



# S7-1200 – podstawy PLC: teoria i praktyka

*Sterowniki są komputerami przemysłowymi, które muszą pracować w czasie rzeczywistym i być maksymalnie odporne na wszelkiego rodzaju zaburzenia. Zaczniemy od przybliżenia tych pojęć.*

Sterowanie, czyli świadome oddziaływanie na obiekt, realizuje określony cel według określonego algorytmu. Algorytm to opis, jak chcielibyśmy, aby działał nasz obiekt. Może on być w postaci słownej, przebiegu czasowego lub wzoru, równania matematycznego. Program w sterowniku jest zapisem tego algorytmu w postaci ciągu instrukcji.

Sterowanie w układzie otwartym obiektami dwustanowymi (zaworami, oświetleniem itp.) zainicjowało powstanie przemysłowych sterowników logicznych (PLC). Słowo „logiczne” jest związane z algorytmami typu przełączającego, których realizacja opiera się na funkcjach logicznych AND (szeregowe połączenie styków), OR (równoległe połączenie styków) lub funkcjach pochodnych od nich. Układy te są typu kombinacyjnego (stan ich wyjścia zależy tylko od stanu wejścia) lub typu sekwencyjnego (stan ich wyjścia zależy od stanu wejścia i stanu wejścia w poprzednich chwilach czasowych), czyli układy z pamięcią.

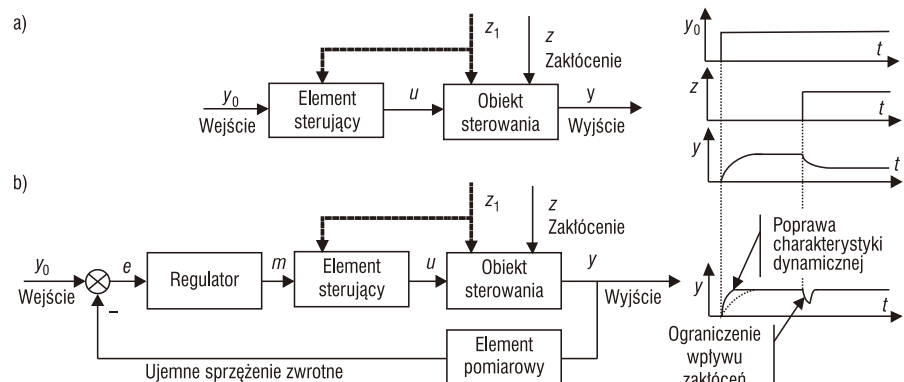
Układ otwarty sterowania dla obiektu ciągłego (np. płynne sterowanie obrotami silnika) składa się z elementu sterującego i obiektu sterowania (rysunek 1a). Element sterujący nie otrzymuje żadnych informacji o sygnale wyjściowym  $y$ , natomiast ma określony cel sterowania – utrzymanie sygnału wyjściowego na poziomie określonym przez wartość zadaną  $y_0$ . Niestety, ten cel

w otwartym układzie sterowania jest trudny do zrealizowania i sygnał wyjściowy ustala się na wartościach zależnych od wielkości zakłócenia (obciążenia). Zmiany sygnału wyjściowego  $y$  spowodowane zmianą zakłóceń  $z$  zilustrowano w przebiegu sygnału  $y$  na rysunku 1a. Ponadto jest możliwe wykorzystanie informacji od znanego zakłócenia  $z_1$  i wykonanie odpowiedniej korekcji sygnału zadanego – jest to układ kompensacyjny.

Układ zamknięty sterowania, nazywany również układem regulacji, otrzymujemy w wyniku podania sygnału wyjściowego na wejście przy użyciu ujemnej pętli sprzężenia zwrotnego. Podczas eksploatacji na obiekt wpływają zakłócenia, z których jedno mogą zmieniać nieznacznie parametry obiektu,

np. tłumienie, sprężystość, przewodność cieplna, co wynika ze starzenia się elementów lub oddziaływania zewnętrznych czynników atmosferycznych zwłaszcza zmian temperatury, natomiast drugie powodują zmianę wartości sygnałów w układzie, np. podstawowym zakłóceniem w napędach jest moment obciążenia, w komorze chłodniczej – moment wprowadzania wsadu.

Dlatego głównym zadaniem układu regulacji jest osiągnięcie celu bez względu na oddziaływanie zakłóceń. Cele układu regulacji uzależnione są od ich typu. Podstawowym typem jest układ regulacji stałwartościowej, czyli utrzymanie sygnału wyjściowego na stałym poziomie niezależnym od oddziaływających zakłóceń. W układzie regulacji nadążnej (śledzącej) sygnał wyjściowy nadąża precyzyjnie za zadaną trajektorią. Z tym typem układów mamy do czynienia np. w lotnictwie do naprowadzania samolotów, podczas precyzyjnej regulacji kąta obrotu silnika



Rysunek 1. Otwarty układ sterowania dla obiektu ciągłego

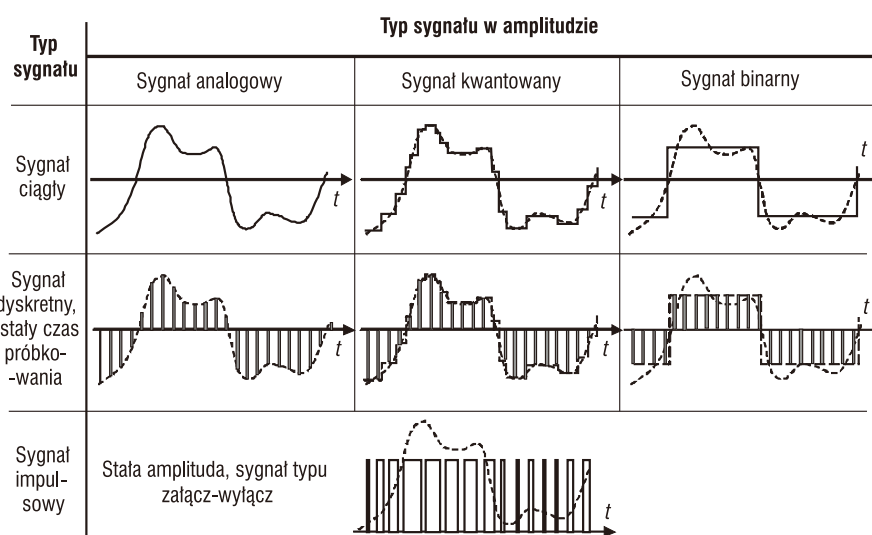
w serwomechanizmach itp. Ostatnim typem są programowe układy regulacji, gdzie sygnał wyjściowy zmienia się według ściśle określonej zależności wynikającej z technologii. Ten typ układów jest stosowany w obrabiarkach sterowanych numerycznie, w programowych systemach ziębnicznych itp. Ten typ można również wykorzystywać do układów otwartych sterowania, np. programowe sterowanie po angielsku nosi nazwę sterowania z zadanym kształtem wejścia (*preshaped input*).

W układzie regulacji stałowartościowej (układzie stabilizacji) celem jest utrzymanie wartości wyjściowej  $y$  na stałym poziomie, zadanym na wejściu jako  $y_0$  bez względu na oddziaływające zakłócenia. Porównując wartość zadaną  $y_0$  z aktualną wartością wielkości regulowanej  $y$ , za węzłem sumacyjnym, reprezentowanym na **rysunku 1b** w postaci kółka, otrzymujemy uchyb regulacji  $e=y_0-y$ . W przypadku uchybu dodatniego  $e>0$ , tzn.  $y<y_0$ , układ zmienia położenie elementu sterującego tak, aby wywołać zwiększenie wartości sygnału  $y$ . Natomiast w przypadku wystąpienia uchybu ujemnego  $e<0$ , tzn.  $y>y_0$  układ zmienia położenie elementu sterującego tak, aby zmniejszyć wartość sygnału  $y$ . Zmiana położenia elementu sterującego polega np. w układach elektrycznych na zmianie kąta wysterowania napędu tyrystorowego zasilającego silnik, w układzie hydraulicznym będzie to zmiana wychylenia wimika w pompie, co spowoduje zmianę objętości przepływającej cieczy. Tym lepszy będzie to układ regulacji, im te zmiany (stany przejściowe) będą trwały krócej. Długość czasu trwania i wielkość uchybu regulacji jest podstawową miarą jakości układu regulacji, a głównym zadaniem w układzie regulacji jest utrzymanie uchybu na poziomie bliskim zero. Realizacja tego zadania umożliwia nam w układach regulacji:

- ograniczenie wpływu zakłóceń na obiekt,
- ograniczenie wpływu zmienności parametrów obiektu,
- poprawienie wskaźników jakości i charakterystyk dynamicznych obiektu,
- w zależności od typu układu: utrzymywanie wielkości wyjściowej na zadanym poziomie (układy stałowartościowe), nadążanie wielkości wyjściowej za zadaną trajektorią (układy nadążne), dokładne naśladowanie sygnału wejściowego przez wyjściowy (układy programowe).

Inny podział układów (systemów) ze względu na charakter sygnału (**rysunek 2**):

- układy regulacji ciągłej, występujący w nich sygnał jest analogowy, ciągły, określony w każdej chwili czasowej;
- układy regulacji cyfrowej, występujący w nich sygnał jest dyskretny (cyfrowy), określony  $t$  i  $k$  o w chwilach próbkowania;
- układy regulacji impulsowej (przerwywanej), występujący w nich sygnał najczę-



Rysunek 2. Podział systemów ze względu na charakter sygnału

ściej jest poddawany modulacji szerokości impulsów.

Układ regulacji impulsowej charakteryzuje się tym, że sygnał wyjściowy z regulatora lub elementu wykonawczego przyjmuje wartość maksymalną (pełna sprawność) lub wartość zerową. Układy te stosuje się często w procesach wolnozmiennych, np. chemicznych, grzewczych, ziębnicznych.

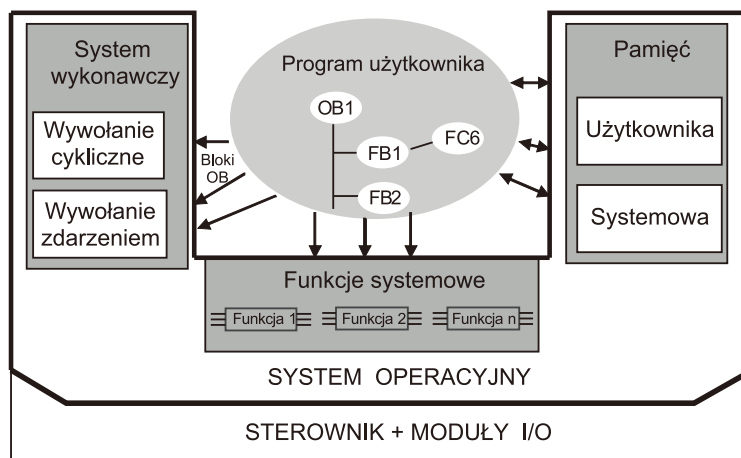
Najważniejszym elementem w układzie regulacji jest regulator (rysunek 1b). W nim dokonuje się przetwarzanie sygnału, a od doboru jego struktury i parametrów zależy jakość sterowania. Struktura regulatora może zawierać człon proporcjonalny P i jego parametr  $k_c$ , człon całkujący (opóźniający) i jego parametr  $T_i$  oraz człon różniczkujący, (przyspieszający) D i jego parametr  $T_d$ . Regulatory mogą być rzeczywiste, pasywne (zbudowane z rezystorów, pojemności i indukcyjności) typu przyspieszającego, opóźniającego i przyspieszająco-opóźniające lub idealne, aktywne (zrealizowane na wzmacniaczach operacyjnych lub wewnątrz mikroprocesora) typu PID. Regulatory specjalizowane często przyjmują nazwę od rodzaju regulowanej wielkości, zastosowanego czujnika lub charakterystycznych elementów kon-

strukcyjnych, np. termoregulator, regulator pływakowy.

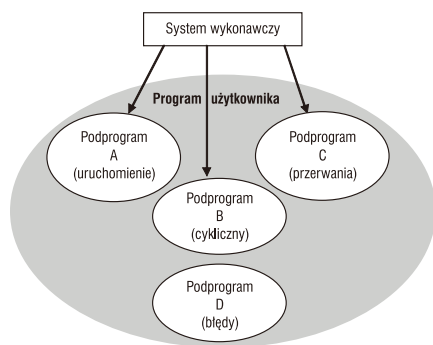
Zastosowanie tylko członu proporcjonalnego (regulatora P) powoduje, że w momencie, gdy wartość zadana  $y_0$  zrówna się z wartością mierzoną  $y$ , uchyb regulacji staje się równy zero i regulator nic by nie wysterował. Dlatego w układzie regulacji z regulatorem proporcjonalnym P mamy zawsze do czynienia z uchybem ustalonym  $e_s$ , którego wartość jest tym mniejsza, im większe jest wzmocnienie regulatora  $k_c$ .

Zastosowanie członu całkującego (regulator opóźniający, PI, PID) powoduje, że regulator dopóty zmienia swój sygnał wyjściowy  $y$ , dopóki nie zrówna się on z wartością zadaną  $y_0$ . Szybkość tych zmian jest określona przez czas zdwojenia  $T_i$ . W momencie zrównania sygnał uchybu  $e$  staje się równy zero i napięcie wyjściowe z regulatora przestaje się zmieniać, zachowując ostatnią wartość. Zastosowanie tego regulatora prowadzi często do powstania w sygnale wyjściowym przeregulowań (*overshoots*), tzn. sygnał wyjściowy przez krótki okres przewyższa wartość ustaloną.

Program użytkownika korzysta przede wszystkim z systemu operacyjnego, który jest



Rysunek 3. Elementy systemu operacyjnego z punktu widzenia użytkownika



Rysunek 4. Podział programu na podprogramy funkcjonalne

integralną częścią CPU i steruje wszystkimi procesami w CPU.

Z punktu widzenia użytkownika w systemie operacyjnym można wyróżnić trzy istotne elementy: system wykonawczy, pamięć i funkcje systemowe (rysunek 3). System operacyjny steruje przetwarzaniem programu użytkownika przy użyciu systemu wykonawczego.

Interfejsem między nimi są bloki organizacyjne (OB). Wywoływane są one do

przetwarzania cyklicznie w sposób ciągły lub incydentalnie na zaistniałe zdarzenie. Te wywołania w programie są traktowane jako zadania z poziomu wykonawczego. Organizacyjne bloki zawierają program użytkownika w formie podprogramów nazywanych blokami (FC, FB).

Pamięć CPU zawiera różne programy i obszary danych, które są zarządzane przez system operacyjny. Program użytkownika współpracuje z tymi obszarami pamięci, co szczegółowo opisano w dalszej części tego rozdziału.

Przy użyciu zestawu rozszerzeń funkcji systemowych, które są zawsze zintegrowane z systemem operacyjnym, każdy program użytkownika można bezpośrednio rozszerzyć lub wpływać na system operacyjny.

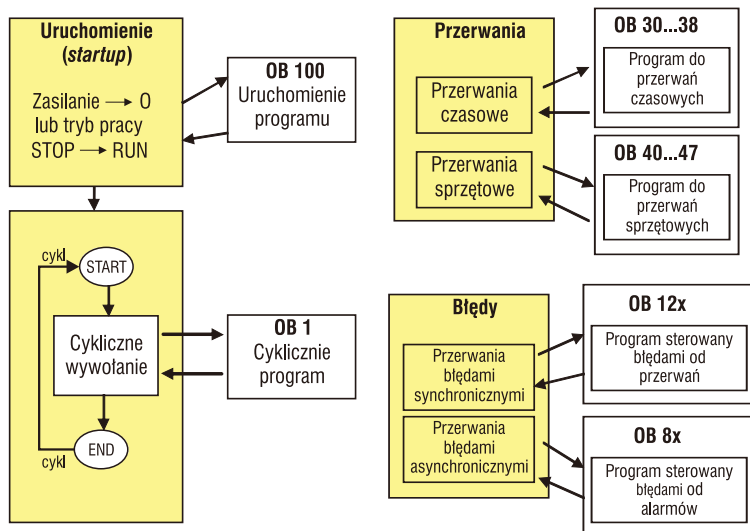
Blokowa architektura systemu SIMATIC S7-1200 umożliwia łatwą strukturyzację programu użytkownika. Jak już wcześniej wspomniano, bloki organizacyjne są interfejsami, które systemowi operacyjnemu w CPU umożliwiają zrealizować różne poziomy wykonania. To pozwala na dokładne podzielenie programu użytkownika na całościowo niezależne części programu. System wykonawczy dostar-

cza poprawne ciągi wywołań do poszczególnych części programu. Ogólnie mówiąc, mamy możliwość rozdzielenia programu na następujące podprogramy funkcjonalne: przetwarzanie cykliczne w sposób ciągły, uruchomienie, zachowanie się przerw i błędów (rysunek 4). Te podprogramy funkcjonalne tworzą cały program składający się z bloków organizacyjnych.

Na rysunku 5 zilustrowano typy bloków organizacyjnych oraz funkcje, z którymi są połączone. Po włączeniu zasilania sterownika (CPU) lub wybraniu trybu praca, system operacyjny wywołuje blok organizacyjny do uruchomienia OB 100 (*startup*). To umożliwia dokładnie ustalić warunki wyjściowe obiektu sterowania, np. ustawienie wszystkich napędów w pozycję wyjściową niezbędną do nowego cyklu produkcyjnego.

Po zakończeniu uruchomienia CPU, startuje cyklicznie i w sposób ciągły główny program, który steruje obiektem. Program typowy dla PLC, umieszczony w bloku OB1, jest wywoływany przy użyciu systemu operacyjnego i jest przetwarzany krok po kroku (instrukcja po instrukcji). To cykliczne przetwarzanie jest na tyle szybkie (np. w 1 ms), że robi wrażenie, jakby wszystkie instrukcje były przetwarzane równocześnie. Długość przetwarzanego programu w bloku OB1 jest określona przez minimalny czas cyklu i stąd znamy szybkość reakcji systemu na zmianę sygnału wejściowego, jest to czas odpowiedzi. Ten czas jest zawsze dłuższy od czasu cyklu.

Czasami proces wymaga natychmiastowej reakcji na określone zdarzenie, niezależnie od zachowań w czasie cyklu. CPU zabezpiecza pracę poziomu wykonawczego i wywołuje odpowiednie bloki organizacyjne. Program do przerw reaguje na zdarzenia zewnętrzne i wewnętrzne. Przerwania mogą być inicjowane przez obiekt sterowania. Są to przerwania sprzętowe lub cały zestaw przerw czasowych generowanych przez CPU. Po zakończeniu programu od przerwania CPU powraca do pracy z głównym programem.



Rysunek 5. Typy bloków organizacyjnych oraz funkcje, z którymi są połączone

Tomasz Starak

REKLAMA

**URZĄDZENIA POMIAROWE**

- wejścia analogowe
- wejścia licznikowe
- wejścia tensometryczne
- uniwersalne

tel. 61 22 27 422    wobit@wobit.com.pl