączniki są wyposażone w zestyki migowe, są to mikro wyłączniki, łączniki migowe, mające zapewnić skokowy zestyk, bądź rozwarcie, nawet przy bardzo powolnym uruchamianiu. Załączenie łącznika krańcowego może odbywać się bezpośrednio poprzez nacisk popychacza z hartowanej stali, bądź też pośrednio przy wykorzystaniu specjalnej dźwigni z rolką (rys. 19). Stosowanie dźwigni powoduje zwiększenie drogi potrzebnej do przełączenia, jednak w dużym stopniu sprzyja zmniejszeniu siły potrzebnej do tego zadania. Różnica drogi pomiędzy punktem włączenia i wyłączenia łącznika jest nazywana histerezą przełączania.



Rys. 19. Schemat przedstawiający zasadę działania łącznika krańcowego uruchamianego pośrednio poprzez dźwignię z rolką

Literatura

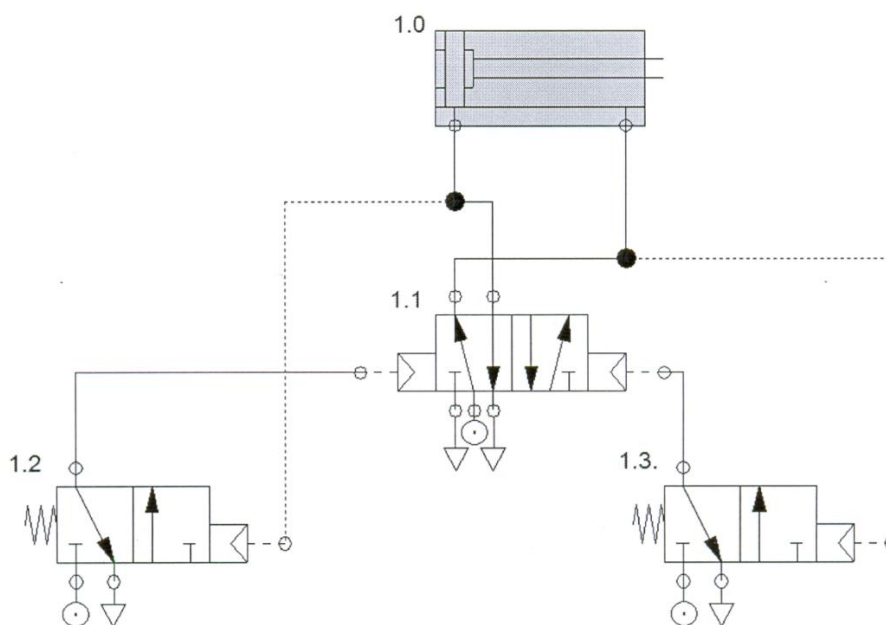
1. Szenajch W., „Napęd i sterowanie pneumatyczne”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa 1997.
2. Katalog firmy Parker.

SPOSÓB PRZEPROWADZENIA ĆWICZENIA

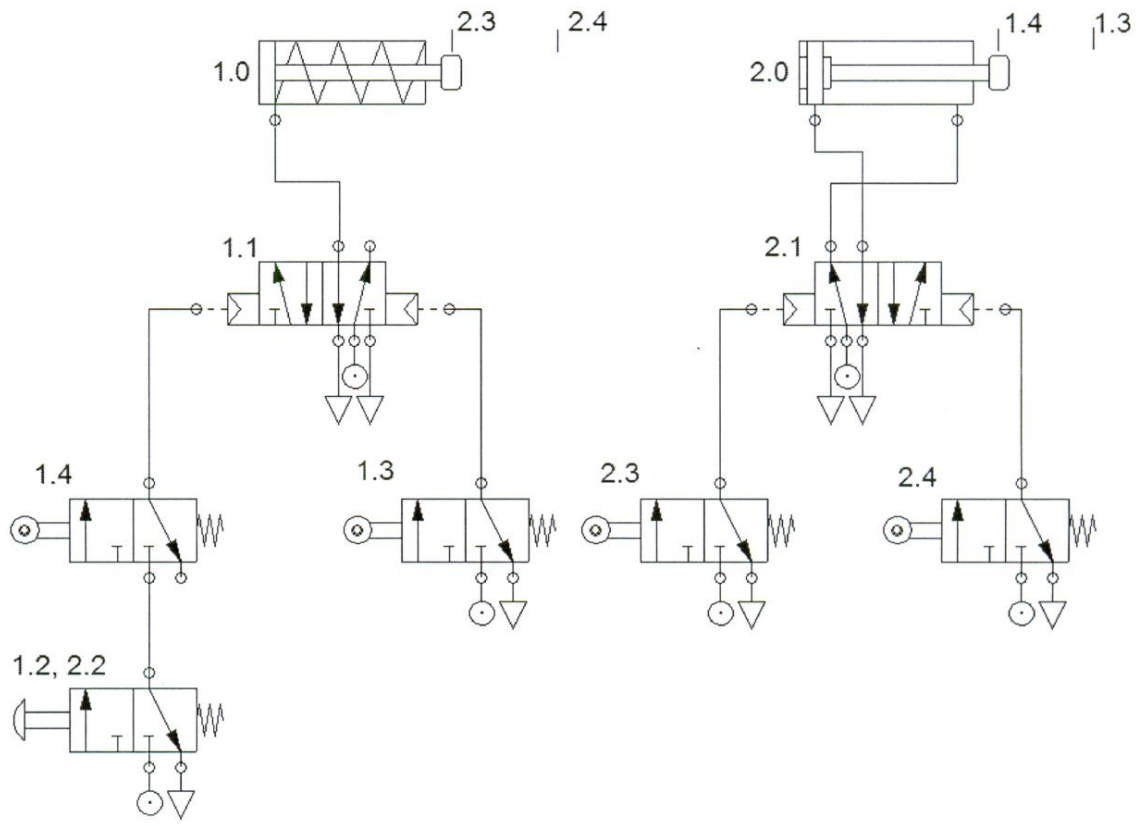
Podczas zajęć laboratoryjnych należy zidentyfikować elementy pneumatyczne dostępne na stanowisku, przeanalizować sposób podłączenia poszczególnych elementów układu, przeanalizować zasadę działania oraz samodzielnie zmontować układy przedstawione na rys. 20 – 22. Następnie zaobserwować zmiany kierunku ruchu siłownika (siłowników) hydraulicznych w zależności od sposobu sterowania sekwencyjnego.

W sprawozdaniu z wykonanego ćwiczenia należy:

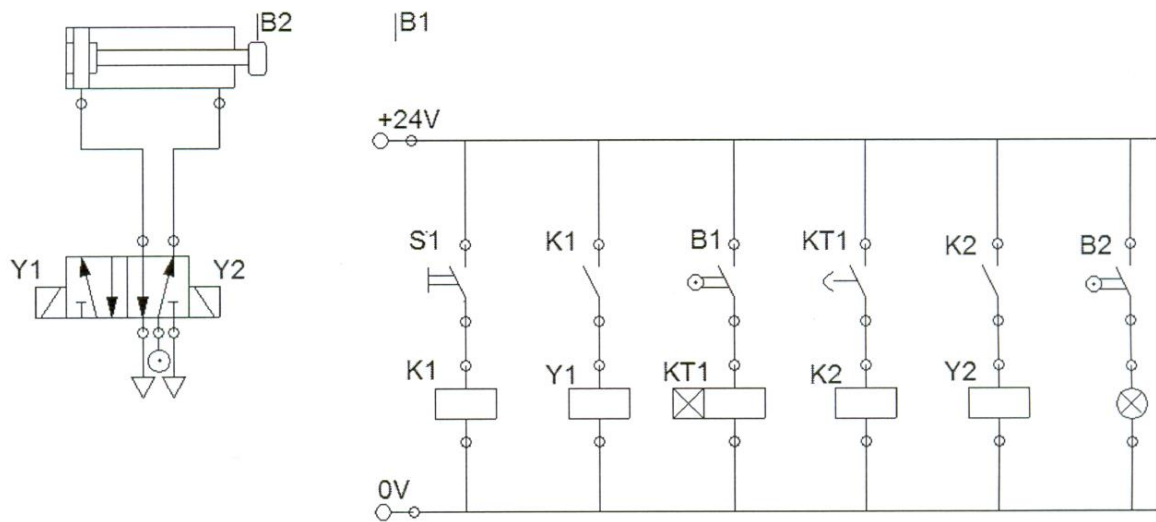
- Opisać zasadę działania każdego z montowanych na zajęciach układów pneumatycznych,
- Narysować cyklogramy pracy dla każdego z montowanych na zajęciach układów pneumatycznych.



Rys. 20. Schemat układu pneumatycznego nr 1



Rys. 21. Schemat układu pneumatycznego nr 2



Rys. 22. Schemat układu pneumatycznego nr 3