

## Identyfikacja obiektu i optymalizacja nastaw w Standard PID Control

Rozwiązując zadanie sterowania układu, automatyk powinien przede wszystkim sporządzić odpowiedni jego opis. Chcąc np. automatycznie sterować piecem szuka często matematycznego modelu zjawisk zachodzących w tym obiekcie, tzn. takiego układu zależności, którego rozwiązanie dawałoby wyniki lub prognozy zgodne z obserwacjami. Gdy rozważamy własności statyczne i dynamiczne obiektu, to okaże się, że posiada on określoną wielkość wejściową i wyjściową i może być scharakteryzowany transmitancją operatorową, odzwierciedlającą jego pełną charakterystykę dynamiczną.

Proces identyfikowania obiektu powinien więc polegać w praktyce na obserwacji zmian sygnału wyjściowego, który jest odpowiedzią obiektu na wymuszenie np. funkcją skokową podaną na jego wejście. Otrzymany w ten sposób model wystarcza w praktyce do opracowania układu sterowania automatycznego i wyznaczenia nastaw regulatora znajdującego się pętli z badanym obiektem.

SIEMENS posiada w swojej ofercie pakiet programowy Standard PID Control, który oprócz zadań regulacji ciągłej, impulsowej, krokowej daje dodatkowo użytkownikowi możliwość zidentyfikowania obiektu i optymalizacji nastaw regulatora. Oprogramowanie to składa się z dwóch części:

- Standard PID Tool – programu umożliwiającego konfigurację parametrów regulatora PID, testowanie układu regulacji dzięki podglądowi pętli regulacyjnej i możliwości wykreślenia przebiegów sygnałów ON-LINE, identyfikację obiektu, wyznaczenie nastaw regulatora dla warunku bez przeregulowania lub z przeregulowaniem,
- Standard PID Control FB – zbioru bloków funkcyjnych i funkcji realizujących algorytm ciągły PID, krokowy PID oraz czasowe wywołanie wskazanej pętli regulacji.

Chcąc w miarę dokładnie opisać możliwości tego oprogramowania postawiliśmy sobie zadanie optymalizacji nastaw regulatora PI i identyfikacji pewnego obiektu cieplnego opisanego transmitancją operatorową (jego odpowiedź na wymuszenie skokowe została przedstawiona na rysunku 6):

$$G(s) = \frac{0.8 \cdot e^{-3s}}{40s^2 + 15s + 1}$$

Model tego obiektu został zbudowany w środowisku MATLAB/SIMULINK w PC dzięki czemu może on działać w czasie rzeczywistym i dawać dokładnie takie same sygnały jak fizyczny obiekt (szerzej możliwość ta została opisana w artykule: ” Połączenie regulatora PID w sterowniku SIMATIC z modelem obiektu w MATLAB/SIMULINK” - <http://www.plcs.pl/publikacje.php>).

Obiekt ten, podobnie jak obiekt fizyczny należy połączyć ze sterownikiem PLC np. S7-314IFM, w którym znajduje się prosty program składający się tylko z trzech bloków:

- odpowiedniego bloku organizacyjnego, w którym następuje wywołanie bloków FB1 i DB1,
- FB1 – bloku funkcyjnego realizującego algorytm regulacji ciągłej Standard PID,
- DB1 – bloku danych zawierającego informacje potrzebne do działania regulatora.

Program ten składa się tylko z jednej instrukcji w odpowiednim bloku organizacyjnym : *CALL FB1, DB1*. Przy czym FB1 musi być pobrany z biblioteki StdCon (V5), a blok danych jest tworzony automatycznie przez STEP 7 oszczędzając użytkownikowi czas na wypełnianie poszczególnych jego składowych.

Dodatkowo należy określić w odpowiednim bloku organizacyjnym: czas próbkowania (CYCLE), zmienną (SP\_INT), która jest wartością zadaną, sygnał wyjściowy z obiektu

(PV\_PER), sygnał wyjściowy z regulatora (LMN\_PER) oraz sygnał (COM\_RST) odpowiedzialny za restart regulatora.

```

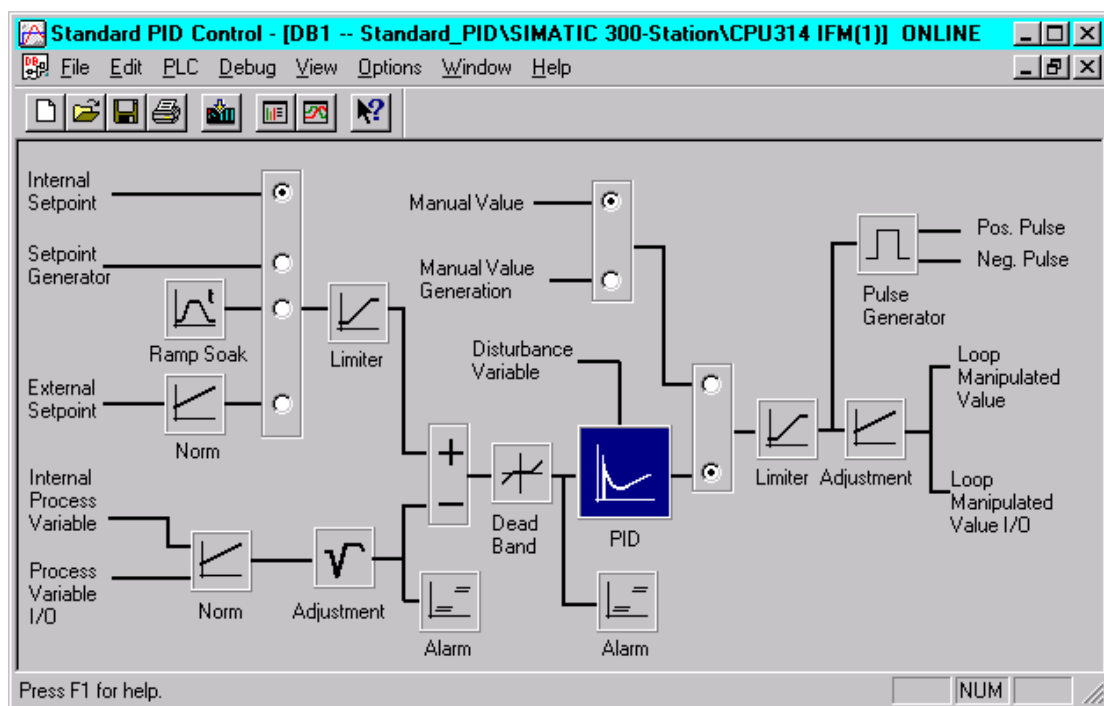
CALL FB 1, DB1
COM_RST :=M1.0
I_SEL :=
D_SEL :=
MAN_ON :=
CAS_ON :=
SELECT :=
CYCLE :=T#500MS
CYCLE_P :=
SP_INT :=0.000000e+000
SP_EXT :=
PV_IN :=
PV_PER :=PEW128
GAIN :=
TI :=
TD :=
TM_LAG :=
DISV :=
CAS :=
SP_HLM :=
SP_LLM :=
LMN_HLM :=
LMN_LLM :=
DB_NBR :=
SPFC_NBR :=
PVFC_NBR :=
LMNFCNBR :=
LMN :=
LMN_PER :=PAW128
SP :=
PV :=
QCAS :=
QC_ACT :=
QP0S_P :=
QNEG_P :=
MAN :=
    
```

Tak stworzony program zostaje przesłany do sterownika i po przełączeniu w pozycję RUNP następuje jego aktywacja.

W następnym etapie należy skonfigurować regulator za pomocą programu Standard PID Control Parameter Assignment (rysunek 1).

Po jego uruchomieniu wywołujemy ON-LINE blok DB1, w którym musimy określić:

- wartość zadaną jako wewnętrzną, z generatora wartości zadanej, określonego przebiegu czasowego lub zewnętrzną odpowiednio znormalizowaną,
- wielkość wyjściową z obiektu jako wewnętrzną lub zewnętrzną czytana z odpowiedniego modułu bipolarnego, unipolarnego lub odpowiedniego termoelementu,
- algorytm PID, w którym określamy: czy ma być brane pod uwagę zewnętrzne zakłócenie, rodzaj algorytmu (P, PI, PD, PID), wzmocnienie regulatora, stałą związaną czasem całkowania oraz stałą różniczkowania regulatora,
- rodzaj pracy: z zamkniętą automatyczną pętlą regulacyjną lub ręcznym zadawaniem wielkości sterującej,
- odpowiednie ograniczenie i dopasowanie sygnałów występujących w pętli regulacyjnej.



Rys. 1. Okno konfiguratora Standard PID.

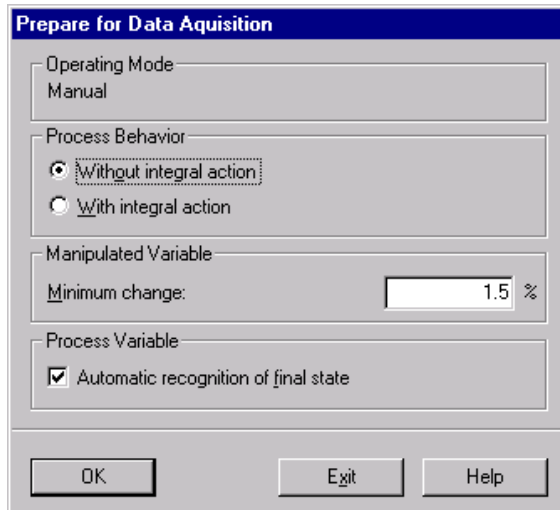
Po odpowiednim skonfigurowaniu wszystkich wymienionych parametrów (rysunek 1) strukturę naszej pętli regulacyjnej należy zaktualizować w sterowniku podając na początek dowolne wartości nastaw P i I.

Cały proces identyfikacji i wyznaczania nastaw regulatora PI składa się z dziewięciu kroków, a inicjowany jest poleceniem *Debug/Process Identification...*

**KROK 1.** W kroku tym użytkownik musi wybrać sposób identyfikacji: w otwartej lub zamkniętej pętli regulacyjnej. Dokonuje tego przełączając odpowiednio sygnał sterujący (Manipulated Variable) z Controller na PG lub wartość zadaną (Setpoint) z Controller na PG w oknie podglądu pętli regulacyjnej (rysunek 3). Identyfikacja w otwartej pętli jest bardziej przydatna w przypadkach kiedy nie znamy tak naprawdę obiektu i chcemy aby program sam znalazł dla niego optymalne nastawy. Drugi ze sposobów zalecany jest wtedy kiedy znamy nastawy regulatora dla danego obiektu, a chcemy jedynie aby program je nieznacznie skorygował poprawiając tym samym jakość regulacji.

W naszym zadaniu wybieramy pierwszy ze sposobów ustawiając sygnał sterujący na początkowym poziomie 0%, a następnie zgodnie z zaleceniem w oknie dialogowym naciskamy przycisk Send w oknie podglądu pętli regulacyjnej. Ustawienie poziomu początkowego zależy tylko od stanu w jakim znajduje się obiekt.

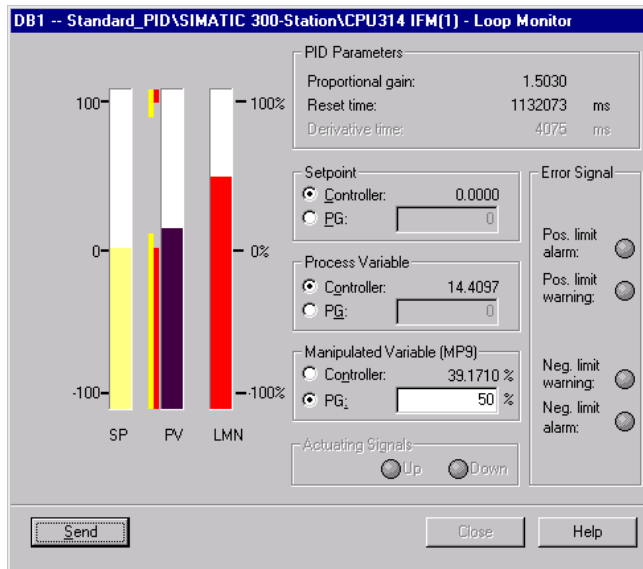
**KROK 2.** Użytkownik określa tu zachowanie się obiektu, jak również całego procesu identyfikacji, tzn. czy zbieranie danych będzie wykonywane w sposób ręczny, czy też automatyczny (rysunek 2). Przebieg samego procesu tak naprawdę został już określony w kroku poprzednim i program sygnalizuje jedynie czy praca jest w trybie ręcznym (Manual), czy automatycznym (Automatic).



Rys. 2. Okno umożliwiające przygotowanie trybu pracy procesu identyfikacji.

**KROK 3.** Program prosi o ustawienie sygnału sterującego na poziomie punktu pracy (rysunek 3) i przesłanie nowych ustawień. Dla naszego zadania ustawiamy sygnał sterujący na poziomie 50%. Jednocześnie w tle uruchamia się okno dialogowe umożliwiające użytkownikowi "śledzenie" ON-LINE ważnych przebiegów sygnałów w pętli regulacyjnej (rysunek 4). Okno to można przed rozpoczęciem procesu identyfikacji odpowiednio przygotować dzięki poleceniu Settings. Do dyspozycji mamy możliwość wyświetlania jednocześnie do czterech przebiegów czasowych wybieranych z listy, zmianę koloru wyświetlania przebiegów, czas

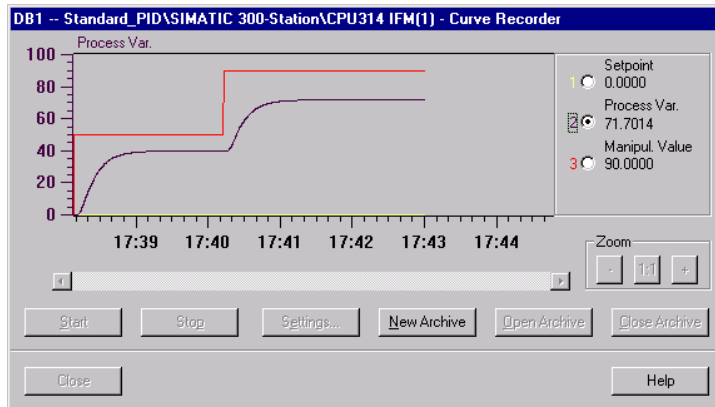
próbki z jakim będą wyświetlane dane, długość osi czasowej oraz czas przez który dane pomiarowe mogą być zapisywane do wskazanego pliku.



Rys. 3. Okno podglądu pętli regulacyjnej.

**KROK 4.** Użytkownik czeka aż sygnał z obiektu osiągnie ustabilizowaną wartość będącą odpowiedzią na skok sygnału sterującego, a następnie naciska OK.

**KROK 5.** W kroku tym program prosi o podanie, w oknie podglądu pętli regulacyjnej, kolejnego skoku sygnału sterującego (rysunek 4).



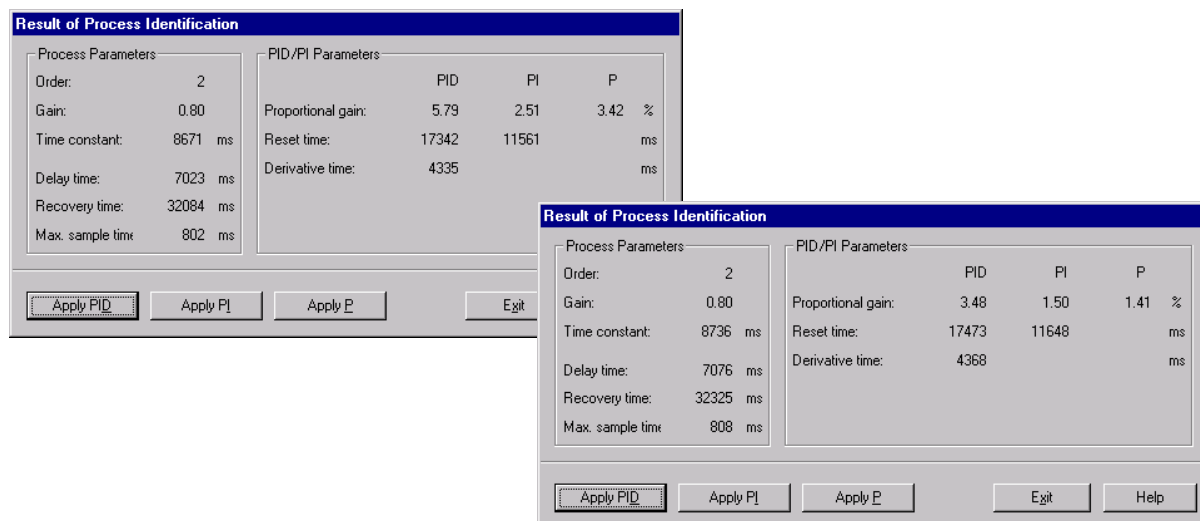
Rys. 4. Okno podglądu sygnałów w pętli regulacyjnej.

**KROK 6.** Program zbiera automatycznie ok. 130 punktów pomiarowych (wartość zadana, sygnał sterujący, sygnał wyjściowy z obiektu) przez pewien okres czasu zależny od zadanego czasu próbkowania (rysunek 4).

**KROK 7.** Zamknięcie okna podglądu pętli regulacyjnej.

**KROK 8.** Użytkownik ma możliwość w tym kroku wyboru: czy obliczone nastawy dla regulatora PI będą dawały efekt przeregulowania czy też nie.

**KROK 9.** Program przedstawia wyniki obliczeń procesu identyfikacji (rysunek 5).

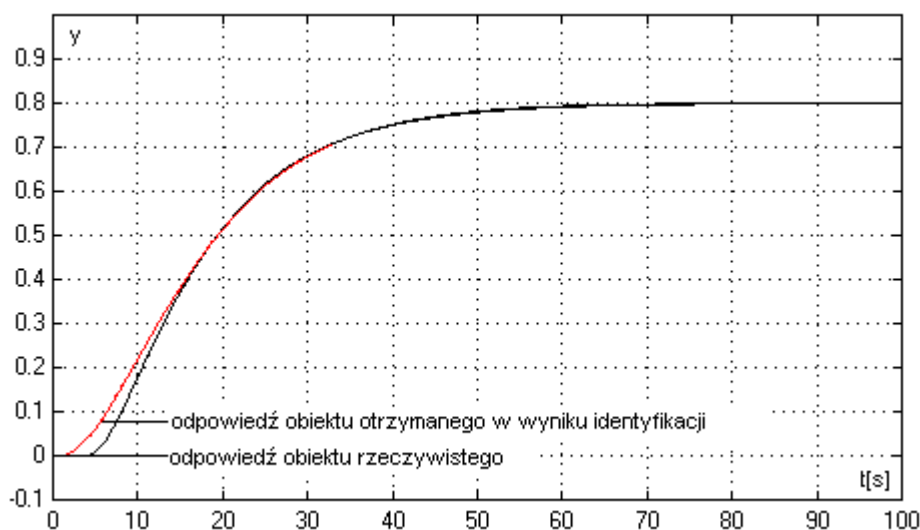


Rys. 5. Wyniki obliczeń dla przypadku regulacji z przeregulowaniem i bez przeregulowania.

W wyniku obliczeń użytkownik dostaje do dyspozycji opis obiektu: rząd, wzmocnienie, stałą czasową i wynikające z niej opóźnienie i maksymalny czas próbkowania z jakim może działać regulator PI.

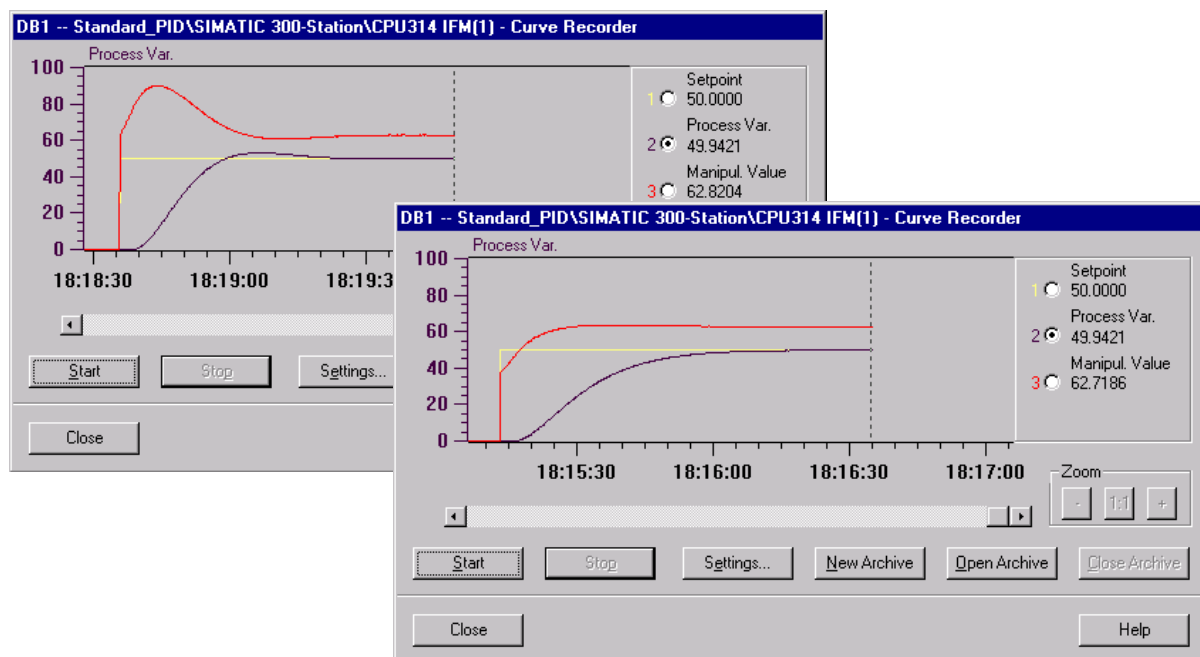
Z danych tych wynika, że transmitancja naszego obiektu ma następującą postać:

$$G(s) = \frac{0.8}{(8.671s + 1)^2}$$



Rys. 6. Porównanie obiektu rzeczywistego i otrzymanego w wyniku identyfikacji.

Jak widać na rysunku 6 charakterystyka skokowa obiektu otrzymanego w wyniku procesu identyfikacji "nieznacznie" odbiega od przebiegu obiektu rzeczywistego. Rozbieżności w początkowej części przebiegu są na tyle małe, że nie wpłyną na jakość regulacji. Dodatkowo Standard PID w końcowej fazie procesu identyfikacji wylicza na podstawie otrzymanych parametrów obiektu nastawy regulatorów P, PI, PID, które w pętli regulacji ze zidentyfikowanym obiektem powinny zapewnić przeregulowanie do 10% (regulacja aperiodyczna) lub tzw. tłumione przeregulowanie.



Rys. 7. Przebiegi na wyjściu obiektu w zamkniętej pętli regulacyjnej dla warunku z przeregulowaniem i bez przeregulowania.

Proponowane wartości dla P, I i D należy po odpowiednim przeliczeniu załadować do sterownika PLC i mamy gotowy układ regulacji automatycznej, który spełnia postawione mu wymagania (rysunek 7).

Zastosowanie produktu Standard PID w połączeniu ze sterownikami swobodnie programowalnymi rodziny S7 w znaczny sposób wspomaga praktyczny proces projektowania układów automatycznej regulacji. Proponowany proces identyfikacji z jednoczesną optymalizacją nastaw jest w stanie dość dokładnie odzwierciedlić właściwości fizyczne obiektu i zaproponować warunki pod jakimi cały układ będzie pracował stabilnie.

W gronie wszelkiego rodzaju programów wspomagających pracę inżynierów praktyków produkt ten znajduje swoje zasłużone miejsce na samym jego szczycie o czym może świadczyć jego prostota obsługi, możliwości konfiguracyjne oraz wyniki otrzymane po przeanalizowaniu opisanego przykładu.

*mgr inż. Artur Król, Eur Ing*  
[akrol0@poczta.onet.pl](mailto:akrol0@poczta.onet.pl)

*mgr inż. Joanna Moczko-Król, Eur Ing*  
[j\\_mk@poczta.onet.pl](mailto:j_mk@poczta.onet.pl)