

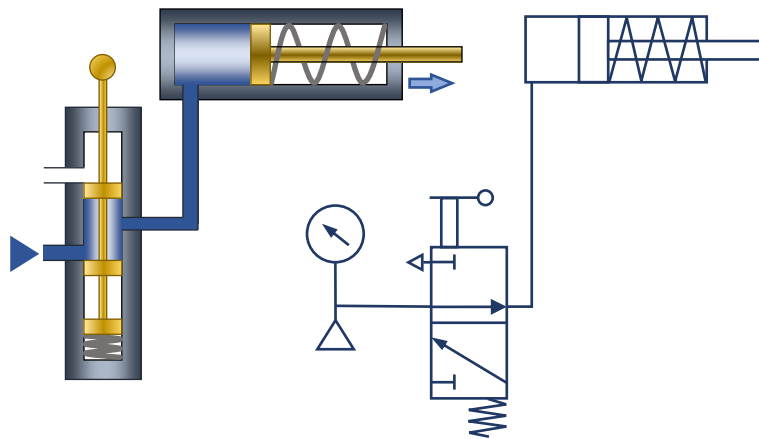
Automatyka i robotyka przemysłowa

Układy pneumatyczne

Wytwarzanie sprężonego powietrza

Pneumatyczne układy napędowe

Sterowanie pneumatyczne



Pneumatyka to dziedzina nauki i techniki zajmująca się prawami rządzącymi przepływem sprężonego gazu.

Układ pneumatyczny to zbiór wzajemnie połączonych elementów pneumatycznych wykorzystujących jako czynnik roboczy gaz pod ciśnieniem.

Zastosowanie układów pneumatycznych

- **Napęd pneumatyczny** – technika wprowadzania w ruch maszyn i urządzeń z wykorzystaniem energii sprężonego gazu (gaz pod ciśnieniem jest nośnikiem energii).
- **Sterowanie pneumatyczne** – technika oddziaływania na parametry układu za pomocą sprężonego gazu (gaz pod ciśnieniem jest nośnikiem informacji). W układach logicznych przyjmuje się, że ciśnienie atmosferyczne oznacza 0, ciśnienie wyższe od atmosferycznego 1.
- **Napęd i sterowanie pneumatyczne** – napęd i sterowanie, w którym zarówno przekazywanie energii jak i sterowanie odbywa się za pośrednictwem gazu pod ciśnieniem.















W układach pneumatycznych jako nośnik energii i sygnału najczęściej wykorzystywane jest sprężone powietrze.

Układy pneumatyczne

Zalety	Wady
czynnik roboczy – sprężone powietrze	
<ul style="list-style-type: none">• nieograniczony dostęp do surowca (atmosfera) łatwe przechowywanie nawet dużych ilości,• łatwy transport przewodowy (rury),• po zużyciu, bez dalszego przetwarzania, może być uwalniane bezpośrednio do atmosfery,	<ul style="list-style-type: none">• konieczność oczyszczania z zanieczyszczeń (para wodna, pył),• duża ściśliwość – wpływa na uzależnienie układów od obciążeń i utrudnia uzyskiwanie małych i stałych prędkości tłoków siłowników,
elementy pneumatyczne	
<ul style="list-style-type: none">• prostota oraz trwałość konstrukcji,• relatywnie rzadkie i tanie zabiegi konserwacyjne, łatwa wymiana zużytych elementów (w porównaniu z odpowiadającymi elementami mechanicznymi),• relatywnie niskie koszty eksploatacji,• brak przegrzewania pod wpływem przeciążenia (brak zagrożenia pożarowego),• możliwość pracy w trudnych środowiskach (zagrożonych pożarem lub eksplozją).	<ul style="list-style-type: none">• niskie obciążenie wynikające z uzyskiwanych ciśnień roboczych (10 bar),• ograniczona długość przemieszczeń liniowych wynikająca z konstrukcji siłowników,• duża zależność ruchu od obciążenia,• hałas wynikający z pracy sprężarek i uwalniania powietrza po użyciu.

<p>PN-ISO 1219-1:1994 ISO 1219-1:2012</p>	<p>Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Symbole graficzne i schematy układów -- Symbole graficzne (wycofana) Fluid power systems and components — Graphical symbols and circuit diagrams — Part 1: Graphical symbols for conventional use and data-processing applications</p>
<p>PN-ISO 1219-2:1998 ISO 1219-2:2012</p>	<p>Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Symbole graficzne i schematy układów -- Schematy układów (wycofana) Fluid power systems and components — Graphical symbols and circuit diagrams — Part 2: Circuit diagrams</p>
<p>PN-EN ISO 4414:2011</p>	<p>Napędy i sterowania pneumatyczne -- Ogólne zasady i wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów i ich elementów</p>
<p>PN-ISO 2944:2005</p>	<p>Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Ciśnienia nominalne</p>
<p>PN-M-73020:1973</p>	<p>Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Elementy i zespoły hydrauliczne i pneumatyczne -- Ogólny podział i oznaczenie (wycofana)</p>
<p>PN-ISO 4393:1998</p>	<p>Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Cylindry -- Skoki tłoka; szereg podstawowy</p>
<p>PN-ISO 4401:2001 ISO 4401:2005</p>	<p>Napędy i sterowania hydrauliczne -- Rozdzielacze czterodrogowe -- Powierzchnie przyłączeniowe (wycofana) Hydraulic fluid power — Four-port directional control valves — Mounting surfaces</p>
<p>PN-ISO 8573-1:1995 ISO 8573-1:2010</p>	<p>Sprężone powietrze ogólnego stosowania -- Zanieczyszczenia i klasy (wycofana) Compressed air — Part 1: Contaminants and purity classes</p>

Podstawowe symbole elementów pneumatycznych

Symbol	Opis	Symbol	Opis
	<p>Przewody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • roboczy, zasilanie sterowania, • sygnał sterowania. 		Wskaźnik lub kontrola temperatury
	Obrys elementów funkcyjnych stanowiących zespół		Sprężyna
	Elementy mechaniczne (wał dźwignia, tłoczek)		Dławienie czynnika roboczego
	Kierunek przepływu i rodzaj czynnika roboczego (niewypełniony to czynnik pneumatyczny)		Połączenie przewodów
	Kierunek ruchu lub przepływu: ruch prostoliniowy jedno i dwukierunkowy, ruch obrotowy		Skrzyżowanie przewodów bez połączenia
	Możliwa zmienność lub nastawność parametrów (długi grot strzałki)		Droga wylotowa czynnika roboczego nieprzystosowana do łącznika
	Zamknięcie kanału, odcięcie drogi przepływu		Droga wylotowa czynnika roboczego z łącznikiem

Wytwarzanie sprężonego powietrza

Norma **ISO 8573-1:2010** (Sprężone powietrze ogólnego stosowania -- Zanieczyszczenia i klasy) wyróżnia trzy podstawowe zanieczyszczenia sprężonego powietrza:

- woda (para wodna naturalnie występująca w powietrzu atmosferycznym),
- zanieczyszczenia stałe (kurz i pyły powstające w procesach technologicznych),
- olej (smarowanie ruchomych elementów w urządzeniach pneumatycznych),

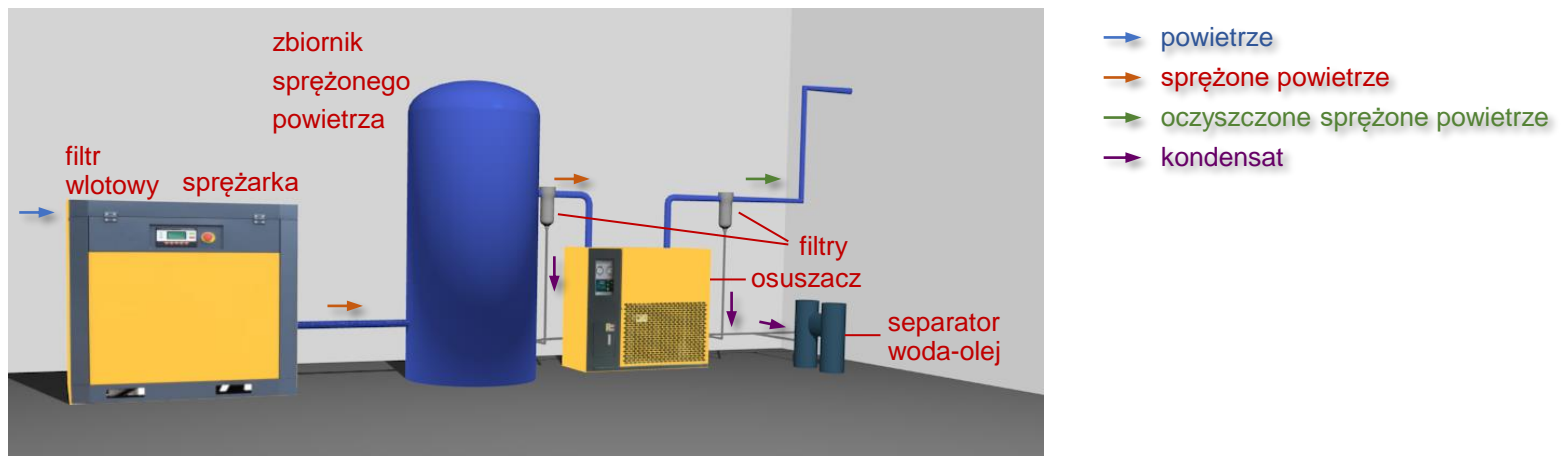
oraz definiuje klasy czystości powietrza (od 0 do X).

Klasa	Cząstki stałe			Woda		Olej (w postaci aerozoli i pary)
	wg. rozmiaru (dopuszczalna zawartość na m^3)			ciśnieniowy punkt rosy	w stanie ciekłym	mg/m^3
	0,1 – 0,5 μm	0,5 – 1,0 μm	1,0 – 5,0 μm			
0	Zgodnie ze specyfikacją użytkownika lub dostawcy sprzętu i bardziej rygorystyczne niż klasa 1					
1	$\leq 20\ 000$	≤ 400	≤ 10	≤ -70	–	$\leq 0,01$
2	$\leq 400\ 000$	$\leq 6\ 000$	≤ 100	≤ -40	–	$\leq 0,1$
3	–	$\leq 90\ 000$	$\leq 1\ 000$	≤ -20	–	≤ 1
...

Wytwarzanie sprężonego powietrza

Proces wytwarzania sprężonego powietrza

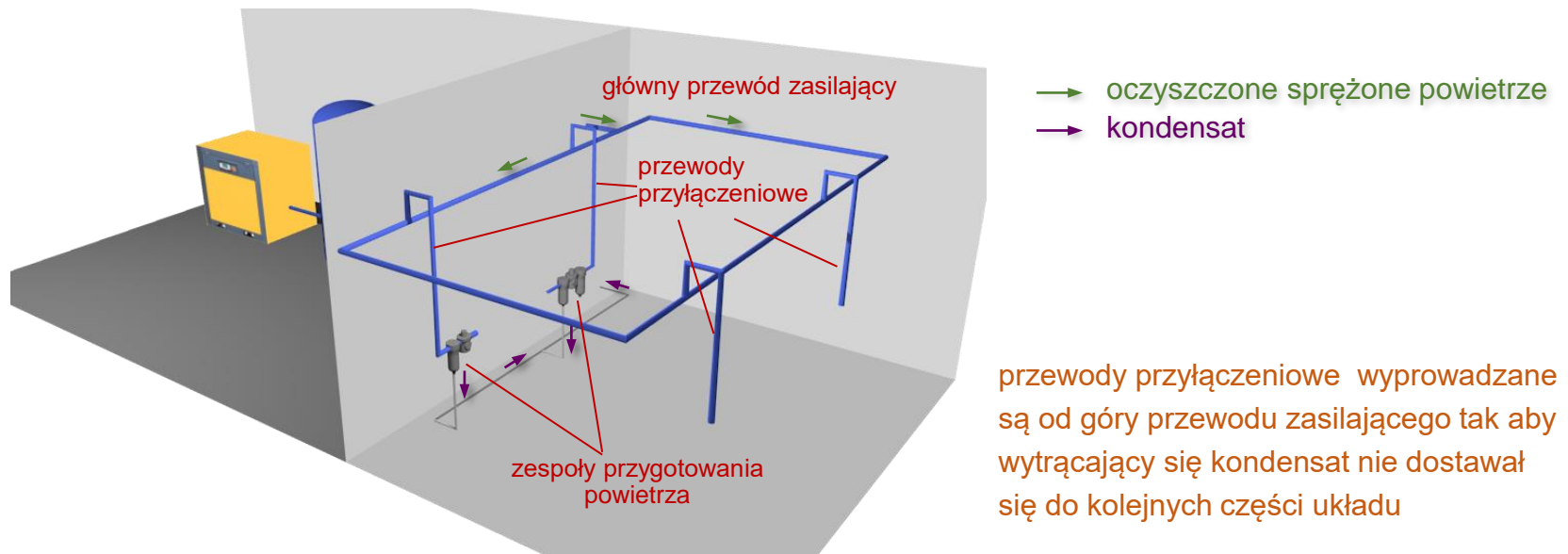
- **filtr wlotowy** sprężarki wykonuje wstępne oczyszczanie powietrza,
- **sprężarka** przetwarza energię mechaniczną (silnik) w energię sprężonego powietrza (zwykle ok. 7 barów),
- **zbiornik** gromadzi sprężone powietrze (zapobiega wahaniom ciśnienia w instalacji),
- **osuszacz** usuwa wodę wytrąconą przez zmiany ciśnienia i temperatury
- **filtry**, usuwają zanieczyszczenia z powietrza opuszczającego sprężarkę (rdza, pył, olej),
- **kondensat** (mieszanka wody, cząstek stałych i olejów) jest odprowadzany do **separatora woda-olej**, w którym woda jest oddzielana od zanieczyszczeń



Instalacja sprężonego powietrza

Rozprowadzanie sprężonego powietrza

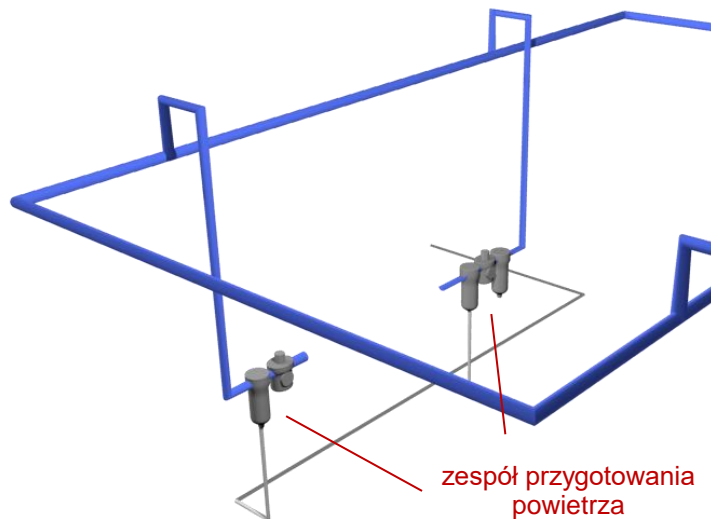
- układ liniowy – główny przewód zasilający ma strukturę otwartą, instalacja stosowana w krótkich systemach, w których odległość między kompresorem powietrza a najbardziej oddalonym punktem poboru jest niewielka,
- układ pierścieniowy – główny przewód zasilający tworzy obwód zamknięty, powietrze dostarczane jest do odbiorników z dwóch stron, zapewnia równomierny rozdział sprężonego powietrza.



Instalacja sprężonego powietrza

Przygotowanie (uzdatnianie) sprężonego powietrza



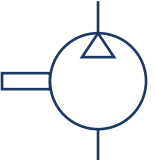



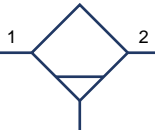


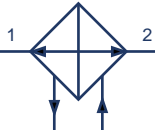
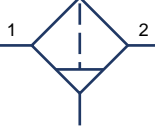
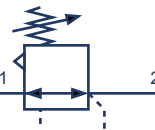
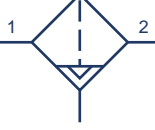
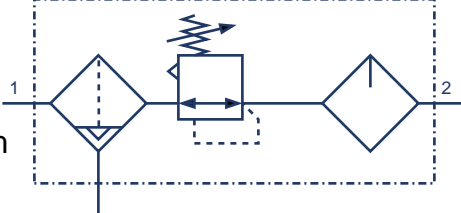
- w przewodach instalacji pneumatycznej wytrąca się kondensat, konieczne jest więc oczyszczanie powietrza bezpośrednio przed odbiornikami,
- ciśnienie zasilania musi być zredukowane do ciśnienia roboczego odbiorników,
- jeśli konieczne jest smarowanie elementów układu, sprężone powietrze należy nasycić mgłą olejową,
- funkcje uzdatniające w instalacji pneumatycznej pełnią **zespoły przygotowania powietrza**.



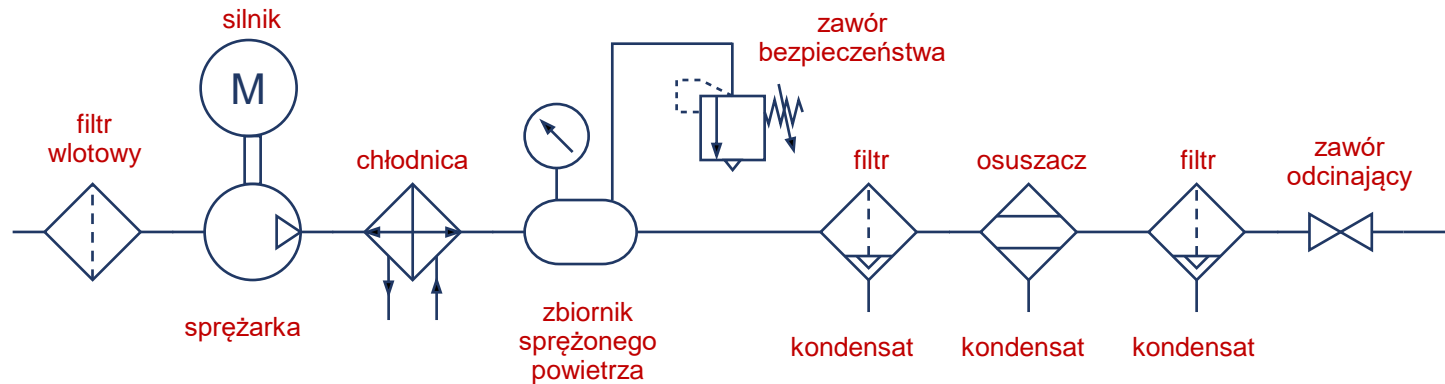
Zespoły przygotowania powietrza budowane są jako układy dwu albo trzy elementowe w których instalowane są:

- filtr,
- zawór redukcyjny,
- smarownica.

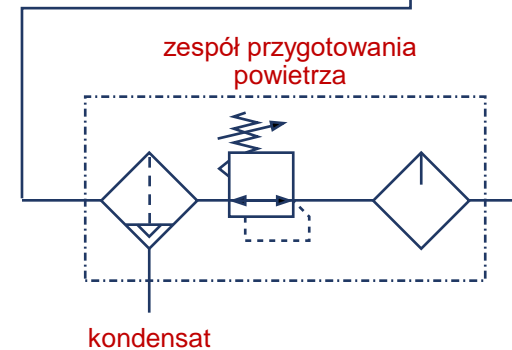
Symbole elementów układu wytwarzania powietrza

Symbol	Opis	Symbol	Opis
	Źródło ciśnienia		Tłumik hałasu
	Sprężarka		Zbiornik
	Filtr, symbol ogólny		Osuszacz
	Odwadniacz ze spustem ręcznym		Smarownica
	Odwadniacz ze spustem automatycznym		Chłodnica
	Filtr z odwadniaczem ze spustem ręcznym		Zawór redukcyjny
	Filtr z odwadniaczem ze spustem automatycznym		Zespół przygotowania powietrza

Wytwarzanie i przygotowanie sprężonego powietrza



Schemat symboliczny układu wytwarzania i przygotowania sprężonego powietrza



Symbole



Manometr



uproszczony symbol

Zespołu przygotowania powietrza



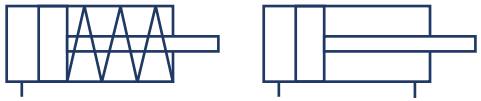
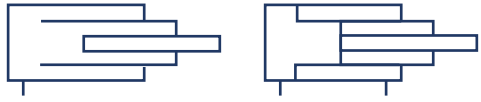
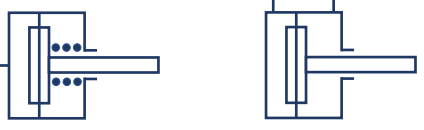
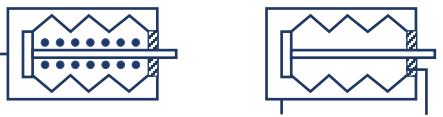


Zawór odcinający

Pneumatyczny układ napędowy to układ przekształcający energię czynnika roboczego (sprężonego powietrza) na energię mechaniczną.

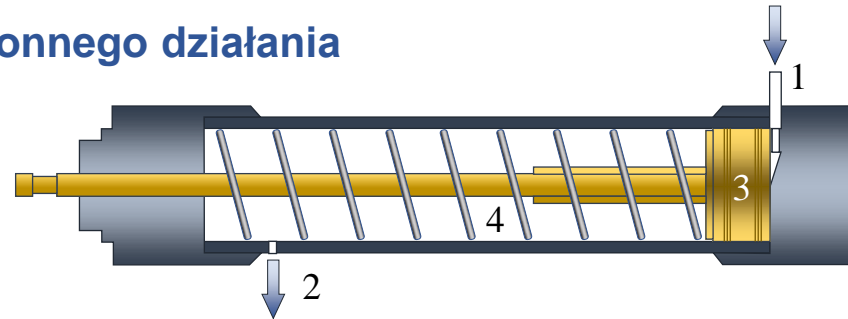
Rodzaje pneumatycznych układów napędowych

- ❑ **Siłowniki pneumatyczne** – wykorzystują energię czynnika roboczego do realizacji ruchów prostoliniowych oraz wytwarzania sił dociskowych lub uderzeniowych, wyróżnia się:
 - siłowniki z prostoliniowym ruchem tłoczyska,
 - siłowniki z wahadłowym ruchem wałka napędowego.
- ❑ **Silniki pneumatyczne** – wykorzystują energię czynnika roboczego do realizacji ruchu obrotowego (o ograniczonym lub nieograniczonym zakresie), wyróżnia się:
 - silniki o ruchu wahadłowym,
 - silniki o ruchu obrotowym,
 - silniki krokowe.

Typy siłowników pneumatycznych

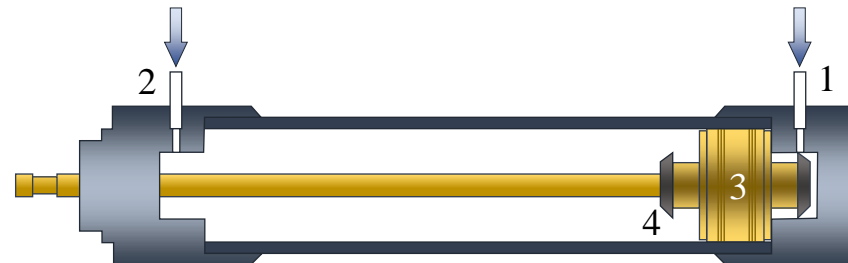
Symbol	Typ	Opis
	Tłokowe	Ruch postępowo-zwrotny, jedno i dwustronne działanie, ciśnienie gazu oddziałuje na powierzchnię tłoka.
	Teleskopowe	Ruchu postępowo-zwrotny, jedno i dwustronne działanie, rodzaj siłowników tłokowych z teleskopowo wysuwającym tłoczyskiem (zwiększenie zakresu wysuwu).
	Membranowe	Ruchu postępowo-zwrotny, jedno i dwustronne działanie, ciśnienie gazu odkształca membranę (ograniczony zakres wysuwu).
	Mieszkowe	Ruch postępowo-zwrotny, jedno i dwustronne działanie, rodzaj siłowników membranowych o zwiększonym zakresie wysuwu.
	Workowe	Ruch postępowo-zwrotny, jednostronne działanie, ciśnienie gazu wypełnia poduszkę, która przesuwaa tłok (odseparowanie czynnika roboczego).
	O ruchu wahadłowym	Ruch wahadłowy (ruch postępowo-zwrotny przekształcany na obrót wałka wyjściowego o ograniczonym zakresie), dwustronne działanie.

Siłownik jednostronnego działania



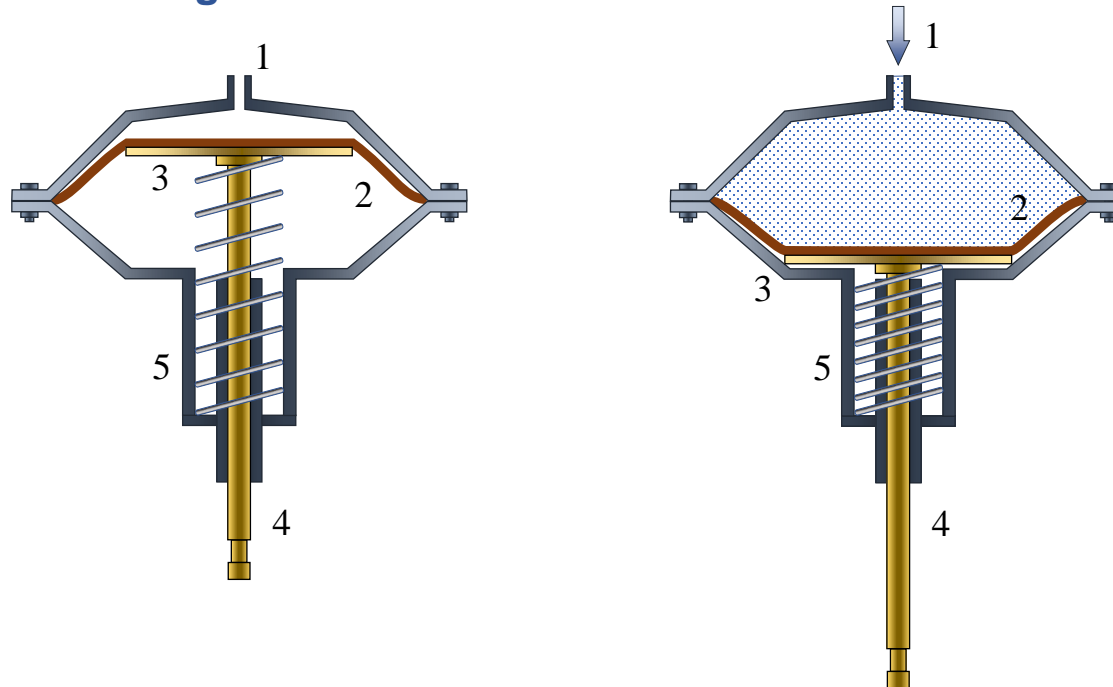
Podanie czynnika roboczego na przyłączy (1) powoduje ruch tłoka (3) w lewo. Nadmiar gazu z komory wypływa przez odpowietrzenie (2). Po zmniejszeniu ciśnienia sprężyna (4) powoduje ruch powrotny tłoka.

Siłownik dwustronnego działania (z amortyzacją)



Podanie czynnika roboczego na przyłączy (1) powoduje ruch tłoka (3) w lewo. Nadmiar powietrza z lewej komory wypływa przez przyłączy (2). Ruch powrotny tłoka wywołuje ciśnienie podane na przyłączy (2), nadmiar gazu z prawej komory wypływa przez przyłączy (1). Uszczelka (4) przymyka odprowadzenie gazu gdy tłok znajduje się w skrajnym położeniu, tworząc amortyzującą poduszkę pneumatyczną, która zmniejsza prędkość ruchu tłoka w końcowej fazie ruchu.

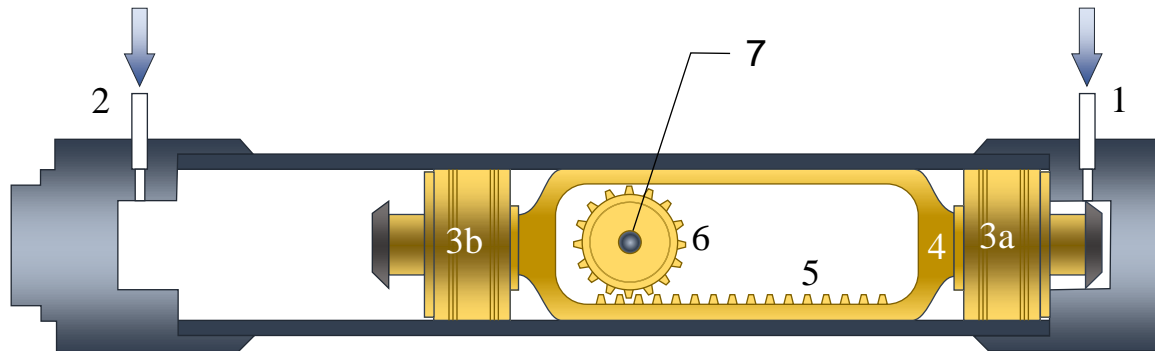
Siłownik jednostronnego działania



Membrana (2) naciska na sztywnik (3) połączony z tłoczyskiem (4), utrzymywanym w położeniu początkowym sprężyną (5). Podanie czynnika na przyłączy (1) powoduje odkształcenie membrany (2), która poprzez sztywnik (3) wypycha tłoczek (4). Po zmniejszeniu ciśnienia sprężyna (5) powoduje ruch powrotny tłoka.

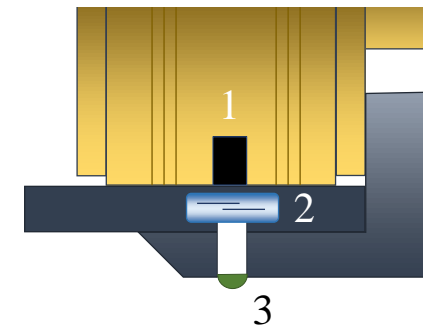
Wada: niewielki ruch roboczy (skok) tłoczyska.

Zalety: nie wymaga smarowania powietrza, odseparowuje czynnik roboczy od części ruchomych.



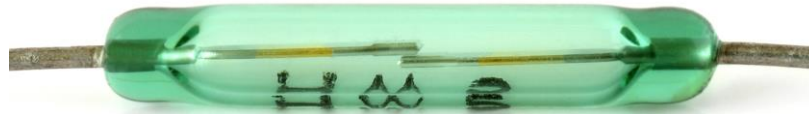
Tłoki siłownika (3a i 3b) połączone są na sztywno z suwakiem (4). Poruszający się suwak (4) poprzez listwę zębatą (5) napędza koło zębate (6) osadzone na wałku wyjściowym (7). Podanie czynnika roboczego na przyłącza (1) lub (2) powoduje ruch całego zespołu odpowiednio w lewo lub w prawo powodując naprzemienny kierunek obrotów wałka (7).

Bezdotykowa sygnalizacja położenia krańcowych



Na tłoku siłownika zamontowany jest magnes trwały (1), na tulei cylindra znajduje się czujnik kontaktronowy (2). Gdy tłok jest w położeniu skrajnym magnes znajduje się nad kontaktronem i powoduje zwarcie zestyków. Sygnał z czujnika może być wyprowadzony na zewnątrz i rejestrowany przez układy sterowania, dodatkowo położenie może być sygnalizowane diodą (3).



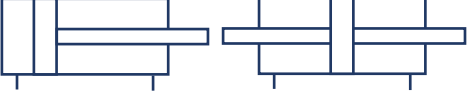




Kontaktrony to łączniki elektryczne zbudowane się z hermetycznej komory (próżniowej lub wypełnionej gazem obojętnym), w której umieszczone są styki z materiału ferromagnetycznego. Po przyłożeniu zewnętrznego pola magnetycznego w stykach indukowane jest pole magnetyczne w wyniku czego przyciągają się i zamykają obwód.



Zastosowanie kontaktronów

- czujniki – reagują na obecność magnesu trwałego (np. czujnik otwarcia/zamknięcia drzwi, czujnik położenia tłoka),
- przekaźniki – przełączają zestyk pod wpływem pola elektromagnetycznego wzbudzanego w cewce nawiniętej na kontaktron.

Symbole pneumatycznych elementów napędowych

Symbol wg. PN ISO 1219	Nazwa	Opis
	Siłowniki jednostronnego działania pchający	sprężone powietrze wysuwa tłok (pcha), ruch powrotny pod wpływem siły zewnętrznej lub sprężyny
	Siłowniki jednostronnego działania ciągnący	sprężone powietrze wsuwa tłok (ciągnie), ruch powrotny pod wpływem siły zewnętrznej lub sprężyny
	Siłowniki dwustronnego działania	sprężone powietrze przesuwa tłok w obu kierunkach, tłoczątko jednostronne i dwustronne
	Siłowniki z magnetycznym czujnikiem położenia	jedno lub dwustronne działanie, magnetyczny sygnalizator położenia krańcowych
	Siłowniki z tłumieniem nienastawnym	siłowniki z nienastawnym tłumikiem (amortyzacją pneumatyczną) po stronie tylnej i po obu stronach
	Siłowniki z tłumieniem nastawnym	siłowniki z nastawnym tłumikiem (amortyzacją pneumatyczną) po stronie tylnej i po obu stronach
	Siłniki pneumatyczne	Siłniki pneumatyczne: z przepływem w jednym kierunku, w obu kierunkach, o ruchu wahadłowym

Klasyfikacja elementów sterujących

- Elementy sterujące kierunkiem przepływu
 - zawory rozdzielające (rozdzielacze)
 - zawory zwrotne,
 - zawory kolejności przepływu.

- Elementy sterujące natężeniem przepływu powietrza (zawory dławiące).

- Elementy sterujące ciśnieniem powietrza (zawory redukcyjne).

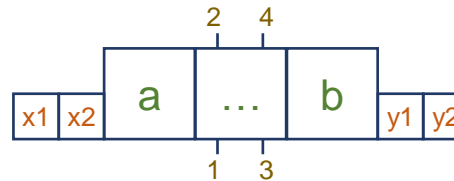
- Elementy o przeznaczeniu specjalnym
 - zawory realizujące funkcje logiczne,
 - zawory zabezpieczające (przełączniki ciśnienia).

Zawory rozdzielające (rozdzielacze) doprowadzają lub odprowadzają czynnik roboczy w określonej chwili do/z konkretnych odbiorników.

Cechy zaworów rozdzielających

- ❑ Liczba dróg przepływu – liczba niepołączonych ze sobą na trwale przyłączy;
- ❑ Liczba położeń (stanów) elementu sterującego;
- ❑ Rodzaj sterowania:
 - siłą ludzkich mięśni (ręcznie lub nożnie),
 - mechaniczne, elektryczne, pneumatyczne,
 - sterowanie mieszane;
- ❑ Odmiana sterowania:
 - bezpośrednio (bez wspomagania),
 - pośrednio (z własnym układem wspomagania),
 - bistabilne (utrzymują położenie po odłączeniu sterowania),
 - monostabilne (powracają do położenia początkowego po odłączeniu sterownia)

Symbol zaworów rozdzielających



- a, ..., b** – oznaczenia możliwych położzeń (stanów) zaworu (strzałki opisujące kierunki przepływu pomiędzy przyłączami);
- x1, x 2, y1, y2** – sterowanie położeniem (symbol kreślący rodzaj sterowania);
- 1, 2, 3, 4** – przyłącza (rysowane tylko przy stanie wyjściowym).

Oznaczenie zaworów rozdzielających

N/M

N – liczba przyłączy, M – liczba stanów.

- Np. 5/3 – pięciodrogowy, trzypołożeniowy,
4/2 – czterodrogowy, dwupołożeniowy,
3/3 – trzydrogowy, trzypołożeniowy.

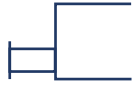
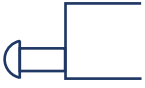





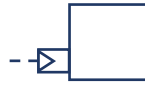
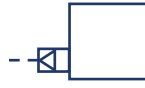


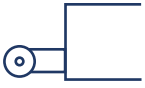
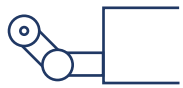

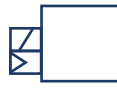

Oznaczenia przyłączy elementów pneumatycznych

Rodzaj przyłącza	Aktualne	Poprzednie
zasilanie (ciśnieniowe)	1	P
robocze	2, 4, 6	A, B, C
odpowietrzenie	3, 5, 7	R, S, T
sterowanie	10, 11, 12, 13	X, Y, Z

Wybrane symbole funkcyjne rozdzielaczy

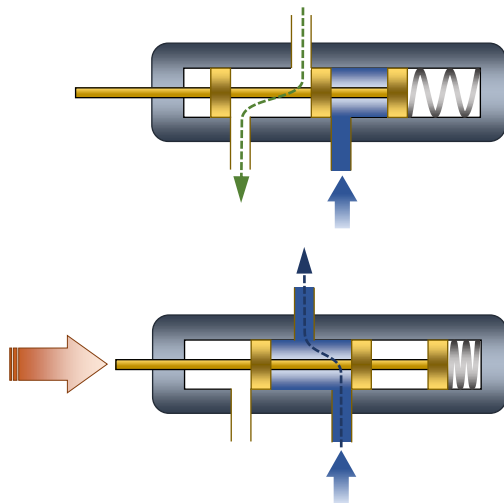
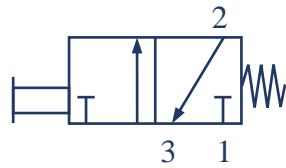
Symbol	Opis
	2/2, dwudrogowy, dwupołożeniowy, normalnie zamknięty i normalnie otwarty
	3/2, trzydrogowy, dwupołożeniowy, normalnie zamknięty i normalnie otwarty
	4/2, czterodrogowy, dwupołożeniowy
	5/2, pięciodrogowy, dwupołożeniowy
	3/3, trzydrogowy, trzypołożeniowy, położenie środkowe odcięte (normalnie zamknięty)
	4/3, czterodrogowy, trzypołożeniowy, położeni środkowe odcięte (normalnie zamknięty)
	4/3, czterodrogowy, trzypołożeniowy, położenie środkowe połączone z atmosferą.

Symbole sposobu sterowania

Symbol	Opis	Symbol	Opis
   	<p>Sterowanie siłą mięśni</p> <ul style="list-style-type: none"> • symbol ogólny • przycisk • dźwignia • pedał 	    	<p>Sterowanie ciśnieniem</p> <ul style="list-style-type: none"> • bezpośrednio przez wzrost ciśnienia • bezpośrednio przez spadek ciśnienia • przez różnicę ciśnień • pośrednio przez wzrost ciśnienia wywołany przez zawór wspomagający • pośrednio przez spadek ciśnienia wywołany przez zawór wspomagający
   	<p>Sterowanie mechaniczne</p> <ul style="list-style-type: none"> • popychacz • sprężyna • dźwignia 	  	<p>Sterowanie elektryczne (elektromagnes)</p> <p>Sterowanie mieszane</p> <ul style="list-style-type: none"> • elektromagnes lub zawór wspomagający • pneumatyczny zawór wspomagający sterowany elektromagnesem

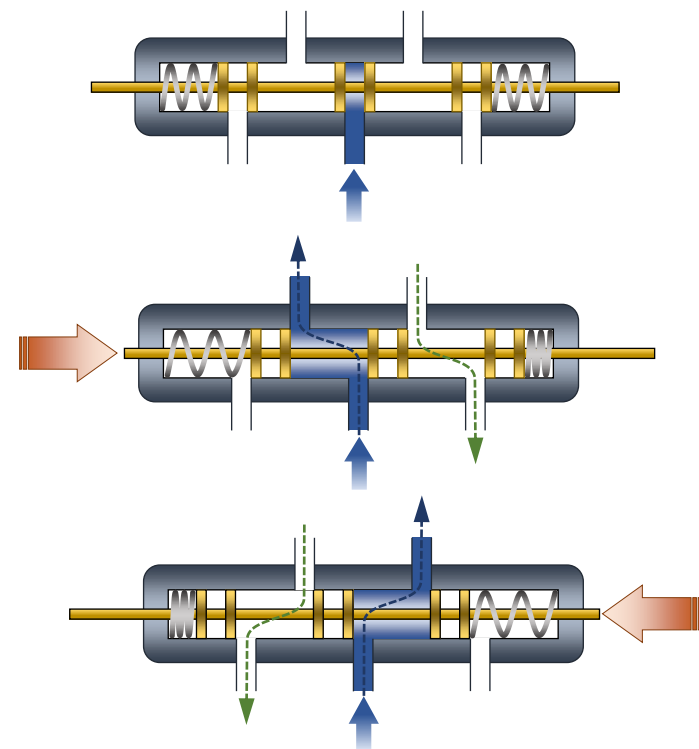
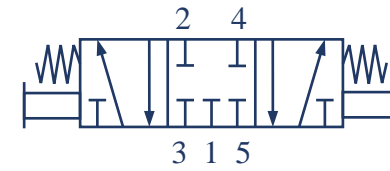
Suwakowe zawory rozdzielające

Zawór rozdzielający 3/2 (trzydrogowy, dwupołożeniowy)

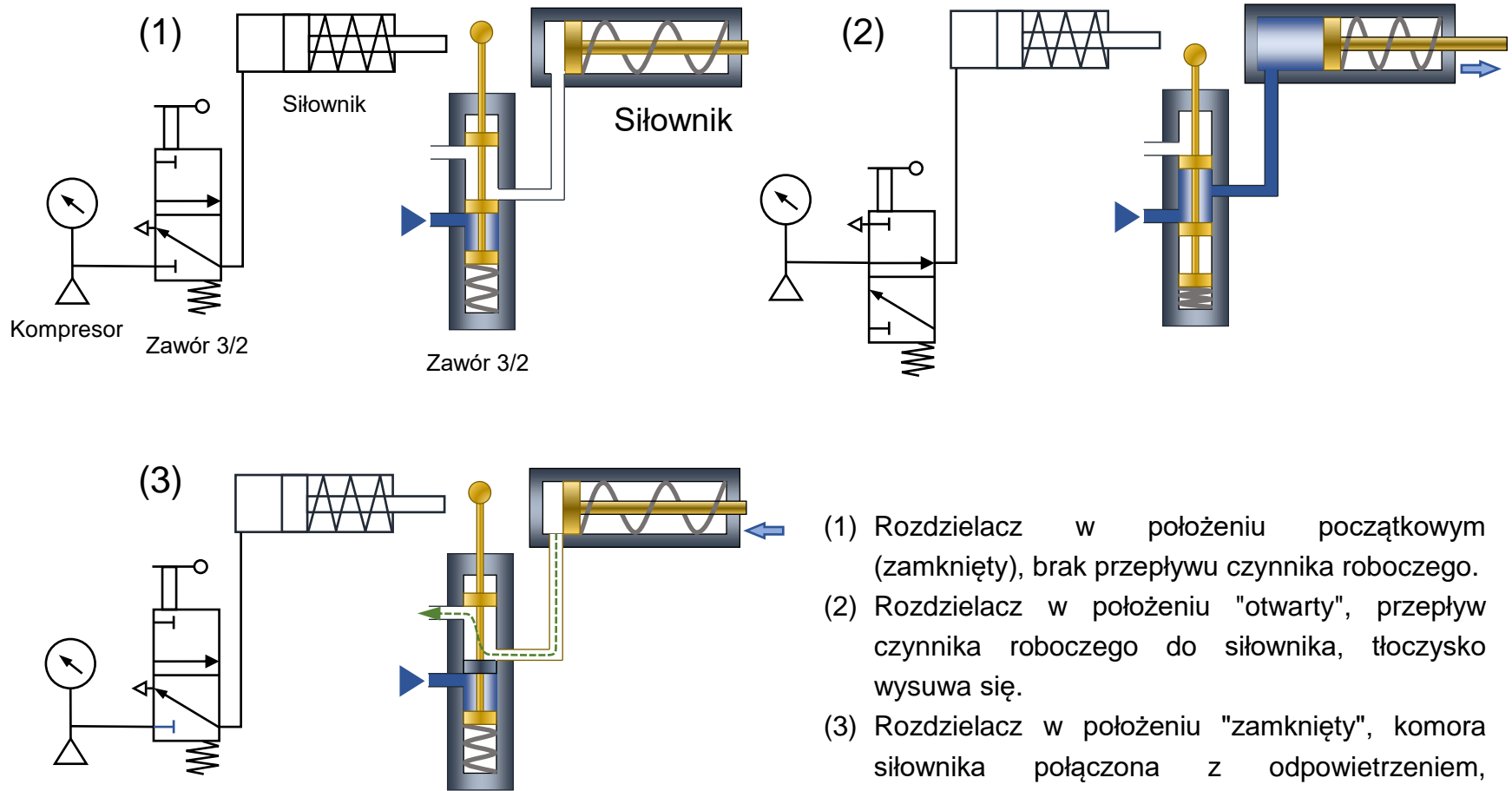


- 1 – przyłącze zasilania (ciśnieniowe)
- 3, 5 – przyłącza odpływowe (odpowietrzenie)
- 2, 4 – przyłącza robocze

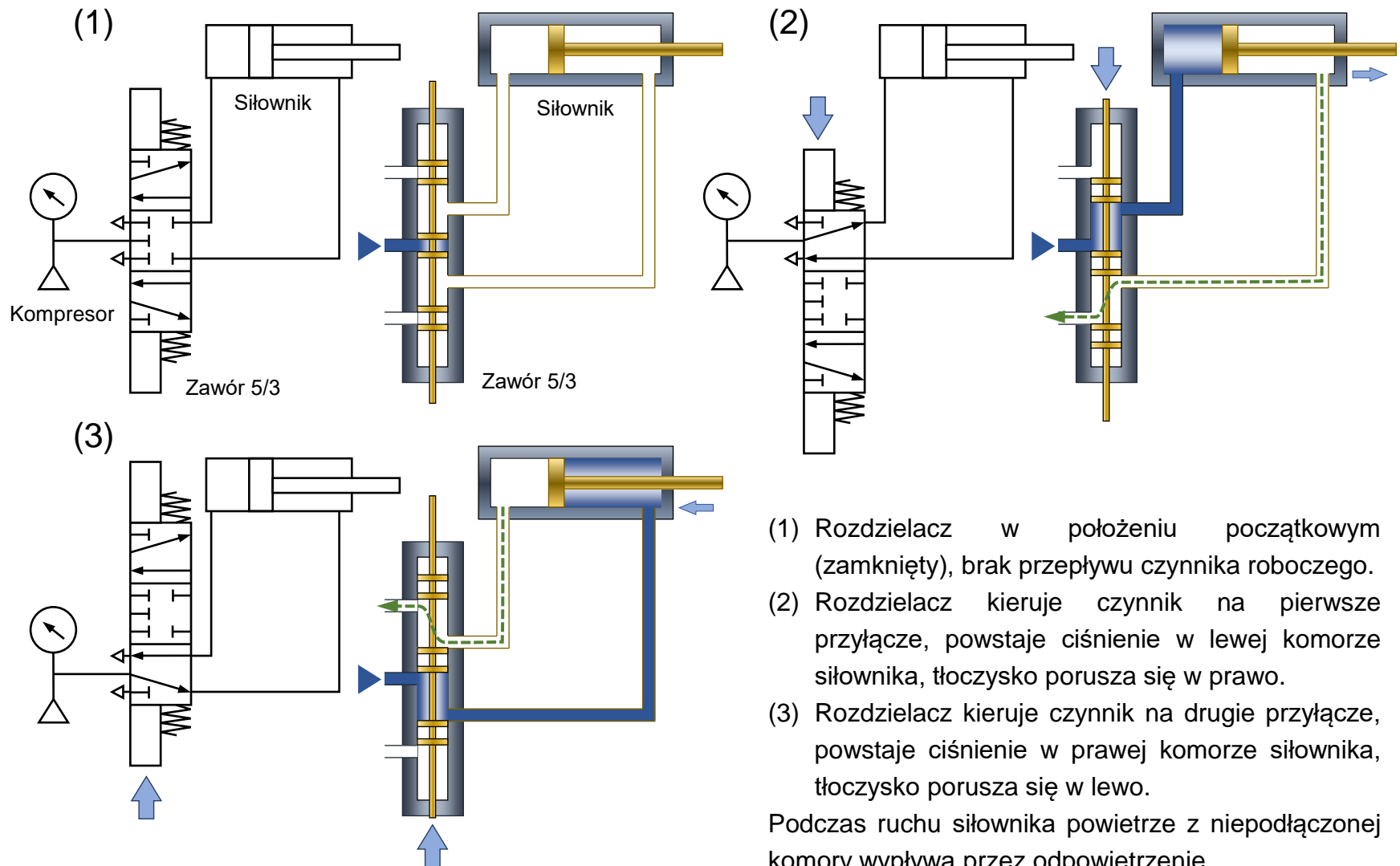
Zawór rozdzielający 5/3 (pięciodrogowy, trzypołożeniowy)



Serowanie siłownikiem jednostronnego działania



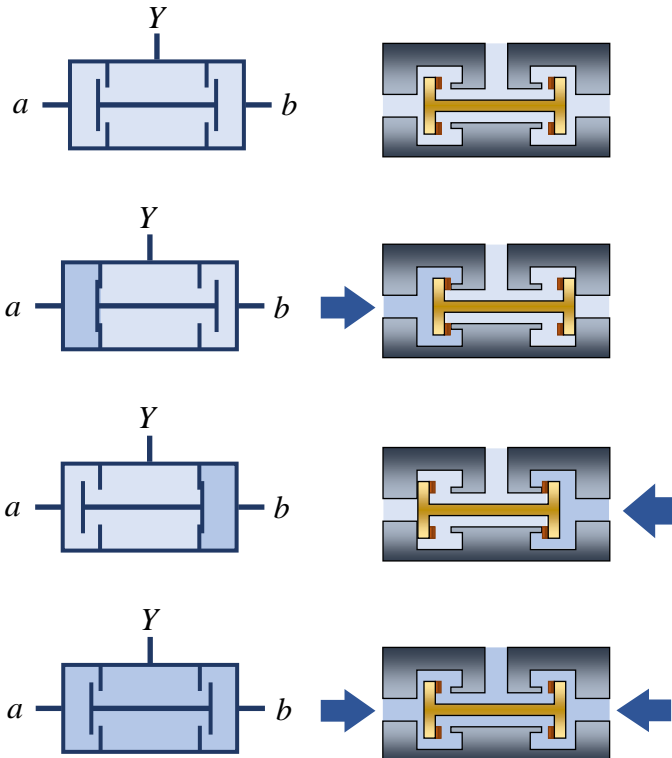
Sterowanie siłownikiem dwustronnego działania



Zawory logiczne sterują ciśnieniem czynnika roboczego (gazu) w układzie, mogą realizować funkcje logiczne (AND, OR) lub blok pamięci.

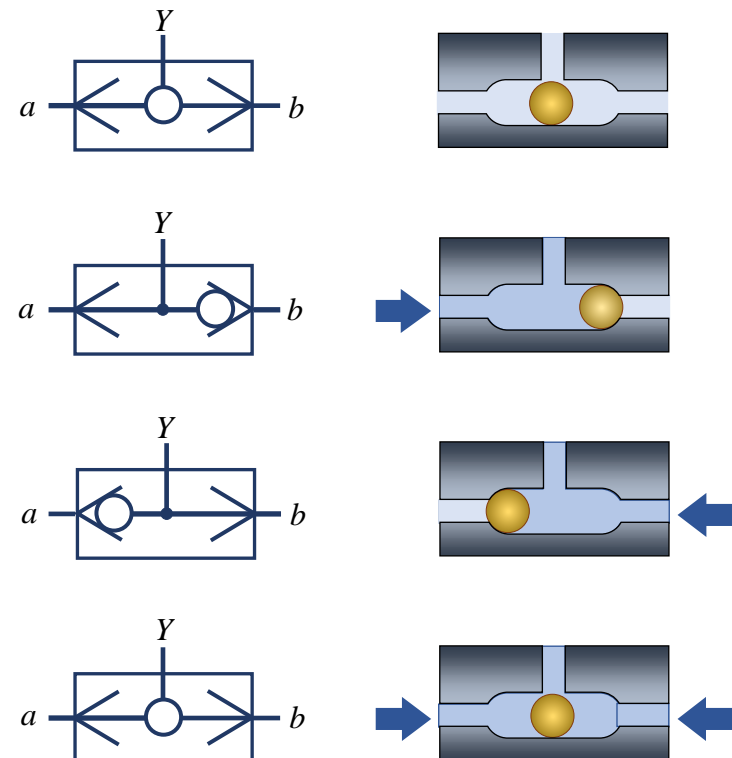
Zawór logiczny AND

$$Y = ab$$



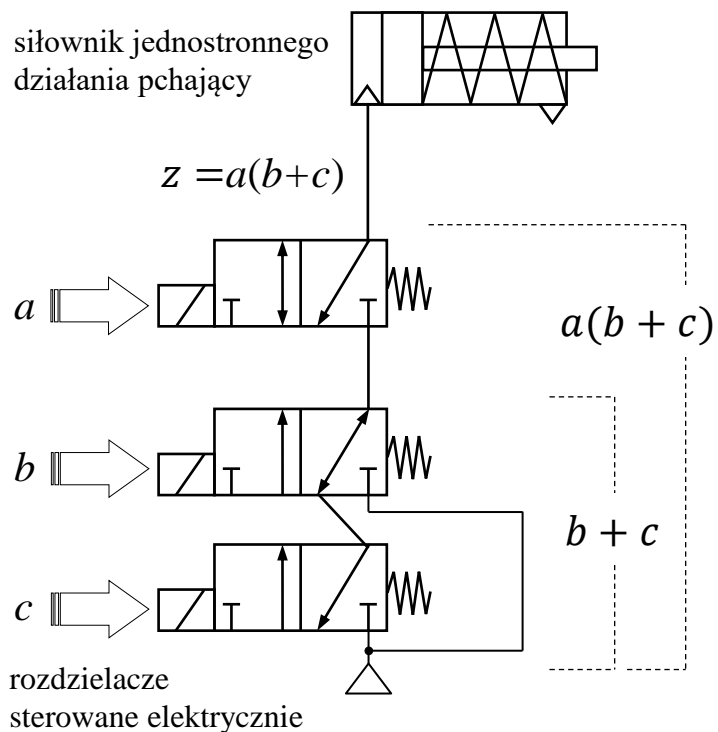
Zawór logiczny OR

$$Y = a + b$$

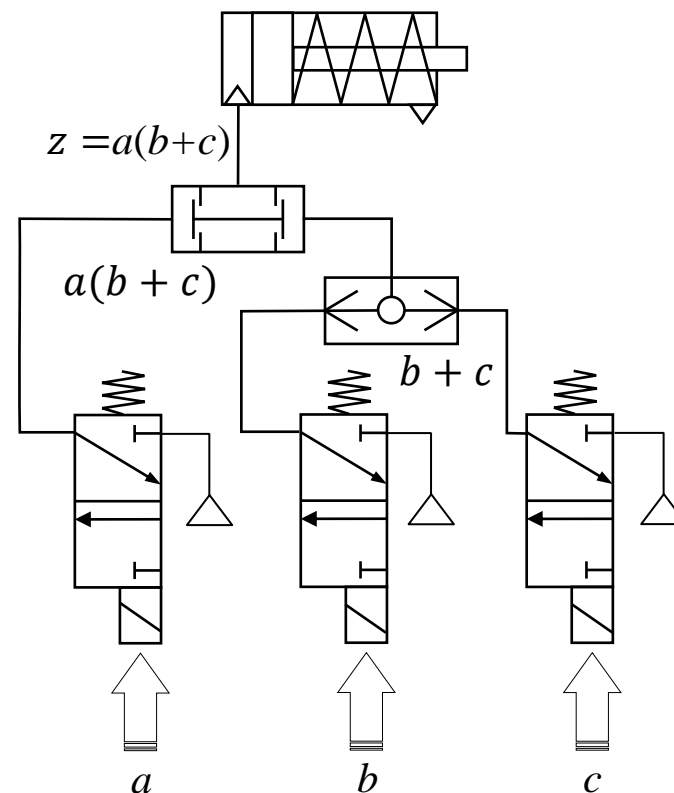


Pneumatyczny układ realizujący sterowanie i napęd zwrotnicy pierwszego sortownika (wykład 02) zrealizowany na podstawie minimalnej postaci koniunkcyjnej.

Zawory rozdzielające



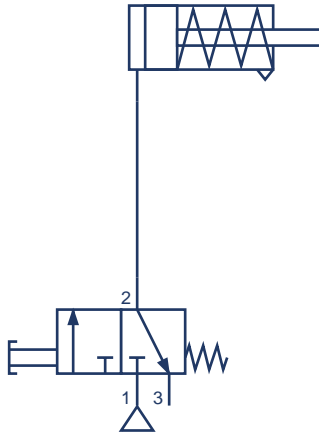
Zawory logiczne



Rozdzielacze przekształcają sygnał elektryczny z czujnika na sygnał pneumatyczny, siłownik zamienia sygnał sterujący na energię niezbędną do zmiany położenia zwrotnicy.

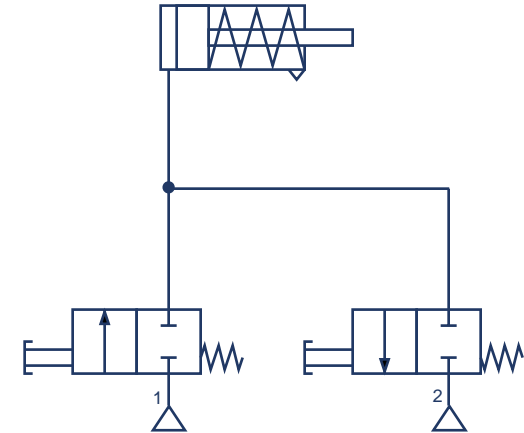
Sterowanie siłownikami pneumatycznymi

Sterowanie bezpośrednie siłownikiem jednostronnego działania



wykorzystanie zaworu rozdzielającego 3/2

- zawór w położeniu spoczynkowym łączy komorę siłownika z odpowietrzeniem,
- po naciśnięciu przycisku sterującego sprężone powietrze kierowane jest do komory siłownika co powoduje wysuwanie się tłoczyska,
- po zwolnieniu przycisku siłownik jest odpowietrzany a sprężyna wymusza ruch powrotny tłoczyska.

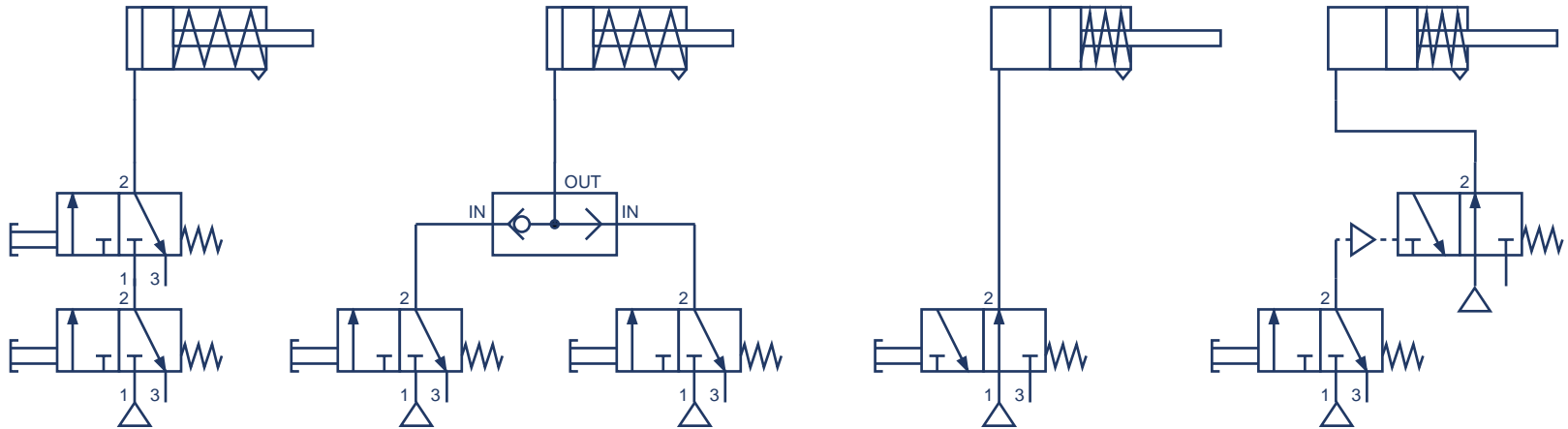


wykorzystanie zaworów rozdzielających 2/2

- w położeniu spoczynkowym obydwu zaworów tłoczysko jest zatrzymane,
- naciśnięcie przycisku sterującego zaworu z lewej strony kieruje sprężone powietrze do komory siłownika a naciśnięcie przycisku sterującego zaworu z prawej strony odpowietrza siłownik co powoduje odpowiednio wysuw i wsuw tłoczyska.

Sterowanie siłownikami pneumatycznymi

Realizacja sterowania z zastosowaniem funkcji logicznych

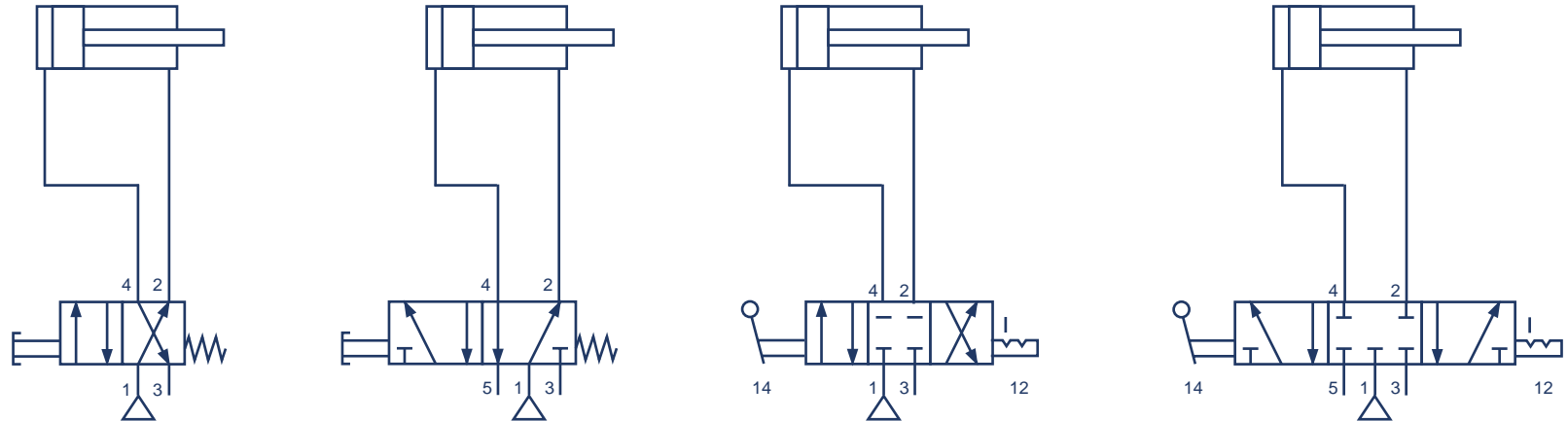


od lewej: koniunkcja, alternatywa, negacja, negacja

- szeregowy układ **zaworów 3/2 NZ** pozwala na realizację logicznej koniunkcji, która umożliwia uruchamianie ruchu tłoczyska przy jednoczesnym spełnieniu dwóch (lub więcej) warunków, np. prasa może być uruchomiona przy wciśniętych jednocześnie dwóch przyciskach,
- **zawór logiczny OR** pozwala na realizację logicznej alternatywy, która umożliwia uruchamianie ruchu tłoczyska w sytuacji gdy spełniony jest co najmniej jeden warunek, np. sterowanie pracą siłownika z dwóch miejsc,
- zastosowanie logicznej negacji pozwala np. na wycofanie tłoczyska w sytuacji gdy spełniony jest warunek (na rysunkach pokazana została realizacja z wykorzystaniem: **zaworu 3/2 NO** oraz szeregowo połączonych **zaworów 3/2 NC** i sterowanego pneumatycznie zaworu 3/2 NO).

Sterowanie siłownikami pneumatycznymi

Sterowanie bezpośrednio siłownikiem dwustronnego działania



- sterowanie siłownikiem dwustronnego działania może być zrealizowane za pomocą zaworów:
 - 4/2,
 - 5/2,
 - 4/3,
 - 5/3,
- zawory dwupołożeniowe w każdym położeniu łączą jedną z komór siłownika z zasilaniem a drugą z odpowietrzeniem (zawór 4/2 ma jedno odpowietrzenie a 5/2 ma dwa odpowietrzenia),
- zawory trójpołożeniowe pozwalają na zatrzymanie ruchu tłoczyska.

