



12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE  
ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

## Analiza procesów regulacji ciągłej w oparciu o zestaw badawczy BP-40

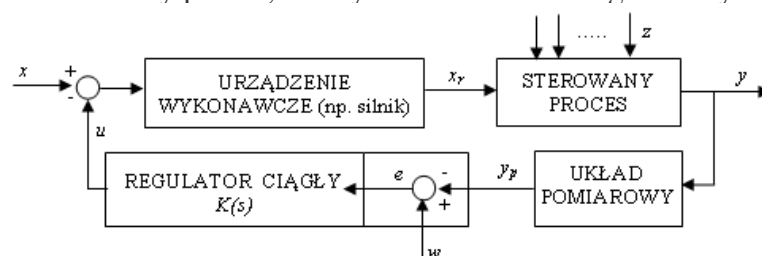
J. Świder, G. Kost

Katedra Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania, Politechnika Śląska w Gliwicach, PL-44 100 Gliwice, ul. Konarskiego 18a

W artykule przedstawiono podstawowe zasady regulacji ciągłych procesów technologicznych. Przedstawiono pakiet dydaktyczny BP-40 przeznaczony do modelowania i analizy metod regulacji ciągłej. Omówiono budowę, podstawowe moduły zestawu PB-40 i przykład symulacji złożonego procesu regulacji.

### 1. WPROWADZENIE

Nierozłącznym elementem współczesnego przemysłu jest automatyzacja. Poziom jej rozwoju w sposób zdecydowany wpływa na jakość i wydajność realizowanych procesów technologicznych. Jednym z istotnych elementów automatyzacji, którego rozwój ma istotny wpływ na osiągnięcia i poziom techniczny produkcji przemysłowej jest technika sterowania obejmująca swoim zasięgiem wszystkie dziedziny i gałęzie automatyki związane z oddziaływaniem na proces technologiczny tak, by zapewnić jego zachowanie się w żądany sposób. Regulacja czyli oddziaływanie na określony proces w celu zmniejszenia odchylenia jego przebiegu od przebiegu pożądanego [1] realizowana jest obecnie w sposób automatyczny za pomocą specjalnych urządzeń zwanych regulatorami. Regulator łącznie z jego organem pomiarowym wyznacza wartość wielkości regulowanej, porównuje ją z wartością zadaną tej wielkości i wyznacza odchylenie (tzw. uchyb -  $e$ ) oraz wytwarza przeciwdziałanie niezbędne do utrzymania możliwie najmniejszej wartości tego odchylenia. Elementami procesu sterowania są: układ regulacji (regulator) i obiekt regulacji (obiekt sterowania). Układem regulacji automatycznej [2] nazywa się układ ze sprzężeniem zwrotnym, który samoczynnie (bez udziału człowieka) zapewnia pożądaną przebieg wybranych wielkości charakteryzujących sterowany proces, zwanych wielkościami regulowanymi (rys. 1).



Rys. 1. Układ sterowanie zamknięty.  $K(s)$  – transmitancja regulatora,  $x$  – sygnał wejściowy (zadany, tzw. wymuszenie),  $e$  – uchyb regulacji,  $u$  – sygnał sterujący (nastawny),  $z$  – zakłócenie,  $y$  – sygnał wyjściowy układu regulacji,  $y_p$  – sygnał wyjściowy przetworzony przez przekładnię pomiarową

W grupie regulatorów coraz większe znaczenie mają regulatory ciągłe pozwalające w sposób ciągły, tzn. nieprzerwany w czasie realizować zaplanowane zadanie kontroli sterowanego procesu technologicznego [1]. W układach takich sygnały są przesyłane w sposób ciągły (nieprzerwany w czasie – w przeciwieństwie do układów dyskretnych w układzie których przebiegi sygnałów są przerywane w czasie, czyli mają charakter dyskretny). Sterowane procesy technologiczne, których działanie można przedstawić za pomocą matematycznych przebiegów funkcji ciągłych, (sparametryzowanych czasem) nazywa się procesami ciągłymi, a zadanie sterowania takim procesem - sterowaniem ciągłym lub regulacją ciągłą [1]. Regulatory pracujące w oparciu o zdefiniowane przebiegi ciągłe nazywa się regulatorami ciągłymi.

## 2. REGULATORY CIĄGŁE

Regulatory ciągłe są układami automatyki stosowanymi w tych przypadkach regulacji w których chodzi o uzyskanie szczególnie dużej dokładności odtwarzania sygnałów zadanych. Problem ten występuje przede wszystkim w regulacji układów posiadających przebiegi o skomplikowanych kształtach oraz tam, gdzie zachodzi konieczność tłumienia nagle pojawiających się losowo zależnych zakłóceń [1]. Regulatory te charakteryzują się tym, że mają niewielki wpływ na zniekształcenia sygnału wyjściowego  $y(t)$ , gdyż ich główny tor regulacji ma dostatecznie duży współczynnik wzmocnienia  $K$ . Cecha ta umożliwia proste ich łączenie w zestawy (tzw. kaskady), gdyż stanowią one oddzielne człony (moduły) regulacyjne, a ich wzajemny wpływ i obciążenie obiektu regulacji jest pomijalnie mały. Są to:

- 1) regulatory proporcjonalne (typu P), o transmitancji  $K(s) = K_p$
- 2) regulatory całkujące (typu I), o transmitancji  $K(s) = \frac{1}{T_i s}$ ;
- 3) regulatory proporcjonalno-całkujące (typu PI), o transmitancji  $K(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$ ;
- 4) regulatory proporcjonalno-różniczkujące (typu PD), o transmitancji  $K(s) = K_p (1 + T_d s)$ ;
- 5) regulatory proporcjonalno-całkująco-różniczkujące (typu PID), o transmitancji operatorowej

$$K(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right) \cdot$$

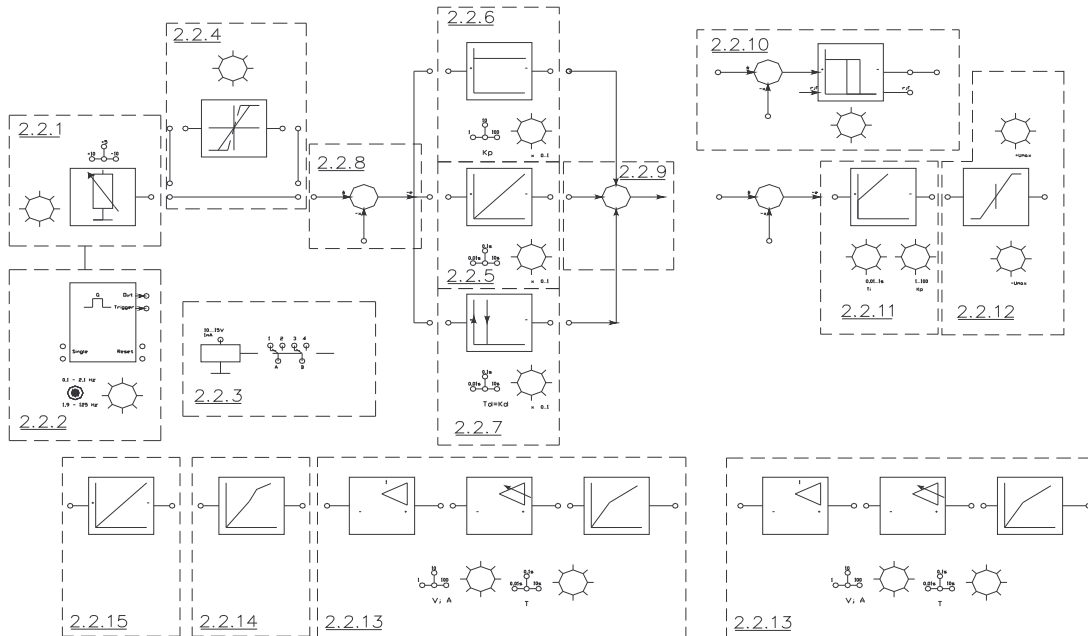
gdzie:  $K_p$  – współczynnik wzmocnienia regulatora,  $T_i$  – tzw. czas zdwojenia (całkowania lub działania integrującego),  $T_d$  – czas wyprzedzenia (różniczkowania) i  $k$  – wsp. proporcjonalności, a  $t$  to czas regulacji. Człony te posiadają standardowo dwa wejścia – po jednym od źródła sygnału zadanego  $w(t)$  i od czujnika (członu pomiarowego) i jedno wyjście do członu wykonawczego. W celu poprawienia charakterystyk regulatora i zmniejszenie niekorzystnego wpływu obiektu regulowanego na działanie regulatora wyposaża się je w dodatkowe człony, których zadaniem jest poprawa charakterystyk regulatora i pracy obiektu regulacji.

## 3. ZESTAW BADAWCZY BP-40

Zestaw specjalistyczny BP-40 [3] jest układem badawczym przeznaczonym do analizy złożonych procesów regulacji ciągłej. Zestaw ten składa się z trzech modułów, z których podstawowy układ BP-40 jest wzbogacony o dodatkowe moduły poszerzające jego możliwości, takie jak:

- BP-40T „MOTOR BOARD” umożliwiający realizację funkcji regulację temperatury, prędkości obrotowej, natężenia światła;
- BP-40P „SERVO BOARD” umożliwiający regulację położenia z wykorzystaniem silników krokowych i czujników położenia.

W skład pakietu wchodzi podstawowe elementy automatyki takie, jak regulatory, przekaźniki, wzmacniacze sygnału, węzły sumacyjne, elementy inercyjne, co pokazano na schemacie blokowym zestawu (rys. 2).



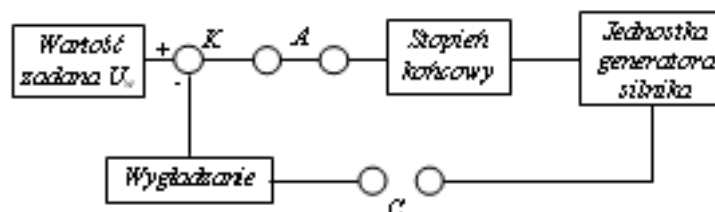
Rys. 2. Struktura blokowa zestawu BP-40

Moduł podstawowy BP-40 składa się z panelu sterowniczego z zamieszczonymi symbolami poszczególnych bloków funkcyjnych w które jest on wyposażony. Wraz z modułami dodatkowymi umożliwia przeprowadzenie analiz procesów regulacji ciągłej w następującym zakresie:

- analiza dynamiki regulacyjnej układów liniowych,
- badanie zachowania się ciągłych układów regulacji ze sprzężeniem zwrotnym,
- regulacji ciągłej jednej zmiennej,
- regulacji ciągłej wielu zmiennych.

#### 4. PRZYKŁAD

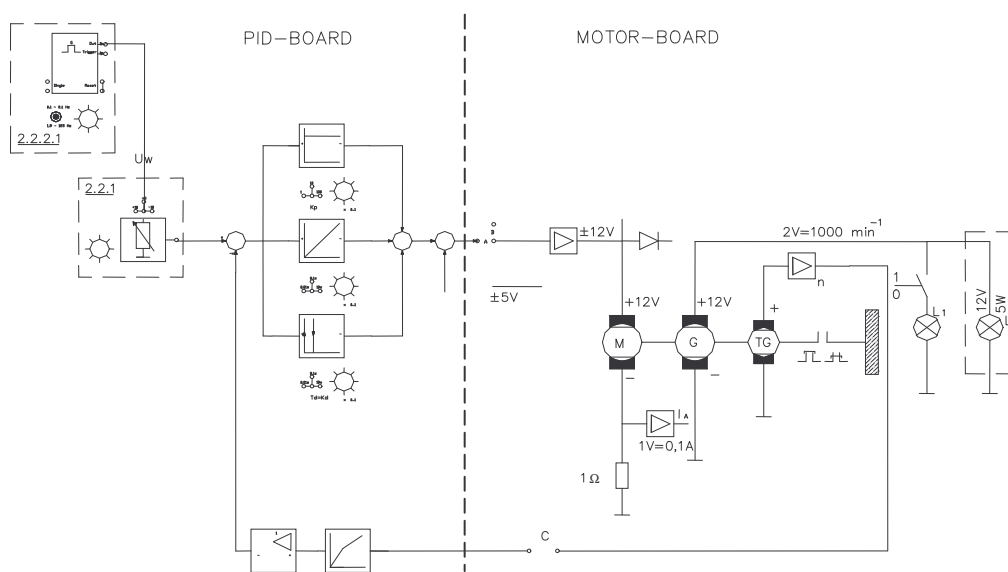
Możliwości układu BP-40 w modelowaniu i symulowaniu pracy złożonych układów regulacji procesów ciągłych przedstawiono na przykładowym modelu układu sterowania przeznaczonego do regulacji pracą silnika. Wykorzystując wymagania stawiane projektowanemu układowi regulacji opracowano schemat ideowy procesu regulacji ciągłej układu silnika, co pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Schemat ideowy połączeń układu regulacji pracą silnika.

Zadaniem układu jest regulacja prędkości obrotowej silnika w układzie ze sprzężeniem zwrotnym. Do regulacji wartości prędkości obrotowej  $n$  silnika wykorzystano sygnał zwrotny regulatora, który przebiega przez komparator K i złącze A do stopnia końcowego układu regulacji silnikiem, natomiast kanał wartości chwilowych jest zwarty złączem C. Planowany przebieg modelowanego zadania regulacji sprowadza się do następujących czynności:

- w oparciu o zdefiniowany schemat ideowy i zestaw BP-40 należy zbudować układ regulacji, którego schemat blokowy pokazano na rys. 4;
- ustawić wartość zadaną napięcia wejściowego  $U_w$  w ten sposób by obciążony napęd pracował w trybie pracy znamionowej oraz dla regulatora proporcjonalnego ustawić  $K_p = 5$ , a dla całkującego  $T_i = 0,01s$ ,
- zmierzyć określone wielkości regulacyjne przy pełnym obciążeniu silnika obserwując zachowanie się układu.



Rys. 4. Schemat blokowy układu regulacji BP-40

Postępując w taki sposób możliwe jest zamodelowanie każdego układu regulacji i symulowanie jego zachowania się, co umożliwi wypracowanie optymalnych decyzji dotyczących przebiegu planowanego procesu regulacji bez konieczności wykorzystywania do tego celu obiektów rzeczywistych.

## 5. WNIOSKI

Wykorzystanie układów badawczych pozwalających na symulowanie pracy złożonych układów regulacji jest jednym z najważniejszych zalet opisanego układu. Pozwala to na precyzyjne zaprojektowanie układu regulacji, określenie przebiegu procesu regulacji i parametrów regulacyjnych bez konieczności angażowania do tego rzeczywistego obiektu regulacji.

## LITERATURA

1. Kaczorek T.: Teoria sterowania i systemów. Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999.
2. Świder J. red.: Sterowanie i automatyzacja procesów technologicznych i układów mechatronicznych. Układy pneumatyczne i elektroniczne ze sterowaniem logicznym (PLC). Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
3. Festo Didactic.: Wprowadzenie do zestawu BP-40. Warszawa 1998.