



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Anna Kordowicz-Sot

Projektowanie układów elektropneumatycznych urządzeń i systemów mechatronicznych 311[50].Z1.02

Poradnik dla ucznia

Wydawca

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

Recenzenci:

dr inż. Jerzy Gustowski

dr hab. Inż. Krzysztof Pacholski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski

Korekta:

mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[50].Z1.02 Projektowanie układów elektropneumatycznych urządzeń i systemów mechatronicznych zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Materiał nauczania	6
4.1. Struktura układów elektropneumatycznych	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	11
4.1.3. Ćwiczenia	12
4.1.4. Sprawdzian postępów	13
4.2. Przygotowanie sprężonego powietrza	13
4.2.1. Materiał nauczania	13
4.2.2. Pytania sprawdzające	19
4.2.3. Ćwiczenia	19
4.2.4. Sprawdzian postępów	20
4.3. Czujniki i przetworniki pomiarowe	20
4.3.1. Materiał nauczania	20
4.3.2. Pytania sprawdzające	28
4.3.3. Ćwiczenia	29
4.3.4. Sprawdzian postępów	31
4.4. Projektowanie układów pneumatycznych	31
4.4.1. Materiał nauczania	31
4.4.2. Pytania sprawdzające	37
4.4.3. Ćwiczenia	37
4.4.4. Sprawdzian postępów	40
4.5. Projektowanie układów elektropneumatycznych	40
4.5.1. Materiał nauczania	40
4.5.2. Pytania sprawdzające	43
4.5.3. Ćwiczenia	44
4.5.4. Sprawdzian postępów	47
5. Sprawdzian osiągnięć	48
6. Literatura	53

1. WPROWADZENIE

Poradnik ten będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o projektowaniu układów elektropneumatycznych urządzeń i systemów mechatronicznych.

W poradniku znajdziesz:

- wykaz umiejętności, jakie musisz posiadać, aby bez trudności opanować materiał niniejszej jednostki,
- wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania – „pigulka” wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań, abyś mógł sprawdzić, czy już opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów, dzięki któremu odpowiadając na pytania sprawdzisz, czy potrafisz wykonać zadania przewidziane w materiale jednostki modułowej,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań i pytań. Zaliczenie testu potwierdzi opanowanie materiału całej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

W razie wątpliwości zwróć się o pomoc do nauczyciela.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- definiować podstawowe pojęcia z zakresu pneumatyki,
- interpretować podstawowe prawa fizyczne wykorzystywane w układach pneumatycznych,
- klasyfikować elementy układów pneumatycznych ze względu na budowę i przeznaczenie,
- wyjaśniać zasadę działania siłowników i silników pneumatycznych,
- stosować prawa fizyczne i zależności matematyczne do prostych obliczeń w układach pneumatycznych,
- interpretować informacje techniczne zawarte na schematach układów pneumatycznych,
- dobierać typowe elementy układów pneumatycznych,
- łączyć proste układy pneumatyczne na podstawie schematów,
- stosować zasady bhp obowiązujące na stanowisku pracy,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- obsługiwać komputer,
- współpracować w grupie.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- przeanalizować działanie napędów pneumatycznych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- przeanalizować działanie elementów sterujących napędów pneumatycznych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- opisać działanie pneumatycznych elementów zasilających w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- scharakteryzować sposoby wytwarzania i przygotowania sprężonego powietrza,
- opisać działanie zaworów i elektrozaworów pneumatycznych stosowanych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- wyjaśnić działanie sensorów stosowanych w układach pneumatycznych i elektropneumatycznych urządzeń i systemów mechatronicznych,
- dobrać, korzystając z obliczeń i katalogów, napędy pneumatyczne w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać na podstawie katalogów i dokumentacji technicznej, zawory i elektrozawory pneumatyczne w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać pneumatyczne układy zasilające w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- zaprojektować układy stycznikowo-przełącznikowego sterowania z napędem pneumatycznym,
- zaprojektować układy pneumatyczne i elektropneumatyczne z możliwością regulacji parametrów układu,
- posłużyć się technologią informatyczną podczas projektowania urządzeń i systemów mechatronicznych.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

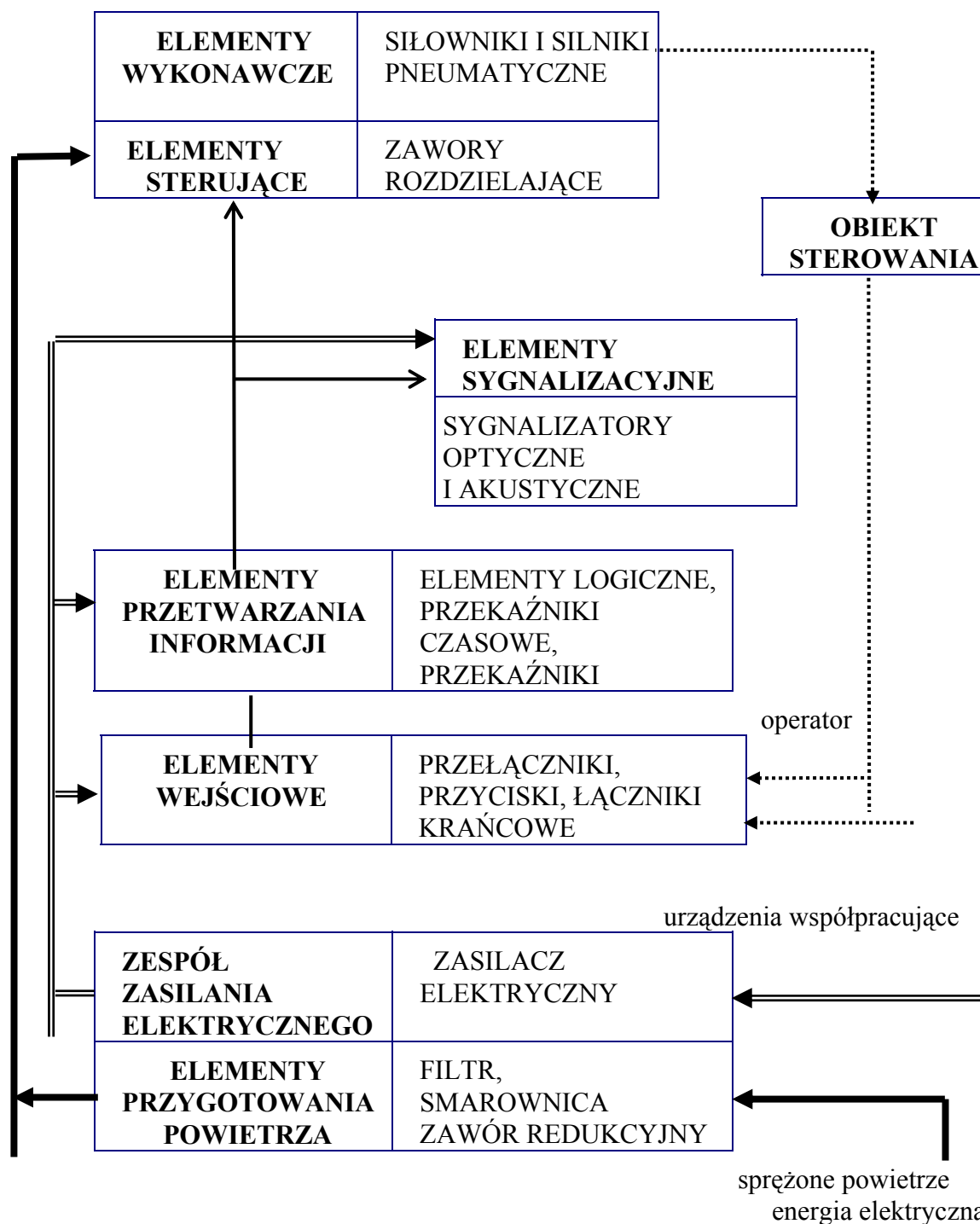
4.1. Struktura układów elektropneumatycznych

4.1.1. Materiał nauczania

Strukturę funkcjonalną elektropneumatycznego układu przedstawiono na rys. 4.1.

Ze względu na funkcję w układzie, elementy można podzielić na następujące:

- 1) elementy wykonawcze – zamiana energii sprężonego powietrza na energię mechaniczną,
- 2) elementy sterujące – sterowanie przepływem powietrza do elementów wykonawczych,
- 3) elementy sygnalizacyjne – podawanie informacji o aktualnym stanie sygnałów w określonych miejscach układu,
- 4) elementy przetwarzania informacji – realizacja zależności logicznych pomiędzy sygnałami w celu zapewnienia odpowiedniego sposobu pracy elementów wykonawczych,
- 5) elementy wejściowe – dostarczanie informacji o stanie elementów wykonawczych układu, wprowadzanie do układu informacji typu START, STOP oraz informacji o stanie urządzeń współpracujących,
- 6) elementy przygotowania powietrza – usunięcie ze sprężonego powietrza zanieczyszczeń, nasycenie powietrza mgłą olejową, redukcja wartości ciśnienia do odpowiedniego poziomu,
- 7) elementy zasilania elektrycznego – dostarczenie energii elektrycznej do układu sterującego.



Rys. 4.1. Struktura funkcjonalna układu elektropneumatycznego

Układ elektropneumatyczny składa się z dwóch części:

- a) części pneumatycznej,
- b) części elektrycznej.

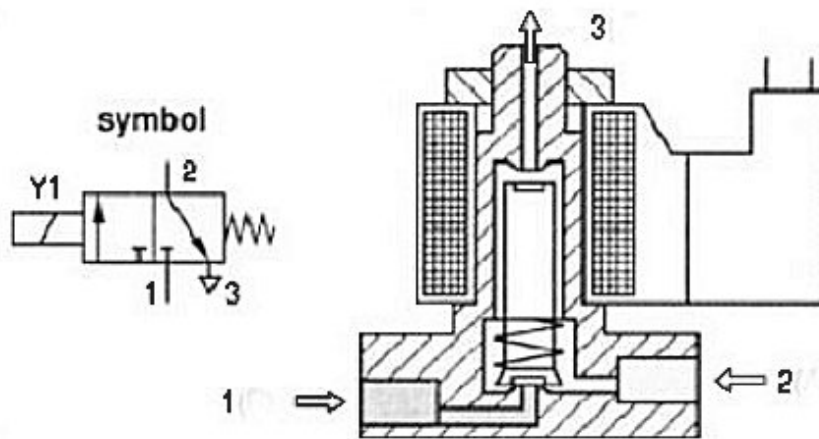
W skład części pneumatycznej układu elektropneumatycznego wchodzi:

- elementy wykonawcze,
- elementy sterujące,
- elementy zmieniające prędkość ruchu tłoczyska siłownika,
- elementy przygotowania powietrza.

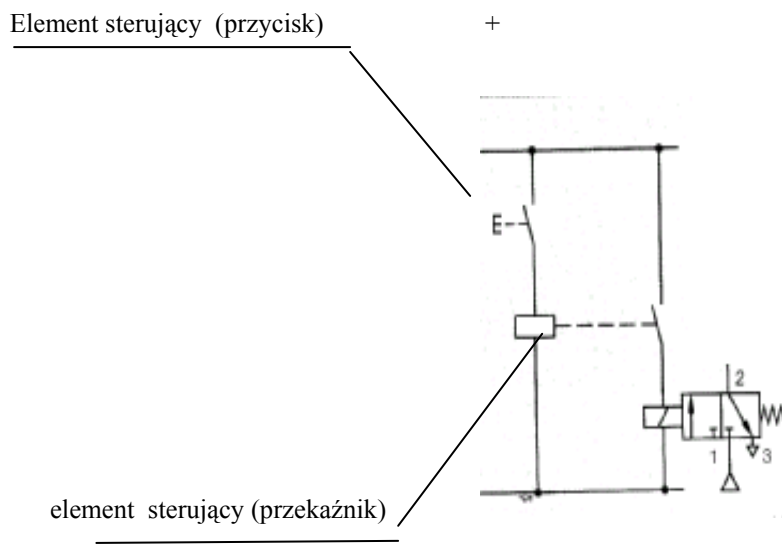
- Elementami elektrycznymi są:
- elementy wejściowe,
 - elementy przetwarzające informacje,
 - elementy sygnalizacyjne,
 - elementy zasilania elektrycznego.

Elektrozawory

W zaworach elektropneumatycznych przesterowanie następuje sygnałem elektrycznym z elementu sterującego oddziałującego na elektromagnes zaworu. Sygnałem elektrycznym jest napięcie. Produkowane są odpowiednio elektrozawory o napięciu prądu zasilającego elektromagnes: stałym DC – 12 V, 24V oraz przemiennym AC – 110 V, 230V.

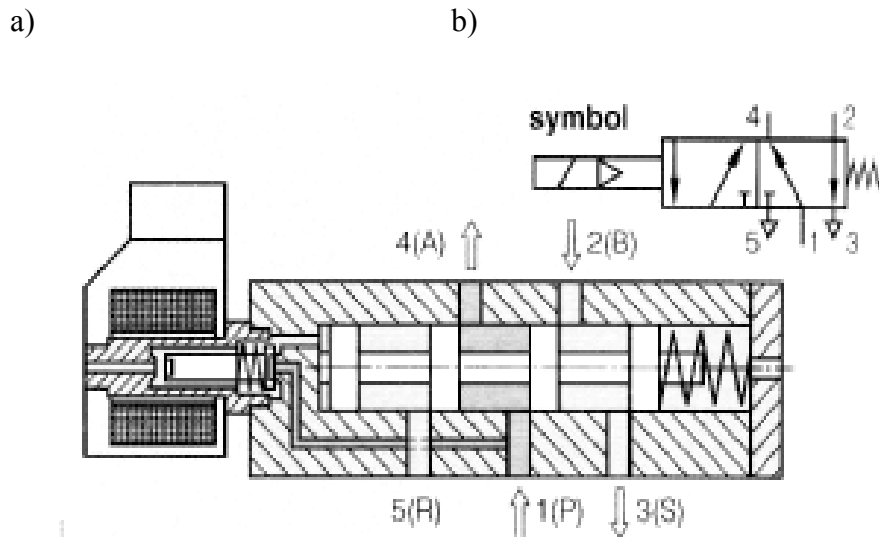


Rys. 4.2. Schemat budowy zaworu 3/2 sterowanego elektrycznie bezpośrednio, powrót sprężyną [9]



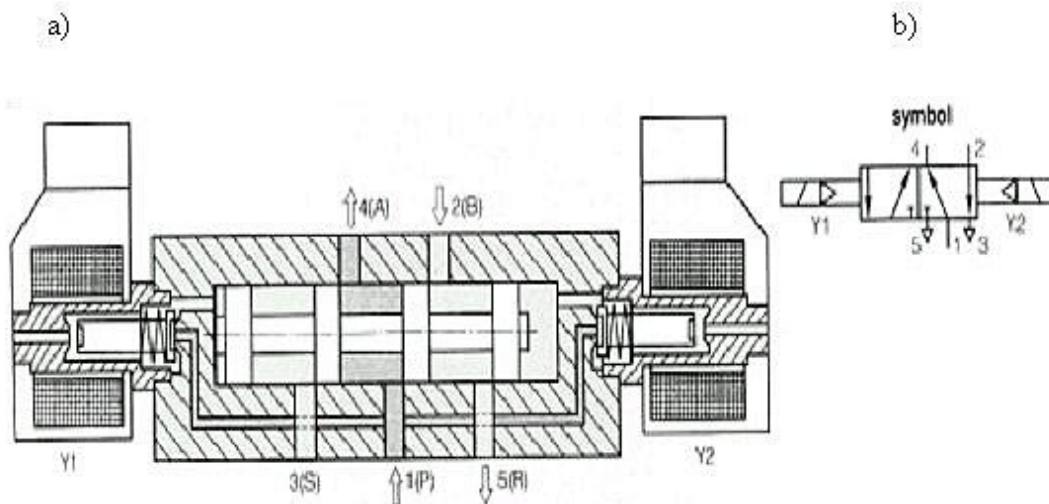
Rys. 4.3. Schemat połączenia elektrozaworu z częścią sterującą [9]

Na rys. 4.4 przedstawiono schemat elektrozaworu dwupołożeniowego, pięciodrogowego przełączanego jednym elektromagnesem, ruch powrotny wymusza sprężyna.



Rys. 4.4. Zawór 5/2 sterowany pośrednio ze wspomaganiem, powrót sprężyną [9]: a) schemat budowy, b) symbol graficzny

Na rys. 4.5 przedstawiono elektrozawór sterowany obustronnie przez dwa elektromagnesy.



Rys. 4.5. Zawór 5/2 sterowany obustronnie elektrycznie pośrednio ze wspomaganiem [9]: a) schemat zaworu, b) symbol graficzny

Podział zaworów ze względu na utrzymanie narzuconego stanu położenia:

- monostabilny – zawór powraca do stanu początkowego po zaniku sygnału sterującego,
- bistabilny – utrzymuje wymuszony stan (położenie) po zaniku sygnału sterującego.

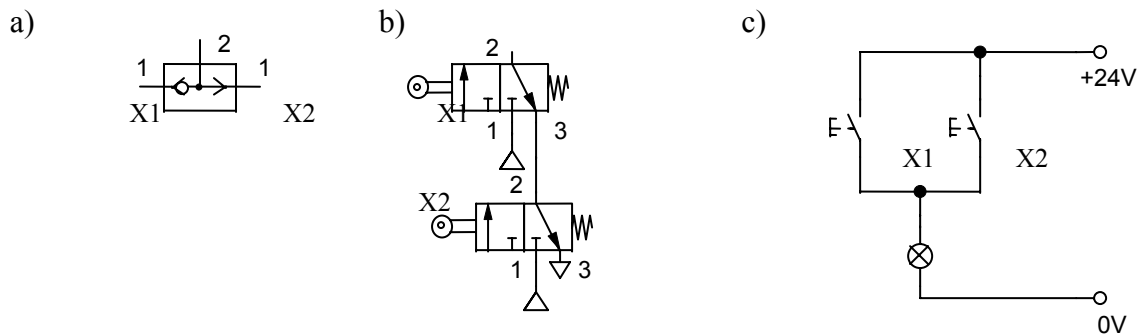
Proporcjonalne zawory rozdzielające

W zaworach proporcjonalnych uzyskano liniową zależność przemieszczenia suwaka zaworu od sygnału wejściowego. Elementem przetwarzającym jest magnes. Zawory te są stosowane w układach pozycjonowania, sterowaniach prędkością siłownika oraz natężeniem przepływu.

Więcej informacji na temat proporcjonalnych zaworów można znaleźć w pozycjach 7 i 11 ze spisu literatury.

Realizacja funkcji logicznych

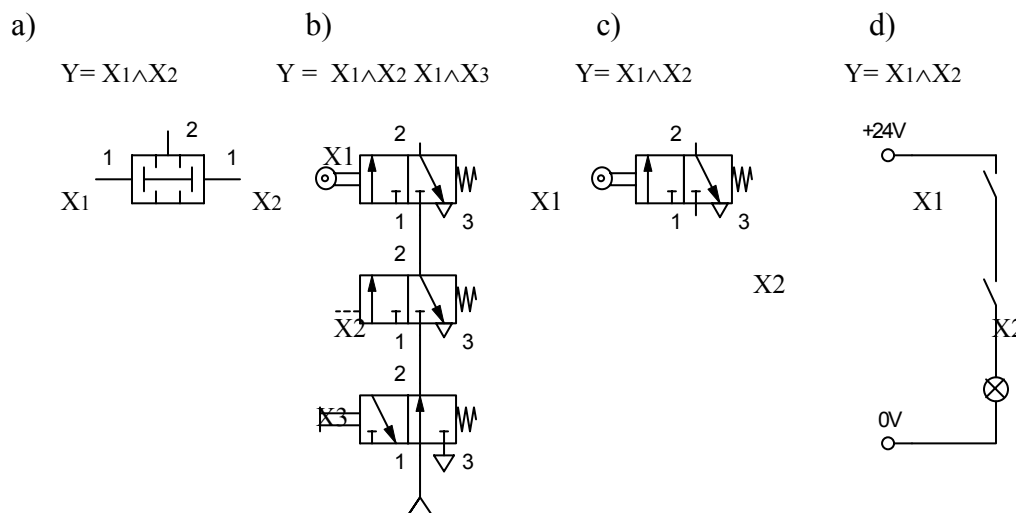
Sposoby realizacji sumy logicznej (alternatywy) dwóch sygnałów $Y = X1 \vee X2$ przedstawiono na rys. 4.6.



Rys. 4.6. Realizacja alternatywy a) zawór alternatywy, b) za pomocą elementów pneumatycznych c) za pomocą elementów przekaźnikowych

Alternatywę stosujemy wtedy, gdy zachodzi konieczność sterowania siłownikiem kilkoma niezależnymi od siebie sygnałami wejściowymi. Na przykład jeżeli zachodzi konieczność niezależnego uruchamiania siłownika z dwóch, lub więcej miejsc, korzystne jest wtedy zastosowanie zaworu alternatywy.

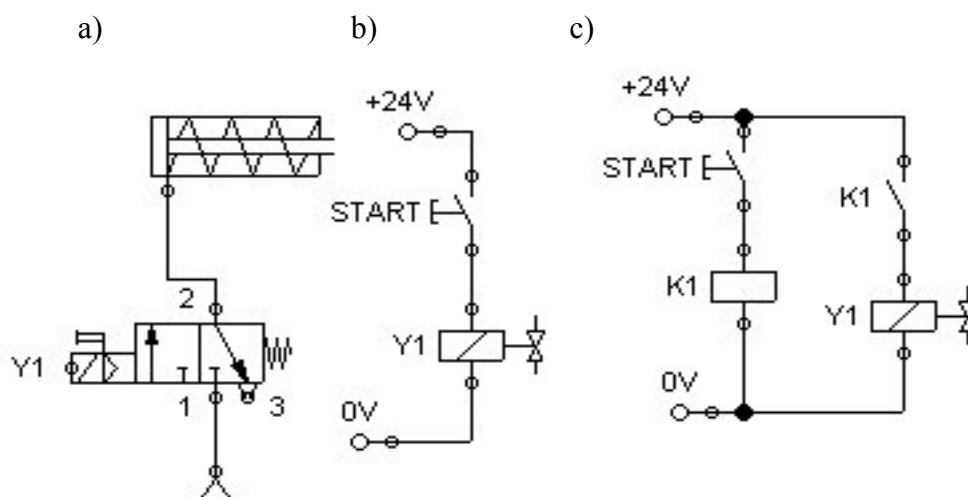
Na rys. 4.7 przedstawiono sposoby realizacji koniunkcji (mnożenia) sygnałów logicznych.



Rys. 4.7. Realizacja koniunkcji a) element koniunkcji, b, c) za pomocą elementów pneumatycznych, d) za pomocą elementów elektrycznych

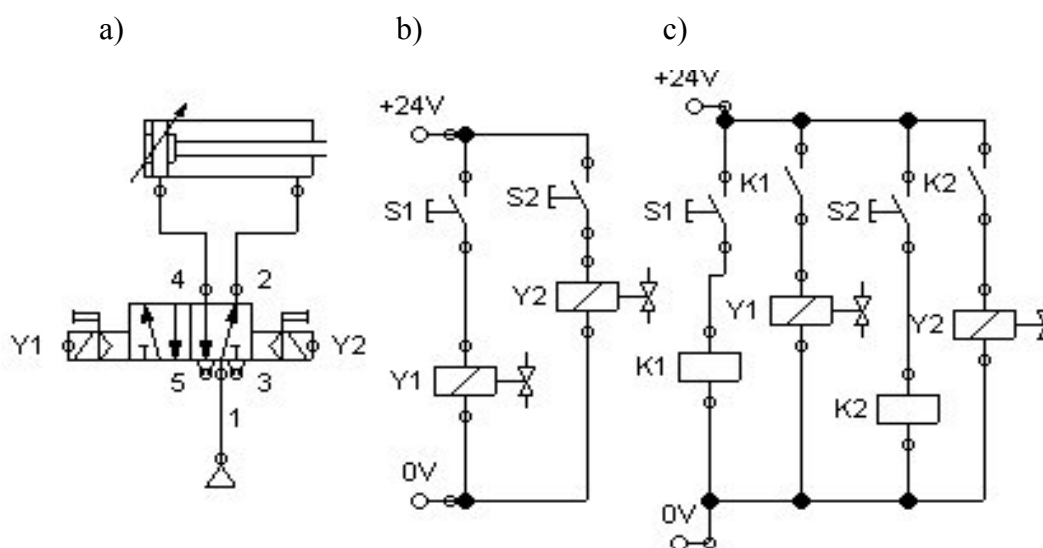
Iloczyn logiczny (koniunkcję) stosujemy wtedy, gdy zachodzi konieczność sterowania siłownikiem przy jednoczesnym istnieniu dwóch lub kilku sygnałów wejściowych. Na przykład, gdy musi być spełniony warunek, że ruch tłoczyska siłownika jest możliwy po naciśnięciu dwóch przycisków.

Na rysunku 4.8 przedstawiono układ elektropneumatycznego sterowania: siłownikiem jednostronnego działania. Rysunek 4.8 a) przedstawia układ pneumatyczny. Na rysunku 4.8 b) pokazano układ elektryczny – bezpośrednie sterowanie elektrozaworem, na rys. 4.8 c) sterowanie pośrednie – stykiem przekaźnika.



Rys. 4.8. Elektropneumatyczny układ sterowania siłownikiem jednostronnego działania a) schemat pneumatyczny, b) bezpośrednie sterowanie elektrozaworem, c) sterowanie ze stykiem przekaźnika

Na rys. 4.9 przedstawiono układ sterowania elektropneumatycznego: siłownikiem dwustronnego działania. Rysunek 4.9 a) przedstawia układ pneumatyczny. Na rys. 4.9 b) pokazano układ elektryczny – sterowanie bezpośredniego elektrozaworem, na rys. 4.9 c) sterowanie pośrednie – zestykiem przekaźnika.



Rys. 4.9. Elektropneumatyczny układ sterowania siłownikiem dwustronnego działania: a) układ pneumatyczny, b) bezpośrednie sterowanie elektrozaworem, c) pośrednie, zestykiem przekaźnika

4.1.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jaka jest struktura układu elektropneumatycznego?
2. Jak wygląda symbol elektrozaworu?
3. Jak działa zawór monostabilny?
4. Jak działa zawór bistabilny?
5. Jaka jest zasada działania zaworu proporcjonalnego?
6. W jaki sposób podłącza się elektrozawór do układu sterującego?
7. W jaki sposób realizuje się alternatywę na układach stykowych ?

8. W jaki sposób realizuje się koniunkcję na układach stykowych?
9. Na czym polega sterowanie bezpośrednie elektrozaworu?
10. Na czym polega sterowanie pośrednie elektrozaworu?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Korzystając z programu komputerowego do symulacji układów elektropneumatycznych zamodeluj na komputerze układy przedstawione na rysunkach 4.8 i 4.9.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zamodelować wskazany przez nauczyciela układ przy pomocy oprogramowania komputerowego,
- 2) zidentyfikować elementy układu,
- 3) przeanalizować działanie układu,
- 4) sprawdzić działanie układu poprzez symulację komputerową.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe ze specjalistycznym oprogramowaniem,
- katalogi,
- literatura z pozycji 6 poradnika,
- poradnik dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Zbadaj działanie rzeczywistego układu elektropneumatycznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) połączyć na stanowisku laboratoryjnym układ wg schematów przedstawionych na rys. 4.9,
- 2) sprawdzić działanie układu,
- 3) porównać działanie układu rzeczywistego z wynikami symulacji komputerowej,
- 4) uzasadnić ewentualne różnice w pracy układu rzeczywistego i układu zamodelowanego na komputerze.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- elementy pneumatyczne i elektropneumatyczne,
- stanowisko do montażu układów,
- stanowisko komputerowe ze specjalistycznym oprogramowaniem,
- karty katalogowe,
- poradnik dla ucznia.

4.1.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:

- 1) wymienić elementy składowe elektropneumatycznego układu wykonawczego?
- 2) narysować symbol dowolnego elektrozaworu?
- 3) wyjaśnić pojęcie zawór monostabilny?
- 4) wyjaśnić pojęcie zawór bistabilny?
- 5) wyjaśnić pojęcie zawór proporcjonalny?
- 6) narysować schemat połączenia elektrozaworu z układem sterującym?
- 7) zrealizować alternatywę na układach stykowych?
- 8) zrealizować koniunkcję na układach stykowych?

Tak

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Nie

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

4.2. Przygotowanie sprężonego powietrza

4.2.1. Materiał nauczania

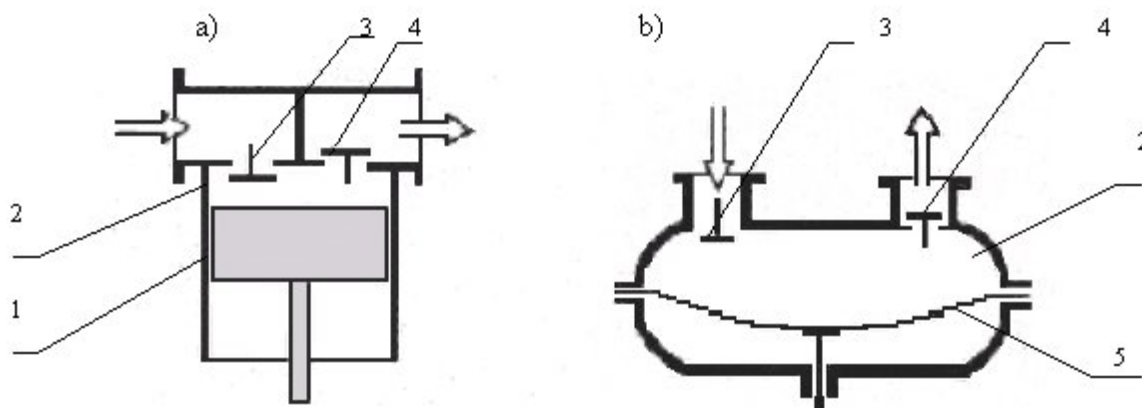
W układach pneumatycznych występuje otwarty obieg czynnika roboczego. Powietrze pobierane z atmosfery po wykonaniu cyklu roboczego upuszczane jest z powrotem do atmosfery.

W celu zapewnienia poprawnej pracy urządzeń pneumatycznych powietrze w układach pneumatycznych musi spełniać następujące warunki:

- 1) musi mieć odpowiednie ciśnienie,
- 2) nie może zawierać zanieczyszczeń stałych (pył, rdza) oraz płynnych (woda, zanieczyszczony olej pochodzący ze sprężarki),
- 3) musi mieć odpowiednią wilgotność (osuszone),
- 4) musi być nasycone mgłą olejową z wyjątkiem układów, w których zastosowano siłowniki nie wymagające smarowania.

Zadaniem sprężarki jest sprężenie zassanego powietrza dożądanego ciśnienia.

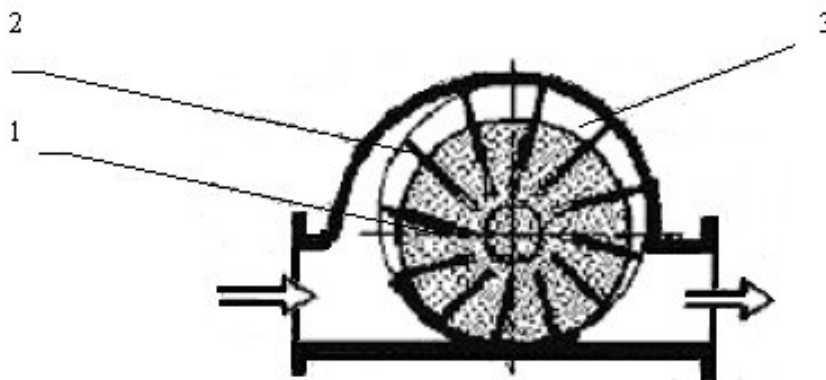
W sprężarkach wyporowych (tłokowych i membranowych) powietrze zostaje sprężone w zamkniętej objętości. Podczas pracy sprężarek wyróżniamy dwie fazy pracy: ssanie i tłoczenie.



Rys. 4.10. Sprężarki wyporowe: a) tłokowa, b) membranowa [9]: 1 – tłok, 2 – komora sprężania, 3, 4 – zawory, 5 – membrana

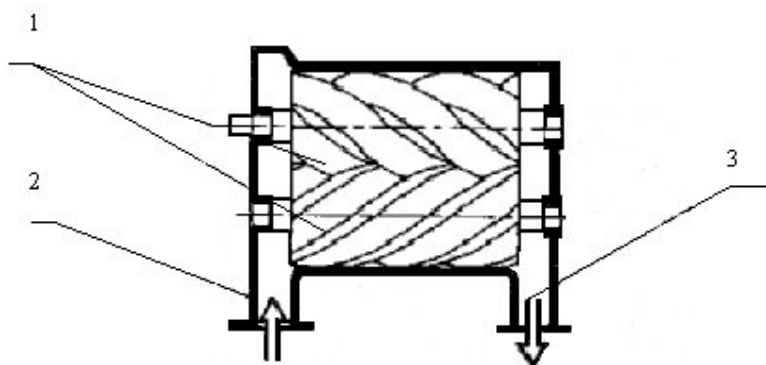
Podczas cyklu ssania (tłoczek przemieszcza się ku dołowi, membrana wygina ku dołowi, powietrze poprzez otwarty zawór 3 zostaje zassane do objętości 2. Podczas cyklu tłoczenia (tłoczek przemieszcza się ku górze, membrana wygina ku górze), objętość 2 ulega zmniejszeniu, sprężone powietrze zostaje wytłoczone. Ciśnienie robocze sprężarek waporowych jest rzędu do 10 bar.

W sprężarkach rotacyjnych z jednym wałem (rys. 4.11) wirnik 1 jest osadzony mimośrodowo względem obudowy. W wirniku znajdują się suwaki 2. Podczas, obrotu wirnika, na skutek działania siły odśrodkowej, suwliwie osadzone w wirniku suwaki dociskane są do obudowy. Objętości 3 między suwakami, a obudową ulegają zmianie, powodując przy wzroście objętości zassanie powietrza, przy zmniejszeniu – sprężanie, a następnie wytłoczenie.



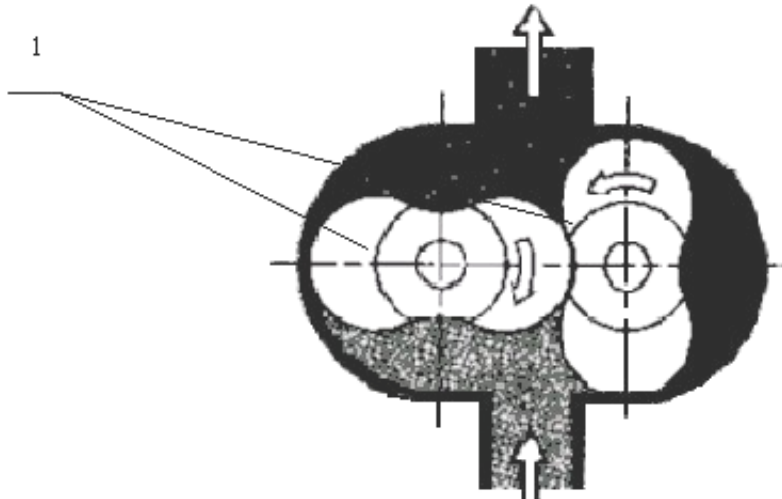
Rys. 4.11. Sprężarka rotacyjna z jednym wałem wielokomorowa [9]

W sprężarce rotacyjnej (rys. 4.12) z dwoma wałami śrubowymi 1 (wirnikami), powietrze przetłaczane jest z części ssawnej 2 do części tłocznej 3 przez zazębiające się wały.



Rys. 4.12. Sprężarka rotacyjna z dwoma wałami śrubowa [9]

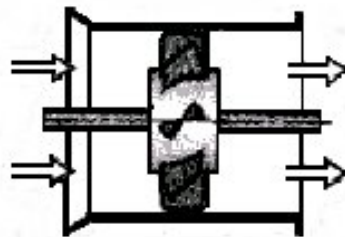
W sprężarce rotacyjnej Roots'a (rys. 4.13) powietrze przetłaczane jest przez obracające się odpowiednio ukształtowane tłoki 1.



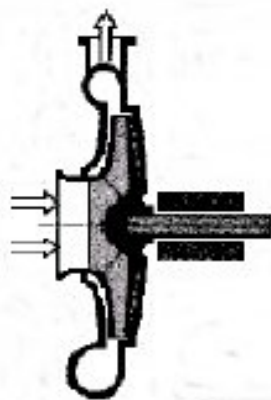
Rys. 4.13. Sprężarka rotacyjna Rootsa [9]

Sprężarki rotacyjne charakteryzują się cichą pracą i uzyskiwanymi ciśnieniami roboczymi do 7 bar, w konstrukcjach z chłodzeniem międzystopniowym i do 10 bar w urządzeniach, w których wprowadzany jest olej do komór sprężania.

Sprężarki przepływowe są sprężarkami o dużej wydajności. Pracują na zasadzie przepływu powietrza. Wyróżniamy sprężarki osiowe (rys. 4.14) i promieniowe (rys. 4.15). Powietrze zasysane jest za pomocą wirujących łopatek lub śmigieł.



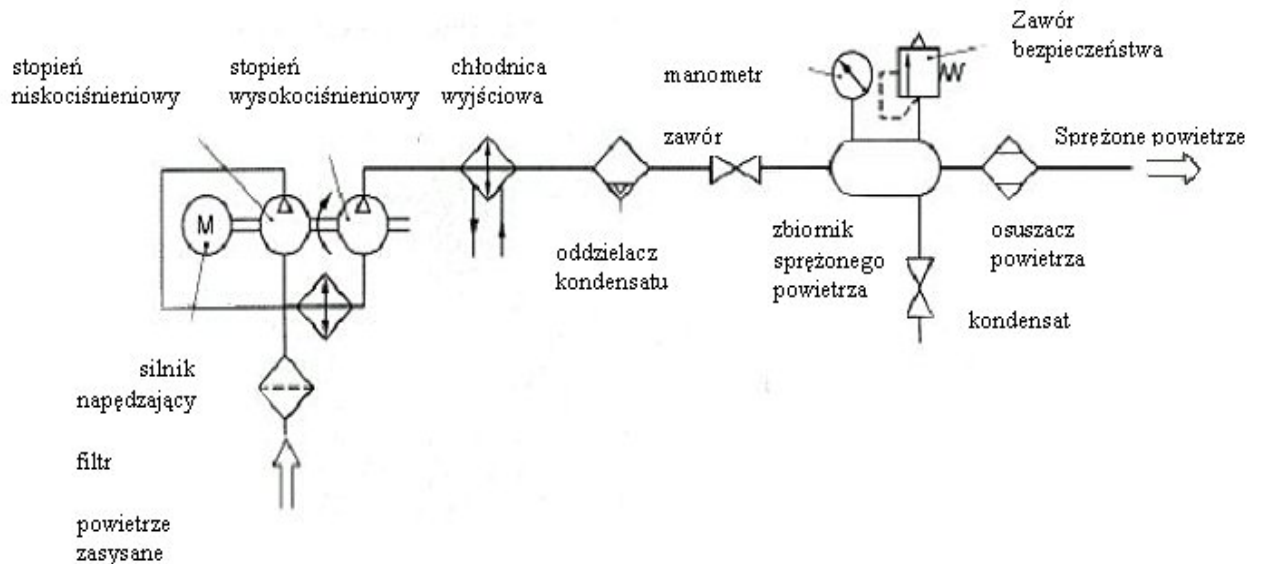
Rys. 4.14. Sprężarka przepływowa osiowa [9]



Rys. 4.15. Sprężarka przepływowa promieniowa [9]

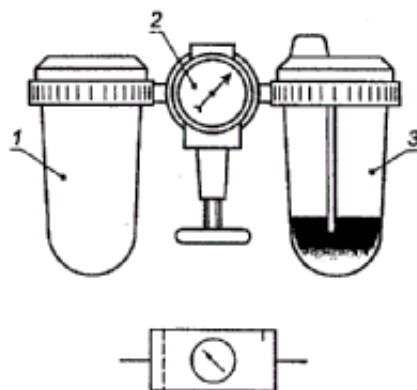
Schemat układu wytwarzania sprężonego powietrza przedstawiono na rys.4.16.

Powietrze zasysane z atmosfery ulega kolejno sprężaniu do wartości charakterystycznej dla danej sprężarki. Ze sprężonego powietrze po przejściu przez chłodnicę usuwany jest kondensat wodny. Następnie powietrze wpływa do zbiornika, w którym dodatkowo zostaje ochłodzone i ponownie usunięty zostaje nagromadzony kondensat. Zbiornik zabezpiecza utrzymanie stałego ciśnienia.



Rys. 4.16. Schemat wytwarzania sprężonego powietrza [9]

Sprężone powietrze przesyłane do urządzeń automatyki przepływa przez stację przygotowania powietrza (rys. 4.17). W skład stacji wchodzi filtr 1, którego zadaniem jest usuwanie zanieczyszczeń stałych, zawór redukcyjny 2 z manometrem do ustawiania odpowiedniej wartości sprężonego powietrza, oraz smarownica 3 do nasycenia mgłą olejową.

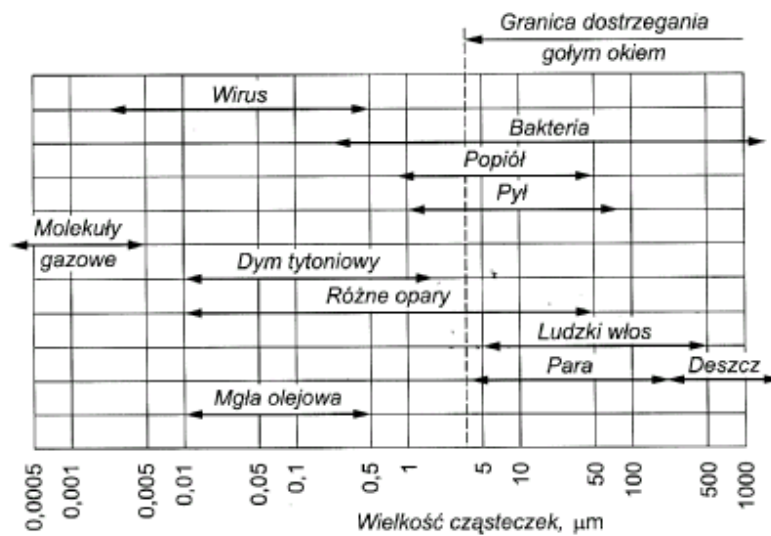


Rys. 4.17. Podstawowy zestaw przygotowania sprężonego powietrza: 1 – filtr, 2 – zawór redukcyjny z manometrem, 3 – smarownica. [2]

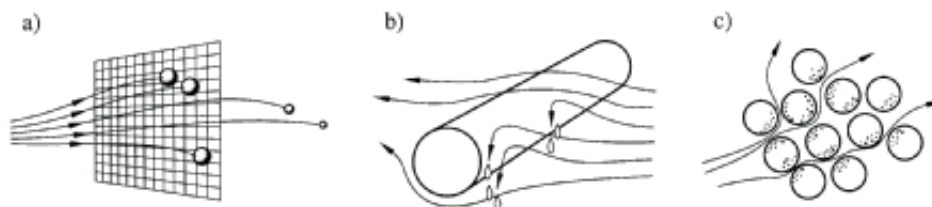
W zależności od wymaganej dokładności oczyszczania powietrza i wielkości zatrzymywanych cząsteczek (rys. 4.18) są stosowane różne metody filtracji (rys. 4.19):

- filtrowanie mechaniczne,
- filtrowanie przez kondensację zanieczyszczeń,

- filtrowanie przez absorpcję.



Rys. 4.18. Wielkość różnych drobin [2]



Rys. 4.19. Usuwanie oleju i pyłu ze sprężonego powietrza: a) filtrowanie mechaniczne, b) filtrowanie przez kondensację, c) filtrowanie przez absorpcję [2]

Filtrowanie mechaniczne polega na przepuszczaniu powietrza przez pewnego rodzaju sito, w którym wielkość oczek decyduje o tym, jakiego rozmiaru cząsteczki zostaną zatrzymane. W praktyce filtrowanie mechaniczne pozwala usunąć cząsteczki o średnicy większej od 0,5 µm.

Filtrowanie przez kondensację polega na łączeniu cząsteczek w większe. Połączone cząsteczki osadzają się na włóknach filtru, a następnie spływają wzdłuż włókien. Usuwane są cząsteczki o średnicy od 0,01 do 0,5 µm.

Filtrowanie przez absorpcję polega na pochłanianiu zanieczyszczenia przez czynnik filtrujący, którym zazwyczaj jest węgiel aktywowany. Metoda ta pozwala na usunięcie zanieczyszczeń o wielkości do 0,005 µm. Ponieważ takiej wielkości zanieczyszczenia są dopuszczalne w układach pneumatycznych, więc przyjmuje się, że ta metoda pozwala w 100% usunąć zanieczyszczenia stałe.

Woda występująca w powietrzu, najczęściej w postaci pary wodnej, usuwana jest poprzez:

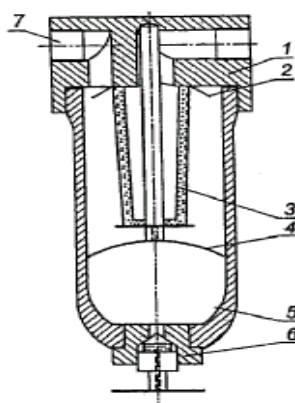
- osuszanie absorpcyjne,
- osuszanie adsorpcyjne,
- osuszanie przez oziębianie

Osuszanie przez absorpcję polega na przepuszczaniu powietrza przez pojemnik wypełniony środkiem osuszającym, wiążącym chemicznie wodę.

Osuszanie przez adsorpcję polega na powierzchniowym wiązaniu cząsteczek wody przez cząsteczki ciała stałego. Woda zatrzymywana jest przez żel – dwutlenek krzemu. Po nasyceniu żelu wodą, zostaje on poddany regeneracji.

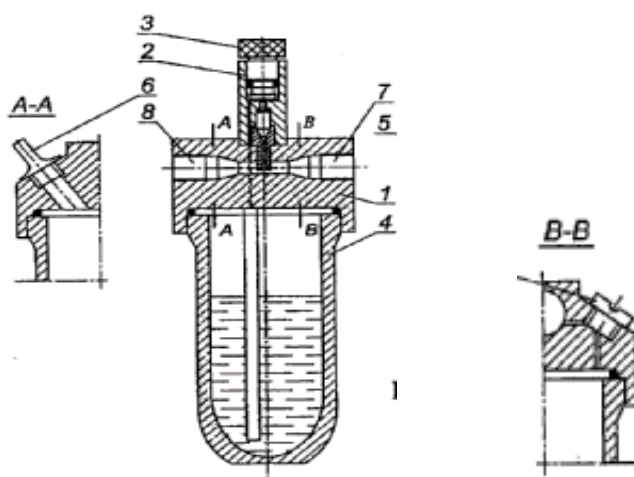
Osuszenie poprzez oziębienie polega na obniżeniu temperatury powietrza i doprowadzenie do wykrapłania się pary wodnej z powietrza.

Przykładową konstrukcję filtra pokazano na rys. 4.20. Czynniki robocze wpływając kanałem 7 i uderzając o ściankę korpusu 1, zmienia kierunek przepływu. Następnie, natrafiając na kierownicę 2, jest wprawiany w ruch wirowy. W wyniku działania siły odśrodkowej większe zanieczyszczenia stałe i płynne osiadają na ściankach filtra, a następnie spływają do zbiornika 5. Dokładne oczyszczanie następuje podczas przepływu powietrza przez wkład filtrujący. Osłona zapobiega ponownemu dostaniu się wcześniej oddzielonych większych zanieczyszczeń do przepływającego powietrza.



Rys. 4.20. Schemat filtra powietrza: 1 – korpus, 2 – kierownica, 3 – wkład filtrujący, osłona, 5 – zbiornik powietrza, 6 – zawór spustowy [2]

Nasycenie powietrza mgłą olejową odbywa się w smarownicy mgłowej (rys. 4.21). Do smarownicy mgłowej powietrze wpływa kanałem 7, przepływa przez zwężkę znajdującą się w części środkowej kanału przepływowego i wypływa kanałem 8. W zwężce powstaje podciśnienie powodujące zassanie kropelek oleju i rozpylenie w przepływającym powietrzu.



Rys. 4.21. Smarownica mgłowa: 1 – korpus, 2 – gniazdo dławika, 3 – dławik, 4 – zbiornik, 5 – korek odcinający, 6 – korek wlewowy, 7 – kanał wlotowy, 8 – kanał wylotowy [2]

Przedstawiony podstawowy układ przygotowania sprężonego powietrza wymaga okresowego oczyszczenia filtra oraz uzupełnienia oleju w smarownicy.

Ćwiczenie 2

Na podstawie kart katalogowych oraz układu rzeczywistego rozpoznaj urządzenia wchodzące w skład podstawowego zestawu przygotowującego sprężone powietrze, opisz ich budowę i funkcję w układzie.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) rozpoznać urządzenia,
- 2) odszukać karty katalogowe rozpoznanych urządzeń,
- 3) opisać funkcję urządzeń posługując się kartami katalogowymi i literaturą.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat układu przygotowania sprężonego powietrza,
- karty katalogowe,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika,
- poradnik dla ucznia.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

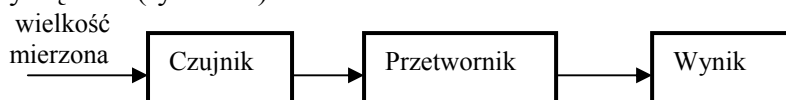
- 1) określić, jakie warunki musi spełniać powietrze zasilające układy pneumatyczne?
- 2) podać typy sprężarek stosowanych w układach pneumatycznych?
- 3) określić etapy wytwarzania sprężonego powietrza?
- 4) wymienić urządzenia wchodzące w skład zespołu przygotowania sprężonego powietrza?
- 5) określić metody filtracji sprężonego powietrza?
- 6) określić zasadę działania filtra sprężonego powietrza?
- 7) określić zasadę działania smarownicy mgłowej?

Tak	Nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Czujniki i przetworniki pomiarowe

4.3.1. Materiał nauczania

Sygnal mierzony oddziałuje bezpośrednio na czujnik pomiarowy. W niewielu przyrządach sygnał z czujnika jest wielkością odczytywaną przez użytkownika, najczęściej zachodzi potrzeba przekształcenia sygnału na sygnał bardziej użyteczny do współpracy z innymi przyrządami (rys. 4.23).



Rys. 4.23. Przekształcenie sygnału mierzonego

Badając czujnik pomiarowy możemy wyznaczyć dwa rodzaje charakterystyk:

1. charakterystykę statyczną – określającą zależność sygnału wyjściowego z czujnika od sygnału wejściowego w stanach ustalonych,

2. charakterystykę dynamiczną – określającą zależność sygnału wyjściowego w funkcji czasu po zadaniu określonego przebiegu sygnału wejściowego.

W zależności od przyjętego kryterium czujniki dzielimy na różne grupy.

W zależności od wpływu mierzonej wielkości nieelektrycznej na postać sygnału wyjściowego elektrycznego z czujnika dzielimy je na:

- 1) czujniki parametryczne (pasywne) – mierzona wielkość powoduje zmianę parametru elektrycznego takiego jak: oporność, indukcyjność, pojemność oraz wymagają dostarczenia do układu pomiarowego energii z zewnątrz,
- 2) czujniki generacyjne (aktywne) – mierzona wielkość nieelektryczna powoduje wytworzenie siły elektromotorycznej, której wartość jest proporcjonalna do mierzonej wielkości.

Ze względu na charakter mierzonej wielkości czujniki dzielimy na: analogowe i dyskretne.

Wśród analogowych czujników pomiaru wielkości ruchu wyróżniamy: czujniki położenia, czujniki prędkości, czujniki przyspieszenia.

Pomiary położenia

W zależności od wykorzystywanych zjawisk fizycznych czujniki położenia dzielimy na:

- a) czujniki potencjometryczne,
- b) czujniki indukcyjne,
- c) czujniki pojemnościowe,
- d) czujniki optyczne,
- e) czujniki ultradźwiękowe.

Czujniki potencjometryczne

W czujnikach rezystancyjnych zmiana położenia kąowego lub liniowego styku powoduje zmianę rezystancji. Na wyjściu z czujnika zmiana rezystancji jest odbierana jako zmiana napięcia:

- dla czujnika kąowego,

$$U_o = k \cdot \Phi$$

- czujnika liniowego

$$U_w = k \cdot x$$

gdzie:

U_z – napięcie zasilania,

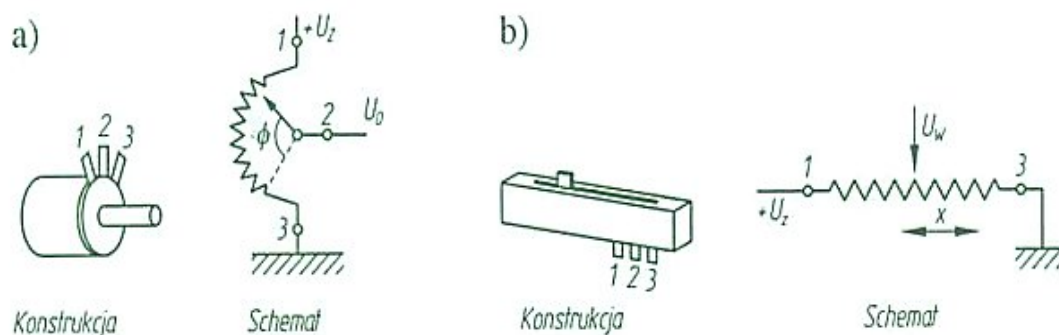
U_o – napięcie wyjściowe czujnika kąowego,

U_w – napięcie wyjściowe czujnika liniowego,

Φ – położenie kąowe,

x – położenie liniowe,

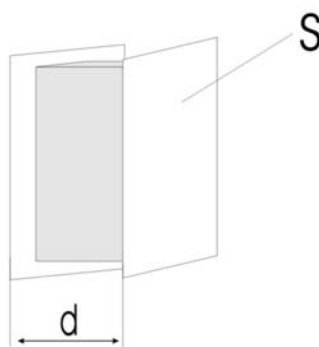
k – współczynnik proporcjonalności.



Rys. 4.24. Czujniki potencjometryczne: a) kątowy, b) liniowy [3]

Czujniki pojemnościowe

W czujnikach pojemnościowych zmiana położenia powoduje zmianę pojemności. Pojemność kondensatora płaskiego przedstawionego na rys. 4.25 opisana jest zależnością,



Rys. 4.25. Schemat kondensatora płaskiego

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d}$$

gdzie:

ϵ_0 – przenikalność elektryczna próżni,

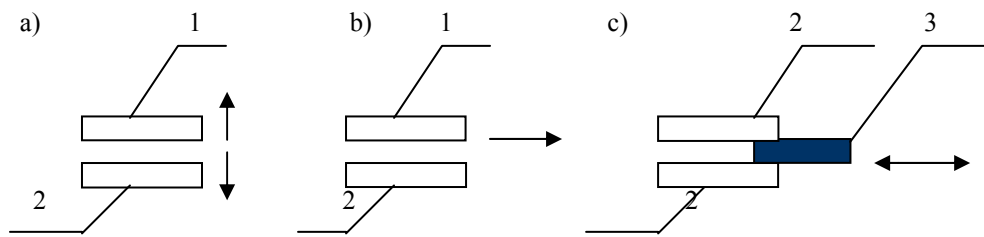
ϵ_r – względna przenikalność elektryczna ośrodka (dielektryka) wypełniającego przestrzeń między okładkami,

S – powierzchnia czynna okładek kondensatora,

d – odległość między okładkami.

W zależności od konstrukcji kondensatora zmianę pojemności powoduje:

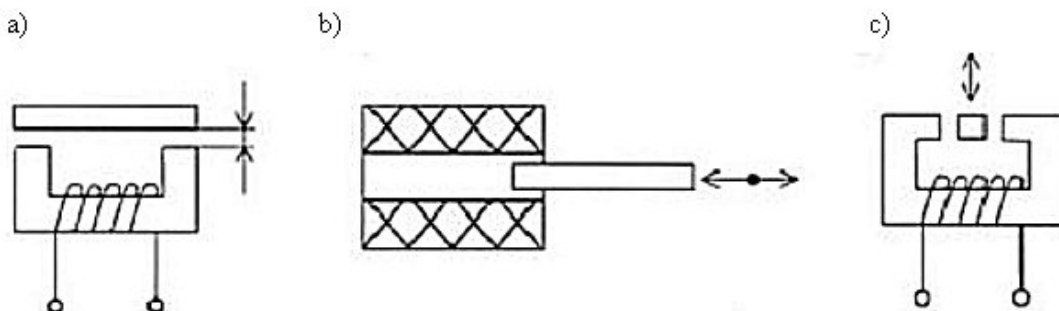
- zmiana odległości między elektrodami,
- zmiana powierzchni czynnej elektrod,
- zmiana przenikalności dielektrycznej.



Rys. 4.26. Schematy czujników pojemnościowych: a) zmiana odległości między elektrodami, b) zmiana powierzchni czynnej, c) zmiana przenikalności dielektrycznej, 1 – elektroda ruchoma, 2 – elektroda nieruchoma, 3 – dielektryk

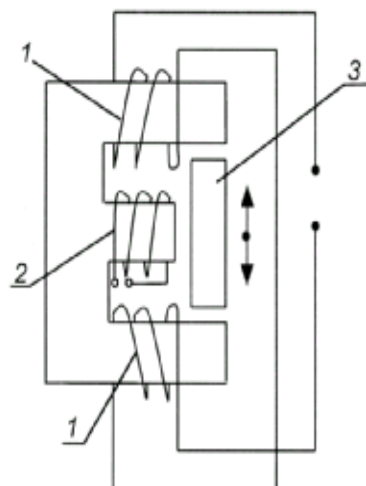
Czujniki indukcyjne

W czujnikach indukcyjnych zmiana położenia ferromagnetycznego przedmiotu powoduje zmianę indukcyjności własnej lub wzajemnej.



Rys. 4.27. Czujniki indukcyjne o zmiennej indukcyjności własnej: a) dławikowe o zmiennej szczelinie powietrznej, b) o zmiennym położeniu rdzenia magnetycznego, c) dławikowe o zmiennym przekroju szczeliny powietrznej

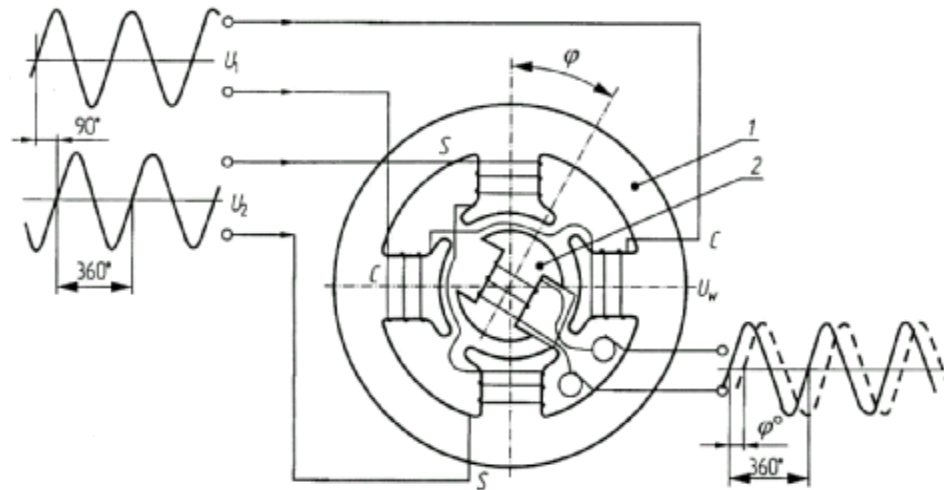
Czujniki indukcyjne działające w oparciu o zmianę indukcyjności wzajemnej, dzielimy na: transformatorowe i solenoidalne.



Rys. 4.28. Schemat budowy czujnika transformatora różnicowego: 1 – uzwojenie wtórne, 2 – uzwojenie pierwotne, 3 – zwora

Zaletą transformatora różnicowego jest zmiana fazy napięcia wzbudzonego, uzależniona od względnego przesunięcia zwory z położenia środkowego.

Czujnik indukcyjny **rezolwer** (rys. 4.29) stosowany jest do dokładnych pomiarów położenia kąowego. Rezolwer zbudowany jest podobnie jak silniczek synchroniczny. Zawiera dwa nieruchome uzwojenia stojana 1 i jedno ruchome wirnika 2. Uzwojenia stojana są zasilane jednakowymi napięciami przesuniętymi w fazie o 90° . Wirnik sprzęgnięty jest z wałem silnika. Miarą położenia (kąta obrotu Φ) jest przesunięcie fazowe indukowane w uzwojeniu wirnika. Czujnik może pracować również w układzie, w którym wartość napięcia generowanego w wirniku jest miarą położenia.



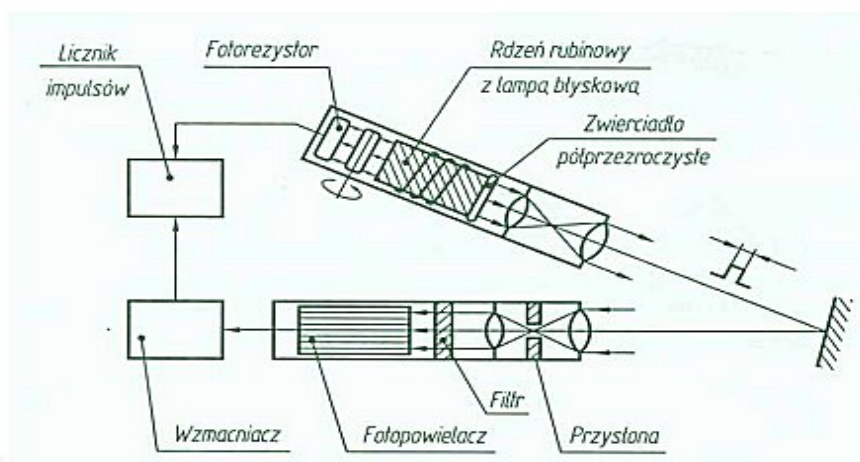
Rys. 4.29. Schemat rezolwera [3]

Czujnik optyczny

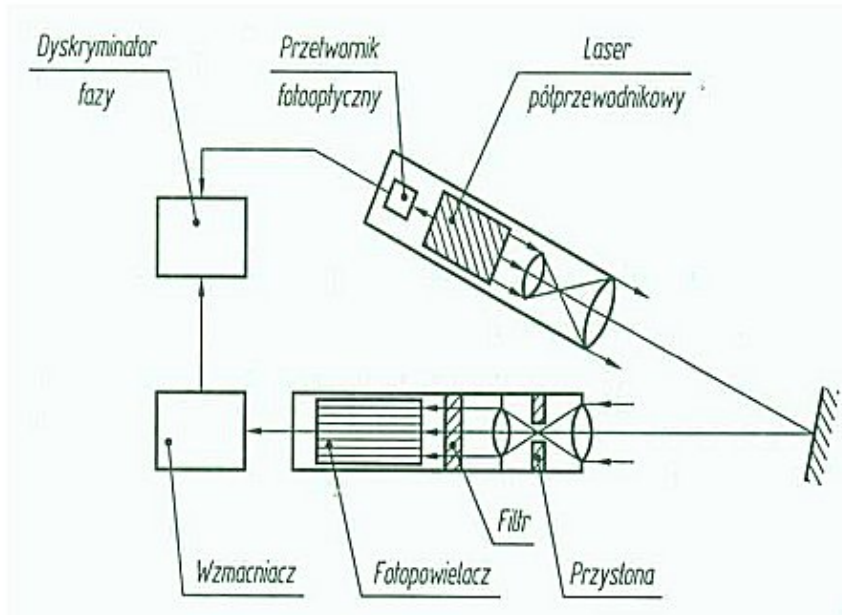
Wiązka promieniowania o określonej fazie jest kierowana na obiekt, sygnał odbity od obiektu jest kierowany do fotodetektora

W przypadku wykorzystania promieniowania modulowanego impulsowo (rys. 4.30a) impulsy docierające do odbiornika są zliczane w liczniku impulsów od chwili rozpoczęcia wysyłania sygnału. Liczba zliczonych impulsów jest funkcją szukanej odległości. Jeżeli sygnał z czujnika ma postać ciągłą (rys. 4.30b), to powstaje różnica faz między sygnałem wysłanym a odbitym od obiektu. Ta różnica jest miarą mierzonej odległości.

a)



b)



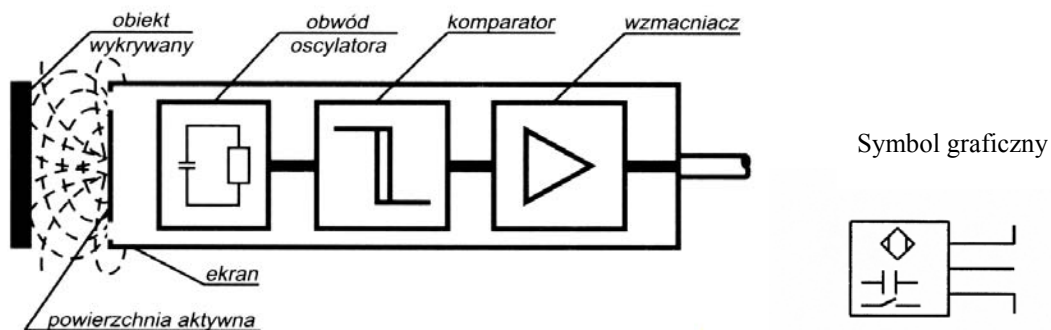
Rys. 4.30. Schemat czujnika laserowego optycznego [3]: a) promieniowania modulowanego impulsowo, b) promieniowania ciągłego

Czujniki dyskretne można podzielić na dwie grupy:

- 1) czujniki binarne – sygnał wyjściowy charakteryzują dwie wartości,
- 2) czujniki cyfrowe – sygnał wyjściowy ma postać liczby lub ciągu impulsów.

Czujniki binarne

Pojemnościowy sygnalizator krańcowy

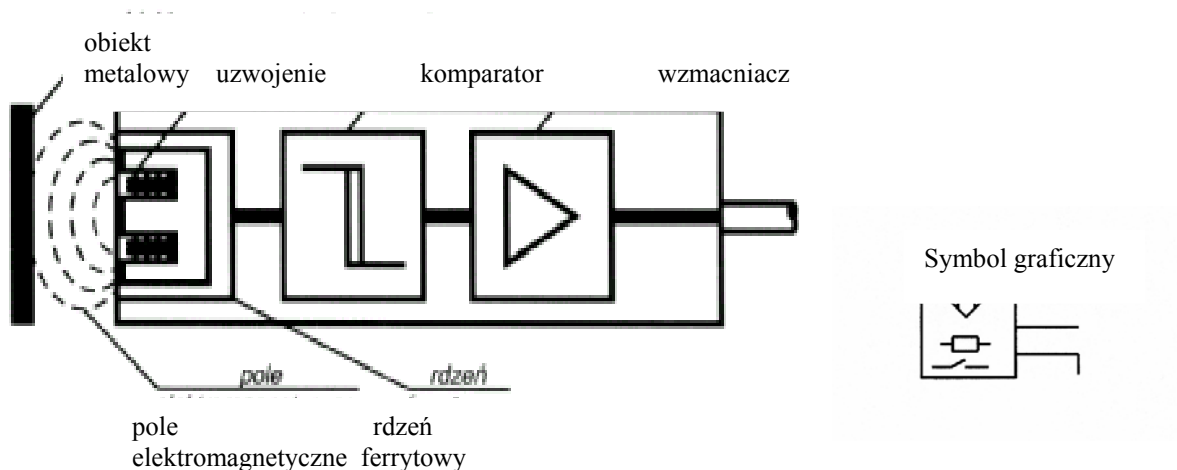


Rys. 4.31. Schemat pojemnościowego sygnalizatora krańcowego [11]

W czujniku pojemnościowym zbliżający się przedmiot metalowy powoduje zmianę pojemności kondensatora. Przy wzroście pojemności pojawiają się oscylacje, które wykrywa komparator.

Z prostownikiem dwupołówkowym na wejściu. Sygnał z komparatora po wzmacnieniu umożliwi sterowanie układów wykonawczych.

Indukcyjny bezstykowy sygnalizator krańcowy



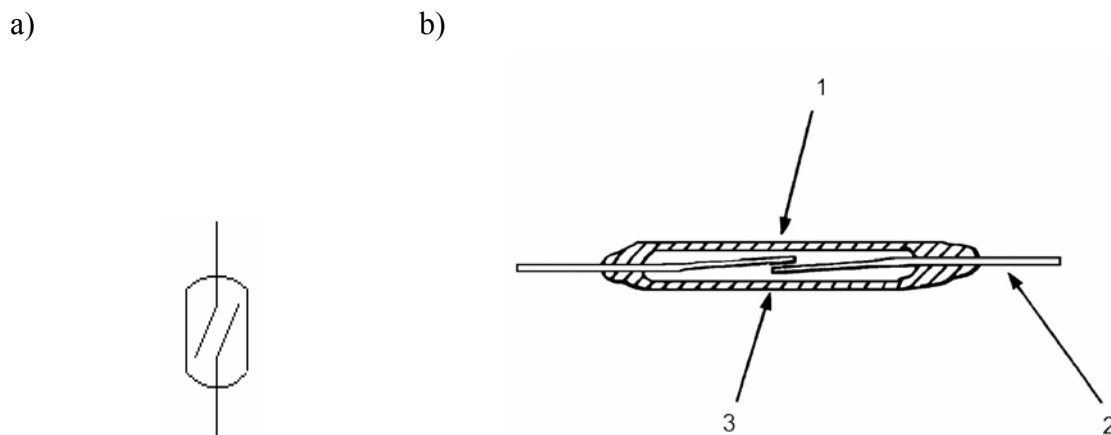
Rys. 4.32. Schemat indukcyjnego sygnalizatora krańcowego [11]

Czujnik indukcyjny generuje zmienne pole elektromagnetyczne. Jeżeli w polu oddziaływania czujnika znajdzie się przedmiot metalowy powstaną w nim prądy wirowe, które tłumią pole elektromagnetyczne. Przy pewnej charakterystycznej dla danego czujnika zmianie na wyjściu z komparatora następuje skokowa zmiana napięcia. Napięcie to po wzmacnieniu umożliwia sterowanie elementów wykonawczych.

Czujniki pola magnetycznego

Kontaktron

W kontaktronie zestyki zbudowane są z ferromagnetycznych, cienkich blaszek umieszczonych w obudowie wypełnionej gazem szlachetnym. Odległość między blaszkami wynosi 0,5 mm. Jeżeli w pobliżu pojawi się pole magnetyczne blaszki ulegają namagnesowaniu, zwierają się i zamykają obwód elektryczny. Po zaniku pola, blaszki odchylają się rozwierając połączenie elektryczne.



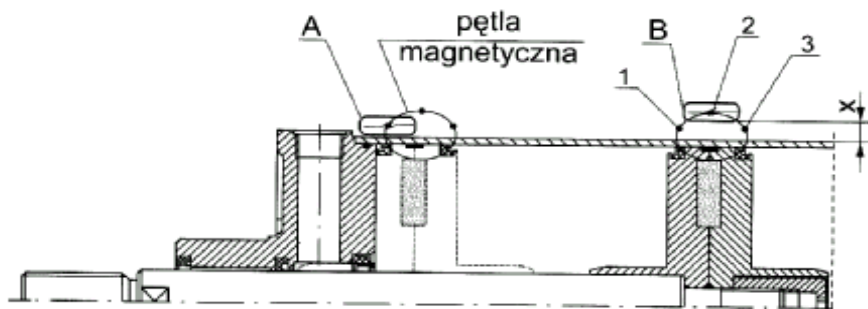
Rys. 4.33. Kontaktron a) symbol, b) schemat budowy pojedynczego kontaktronu: 1 – szklana obudowa wypełniona gazem szlachetnym, 2 – blaszka sprężysta, 3 – złożone zestyki [10]



nieżelazne zestyki
normalnie zamknięte

Rys. 4.34. Kontaktron jako przełącznik dwupołożeniowy [10]

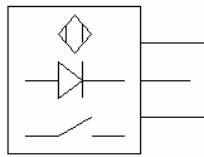
Na rys. 4.35 przedstawiono sposób mocowania czujnika kontaktronowego na siłowniku. Tłok siłownika zawiera element magnetyczny. Punkt A określa umiejscowienie czujników dla sygnalizacji skrajnych położen tłoka, punkt B – sygnalizacja pośredniego położenia tłoka. W punktach 1, 2, 3, następuje zwieranie styków czujnika kontaktronowego. Na odległość x należy odsunąć czujnik od magnesu, aby zwieranie styków następowało w jednym punkcie. Odległość ta zależna jest od wartości natężenia pola magnetycznego i ustalana jest doświadczalnie.



Rys. 4.35. Sposób zamocowania czujników kontaktronowych na siłowniku [12]

Czujniki fotoelektryczne

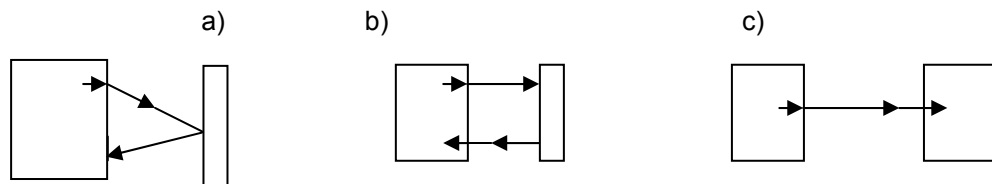
Czujniki fotoelektryczne wykorzystują zjawisko powstania napięcia pod wpływem padającego światła.



Rys. 4.36. Symbol czujnika

Czujniki optyczne

Zasada działania czujników optycznych opiera się na wysyłaniu wiązki przez nadajnik i odbieraniu jej przez odbiornik



Rys. 4.37. Schemat działania: a) czujnika optycznego odbiciowego, b) czujnika optycznego refleksyjnego, c) jednowiązkowa bariera światła

W czujniku odbiciowym nadajnik i odbiornik umieszczone są we wspólnej obudowie.

Jeżeli w polu działania znajdzie się przeszkoda, promienie odbijają się od niej i część trafia do odbiornika.

W czujniku refleksyjnym nadajnik i odbiornik umieszczone są w jednej obudowie i skierowane w końcowy punkt zasięgu, w którym umieszczony jest specjalny reflektor odblaskowy. Wiązka promieni świetlnych odbija się od reflektora. Napotkana na drodze promieni przeszkoda powoduje przerwanie wiązki światła.

W barierach optycznych czujnik i nadajnik umieszczone są w oddzielnych obudowach. Napotkana na drodze promieni przeszkoda powoduje przerwanie wiązki światła.

4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie są rodzaje czujników położenia?
2. Jaka jest zasada działania czujników potencjometrycznych?
3. Jaka jest zasada działania czujników indukcyjnych?
4. Jaka jest zasada działania czujników pojemnościowych?
5. Jaka jest zasada działania czujników optycznych?
6. Jaka jest zasada działania czujników binarnych pojemnościowych?
7. Jaka jest zasada działania czujników kontaktronowych?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wyznacz charakterystykę czujnika indukcyjnego analogowego.

Uwaga: czujniki analogowe indukcyjne są w stanie ustalić pozycję metalowego przedmiotu w granicach całej swojej przestrzeni roboczej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zamocować czujnik indukcyjny na stanowisku pomiarowym,
- 2) przysunąć mierzoną próbkę materiału do czujnika aż do zetknięcia,
- 3) podłączyć czujnik do aparatury pomiarowej,
- 4) zmieniając położenie próbki odczytać jej położenie oraz wartość sygnału wyjściowego czujnika,
- 5) zanotować wyniki,
- 6) wykonać wykres zależności wartości sygnału czujnika w funkcji odległości próbki od czujnika,
- 7) wykonać pomiary dla próbek z różnych materiałów (stal ST37, aluminium, miedź),
- 8) porównać uzyskane wyniki i zapisać wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujnik indukcyjny,
- próbki wykonane ze stali, aluminium, miedzi,
- stanowisko pomiarowe,

Ćwiczenie 2

Wyznacz charakterystykę rezystancyjnego czujnika położenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zamocować czujnik na stanowisku pomiarowym,
- 2) podłączyć czujnik do aparatury pomiarowej,
- 3) zmieniać położenie obiektu połączonego z czujnikiem rezystancyjnym,
- 4) odczytać zmiany sygnału wyjściowego z czujnika w funkcji zmian położenia obiektu,
- 5) wykreślić charakterystykę czujnika.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujnik rezystancyjny,
- stanowisko pomiarowe.

Ćwiczenie 3

Określ reakcję wybranych czujników na przeszkody wykonane z różnych materiałów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zamocować czujnik na stanowisku pomiarowym,

- 2) zamocować przesłonę na stanowisku pomiarowym,
- 3) przemieszczać przesłonę w kierunku czujnika, aż do momentu zaświecenia się diody LED na czujniku,
- 4) zanotować przy badanym czujniku reakcję lub brak reakcji na przysłonę,
- 5) sformułować i zanotować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujniki: indukcyjny, pojemnościowy, optyczny,
- przysłony wykonane z materiałów: stali, mosiądzu, aluminium, trwałe magnesy, tworzywo sztuczne koloru czerwonego, tworzywo sztuczne koloru czarnego,
- stanowisko pomiarowe.

Ćwiczenie 4

Wyznacz histerezę przełączeniową czujnika indukcyjnego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zamocować i podłączyć na stanowisku pomiarowym czujnik indukcyjny,
- 2) zamocować próbkę materiału,
- 3) przesunąć próbkę, aż do zetknięcia się z czujnikiem,
- 4) odsunąć próbkę od czujnika, aż do momentu zgaśnięcia diody sygnalizacyjnej czujnika,
- 5) odczytać i zanotować zmierzoną odległość a,
- 6) dosunąć próbkę materiału, aż do momentu zaświecenia diody czujnika,
- 7) odczytać i zanotować odległość b,
- 8) obliczyć różnicę $w = a - b$,
- 9) powtórzyć badania dla innych próbek,
- 10) obliczyć szerokość histerezy czujnika wyrażoną w procentach z zależności:

$$H = \frac{W}{S_n} \cdot 100\%$$

S_n – nominalny odstęp przełączeniowy, określa maksymalny odstęp pomiędzy standardową płytką i czujnikiem, przy której występuje zmiana sygnału wyjściowego z czujnika.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujnik indukcyjny,
- stanowisko pomiarowe.

Ćwiczenie 5

Wyznacz charakterystykę przełączeniową czujnika optycznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zamocować i podłączyć na stanowisku pomiarowym czujnik optyczny,
- 2) umieścić prostopadle do osi czujnika próbkę materiału,
- 3) przybliżać czujnik do próbki, aż do włączenia się czujnika,
- 4) zmierzyć odległość pomiędzy czujnikiem, a próbką,
- 5) wykonać pomiary dla kolejnych próbek,

- 6) wykonać pomiary dla próbek nachylonych w stosunku do osi czujnika o 15°, 30°,
- 7) zapisać wyniki,
- 8) zanotować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy

- czujnik optyczny,
- próbki z materiałów: czarnego, białego,
- stanowisko pomiarowe.

4.3.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować rodzaje czujników położenia?
- 2) wyjaśnić zasadę działania czujników optycznych?
- 3) wyjaśnić zasadę działania czujnika kontaktronowego?
- 4) dobrać czujnik odpowiedni do mierzonej wielkości fizycznej?
- 5) podłączyć czujnik do układu posługując się kartą katalogową?
- 6) wyznaczyć charakterystyki czujników?

Tak	Nie

4.4. Projektowanie układów pneumatycznych

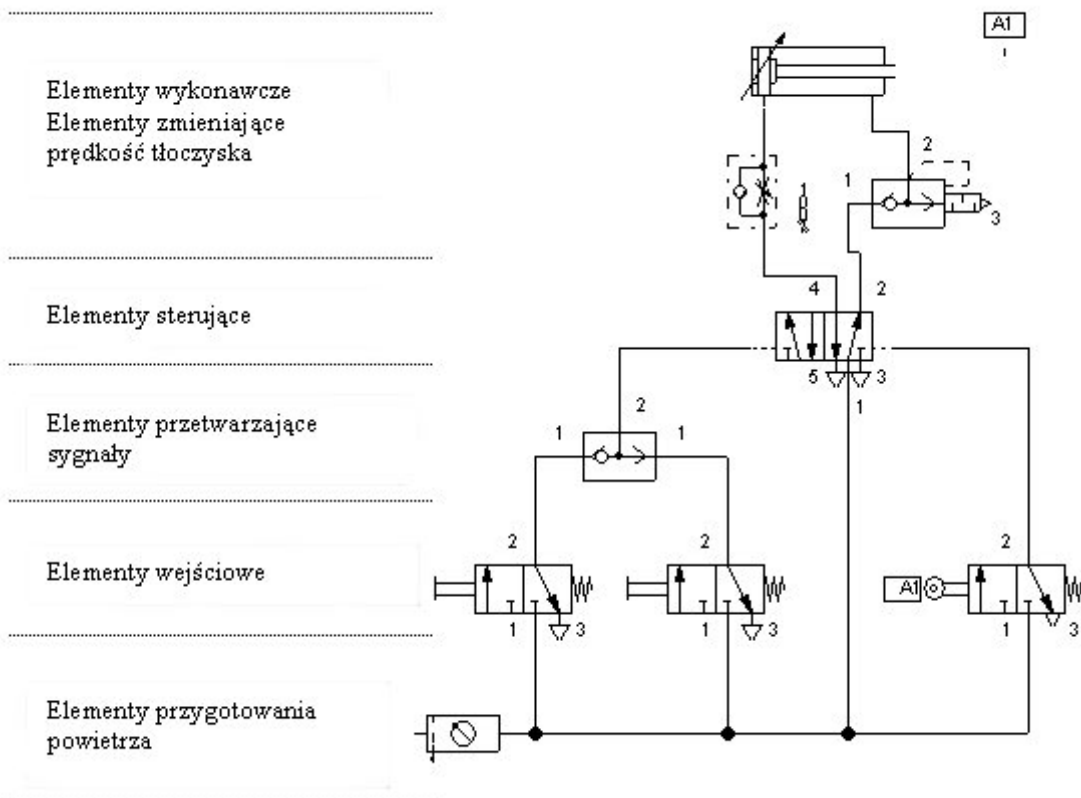
4.4.1. Materiał nauczania

Projektowanie układów wykonawczych ma na celu dobór odpowiednich elementów oraz sposobu ich połączenia tak, aby uzyskać żądane działanie układu.

Podczas projektowania układów sterowania są stosowane metody analityczne, wymagające znajomości teorii układów przełączających oraz nieanalityczne, wśród których popularna jest metoda intuicyjna.

Metoda intuicyjna wymaga od projektanta znajomości działania elementów przełączających. Opierając się na zadanych warunkach pracy układu, dobiera się poszczególne elementy i projektuje połączenia między nimi. Metoda intuicyjna nie zapewnia optymalnego doboru elementów zarówno pod względem ich ilości, jak i połączeń między nimi. Wymaga pewnego doświadczenia, ale jest metodą przejrzystą, pozwalającą w prosty sposób sprawdzić poprawność zaprojektowanego układu. Do zapisów cykli pracy układu służą cyklogramy (diagramy stanów) i wykresy czasowe. Zarówno cyklogramy, jak i wykresy czasowe przedstawiają w sposób graficzny działanie elementów układu w funkcji czasu. Różnica polega na tym, że wykres czasowy wiernie odtwarza w funkcji czasu zachodzące przebiegi, cyklogram przedstawia tylko ich charakter, dopuszczając pewne zniekształcenia.

Zasady rysowania schematów układów wykonawczych.



Rys. 4.38. Rozmieszczanie elementów na schematach

Diagramy funkcyjne

Diagramy funkcyjne przedstawiają w sposób graficzny przebieg ruchów i współpracę urządzeń układu. Symbole diagramów funkcyjnych przedstawiono na rys. 4.39.

Diagramy funkcyjne mogą występować jako diagramy drogowe lub diagramy stanów (cyklogramy). Diagramy drogowe w sposób graficzny przedstawiają ruchy poszczególnych elementów roboczych.

przemieszczenia i ruchy robocze			
			ruch prostoliniowy
			ruch wahadłowy
			ruch obrotowy jednokierunkowy
			przemieszczenie o dwóch współrzędnych (krzywa)
przemieszczenia i ruchy jałowe			
			ruch prostoliniowy
			ruch wahadłowy
ograniczenie przemieszczeń i ruchów			
			symbol ogólny (strzałka)
			ruch wahadłowy
			ruch obrotowy, stop po 3/4 obrotu
			przez element sygnałowy (punkt)
			przez twardy zderzak (strzałka i poprzeczna kreska)
			przez sterowanie wykorzystujące pomiar przemieszczenia (strzałka i dwie poprzeczne kreski)
elementy sygnałowe (uruchamiane siłą mięśni)			
	START		WŁĄCZANIE DWURĘCZNE
	STOP		WYBIERAK
	START/STOP		
	PRACA KROKOWA		WYŁĄCZNIK AWARYJNY
	AUTOMATYKA		
elementy sygnałowe (uruchamiane mechanicznie lub ciśnieniowo)			
	sygnalizator uruchamiany w położeniu krańcowym		przełącznik czasowy
	sygnalizator uruchamiany na dłuższym odcinku drogi		przełącznik ciśnieniowy
linie sygnałowe i połączenia sygnałów			
	linie sygnałowe		koniunkcja – I
	rozgałęzienia sygnałów		negacja – NIE
	alternatywa – LUB		sygnał do/z innej maszyny

Rys. 4.39. Symbolika diagramów funkcyjnych [9]

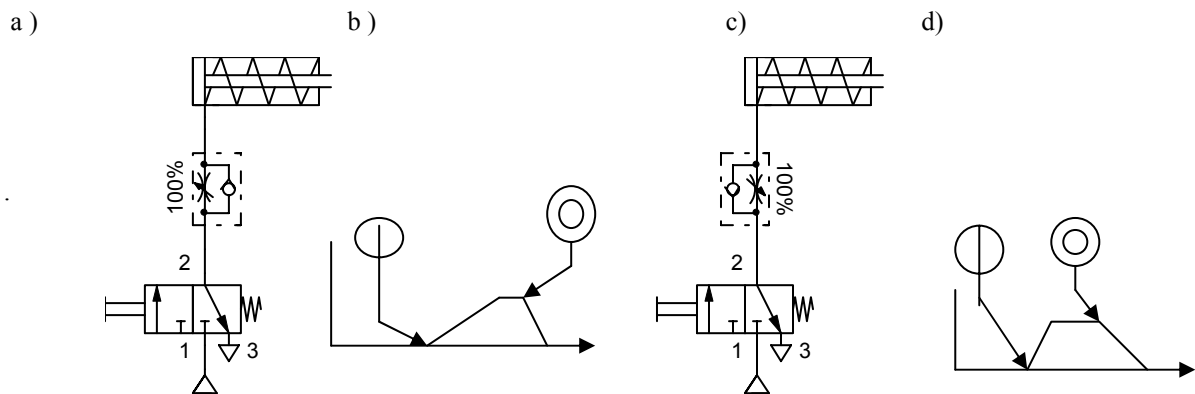
Diagramy stanów (cyklogramy)

W cyklogramach współrzędne pionowe oznaczają stan, współrzędne poziome przedstawiają kolejne kroki cyklu pracy lub czas. Kroki cyklu są numerowane.

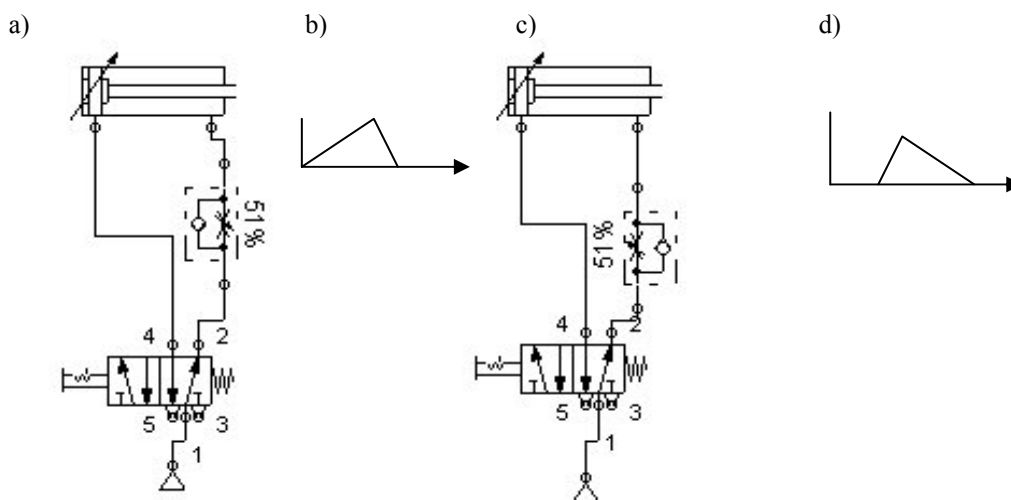
W układach sterowania najczęściej oddziałuje się na prędkość ruchu tłoczyska lub jego położenie.

Zmianę prędkości można uzyskać (jak zostało to opisane w jednostce modułowej 311[50].O1.07):

- 1) zmniejszenie prędkości ruchu tłoczyska (rys. 4.40 i 4.41):
 - przez dławienie powietrza na wlocie do siłownika,
 - przez dławienie powietrza na wylocie z siłownika,
 - przez dławienie powietrza na wlocie i wylocie siłownika.



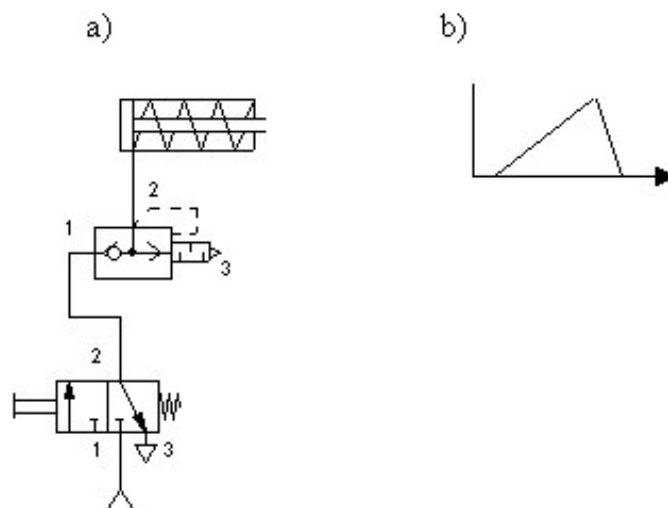
Rys. 4.40. Układy ze zmianą prędkości ruchu tłoczyska z siłownikiem jednostronnego działania: a) powolne wysuwanie, b) cyklogram, c) powolne wsuwanie, d) cyklogram



Rys. 4.41. Układy ze zmianą prędkości ruchu tłoczyska z siłownikiem dwustronnego działania: a) powolne wysuwanie, b) uproszczony cyklogram, c) powolne wsuwanie, d) uproszczony cyklogram

- 2) zwiększenie prędkości tłoczyska (rys. 4.42):

- zastosowanie zaworu szybkiego spustu.

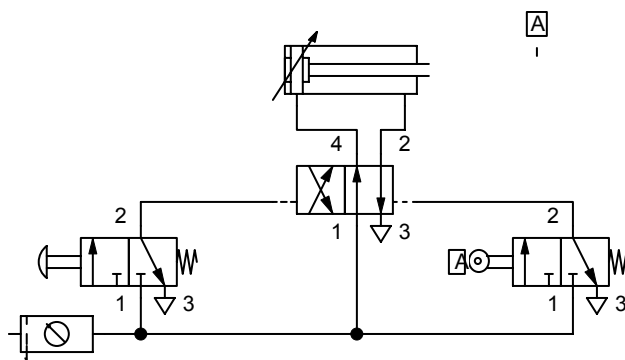


Rys. 4.42. Zwiększenie prędkości przy wsuwaniu tłoczyska: a) schemat układu, b) uproszczony cyklogram

Układy wykonawcze w zależności od realizowanego zadania dzielimy na:

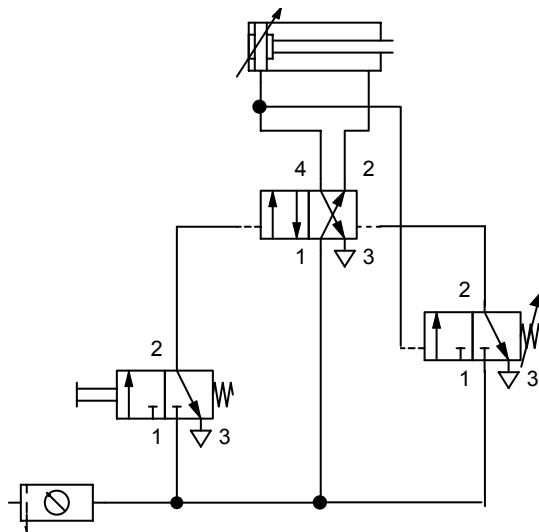
- układy sterowane w funkcji drogi (położenia),
- układy sterowane w funkcji ciśnienia (siły),
- układy sterowane w funkcji czasu.

W układach sterowanych w funkcji położenia montowane są czujniki położenia tłoczyska siłownika. Zmiana położenia zaworu sterującego nastąpi w momencie, gdy tłoczysko wysuwając się zajmie położenie określone umiejscowieniem zaworu drogowego, punkt A na rys. 4.43.



Rys. 4.43. Sterowanie siłownikiem w funkcji drogi

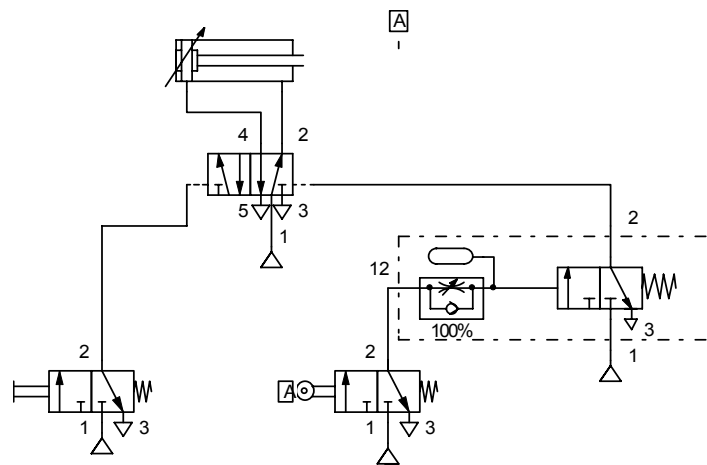
W układach sterowanie siłownika w funkcji ciśnienia (siły) zmiana położenia zaworu sterującego siłownikiem następuje po osiągnięciu w układzie określonej wartości ciśnienia (rys. 4.44).



Rys. 4.44. Sterowanie w funkcji ciśnienia

W układach sterowania siłownikiem w funkcji czasu, sygnał zmieniający położenie zaworu sterującego siłownikiem pojawi się po upływie określonego czasu od zaistniałego zdarzenia (rys. 4.45).

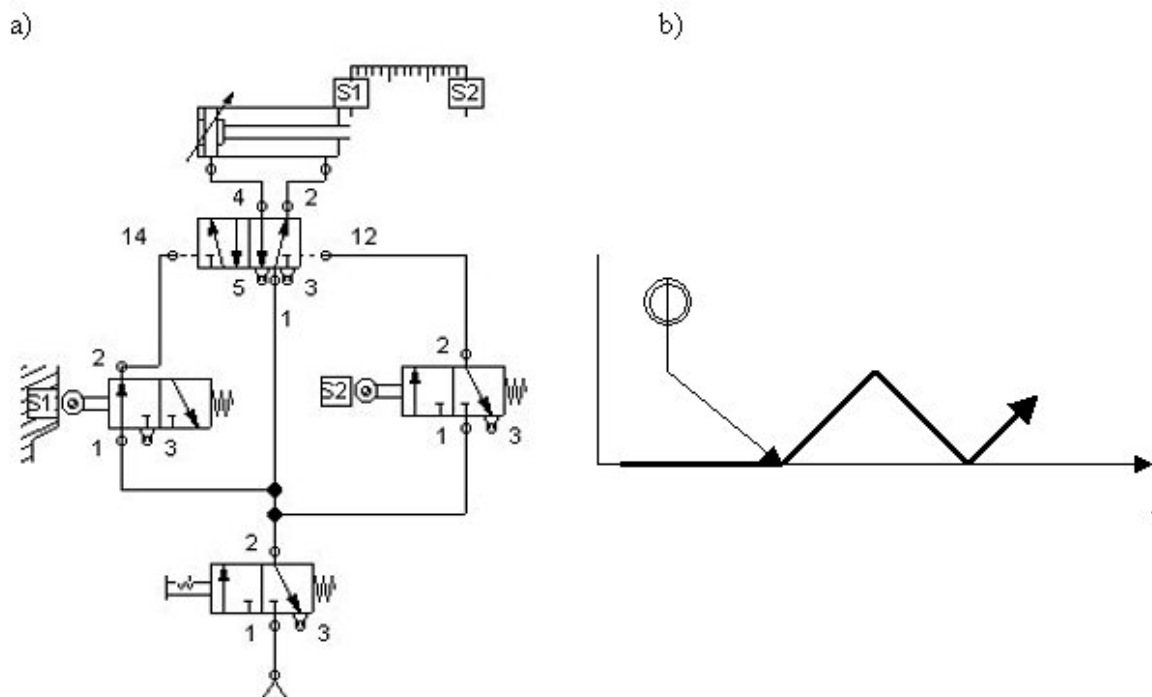
Wsunięcie tłoczyska siłownika nastąpi po upływie określonego czasu od naciśnięcia przez wysunięte tłoczysko krańcówki umieszczonej w punkcie A.



Rys. 4.45. Sterowanie siłownikiem w funkcji czasu

Układy sterowania automatycznego

Zastosowanie zaworów krańcowych umożliwia pracę układów pneumatycznych w cyklu automatycznym.



Rys. 4.46. Układ sterowania siłownikiem dwustronnego działania pracującym w cyklu automatycznym: a) schemat pneumatyczny, b) cyklogram

4.4.2. Pytania sprawdzające

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

1. Na czym polega intuicyjna metoda projektowania układów wykonawczych?
2. Co to są cyklogramy?
3. Przy pomocy jakich elementów można zmieniać prędkość ruchu tłoczyska?
4. W jaki sposób realizuje się sterowanie pneumatyczne siłownikiem w funkcji drogi?
5. W jaki sposób realizuje się sterowanie pneumatyczne siłownikiem w funkcji ciśnienia?
6. W jaki sposób realizuje się sterowanie pneumatyczne siłownikiem w funkcji czasu?
7. W jaki sposób realizuje się sterowanie pneumatyczne siłownikiem w cyklu automatycznym?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Korzystając z programu komputerowego do projektowania układów pneumatycznych zamodeluj na komputerze wskazane układy z części teoretycznej, rys. 4.40 do rys. 4.46.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) rozpoznać elementy układu,
- 2) zamodelować wskazany przez nauczyciela układ przy pomocy oprogramowania komputerowego,
- 3) przeanalizować działanie układu,
- 4) narysować cyklogram pracy układu,
- 5) przeprowadzić symulację pracy układu,
- 6) porównać otrzymane przebiegi z narysowanymi cyklogramami,
- 7) uzasadnić ewentualne różnice w pracy układu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe do symulacji pracy układów pneumatycznych,
- katalogi,
- normy symboli,
- literatura,
- poradnik ucznia.

Ćwiczenie 2

Zbadaj działanie rzeczywistych układów pneumatycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

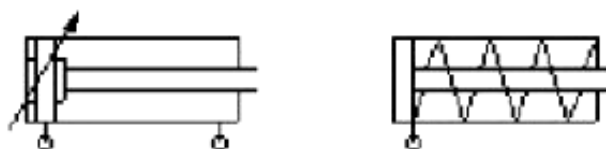
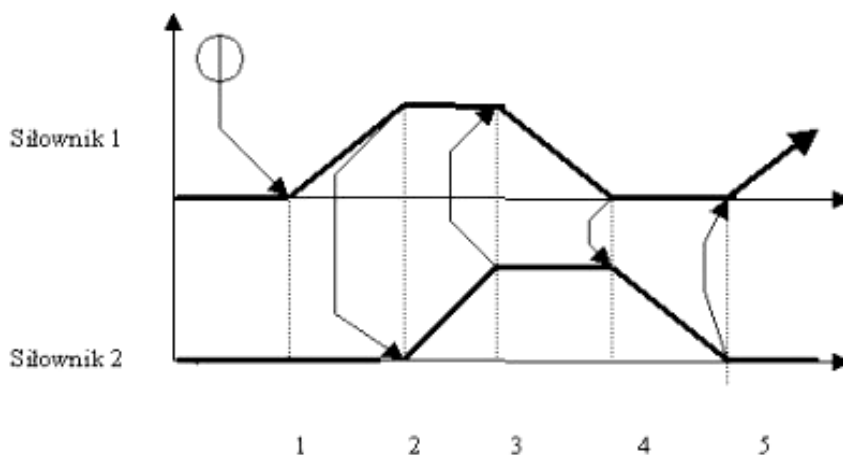
- 1) połączyć na stanowisku laboratoryjnym układy wg schematów z ćwiczenia 1,
- 2) sprawdzić działanie układów,
- 3) porównać z cyklogramami z zadania 1,
- 4) ewentualne różnice pomiędzy nimi uzasadnić.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- elementy pneumatyczne,
- stanowisko laboratoryjne do łączenia rzeczywistych układów pneumatycznych,
- katalogi,
- normy symboli,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika,
- poradnik dla ucznia.

Ćwiczenie 3

Zaprojektuj sekwencyjny, pneumatyczny układ sterowania dwoma siłownikami pracującymi zgodnie z cyklogramem.



Rys. 4.47. Rysunek do ćwiczenia 3

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować na podstawie cyklogramu działanie układu,
- 2) dobrać potrzebne elementy,
- 3) wrysować połączenia między nimi,
- 4) przetestować działanie układu wykorzystując symulację komputerową,
- 5) połączyć układ rzeczywisty na stanowisku laboratoryjnym,
- 6) sprawdzić zgodność działania układu z cyklogramem,
- 7) uzasadnić ewentualne różnice.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe do symulacji pracy układów pneumatycznych,
- stanowisko laboratoryjne do łączenia rzeczywistych układów pneumatycznych,
- katalogi,
- normy symboli graficznych elementów pneumatycznych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika.

4.4.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz

- 1) przeanalizować działanie pneumatycznego układu sterowania siłownikami?
- 2) narysować diagram stanów układu?
- 3) zaprojektować pneumatyczny układ sterowania z możliwością regulacji parametrów układu?
- 4) zaprojektować układ sterowania w oparciu o cyklogram pracy układu?

Tak

Nie

4.5. Projektowanie układów elektropneumatycznych

4.5.1. Materiał nauczania

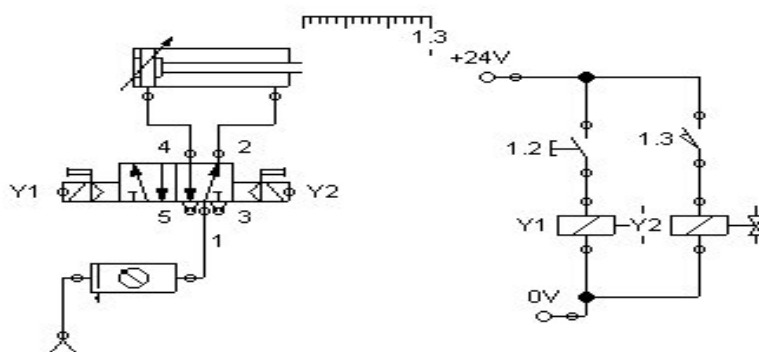
Układy elektropneumatyczne oprócz podstawowego podziału na układy sterowane pośrednio i bezpośrednio (opisanego w rozdziale 4.1) można podobnie podzielić, jak układy pneumatyczne, ze względu na realizowane funkcje na:

- układy sterujące w funkcji drogi,
- układy sterujące w funkcji czasu,
- układy sterujące w funkcji ciśnienia

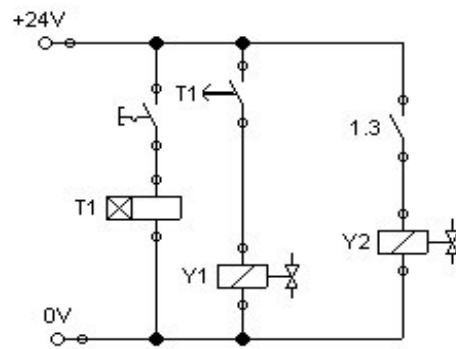
Na rys. 4.48 a przedstawiono przykłady realizacji sterowania w funkcji drogi.

Na rys. 4.48 b przedstawiono sterowanie w funkcji czasu. Tłoczyki siłownika wysunę się, gdy wciśnięty będzie przycisk 1.2 i upłynie czas określony nastawą przekaźnika czasowego.

a)

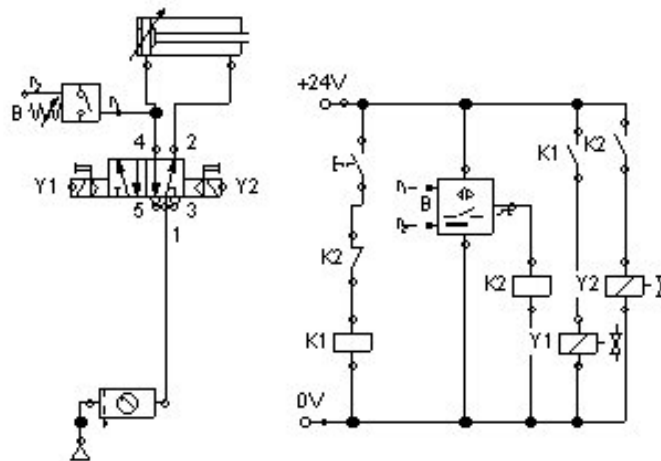


b)



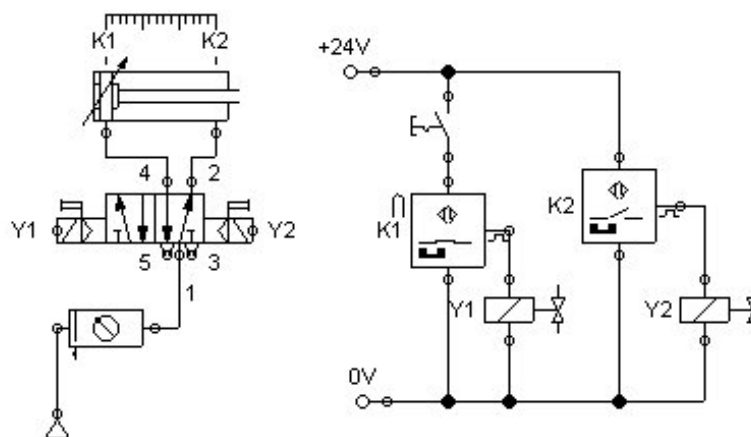
Rys. 4.48. Elektropneumatyczny układ sterowania: a) w funkcji drogi, b) w funkcji czasu

Na rys. 4.48 przedstawiony jest elektropneumatyczny układu sterowania w funkcji ciśnienia. Tłoczyśko siłownika wsunie się, gdy ciśnienie w komorze lewej siłownika osiągnie odpowiednią wartość i przekaźnik elektropneumatyczny wygeneruje sygnał Y2.



Rys. 4.49. Elektropneumatyczny układ sterowania w funkcji ciśnienia

Zastosowanie czujników położenia tłoczyśka umożliwia pracę układu elektropneumatycznego w cyklu automatycznym.



Rys. 4.50. Schemat układu elektropneumatycznego pracującego w cyklu automatycznym

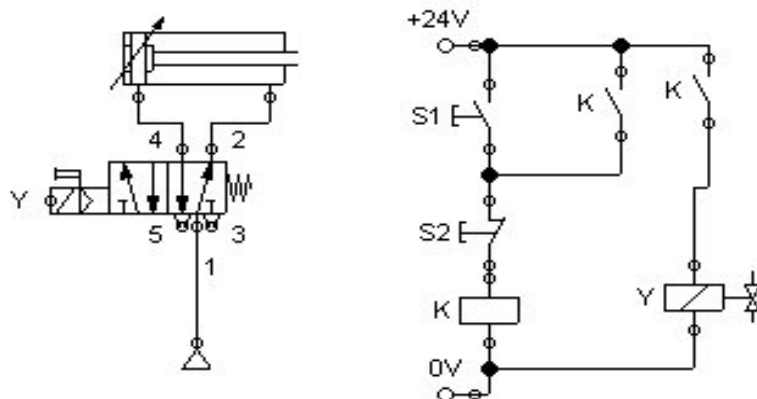
Układy pamięciowe

Zapamiętywanie sygnałów w układach pneumatycznych oraz elektropneumatycznych można realizować poprzez:

- zastosowanie zaworu rozdzielającego dwupołożeniowego bistabilnego,
- zastosowanie układu zapamiętywania stanu.

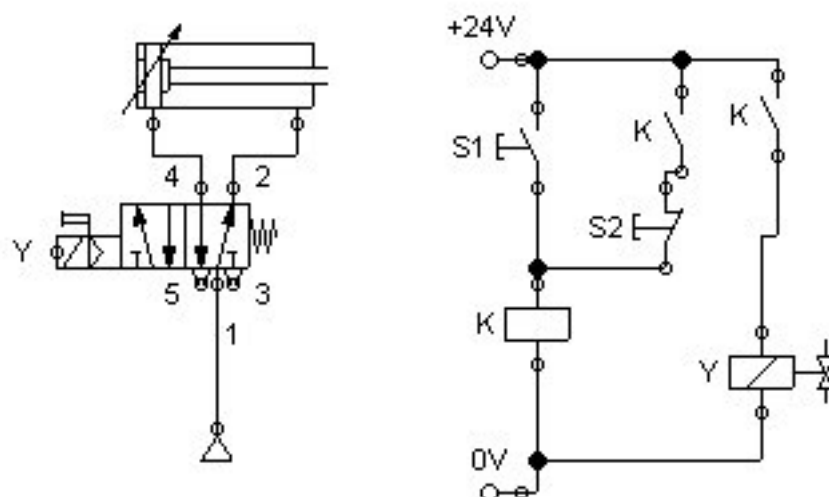
Wyróżnia się dwa rodzaje układów realizujących zapamiętywanie stanu:

- układy pamięciowe z dominującym wyłączeniem,
- układy pamięciowe z dominującym włączeniem.



Rys. 4.51. Układ pamięciowy z dominującym wyłączeniem

W układzie z dominującym wyłączeniem (rys. 4.51) krótki sygnał z przycisku S1 powoduje wysuwanie tłoczyska. Stan ten jest pamiętany do momentu naciśnięcia przycisku S2 rozłączającego układ.



Rys. 4.52. Układ pamięciowy z priorytetem włączania

W układzie z dominującym włączeniem (rys. 4.52) krótkotrwałe naciśnięcie przycisku S1 spowoduje wysuwanie tłoczyska. Sygnał jest zapamiętany tak długo, aż naciśnięty zostanie przycisk S2. Ponowne naciśnięcie przycisku S1 ponownie uruchomi wysuwanie tłoczyska.

Metodyka projektowania układów wykonawczych

W projektowaniu układów wykonawczych można wyróżnić następujące etapy:

- prawidłowe zrozumienie procesu działania projektowanego urządzenia,
- jednoznaczne sformułowanie problemu, który należy rozwiązać,
- określenie warunków i sposobu generowania sygnałów sterujących, ustalenie połączeń pomiędzy elementami układu,
- przeprowadzenie koniecznych obliczeń,
- dobór rodzaju elementów, z których zbudowany ma być układ.

Dobór parametrów siłownika odbywa się zgodnie z zależnościami podanymi w jednostce modułowej 311[50].O1.07.

Wyznaczanie zużycia powietrza

W celu wyznaczenia zużycia powietrza, przy danym ciśnieniu roboczym, określonej średnicy tłoka i skoku siłownika stosuje się wzór [9]:

- dla siłownika jednostronnego działania,

$$Q = s \cdot n \cdot \frac{A^2}{p_{atm}} \cdot p_{abs}$$

- dla siłownika dwustronnego działania,

$$Q = 2 \cdot s \cdot n \cdot \frac{A^2}{p_{atm}} \cdot p_{abs}$$

gdzie:

- Q – objętościowe zużycie powietrza,
- A – powierzchnia czynna tłoka,
- s – skok,
- p_{abs} – ciśnienie robocze absolutne,
- p_{atm} – ciśnienie atmosferyczne,
- n – liczba cykli pracy siłownika.

4.5.2. Pytania sprawdzające

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

- W jaki sposób realizuje się elektropneumatyczne sterowanie siłownikiem w funkcji drogi?
- W jaki sposób realizuje się elektropneumatyczne sterowanie siłownikiem w funkcji ciśnienia?
- W jaki sposób realizuje się elektropneumatyczne sterowanie siłownikiem w funkcji czasu?
- W jaki sposób realizuje się elektropneumatyczne sterowanie siłownikiem w cyklu automatycznym?
- W jaki sposób realizuje się elektropneumatyczny układ pamięciowy priorytetem wyłączania?
- W jaki sposób realizuje się elektropneumatyczny układ pamięciowy priorytetem włączania?
- W jaki sposób oblicza się zużycie powietrza przez siłownik pracujący cyklicznie?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Korzystając z programu komputerowego do projektowania układów elektropneumatycznych zamodeluj na komputerze wskazane układy z części teoretycznej poradnika (rys. 4.48 do rys. 4.52).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) rozpoznać elementy układu,
- 2) zamodelować wskazany przez nauczyciela układ przy pomocy oprogramowania komputerowego,
- 3) przeanalizować działanie układu,
- 4) narysować cyklogram pracy układu,
- 5) przeprowadzić symulację pracy układu,
- 6) porównać otrzymane przebiegi z narysowanym cyklogramem,
- 7) uzasadnić ewentualne różnice w pracy układu, a narysowanym cyklogramem.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe do symulacji pracy układów elektropneumatycznych,
- katalogi,
- normy symboli,
- literatura,
- poradnik dla ucznia

Ćwiczenie 2

Zbadaj działanie rzeczywistych układów elektropneumatycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) połączyć na stanowisku laboratoryjnym układy wg schematów z ćwiczenia 1,
- 2) sprawdzić działanie układów,
- 3) porównać działanie układu z cyklogramem z zadania 1,
- 4) uzasadnić ewentualne różnice w pracy układu, a przebiegiem cyklogramu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- elementy pneumatyczne, i elektropneumatyczne,
- stanowisko do łączenia rzeczywistych układów elektropneumatycznych,
- katalogi,
- normy symboli,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika,
- poradnik dla ucznia.

Ćwiczenie 3

Siłownik dwustronnego działania powinien po wysunięciu tłoczyska na odległość 40 mm docisnąć dwa sklejące detale z siłą 2000 N. Liczba cykli pracy 2 cykle/min. Dobierz, korzystając z katalogów i obliczeń, siłownik oraz sprężarkę.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

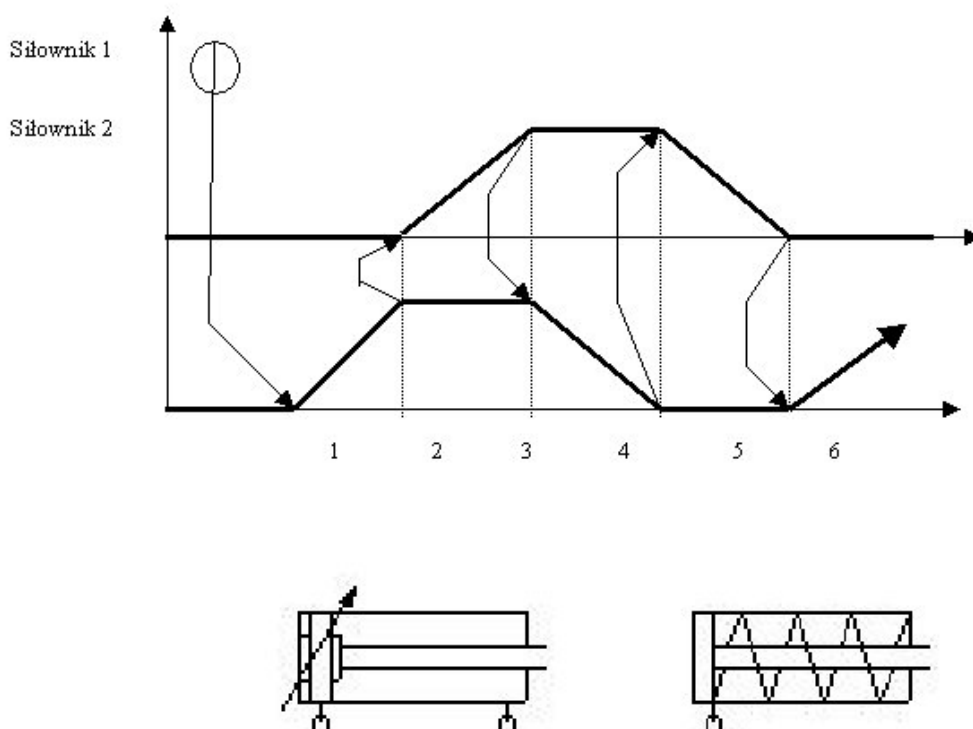
- 1) obliczyć średnicę tłoka siłownika korzystając z zależności określającej siłę przenoszoną przez tłoczysko i przyjmując określoną wartość ciśnienia powietrza zasilającego siłownik,
- 2) dobrać siłownik o odpowiedniej średnicy i długości skoku posługując się katalogiem,
- 3) obliczyć zużycie powietrza,
- 4) dobrać sprężarkę posługując się katalogiem i obliczeniami.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika
- poradnik dla ucznia.

Ćwiczenie 4

Zaprojektuj sekwencyjny, elektropneumatyczny układ sterowania dwoma siłownikami pracującymi zgodnie z cyklogramem przedstawionym na rys. 4.53.



Rys. 4.53. Rysunek do ćwiczenia 4

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

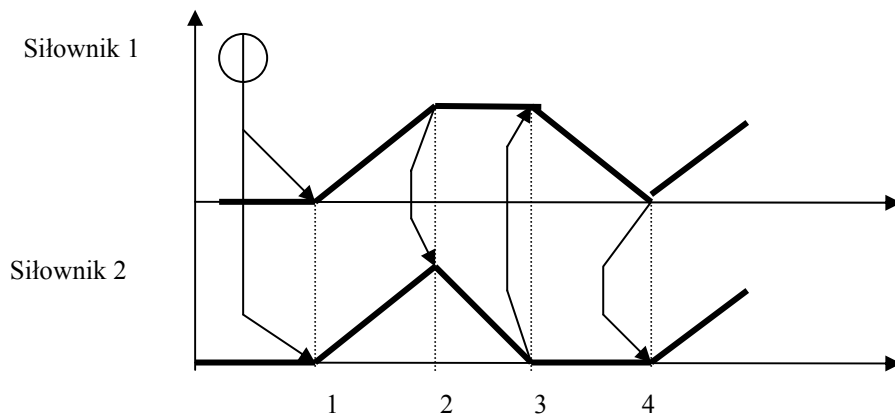
- 1) przeanalizować na podstawie cyklogramu działanie układu,
- 2) dobrać potrzebne elementy,
- 3) narysować połączenia między nimi,
- 4) przetestować działanie układu wykorzystując symulację komputerową,
- 5) połączyć układ rzeczywisty na stanowisku laboratoryjnym,
- 6) sprawdzić zgodność działania układu z cyklogramem,
- 7) uzasadnić ewentualne różnice.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe do symulacji pracy układów pneumatycznych i elektropneumatycznych,
- stanowisko laboratoryjne do łączenia rzeczywistych układów pneumatycznych i elektropneumatycznych,
- katalogi,
- normy symboli,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika,
- poradnik dla ucznia.

Ćwiczenie 5

Zaprojektuj układ sekwencyjny stycznikowo-przełącznikowy sterowania dwoma siłownikami dwustronnego działania pracującymi zgodnie z cyklogramem (rys. 4.54). Połącz układ na stanowisku laboratoryjnym. Sprawdź działanie układu.



Rys. 4.54. Rysunek do ćwiczenia 5

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować na podstawie cyklogramu działanie układu,
- 2) dobrać potrzebne elementy,
- 3) narysować połączenia między nimi,
- 4) przetestować działanie układu wykorzystując symulację komputerową,
- 5) połączyć układ na stanowisku laboratoryjnym,

- 6) sprawdzić działanie układu rzeczywistego,
- 7) uzasadnić ewentualne różnice między działaniem układu rzeczywistego, zamodelowanym na komputerze a cyklogramem.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe do symulacji pracy układów pneumatycznych i elektropneumatycznych,
- stanowisko laboratoryjne do łączenia rzeczywistych układów pneumatycznych i elektropneumatycznych,
- katalogi,
- normy symboli,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika,
- poradnik dla ucznia.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz

- 1) przeanalizować działanie układu elektropneumatycznego?
- 2) opisać działanie elektrozaworów w układzie sterowania elektropneumatycznego?
- 3) dobrać korzystając z obliczeń i katalogów napędy pneumatyczne?
- 4) zaprojektować układy stycznikowo-przekaźnikowe?
- 5) zaprojektować układy elektropneumatyczne z możliwością regulacji parametrów układu?
- 6) zaprojektować układy elektropneumatyczne z układami i elementami pamiętającymi?

Tak

Nie

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

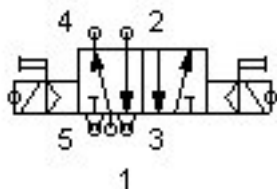
INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 10 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 30 min.

Powodzenia!

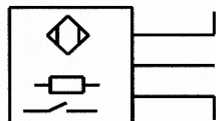
Zestaw zadań testowych

1. Na rysunku przedstawiono schemat



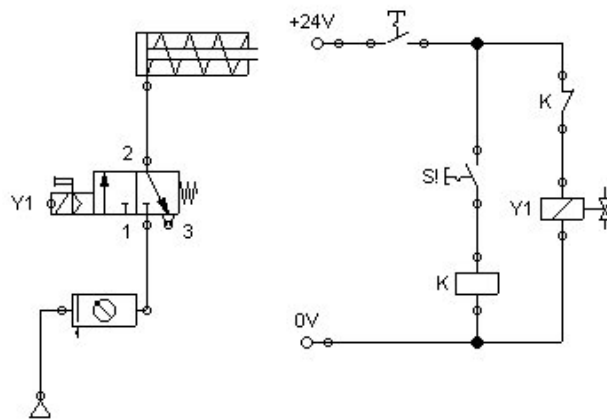
- a) elektrozaworu dwupołożeniowego czterodrogowego.
- b) elektrozaworu trójpołożeniowego pięciodrogowego.
- c) zaworu dwupołożeniowego, pięciodrogowego sterowanego pneumatycznie.
- d) elektrozaworu dwupołożeniowego pięciodrogowego.

2. Na rysunku przedstawiono symbol czujnika :



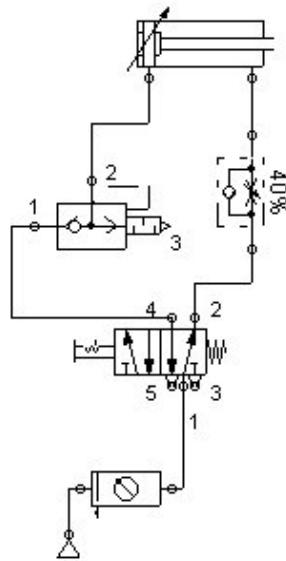
- a) optycznego.
- b) kontaktronowego.
- c) indukcyjnego.
- d) pojemnościowego.

3. W układzie przedstawionym poniżej po naciśnięciu przycisku START tłoczysko:



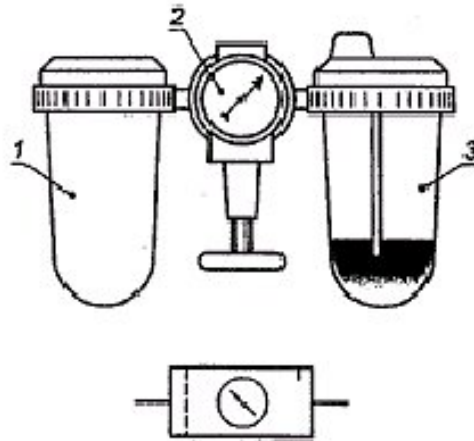
- siłownika jednostronnego działania pozostanie nieruchome.
- siłownika dwustronnego działania wysunie się.
- siłownika jednostronnego działania wysunie się.
- siłownika dwustronnego działania pozostanie nieruchome.

4. Po uruchomieniu układu tłoczysko siłownika będzie:



- wysuwało się wolno, wsuwało szybko,
- wysuwało się szybko, wsuwało wolno,
- wysuwało się szybko, wsuwało szybko,
- wysuwało się wolno, wsuwało wolno.

5. Na rysunku przedstawiono zestaw przygotowania sprężonego powietrza. Cyframi oznaczono odpowiednio:

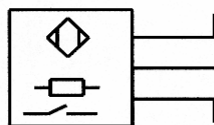


- a) 1 – reduktor, 2 – smarownica, 3 – filtr.
- b) 1 – smarownica, 2 – reduktor, 3 – filtr.
- c) 1 – filtr, 2 – reduktor, 3 – smarownica.
- d) 1 – filtr, 2 – smarownica, 3 – reduktor.

6. Powietrze dostarczane do układów pneumatycznych powinno być

- a) przefiltrowane, nasycone mgłą olejową, wilgotne, sprężone.
- b) nasycone mgłą olejową, osuszone, przefiltrowane, sprężone.
- c) osuszone, sprężone, nasycone mgłą olejową, przefiltrowane.
- d) sprężone, wilgotne, przefiltrowane, oziębione.

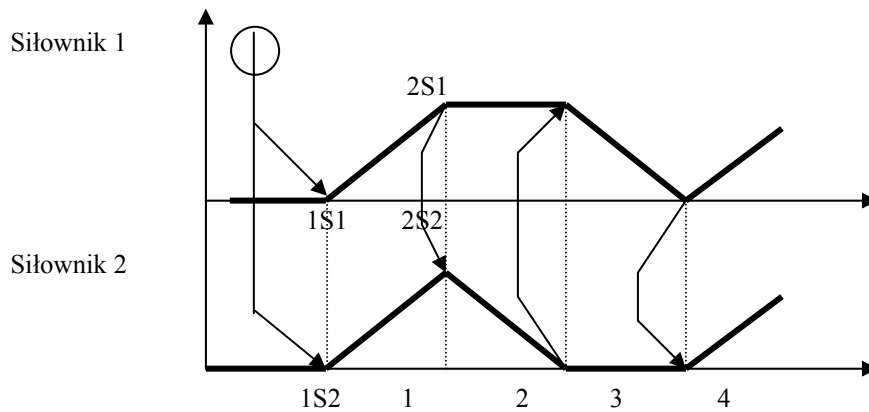
7. Przedstawiony na schemacie czujnik zareaguje na pojawienie się w jego polu działania przeszkody wykonanej



- a) ze szkła.
- b) z porcelany.
- c) z metalu.
- d) z gumy.

8. Zgodnie z poniższym cyklogramem przejście między stanem 2 i 3 nastąpi, gdy spełniony(a) będzie

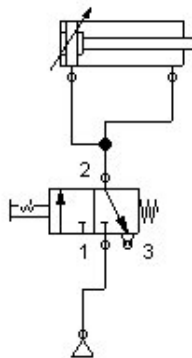
- a) iloczyn logiczny 1S1 i 2S2.
- b) iloczyn logiczny 2S1 i 1S2.
- c) iloczyn logicznego 1S1 i 1S2.
- d) suma logiczna 2S1 i 2S2.



9. Oczyszczanie powietrza przez absorpcję polega na

- przepuszczaniu powietrza przez filtr siatkowy.
- pochłanianiu zanieczyszczeń przez czynnik filtrujący.
- działaniu siły odśrodkowej.
- wychwytywaniu zanieczyszczeń przez pole magnetyczne.

10. W przedstawionym na schemacie układzie po zmianie położenia zaworu rozdzielającego tłoczyko siłownika



- pozostanie nieruchome.
- wysunie się.
- wykona jeden cykl pracy.
- wykona pół skoku.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i
nazwisko.....

Projektowanie układów elektropneumatycznych urządzeń i systemów mechatronicznych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	<i>Odpowiedź</i>				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Karty katalogowe.
2. Karty katalogowe PREMA, Kielce.
3. Komor Z.: Pracownia automatyki. WSiP, Warszawa 1996.
4. Kordowicz-Sot A.: Automatyka i robotyka. Napęd i sterowanie hydrauliczne i pneumatyczne. WSiP, Warszawa 1999.
5. Kordowicz-Sot A.: Automatyka i robotyka. Robotyka. WSiP, Warszawa 1999.
6. Kostro J.: Elementy, urządzenia i układy automatyki. WSiP, Warszawa 1998.
7. Mechatronika. Pod redakcją Dietmara Schmida. Wydawnictwo REA, Warszawa 2002.
8. Płoszajski G.: Automatyka. WSiP, Warszawa 1995.
9. Siemieniako F., Gawrysiak M.: Automatyka i robotyka. WSiP, Warszawa 1996.
10. Szejnert W., Koprzywa W., Sawicki L.: Pneumatyka i hydraulika maszyn technologicznych. Wydawnictwo PWN, Warszawa 1990.
11. Szejnert W.: Napęd i sterowanie pneumatyczne. WNT, Warszawa 1997.
12. Watson J.: Elektronika. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.

Czasopisma:

- Hydraulika i Pneumatyka
- Mechanik
- Pomiary Automatyka Kontrolna
- Pomiary Automatyka Robotyka
- Przegląd Mechaniczny