



PIOTR PAWEŁKO

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

**Diagramy funkcyjne i cyklogramy pracy**

Materiały przeznaczone są dla studentów Wydziału Inżynierii Mechanicznej i  
Mechatroniki

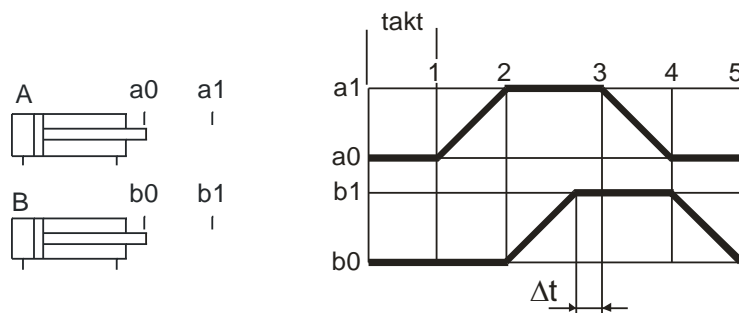
kopiowanie, powielanie, rozpowszechnianie bez wiedzy autora zabronione

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. Cyklogramy pracy

Rolą cyklogramu pracy (ang Functional Diagram) jest przedstawienie kolejnych etapów ruchu elementów wykonawczych (oraz sygnałów sterujących) w cyklu pracy układu pneumatycznego. Przedstawia się go w formie graficznej, na osi odciętych (poziomej) odkłada się jednakowe odległości symbolizujące kolejne takty w cyklu pracy. Na osi rzędnych (pionowej) zamieszcza się jedynie istotne elementy układów, tzn elementy robocze, zawory sterujące, których zmiana stanu jest istotna dla działania całego układu. Dla elementów roboczych na osi rzędnych nanosi się oznaczenia położenia, czyli przebytej drogi, dla zaworów natomiast stany przesterowania pozycji. Istotą cyklogramu pracy jest przedstawienie przyczynowo skutkowe działania projektowanego układu w pełnym cyklu pracy, z podziałem na takty. Na tej podstawie można dobrać zarówno niezbędne elementy wykonawcze i sterowania, jak i w późniejszej fazie projektu prowadzić obliczenia np. chwilowych wymaganych natężeń przepływu w instalacji.













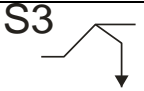
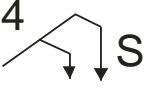
Rys. 5.1. Cyklogram pracy dwóch siłowników [3].

Przykład cyklogramu pracy dwóch siłowników pneumatycznych A i B pokazano na rys. 5.1. Cykl pracy składa się z czterech taktów. W „pierwszym” (0-1) takcie nic się nie wydarzyło z elementami roboczymi, więc nie jest zliczany. Odcinki współrzędnej czasu na cyklogramie nie odpowiadają rzeczywistym czasom działań mechanizmów. Cyklogram ma znaczenie jedynie poglądowe. Pogrubione linie poziome na cyklogramie oznaczają stany stabilne, w tym przypadku siłowników, zaś pogrubione linie pochyłe lub pionowe zmiany stanu, w tym przypadku ruch elementów wykonawczych. Cyklogram pracy, aby w pełni opisywał zależności pomiędzy elementami roboczymi a elementami sterowania, powinien być uzupełniony o kolejne wiersze, w których należałoby oznaczyć położenia istotnych zaworów rozdzielających, sterujących pracą siłowników.

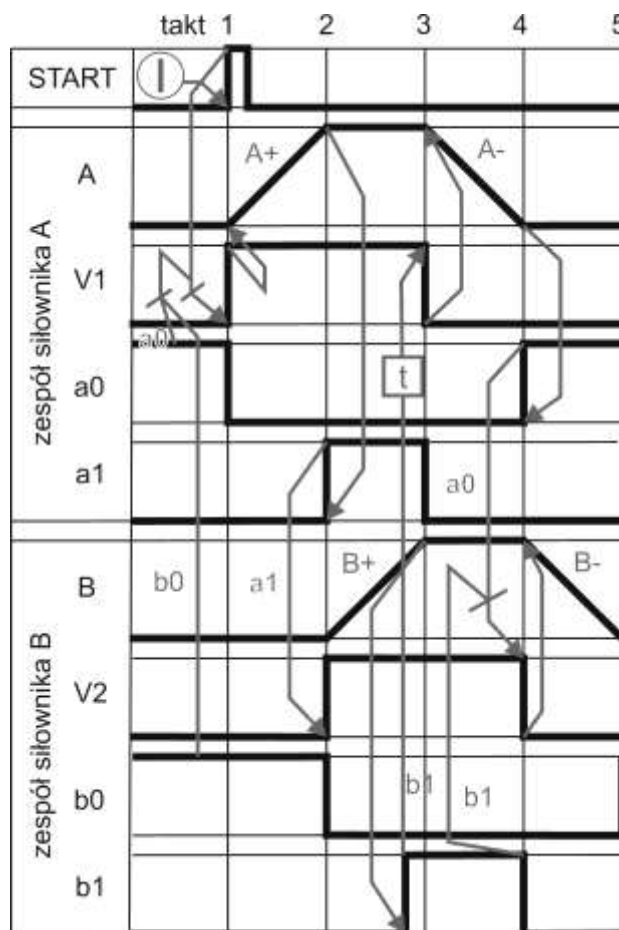
W celu łatwiejszego odczytywania zaprojektowanej, a dokładnie ujmując narysowanej logiki działania układu, umożliwia się nanoszenie na cyklogramy pracy dodatkowych oznaczeń. Są to przebiegi sygnałów sterowania, pokazują np. które i w jaki sposób sygnały

wejściowe podane z łączników drogowych lub przycisków powodują ruch w kolejnym takcie. Cyklogram pracy może być uzupełniony o graficzne symbole pomocnicze, dodatkowo uszczegółwiające zasadę działania projektowanego układu. Oznaczenia symboli pomocniczych zestawiono w tabeli 5.1. Tak jak w rysunku technicznym, tak i w rysowaniu zarówno schematów pneumatycznych jak i ich cyklogramów pracy unika się opisów słownych, bazując na przyjętych standardach zapisu. Pozwala to uniknąć błędów w próbie słownego opisu działania układu.

**Tabela 5.1 Symbole pomocnicze nanoszone na cyklogramy pracy**

Symbol	Znaczenie
	Sygnal informujący o włączeniu zasilania
	Sygnal z przycisku - START
	Sygnal z przycisku - praca automatyczna
	Lampka kontrolna
	Opóźnienie sygnału
	Sygnal z przetwornika ciśnieniowego
	Sygnal pneumatyczny
	Wykorzystanie sygnału w dwóch punktach
	Suma logiczna sygnałów S1 i S2
	Iloczyn logiczny sygnałów S1 i S2
	Sygnal z łącznika drogowego S3
	Negacja sygnału S4 z łącznika drogowego

Na rys. 5.2 pokazano cyklogram pracy z rys. 5.1 uzupełniony o informację o położeniu zaworów rozdzielających, sterujących siłownikami A i B, oraz o położeniu łączników drogowych umieszczonych w pozycjach a0, a1, b0, i b1. Na cyklogramie pracy naniesiono dodatkowo symbole pomocnicze, informujące, który z sygnałów wejściowych powoduje przesterowanie zaworu rozdzielającego i w konsekwencji ruch siłowników.

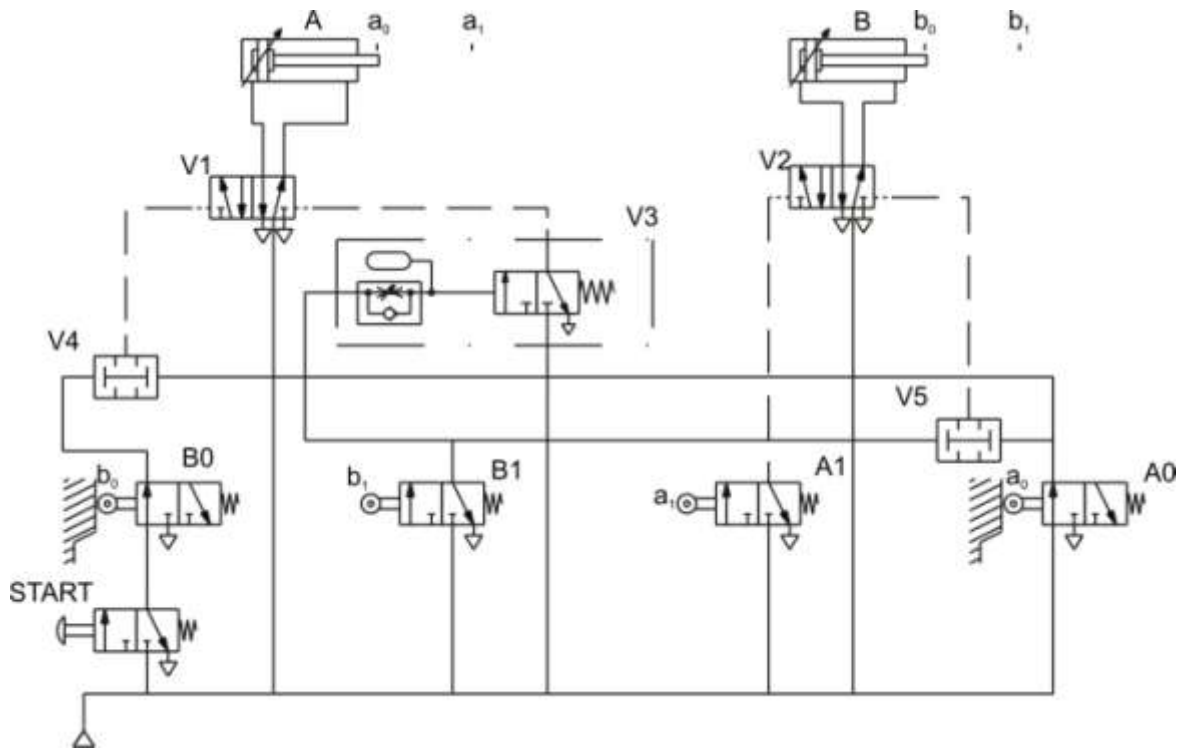


**Rys. 5.2. Cyklogram pracy dwóch siłowników uzupełniony o elementy sterowania i symbole pomocnicze**

Z przedstawionego cyklogramu wynika, że cykl pracy rozpoczyna siłownik A po podaniu sygnału START pod warunkiem, że istnieją także sygnały a0 i b0 (iloczyn logiczny sygnałów START, a0 i b0). Ruch tłoczyska siłownika B w taktie drugim jest wywołany sygnałem a1. Po zakończeniu ruchu i pojawieniu się sygnału wejściowego b1 przewidziana jest zwłoka czasowa  $\Delta t$ . W taktie trzecim realizowany jest ruch powrotny tłoczyska siłownika A. Ruch powrotny tłoczyska siłownika B, w trakcie czwartym, może się rozpocząć, o ile zaistnieją dwa sygnały a0 i b1.

Na podstawie rozszerzonego i uzupełnionego cyklogramu można przystąpić do sporządzenia schematu pneumatycznego. Podstawową grupę elementów stanowi tzw. zespół wykonawczy złożony z siłownika, zaworu rozdzielającego oraz wyłączników

drogowych. Wyjścia z zaworu rozdzielającego łączy się z siłownikiem. Wyjścia z przycisków, wyłączników drogowych, ew. z przekaźników czasowych, łączy się z wejściami zaworów rozdzielających sterujących siłownikami. Jeśli w układzie mają być zrealizowane funkcje logiczne (alternatywy lub koniunkcji), to na ogół zawory alternatywy są umieszczane na wejściu zaworów rozdzielających sterujących siłownikami, zaś elementy koniunkcji są osadzone na wyjściu z wyłączników drogowych tych zespołów, które działają kilkakrotnie.



**Rys. 5.3. Schemat układu pneumatycznego realizującego pracę dwóch siłowników A i B wg cyklogramu pokazanego na rys. 5.2**

Component Description	Designation	3	4
3/n Way Valve	START	a	
Double acting cylinder	A	100 50 mm	
5/n Way Valve	V1	a	
3/n Way Valve	A0	a	
3/n Way Valve	A1	a	
Double acting cylinder	B	100 50 mm	
5/n Way Valve	V2	a	
3/n Way Valve	B0	a	
3/n Way Valve	B1	a	

**Rys. 5.4. Wygenerowany diagram pracy (ang. State Diagram) układu ze schematu z rys. 5.3 w programie Festo FluidSIM**

Opis pracy układu zamieszczonego na schemacie na rys. 5.3. Po podaniu sygnału START, przy spełnionym warunku, że tłoczyska siłowników A i B są wsunięte (łączniki drogowe  $a_0$  i  $b_0$  są przesterowane), zostaje przesterowany zawór rozdzielający V1 siłownika A. W tym przypadku jedną koniunkcję spełniono poprzez szeregowe połączenie przycisku START z wyłącznikiem drogowym  $b_0$ , zaś drugą koniunkcję  $a_0$  i  $b_0$  uzyskano wprowadzając zawór koniunkcji. Tłoczysko siłownika zaczyna się wysuwać, wykonuje ruch A+. W pierwszym takcie ruch do przodu wykonuje tłoczysko siłownika A. W położeniu wysuniętym sygnał z łącznika drogowego  $a_1$  przesterowuje zwór rozdzielający V2 siłownika B. W takcie drugim wysuwane jest tłoczysko siłownika B, tłoczysko wykonuje ruch B+. W położeniu krańcowym sygnał z wyłącznika  $b_1$  jest doprowadzony do przełącznika czasowego V3. Po upływie nastawionego czasu  $\Delta t$  przesterowany zostaje zawór V1 siłownika A. W takcie trzecim tłoczysko siłownika A wykonuje ruch powrotny, ruch A-. Przy spełnionym warunku, że tłoczysko siłownika A jest wsunięte (sygnał z wyłącznika  $a_0$ ) i jednocześnie tłoczysko siłownika B pozostaje wysunięte (sygnał z wyłącznika  $b_1$ ), a zatem dla iloczynu logicznego sygnałów  $a_0$  i  $b_1$ , następuje przesterowanie zaworu V2 siłownika B do położenia początkowego, i w takcie czwartym jest realizowany ruch powrotny tłoczyska siłownika B, ruch B-.

Opracowany schemat układu pneumatycznego wymaga na ogół sprawdzenia zgodności jego działania z cyklogramem. Częstym błędem jest równoczesne pojawienie się dwóch sprzecznych sygnałów sterujących jednym bistabilnym zaworem rozdzielającym.

### **Przebieg ćwiczenia**

1. Dla podanej w zapisie słownym sekwencji pracy układu pneumatycznego, opracować cyklogram uzupełniony o elementy sterowania i symbole pomocnicze.
2. Sporządzić schemat układu pneumatycznego.
3. Przeprowadzić symulację działania pracy układu w aplikacji na PC, wygenerować diagram pracy układu
4. Zmontować układ pneumatyczny na tablicy montażowej.
5. Sprawdzić zgodność działania zmontowanego układu z cyklogramem i diagramem pracy 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> |