



PIOTR PAWEŁKO

**NAPĘD I STEROWANIE PNEUMATYCZNE**  
**PODSTAWY**  
ĆWICZENIA LABORATORYJNE

**Sterowanie sekwencyjne półautomatyczne  
i automatyczne**

Materiały przeznaczone są dla studentów Wydziału Inżynierii Mechanicznej i  
Mechatroniki

kopiowanie, powielanie, rozpowszechnianie bez wiedzy autora zabronione

Poniższa instrukcja jest fragmentem skryptu o tym samym tytule, wydanym za zgodą  
Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT w Szczecinie, ISBN  
978-83-7518-614-7, 2013, Szczecin

SZCZECIN 2014

## 1. Sterowanie sekwencyjne półautomatyczne i automatyczne

Od maszyn technologicznych wymaga się zapewnienia ściśle określonych kolejności (sekwencji) działania. Dotyczy to także maszyn ze sterowaniem pneumatycznym, gdzie wynikiem tych działań powinno być odpowiednie działanie siłowników bądź silników pneumatycznych. Jest to szczególnie zauważalne w liniach technologicznych, bądź ich fragmentach, np. kolejność działania może dotyczyć takich czynności, jak: podawanie przedmiotu w strefę pracy, ustalenie, mocowanie, ruch roboczy narzędzia, wycofanie narzędzia, odmocowanie przedmiotu, usunięcie przedmiotu ze strefy pracy. Wymienione czynności, wyznaczają cykl pracy urządzenia, mogą przebiegać automatycznie po każdorazowym podaniu sygnału START (sterowanie półautomatyczne), bądź też cykle pracy mogą być powtarzane samoczynnie (sterowanie automatyczne). Możliwe jest to dzięki wykorzystaniu sensorów, określających np. stany pracy poszczególnych elementów maszyny, poprawność przebiegu założonego cyklu pracy, kontroli otoczenia maszyny, czyli szeroko pojętego nadzoru nad poprawnością działania maszyny przy możliwych zakłóceniach.

Cykl pracy układu ze sterowaniem sekwencyjnym składa się z taktów zwanych też krokami. W każdym takcie realizowany jest ruch określonego elementu wykonawczego, ale możliwe są także ruchy kilku elementów w jednym takcie. Warunkiem rozpoczęcia kolejnego taktu jest zakończenie poprzedniego. O jego zakończeniu może decydować charakterystyczne położenie mechanizmu (np. wykorzystanie informacji z łącznika drogowego), czas upływający od momentu rozpoczęcia czynności (np. zawory ze zwłoką czasową) lub zakończenia ruchu, ewentualnie uzyskanie określonej siły na elementach wykonawczych (np. zawory sekwencji działania). W układzie sterowania niezbędne są zatem czujniki sygnalizujące:

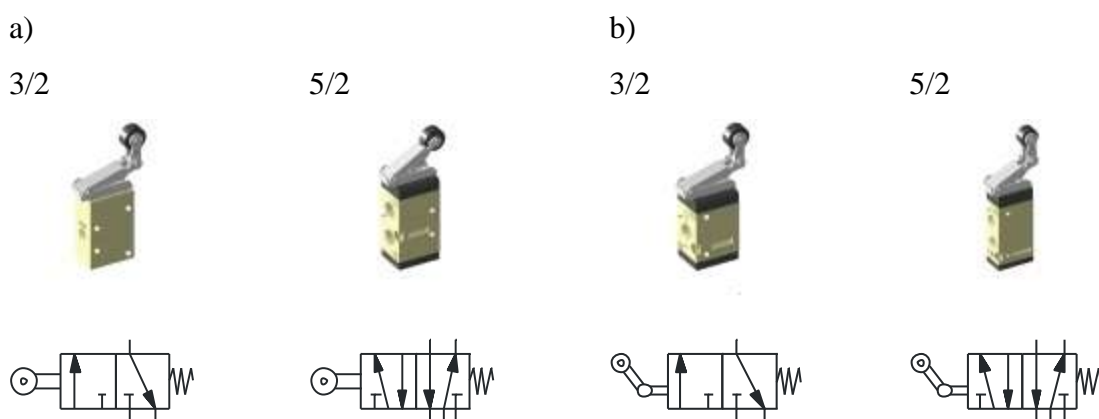
- położenie - łączniki drogowe,
- czas - przekaźniki czasowe,
- siłę (najczęściej ciśnienie w siłowniku) – przekaźniki/przetworniki ciśnienia, zawory sekwencji działania

Wymienione elementy wprowadzają do układu sterowania tzw. sygnały wejściowe.

Wyróżnia się zatem trzy główne odmiany pneumatycznego sterowania sekwencyjnego:

- sterowanie zależne od drogi,
- sterowanie zależne od czasu,
- sterowanie zależne od wartości ciśnienia.

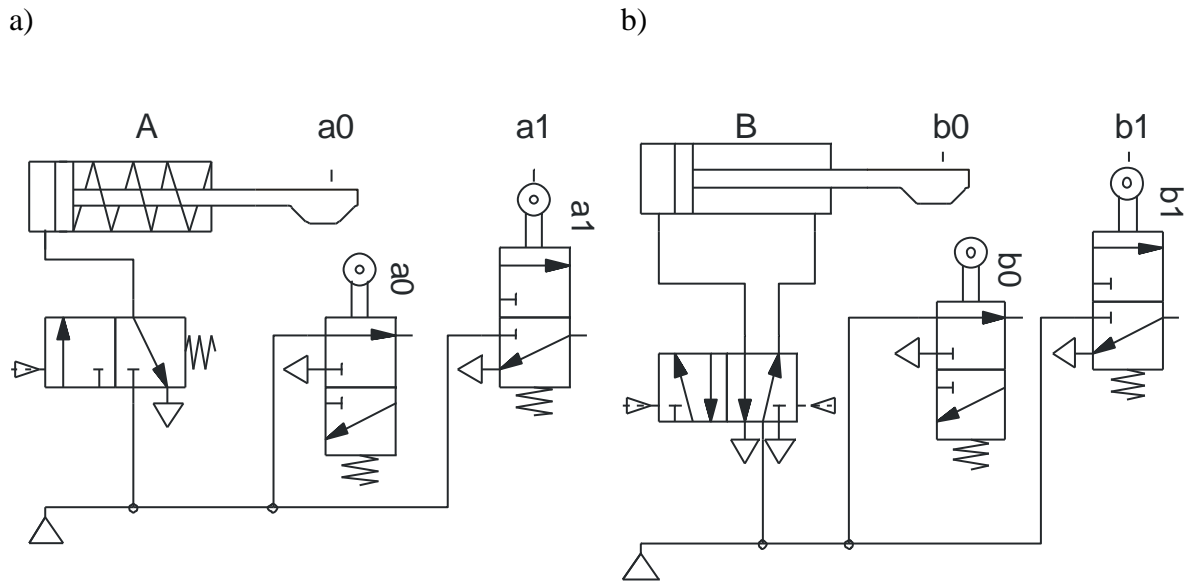
**Pneumatyczne łączniki drogowe** zwane są też wyłącznikami krańcowymi lub drogowymi. Nazwy te funkcjonują naprzemiennie w ofertach handlowych dostawców tego typu sprzętu [17]-[23]. Sterowanie zależne od drogi jest jedną z najczęściej stosowanych odmian sterowania sekwencyjnego. W układach tych element osadzony na tłoczysku siłownika lub innego elementu wykonawczego, który jest z nim połączony, w charakterystycznych położeniach, zwykle końcowych, oddziałuje mechanicznie na wyłącznik drogowy, powodując jego przesterowanie. W układach pneumatycznych jako wyłączniki drogowe są stosowane m.in. monostabilne zawory rozdzielające typu 3/2 lub 5/2, sterowane dźwignią z rolką (rys. 9.1) [3].



**Rys. 9.1. Pneumatyczne wyłączniki drogowe 3/2 i 5/2 sterowane mechanicznie: a) dźwignią z rolką, b) dźwignią z rolką łamaną**

W praktyce spotyka się dwie odmiany wyłączników drogowych sterowanych dźwignią z rolką. Zawór z dźwignią prostą (rys. 9.1a) zostaje przesterowany i generuje sygnał wejściowy przy najeździe na niego elementu w obu kierunkach. Zawór z dźwignią łamaną (rys. 9.1b) jest przesterowywany tylko przy najeździe elementu wymuszającego na rolkę w jednym kierunku. Dla ruchu powrotnego dźwignia zostaje tylko uchylona, zaś sam zawór nie jest przesterowywany. Pozwala to na przykład na uzależnienie generowanego sygnału od kierunku ruchu, na rejestrację pełnych cykli wysuw-powrót tłoczyska itp.

Dwa łączniki drogowe (w przypadku konieczności sygnalizacji obu położań krańcowych), siłownik pneumatyczny oraz zawór rozdzielający (mono- lub bistabilny) sterujący pracą siłownika tworzą tzw. zespół wykonawczy (rys. 9.2). Sygnał z wyłącznika drogowego może być wykorzystany do przełączenia zaworu rozdzielającego na ruch powrotny siłownika lub do przesterowania, włączenia, wyłączenia innych elementów zespołu układu pneumatycznego.



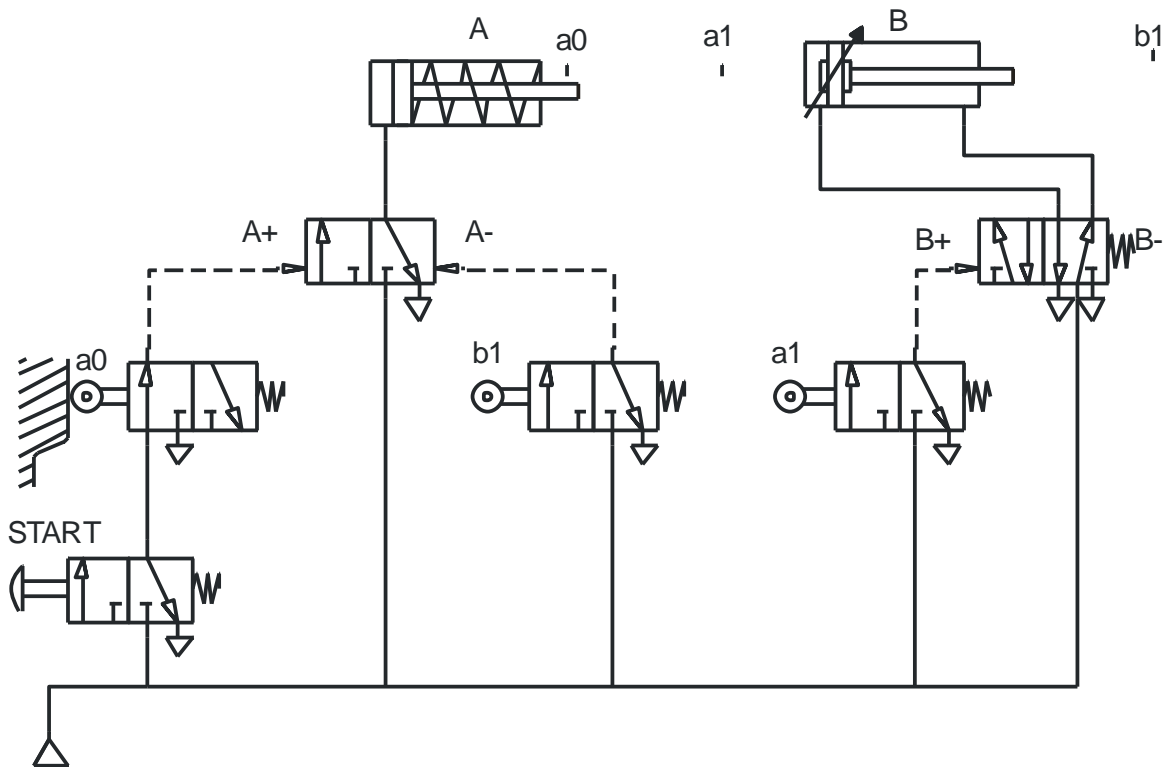
**Rys. 9.2. Zespół wykonawczy: a) z siłownikiem jednostronnego działania, mono-stabilnym zaworem rozdzielającym 3/2 i dwoma zaworami rozdzielającymi sterowanymi rolką, b) z siłownikiem dwustronnego działania, bistabilnym zaworem rozdzielającym 5/2 i dwoma zaworami rozdzielającymi sterowanymi rolką**

Zasady rysowania schematów pneumatycznych przedstawiono w pkt. 4. Zwrócono uwagę, że położenie pneumatycznych ew. elektrycznych łączników drogowych (krańcowych) oznacza się pionową kreską umieszczoną prostopadle na drodze przemieszczającego się elementu (np. tłoczyska siłownika), oraz że elementy pneumatyczne powinny być rysowane w położeniu, jakie zajmują w układzie na chwilę przed podaniem sygnału START.

W przypadku układów gdzie przed podaniem sygnału START, elementy robocze powinny zajmować określone pozycje, które to są sygnalizowane przez sygnały z łączników drogowych, należy te łączniki (zawory) narysować jako przesterowane. Na rys. 9.2 przedstawiono w taki sposób pozycje tłoczysk siłowników A i B – pozycja a0 i b0. Narysowano na schemacie zawory monostabilne 3/2 sterowane rolką, odpowiedzialne za przekazanie informacji o pozycji startowej tłoczysk siłowników a0 i b0, w pozycji przesterowanej.

**Układy sterowania sekwencyjnego.** Na rys. 9.3 pokazano układ sterowania sekwencyjnego dwóch siłowników: jednostronnego działania A i dwustronnego działania B. Zgodnie z zasadą sporządzania schematów pneumatycznych łączniki drogowy: a1, a2, i b1 narysowano na jednym poziomie elementów wejściowych. Miejsca działania łączników

zaznaczono kreskami pionowymi i oznaczeniami literowymi, znajdującymi się na poziomie siłowników.

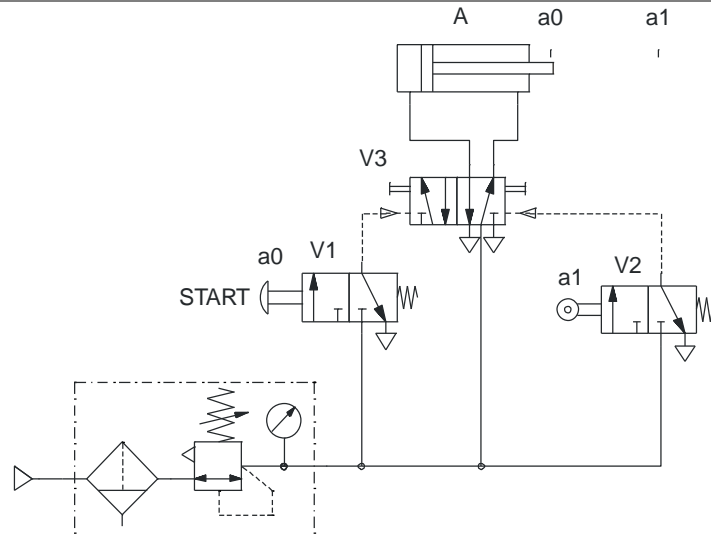


Rys.9.3. Układ sterowania sekwencyjnego zależnego od drogi

Z przedstawionego schematu wynika, że rozpoczęcie cyklu pracy, tj. ruch tłoczyska siłownika A do przodu (oznaczany jako A+), jest możliwe po naciśnięciu przycisku START, o ile tłoczek siłownika A jest wsunięty i wówczas wyłącznik drogowy a0 jest przesterowany. Szeregowe połączenie obu elementów tworzy iloczyn logiczny. Po przesterowaniu wyłącznika drogowego a1 i podaniu sygnału B+ zostaje przesterowany zawór rozdzielający i wysuwa się tłoczek siłownika B. W położeniu b1, po przesterowaniu wyłącznika b1 i podaniu sygnału A-, rozpoczyna się ruch powrotny tłoczyska siłownika A. Zanik sygnału z łącznika a1 umożliwia przesterowanie zawór typu 5/2 przez sprężynę zwrotną (sygnał B-) i wykonanie ruchu powrotnego tłoczyska siłownika B.

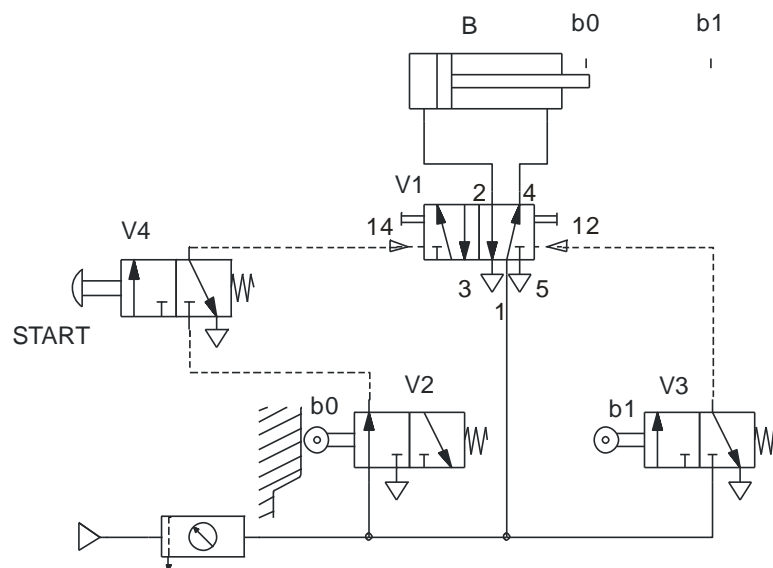
### Przebieg ćwiczenia

- Zrealizować wg. schematu układ sterowania siłownikiem dwustronnego działania w trybie półautomatycznym wykorzystując odpowiednie elementy wykonawcze i sterujące.



**Rys. 9.4. Schemat układu półautomatycznego**

- sprawdzić działanie układu poprzez chwilowe naciśnięcie zaworu V1 (impuls), zanotować spostrzeżenia z pracy układu,
  - sprawdzić działanie układu poprzez ciągłe (stałe) naciśnięcie zaworu V1, zanotować spostrzeżenia z pracy układu,
  - narysować cyklogram pracy układu z rozróżnieniem powyższych czynności, wyjaśnić różnice,
  - zrealizować na stanowisku układ półautomatyczny obwodu sterowania realizujący cykl a0 a1 (pozycja startowa a1), narysować schemat układu.
- b) Zrealizować na stanowisku, wg. schematu, układ sterowania siłownikiem dwustronnego działania w trybie automatycznym, wykorzystując odpowiednie elementy wykonawcze i sterujące.



**Rys. 9.5. Schemat układu automatycznego**

- sprawdzić działanie układu poprzez chwilowe (impulsowe) naciśnięcie zaworu V4 (START), zanotować spostrzeżenia,
- sprawdzić działanie układu poprzez ciągłe (stałe) naciśnięcie zaworu V4, zanotować spostrzeżenia,
- przeprowadzić czynność zamiany miejscami połączeń wyjść (2, 4) w zaworze V1 oraz zamiany miejscami przyłączy sterowania (14, 12), zaobserwować czy zmieni się działanie układu? Narysować schemat zmodyfikowanego układu,
- przycisk V4 (START) jest podłączony pomiędzy zaworem V2 i sterowaniem 14 zaworu V1. Co się stanie, jeśli zmieni się ułożenie zaworu V4 tak, by był na drodze zasilania zaworu V2? Narysować schemat zmodyfikowanego układu,
- co się stanie, gdy zmieni się położenie zaworu V4 tak, aby był pomiędzy zaworem V3 i przyłączem sterowania 12 zaworu V1? Narysować schemat zmodyfikowanego układu.

## LITERATURA

### Książki

- [1] Szenajch W. Napęd i sterowanie pneumatyczne, WNT, Warszawa 1992.
- [2] Szenajch W. Przyrządy uchwytu i sterowanie pneumatyczne, WNT, Warszawa 1983.
- [3] Niezgoda J., Pomierski W.: Sterowanie pneumatyczne ćwiczenia laboratoryjne, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1998
- [4] Lewandowski D. i inni.: Pneumatyka i hydraulika urządzeń mechanicznych - laboratorium. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1999
- [5] Węsierski Ł.: Podstawy pneumatyki. AGH, Kraków, 1990
- [6] Węsierski, Ł. N.; Rzeczywiste działanie elementów pneumatycznych, Pneumatyka; 2000 | nr 5 | 20-22
- [7] Świder J., Sterowanie i automatyzacja procesów technologicznych i układów mechatronicznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006

### Normy

- [8] PN - ISO 1219-1 1991 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Symbole graficzne i schematy układów -- Symbole graficzne
- [9] PN-ISO 1219-2:1998, Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Symbole graficzne i schematy układów -- Schematy układów
- [10] PN-M-73001:1991 + Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne. Terminologia.
- [11] PN-ISO 2944:2005 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Ciśnienia nominalne
- [12] PN-ISO 3320:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Średnice cylindrów i średnice tłoczków -- Szereg metryczny
- [13] PN-ISO 3322:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Cylindry (siłowniki) -- Ciśnienia nominalne
- [14] PN-ISO 4393:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Cylindry -- Skoki tłoka; szereg podstawowy
- [15] PN-ISO 4397:1994 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Łączniki i części współpracujące -- Średnice nominalne zewnętrzne przewodów sztywnych lub półsztywnych i średnice nominalne wewnętrzne przewodów giętkich
- [16] PN-M-73020:1973 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Elementy i zespoły hydrauliczne i pneumatyczne -- Ogólny podział i oznaczenie

### Strony www z okresu 01.01.-30.01.2013

- |  |   |
|--|---|
| [17] Materiały firmy FESTO                               | <a href="http://www.festo.com">www.festo.com</a>                      |
| [18] Materiały firmy PNEUMAT                             | <a href="http://www.pneumat.com.pl">www.pneumat.com.pl</a>            |
| [19] Materiały firmy CAMOZZI                             | <a href="http://www.camozzi.com">www.camozzi.com</a>                  |
| [20] Materiały firmy SMC                                 | <a href="http://www.smc.pl">www.smc.pl</a>                            |
| [21] Materiały firmy AIR-COM                             | <a href="http://air-com.pl">http://air-com.pl</a>                     |
| [22] Materiały firmy BIBUS MENOS                         | <a href="http://www.bibusmenos.pl">www.bibusmenos.pl</a>              |
| [23] Materiały firmy PREMA                               | <a href="http://www.prema.pl">www.prema.pl</a>                        |
| [24] Materiały firmy CADWIT                              | <a href="http://www.cadwit.pl">www.cadwit.pl</a>                      |
| [25] Materiały firmy MINDMAN                             | <a href="http://www.mindman.com.tw">www.mindman.com.tw</a>            |
| [26] Napęd i Sterowanie Hydrauliczne i Pneumatyczne      | <a href="http://www.hip.agh.edu.pl">www.hip.agh.edu.pl</a>            |
| [27] Materiały firmy Air-Com                             | <a href="http://www.air-com.pl">www.air-com.pl</a>                    |
| [28] Politechnika Krakowska, Instytut Konstrukcji Maszyn | <a href="http://graf.mech.pk.edu.pl/">http://graf.mech.pk.edu.pl/</a> |