

## WYKORZYSTANIE MODUŁÓW PC W STEROWNIKACH SWOBODNIE PROGRAMOWALNYCH

*Opisano możliwości wykorzystania sterowników PLC z modułami PC. Przedstawiono sposób działania tych urządzeń, wprowadzono pojęcie automatycznego doboru nastaw regulatorów PID. Pokazano zastosowanie sterowników PLC w celu dostrojenia regulatora.*

### USING PC MODULES IN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS

*Some possibilities of using the PLC controllers with PC modules are described. Following issues are presented: operation of the devices, PID auto-tuning. Finally, using PLCs for auto-tuning of the PID controller is shown.*

#### 1. WPROWADZENIE

Wielu światowych producentów sterowników swobodnie programowalnych (PLC) rozszerzyło już swoją ofertę o moduł ze zabudowanym komputerem klasy PC. Tak postąpiła np. firma GE Fanuc, wprowadzając do rodziny modułowych sterowników samodzielny pakiet wyposażony w kartę z procesorem komputera PC. W innym kierunku poszła firma SAIA proponując sterownik PLC ze zintegrowaną płytą komputera PC. Tym samym, w jednej obudowie, otrzymano wysokiej klasy sterownik mogący obsłużyć aż do 128 wejść/wyjść i komputer oparty na procesorze 486DX4/100MHz komunikujący się z użytkownikiem za pośrednictwem typowych urządzeń jak monitor, klawiatura, drukarka, itd. Niezależnie od przyjętej koncepcji wszystkich producentów łączy jedna idea, aby dostarczyć urządzenie, w którym skompilowane i uruchomione na komputerze PC programy wspomagały pracę tradycyjnego sterownika swobodnie programowalnego.

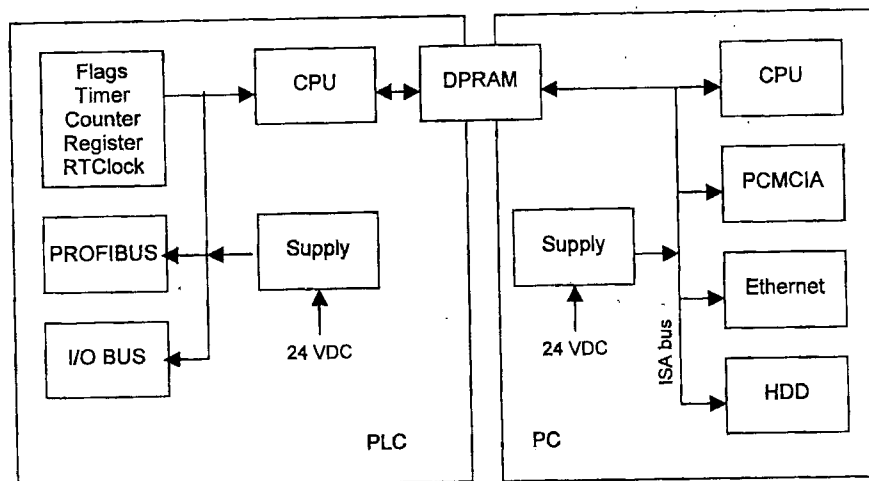
Spektrum zastosowań takich sterowników może być bardzo szerokie. Pojawiające się problemy we współczesnych układach sterowania i pomysłowość inżynierów będą siłą napędową rozwoju tych urządzeń.

Artykuł niniejszy stanowi wprowadzenie do podjęcia szerszego problemu testowania algorytmów automatycznego doboru nastaw regulatora PID (*auto-tuning*) dla rzeczywistych obiektów i procesów, w oparciu o sterownik PLC ze zintegrowaną płytą PC. W konsekwencji zostaną opracowane szczególne algorytmy strojenia regulatorów w układach z obiektami o różnorodnym charakterze i dynamice.

#### 2. WSPÓLPRACA MODUŁÓW STEROWNIKA PLC I KOMPUTERA PC

Rozpatrzony zostanie przykład wspomnianego wcześniej sterownika firmy SAIA ze zintegrowaną płytą komputera PC. Jego działanie można opisać jako współpracę dwóch

urządzeń. Nadrzędnym jest w tym przypadku komputer PC (*master*) natomiast podrzędnym sterownik PLC (*slave*). Układy te mogą pracować w pełni niezależnie, jednak dzięki specjalnemu obszarowi pamięci DPRAM (*dual-port-RAM*) została stworzona brama komunikacyjna dla obustronnego i szybkiego przesyłu informacji pomiędzy nimi, co pokazuje rysunek 2.1.



Rys. 2.1. Struktura blokowa sterownika PLC ze zintegrowanym komputerem PC.

Odpowiedzialny za nawiązanie komunikacji jest komputer PC, a dokładnie uruchomiony na nim program wywołujący procedury komunikacyjne zawarte w specjalnych bibliotekach. Poza tym, komputer ten to klasyczny PC z systemem operacyjnym np. MS-DOS, Windows lub UNIX. Można zatem uruchamiać na nim: kompilatory (Pascal, c), programy użytkowe (Excel, Word, Access), a także narzędzia do konfigurowania sterownika PLC i systemy wizualizacyjne do monitoringu procesów kontrolowanych przez sterownik. W przypadku tradycyjnych sterowników programy konfiguracyjne i wizualizacyjne są zawsze uruchamiane na samodzielnych PC poza sterownikiem, tu mamy przykład bezpośredniej współpracy obu zintegrowanych urządzeń z bardzo szybkim transferem danych. Ponadto użytkownik we własnych programach dla PC ma zapewniony dostęp do zasobów PLC, a w szczególności może:

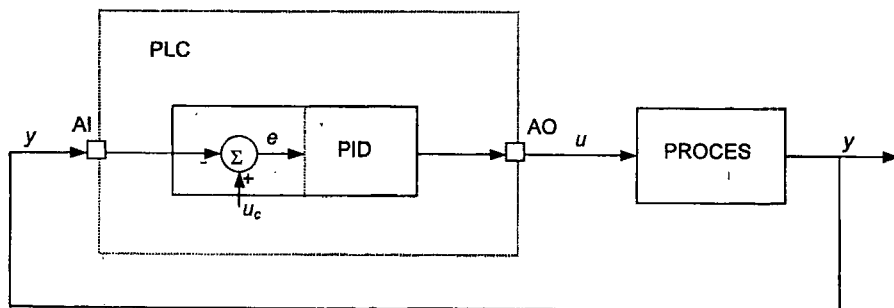
- odczytywać dane bezpośrednio z wejść,
- odczytywać i zapisywać dane bezpośrednio z i na wyjścia,
- odczytywać i zapisywać wartości z i do rejestrów, ustawiać flagi, itp.

Dzięki posiadanym przez PC zasobom pamięci i wymienionym powyżej cechom, komputer może stanowić bardzo dobrą bazę danych o kontrolowanym procesie i jednocześnie pełnić funkcję nadrzędnego układu sterowania urządzeń i elementów podłączonych do wyjść PLC. Z drugiej strony programy dla sterownika są typowymi aplikacjami tworzonymi np. w języku drabinkowym lub za pomocą listy instrukcji. Podrzędność układu PLC względem komputera sprowadza się do tego, że procesor sterownika i uruchamiany na nim program mogą nic „nie wiedzieć” o sprawowanej odgórnie kontroli przez PC. Istnieją jednak możliwości programowe i sprzętowe, które pozwalają na równorzędne interakcje pomiędzy obydwoma układami. To właśnie one tworzą podstawę dla szerokich zastosowań sterowników PLC

z modułami komputera PC. Jednym z nich jest testowanie i diagnostyka, w warunkach rzeczywistych, różnych postaci algorytmów automatycznego doboru nastaw regulatora PID.

### 3. REALIZACJA REGULATORA PID W STEROWNIKACH PLC

Współczesne sterowniki swobodnie programowalne posiadają możliwość realizowania algorytmów regulacji PID. W graficznych programach konfiguracyjnych szczególną uwagę zwraca przyjazne dla użytkownika definiowanie toru regulacyjnego, gdzie wystarczy jedynie wstawić, pomiędzy wybrane wejście i wyjście, symboliczny blok PID, aby otrzymać klasyczny regulator. W przypadku ogólnym należy oczywiście określić również wartości nastaw, czyli współczynnik wzmocnienia  $K_p$ , czas całkowania  $T_i$  oraz stałą różniczkowania  $T_d$ .



Rys. 3.1. Schemat blokowy realizacji pętli regulacyjnej PID w sterowniku PLC.

Rysunek 3.1. przedstawia pojedynczy tor regulacyjny z blokiem PID wpiętym pomiędzy wejście AI i wyjście AO sterownika. Wielkość sterująca  $u$  oddziałuje na proces, wywołując jego odpowiedź w postaci sygnału wyjściowego  $y$ , który po zmierzeniu i przetworzeniu jest wprowadzany na wejście AI. Blok funkcyjny PID oprócz realizacji samego algorytmu regulacyjnego zapewnia również opracowanie uchybu  $e = u_c - y$ , gdzie  $u_c$  jest sygnałem odniesienia (wartością zadaną) regulowanego wyjścia.

Algorytm regulacji implementowany w sterownikach, mimo że często modyfikowany przez poszczególnych producentów, oparty jest na tradycyjnej postaci wyrażonej równaniem (1).

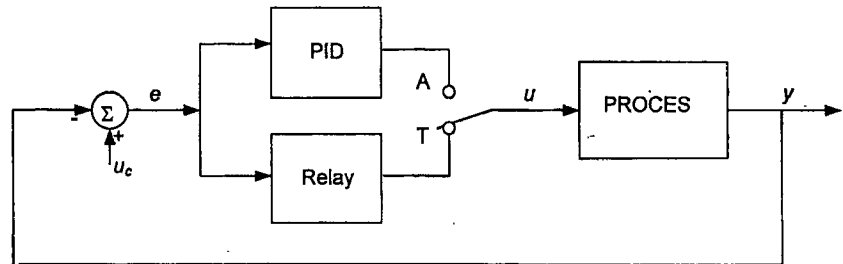
$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(s) ds + T_d \frac{de}{dt} \right) \quad (1)$$

Dużą zaletą realizacji pętli regulacyjnych w sterownikach PLC jest możliwość bardzo łatwej obróbki dowolnego sygnału biorącego udział w procesie regulacji, i co za tym idzie możliwość automatycznego podejmowania określonych akcji, uzależnionych od wartości tych sygnałów. Poza tym atutem sterowników jest prostota budowy regulatorów kaskadowych oraz innych złożonych struktur sterujących za pomocą prostych operacji i przy wykorzystaniu dostępnych, lub przez siebie zdefiniowanych, bloków funkcyjnych. Zalety te ujawniają

się w rozległych i złożonych układach regulacji, gdzie istnieją wzajemne oddziaływania pomiędzy obiektami i procesami.

#### 4. AUTO-TUNING DLA REGULATORA PID

Każdy kto miał styczność z problemem doboru nastaw dla rzeczywistego obiektu dostrzega korzyści, jakie niosą ze sobą metody auto-tuningu stosowane we współczesnych regulatorach przemysłowych. Zazwyczaj wystarczy wcisnąć jeden przycisk, aby po chwili otrzymać dobrane optymalnie parametry  $K_p$ ,  $T_i$  i  $T_d$ , pozwalające na stabilne prowadzenie obiektu. Producenci stosują różne metody i algorytmy pozwalające na szybkie obliczenie koniecznych nastaw. Jedną z bardziej popularnych jest prezentowana w [1] metoda oparta na przekąźnikowym sprzężeniu zwrotnym. Schemat obrazujący tę metodę przedstawiono na rysunku 4.1.



Rys. 4.1. Schemat blokowy przekąźnikowego układu automatycznego doboru nastaw.

W trakcie normalnego procesu regulacji przełącznik jest ustawiony w pozycji A. Gdy zachodzi potrzeba dostrojenia regulatora do obiektu należy przełączyć go do pozycji T, następuje wówczas pobudzenie obiektu sygnałem z wyjścia układu przekąźnikowego. Sygnał ten oddziałując na obiekt wywołuje jego reakcję, która zostaje zarejestrowana przez regulator i wykorzystana do obliczeń parametrów regulatora. Po wyznaczeniu optymalnych nastaw następuje samoczynny powrót przełącznika do pozycji A i kontynuacja procesu regulacji.

Najistotniejszymi parametrami decydującymi o jakości metody są

- czas trwania obliczeń nastaw,
- wielkość uchybu regulacji w trakcie pobudzania obiektu ciągiem impulsów z przekąźnika,
- brak wrażliwości raz dobranych nastaw na zmiany wartości zadanej i zakłócenia.

#### 5. WYKORZYSTANIE STEROWNIKA PLC ZE ZINTEGROWANYM MODULEM PC DO REALIZACJI ZADANIA AUTO-TUNINGU

Specjalna budowa i oprogramowanie sterowników PLC ze zintegrowaną płytą PC pozwalają na wykorzystanie ich m.in. do automatycznego doboru nastaw regulatora PID.

Regulacja PID jest realizowana w części sterownikowej niezależnie od wykonywania programów na PC. W rozpatrywanym sterowniku regulator opisany jest równaniem (2).

$$U_n = F_p * \{ (U_{cn} - Y_n) + F_i * Z_s + F_d * [(U_{cn} - U_{cn-1}) - (Y_n - Y_{n-1})] \} \quad (2)$$

gdzie:

$$Z_s = Z_{s-1} + (U_{cn} - Y_n) \quad (3)$$

Wielkości  $U_n$ ,  $U_{cn}$ ,  $Y_n$  są dyskretnymi postaciami sygnałów: sterującego, wartości zadanej i sygnału wyjściowego z obiektu. Parametry  $F_p$ ,  $F_i$ ,  $F_d$  odpowiadają współczynnikowi wzmocnienia, stałej całkowania i stałej różniczkowania. Parametr  $Z_s$  jest tu wielkością pomocniczą. Tym samym łatwo zauważyć, że istnieje podobieństwo pomiędzy zależnościami (1) i (2).

Wartości wszystkich parametrów występujących w zależności (2) są dostępne w postaci bloku rejestrów w pamięci sterownika. Ponieważ programy uruchamiane na module PC mogą dokonywać odczytu i zapisu danych w rejestrach PLC, istnieje zatem możliwość pobierania informacji o wielkościach procesowych, jak również ingerowania w parametry regulatora. Pozwala to na zrealizowanie automatycznego tunera w rozpatrywanym urządzeniu.

Można zatem zaproponować następujący przebieg procedury doboru nastaw regulatora PID zrealizowanego na sterowniku ze zintegrowaną płytą PC:

- stwierdzenie złej jakości procesu regulacji, poprzez obserwację przebiegu wielkości wyjściowej z obiektu w programie wizualizacyjnym na komputerze PC,
- wymuszenie akcji pobudzenia obiektu ciągiem impulsów na wyjściu sterownika, w wyniku odpowiedniego wysterowania tego wyjścia przez program realizowany na komputerze PC,
- odczytywanie wartości na wejściu regulatora, celem dokonania obliczeń poszukiwanych parametrów,
- zakończenie generowania sygnału przekaźnikowego oraz wyznaczenie trójki parametrów  $F_p$ ,  $F_i$  i  $F_d$  przez program wykonywany na PC,
- wpisanie powyższych wartości do odpowiednich rejestrów pamięci sterownika PLC,
- wykonanie kolejnej pętli regulacyjnej przez regulator PID z nowymi nastawami,
- dalsze monitorowanie przebiegu wartości wielkości wyjściowej z obiektu.

## 6. WNIOSKI

Sterowniki programowalne z modułami komputera PC dają szerokie możliwości zastosowań we współczesnych układach sterowania. Spełniając wszystkie warunki stawiane przemysłowym układom sterowniczym, nadają się do standardowych zadań regulacji i kontroli procesów. Zastosowanie modułów PC podnosi ich rangę zapewniając nie tylko uruchamianie programów narzędziowych do konfiguracji sterownika, czy aplikacji wizualizacyjnych, lecz pozwala na realizowanie wielu dodatkowych zadań. Począwszy od składowania danych procesowych na zasobach dyskowych komputera, poprzez wspomniane możliwości implementowania funkcji automatycznego strojenia regulatora, aż po zupełne wyłączenie sterownika z jego funkcji i wykorzystanie jedynie jego wejść i wyjść dla własnych celów i potrzeb – w skrajnym przypadku powierzenia całego procesu sterowania komputerowi PC i uruchomionemu na nim programowi. Należy mieć na uwadze, że producenci zapewnili w tych sterownikach bardzo szybki transfer danych do komputera, co jest szczególnie istotne w przypadku sterowania procesami i obiektami o dużej dynamice. Uwzględniając możliwość wyposażenia płyty PC w kartę sieciową uzyskać można szybki dostęp do komputerowej sieci zakładowej i przekazywać dane do wyższych stopni zarządzania oraz realizować odgórne polecenia, wykorzystując do tego celu zasoby i możliwości sieci Ethernet.

## LITERATURA

- [1] K. J. Åström, B. Wittenmark: *Adaptive Control*; Addison-Wesley Publishing Company, New York (USA) 1989.
- [2] *PCD2.M220 mit integrietem PC*; SAIA-Burgess ElectronicsAG, Murten (Switzerland) 1998.
- [3] B. Thomas: *A New PID Parameter Tuning Method for Industrial Aplications*; IFAC Symposium on Design Methods of Control Systems, Zurich, Switzerland, 1991, 42-46.
- [4] O. Taiwo: *Comparison of Four Methods of On-line Identification and Controller Tuning*; IEE Proceedings-D, Vol.140, No. 5, September 1993, 323-327.