

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

OPIS PATENTOWY

89 740

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 05.07.74 (P. 172485)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 02.06.75

Opis patentowy opublikowano: 30.11.1978

MKP G05b 11/36

Int. Cl.² G05B 11/36

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: Piotr Jabłoński

Uprawniony z patentu : Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów
„MERA-PIAP”, Warszawa (Polska)

Sposób automatycznej regulacji obiektów i układ elektroniczny do automatycznej regulacji obiektów

Przedmiotem wynalazku jest sposób automatycznej regulacji obiektów i układ elektroniczny do stosowania tego sposobu regulacji. Wynalazek wykorzystywany jest zwłaszcza do regulacji obiektów posiadających duże czasy opóźnień. A więc główną dziedziną zastosowania wynalazku jest regulacja parametrów procesów technologicznych, które zmieniają się stosunkowo wolno. Do parametrów takich zalicza się: temperaturę, ciśnienie, przepływ, poziom itp. Sposób regulacji stanowiący przedmiot wynalazku jest wykorzystywany zarówno przy konstruowaniu regulatorów analogowych jak również przy układaniu programów sterowania cyfrowego.

Dotychczas znane sposoby regulacji sprowadzały się do algorytmu PID, czyli polegały na wytworzeniu przez regulator sygnału wielkości sterującej, który uzależniony był bezpośrednio od wartości sygnałów wejściowych, od całki i od pochodnej z wartości sygnałów wejściowych. Podane zależności były zwykle liniowe lub bliskie liniowych. Dla zapewnienia optymalnego przebiegu sygnału wielkości sterującej przy przyjętym kryterium jakości regulacji, regulator powinien możliwie wiernie identyfikować zakłócenia działające na wejście obiektu. Przy zastosowaniu dotychczas znanych liniowych lub quasi-liniowych algorytmów działania PID, nie jest możliwe odróżnienie przez regulator sygnału zakłócenia i sygnału sterującego. Nie jest więc możliwa wierna identyfikacja wartości sygnału zakłócenia, a więc i wytworzenie optymalnego sygnału wielkości sterującej. Niedogodność ta uwidacznia się szczególnie przy regulacji obiektów z dużymi czasami opóźnień, gdzie reakcja regulatora jest opóźniona w stosunku do zakłócenia działającego na wejście obiektu.

Celem wynalazku jest usunięcie podanych niedogodności przez opracowanie sposobu regulacji oraz układu który wykorzystuje ten sposób, zapewniającego optymalną lub bliską optymalnej regulację obiektu posiadającego duże czasy opóźnień. Cel ten osiągnięto przez zastosowanie takiego sposobu regulacji obiektów, w którym wartość sygnału wielkości sterującej uzależniona jest od wartości sygnału przełączenia, przy czym sygnał przełączenia równy jest iloczynowi wartości sygnału uchybu regulacji i wartości sygnału stanowiącego różnicę

między wartością sygnału uchybu regulacji i wartością sygnału będącego funkcją pierwszej pochodnej sygnału wielkości regulowanej. Ponadto, sposób ten charakteryzuje się tym, że oddziaływanie na obiekt regulowany sygnału drugiej różniczki, który jest funkcją drugiej pochodnej sygnału wielkości regulowanej jest uzależnione od wartości sygnału odłączenia, przy czym sygnał drugiej różniczki jest jedną ze składowych sygnału wielkości sterującej. Sygnału odłączenia równy jest iloczynowi wartości sygnału uchybu regulacji i wartości sygnału drugiej różniczki. Dla wartości sygnału przełączenia nie większej od zera, wartość sygnału wielkości sterującej jest w przybliżeniu stała i różna od zera, natomiast dla wartości sygnału odłączenia nie mniejszej od zera, oddziaływanie na obiekt regulowany sygnału drugiej różniczki jest w przybliżeniu równe zero.

W układzie elektronicznym do automatycznej regulacji obiektów według wynalazku wykorzystuje się oprócz znanych węzłów sumacyjnych oraz zespołów różniczkujących i zespołu całkującego, również dwa zespoły mnożące, w których wytwarzane są sygnały przełączenia i odłączenia. W jednym zespole mnożącym wytwarzany jest sygnał przełączenia, a w drugim zespole mnożącym wytwarzany jest sygnał odłączenia. Sygnał przełączenia doprowadzony jest do drugiego zespołu różniczkującego układu zmieniając jego parametry, a także doprowadzony jest do klucza przełączającego sterując jego położeniem, przy czym klucz ten włączony jest pomiędzy drugi węzeł sumacyjny i zespół całkujący. Natomiast sygnał odłączenia doprowadzony jest do drugiego klucza przełączającego sterując jego położeniem, przy czym klucz ten włączony jest pomiędzy wyjście drugiego zespołu różniczkującego i trzeci węzeł sumacyjny układu regulacji.

Zastosowanie opisanego sposobu regulacji, umożliwia dokładną identyfikację wartości sygnału zakłócenia zapewniając przez to sprowadzenie uchybu regulacji do zera, szybciej niż przy zastosowaniu znanego algorytmu PID.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia typowy układ regulacji automatycznej, fig. 2 przedstawia układ regulacji wykorzystujący sposób stanowiący przedmiot wynalazku, a fig. 3 przedstawia przebiegi poszczególnych sygnałów w układzie pokazanym na fig. 2.

W układzie pokazanym na fig. 1, sygnał X wielkości regulowanej stanowiący sygnał wyjściowy obiektu regulacji OR, porównywany jest w węźle sumacyjnym S_1 z sygnałem X_0 wielkości zadanej. Sygnałami wejściowymi regulatora R jest sygnał e uchybu regulacji oraz sygnał X wielkości regulowanej, natomiast sygnałem wyjściowym regulatora R jest sygnał y wielkości sterującej, który oddziałuje na obiekt regulacji OR, zmieniając wartość sygnału X wielkości regulowanej. Sygnał e uchybu regulacji stanowi różnicę pomiędzy sygnałem X_0 wielkości zadanej i sygnałem X wielkości regulowanej. Ponadto na wejście obiektu regulacji OR oddziałuje sygnał Z wielkości zakłócającej. Zadaniem regulatora R jest utrzymanie sygnału e uchybu regulacji, przy istnieniu sygnału Z zakłócającego, na wartości równej zero. Dla spełnienia tego zadania, regulator R musi posiadać odpowiednie własności dynamiczne dobrane do parametrów dynamicznych obiektu regulacji OR. Transmittancje większości obiektów regulacji wolno-zmiennych parametrów procesów technologicznych, mogą być aproksymowane przez człon o transmittancji równej:

$$\frac{K}{\tau j\omega + 1} e^{-T_0 j\omega}$$

gdzie:

- K — wzmocnienie proporcjonalne obiektu,
- τ — stała czasowa zastępcza obiektu regulacji (czas inercji obiektu),
- T_0 — czas opóźnienia obiektu.

Dla zapewnienia optymalnego przebiegu sygnału y wielkości sterującej, regulator powinien możliwie wiernie identyfikować sygnały Z zakłócające, działające na wejście obiektu. Spełnienie tego warunku przy zastosowaniu dotychczas znanych algorytmów sterowania PID jest niemożliwe, zwłaszcza dotyczy to przypadków regulacji obiektów z dużymi czasami opóźnienia, gdzie reakcja regulatora jest opóźniona o czas T_0 w stosunku do sygnału Z zakłócającego działającego na wejście obiektu.

W układzie pokazanym na fig. 2, w którym wykorzystuje się sposób regulacji stanowiący przedmiot wynalazku, sygnał X wielkości regulowanej porównywany jest w węźle sumacyjnym S_1 z sygnałem X_0 wielkości zadanej w wyniku czego otrzymuje się sygnał e uchybu regulacji. Jednocześnie sygnał X podawany jest na zespół różniczkujący UR1, którego stała czasowa jest w przybliżeniu równa stałej czasowej zastępczej obiektu regulacji. W węźle sumacyjnym S_2 wytwarzany jest sygnał $V(t)$, który poprzez klucz $K1$ podawany jest na zespół całkujący UC, którego stała czasowa jest w przybliżeniu równa $\frac{1}{K} \cdot T_0$. Sygnał wyjściowy zespołu różniczkującego UR1 podawany jest na drugi zespół różniczkujący UR2, w którym wytwarzany jest sygnał y_2 drugiej różniczki. Sygnał y_2 drugiej różniczki podawany jest poprzez klucz $K2$ na węzeł sumacyjny $S3$, gdzie jest sumowany z sygnałem y_1 wyjściowym zespołu całkującego UC. W wyniku tego sumowania otrzymuje się sygnał

y wielkości sterującej będący zarazem sygnałem wyjściowym regulatora. Zespół mnożący UM1 i zespół mnożący UM2 służą do zmiany algorytmu działania układu, tak aby zapewnić regulację bliską optymalnej. W zespole mnożącym UM1 wytwarzany jest sygnał przełączenia, równy iloczynowi wartości sygnału ϵ uchybu regulacji i wartości sygnału V równego różnicy pomiędzy wartością sygnału ϵ uchybu regulacji i wartością sygnału będącego funkcją pierwszej pochodnej sygnału X wielkości regulowanej. Sygnał przełączenia steruje położeniem klucza $K1$ i zmienia stałą czasową zespołu różniczkującego UR2. Jeżeli wartość sygnału przełączenia jest większa od zera, to klucz $K1$ jest zamknięty, a stała czasowa zespołu różniczkującego UR2 jest większa od zera i tak dobrana, aby wytworzony sygnał y sprowadzał istniejący uchyb regulacji do zera w czasie równym około T_0 . Jeżeli natomiast wartość sygnału przełączenia jest nie większa od zera, to klucz $K1$ jest otwarty, a stała czasowa zespołu różniczkującego UR2 jest w przybliżeniu równa zeru.

W drugim zespole mnożącym UM2 wytwarzany jest sygnał odłączenia równy iloczynowi wartości sygnału ϵ uchybu regulacji i wartości sygnału y_2 drugiej różniczki. Sygnał odłączenia steruje położeniem klucza $K2$. Jeżeli wartość sygnału odłączenia jest mniejsza od zera, to klucz $K2$ jest zamknięty i sygnał y_2 drugiej różniczki oddziałuje na obiekt regulacji jako jedna ze składowych sygnału y wielkości sterującej. Jeżeli natomiast wartość sygnału odłączenia jest nie mniejsza od zera, to klucz $K2$ jest otwarty.

Działanie układu pokazanego na fig. 2 jest następujące. Załóżmy, że w chwili $t=0$ na wejściu obiektu regulacji pojawiło się zakłócenie w postaci skoku jednostkowego $Z(t)=Z_0 \cdot 1(t)$. Powoduje to w czasie $t \in (T_0, 2T_0)$ narastanie wartości sygnału $\epsilon(t)$ uchybu regulacji i dalej wytworzenie sygnału $y(t)$ wielkości sterującej. W tym czasie wartość sygnału przełączenia jest większa od zera a wartość sygnału odłączenia jest mniejsza od zera, a więc klucze $K1$ i $K2$ są zamknięte i stała czasowa zespołu różniczkującego UR2 jest większa od zera. Stała czasowa zespołu całkującego UC jest tak dobrana, że w okresie czasu $(T_0, 2T_0)$ zmiana wartości sygnału y_1 wyjściowego tego zespołu jest równa wartości sygnału Z zakłócającego. Jak już wspomniano wyżej stała czasowa zespołu różniczkującego UR2 jest tak dobrana, że wytworzony sygnał $y(t)$ sprowadza w chwili $t=3T_0$ uchyb regulacji do zera. Przy założeniu, że wartość sygnału X_0 wielkości zadanej jest cały czas stała, wartość sygnału $V(t)$ jest równa wartości wejściowego sygnału obiektu regulacji opóźnionego o czas T_0 . Tak więc jeżeli zapewnimy wartość sygnału $y(t)$ w czasie $t \in (T_0, 2T_0)$ większą, co do wartości bezwzględnej, od wartości sygnału $Z(t)$, to otrzymamy w czasie $t \in (2T_0, 3T_0)$ wartość sygnału przełączenia mniejszą od zera. Wówczas klucz $K1$ będzie otwarty, a stała czasowa zespołu różniczkującego UR2 będzie równa zeru. Wartość sygnału $y(t)$ będzie w tym czasie stała i równa wartości sygnału y_1 , który jak już powiedziano wyżej jest równy co do wartości i przeciwny co do znaku w stosunku do sygnału $Z(t)$ zakłócającego. Dzięki zastosowanemu układowi regulator odróżnia sygnał wielkości sterującej od sygnału zakłócenia, reagując jedynie na ten ostatni. Dla czasów $t \geq 3T_0$, wartość sygnału $y(t)$ jest w dalszym ciągu równa co do wartości sygnałowi y_1 i na wejście obiektu regulacji nie działają żadne sygnały, natomiast uchyb regulacji jest równy zeru i układ pozostaje w równowadze.

Zastosowany klucz $K2$ wraz z zespołem mnożącym UM2 zapewnia dobrą stabilność układu regulacji. Dla sygnałów X o kształcie sinusoidalnym, sygnał y_2 jest także sygnałem sinusoidalnym, przesuniętym w fazie w stosunku do sygnału X o około 180° , a ponieważ sygnał $\epsilon(t)$ jest również sygnałem sinusoidalnym, przesuniętym w fazie w stosunku do sygnału X o 180° , więc dla takich sygnałów, wartość sygnału odłączenia jest prawie cały czas większa od zera. W tym przypadku klucz $K2$ jest prawie cały czas otwarty i oddziaływanie sygnału y_2 drugiej różniczki na obiekt regulacji jest znikome. Cały przebieg przejściowy wywołany sygnałem $Z(t)$ zakłócenia zakończy się w omawianym układzie, po czasie równym w przybliżeniu $2T_0$. Natomiast czas przebiegu przejściowego przy zastosowaniu znanego algorytmu sterowania typu PID jest nie mniejszy niż $3T_0$. Ponadto przez zastosowanie układu regulacji według wynalazku zmniejsza się o około 10% wartość maksymalnego uchybu regulacji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób automatycznej regulacji obiektów, posiadających zwłaszcza duże czasy opóźnienia polegający na wytworzeniu sygnału uchybu regulacji oraz sygnału wielkości sterującej, który oddziałuje na obiekt sterowany w kierunku zmniejszenia bezwzględnej wartości sygnału uchybu regulacji, z n a m i e n n y t y m, że wartość sygnału y wielkości sterującej uzależnia się do wartości sygnału przełączenia, który równy jest iloczynowi wartości sygnału (ϵ) uchybu regulacji i wartości sygnału (V) równego różnicy pomiędzy wartością sygnału (ϵ) uchybu regulacji i wartością sygnału będącego funkcją pierwszej pochodnej sygnału (X) wielkości regulowanej, natomiast oddziaływanie na obiekt regulowany (OR) sygnału (y_2) drugiej różniczki, który jest funkcją drugiej pochodnej sygnału (X) wielkości regulowanej i który stanowi jedną ze składowych sygnału (y) wielkości sterującej, uzależnia się od wartości sygnału odłączenia, który równy jest iloczynowi wartości sygnału

(ϵ) uchybu regulacji i wartości sygnału (y_2) drugiej różniczki, przy czym dla wartości sygnału przełączenia nie większej od zera, wartość sygnału (y) wielkości sterującej jest w przybliżeniu stała i różna od zera, natomiast dla wartości sygnału odłączenia nie mniejszej od zera, oddziaływanie na obiekt (OR) sygnału (y_2) drugiej różniczki jest w przybliżeniu równe zeru.

2. Układ elektroniczny do automatycznej regulacji obiektów posiadających zwłaszcza duże czasy opóźnień, zawierający węzły sumacyjne i zespoły różniczkujące oraz zespół całkujący i klucze przełączające, z n a m i e n n y t y m, że ma jeden zespół mnożący (UM1) wytwarzający sygnał przełączenia oraz drugi zespół mnożący (UM2) wytwarzający sygnał odłączenia, przy czym sygnał przełączenia doprowadzony jest do drugiego zespołu różniczkującego (UR2) zmieniając jego parametry a także doprowadzony jest do klucza (K1) przełączającego sterując jego położeniem, który włączony jest pomiędzy drugi węzeł sumacyjny (S2) i zespół całkujący (UC), natomiast sygnał odłączenia doprowadzony jest do drugiego klucza (K2) przełączającego sterując jego położeniem, który włączony jest pomiędzy wyjście drugiego zespołu różniczkującego (UR2) i trzeci węzeł sumacyjny (S3).

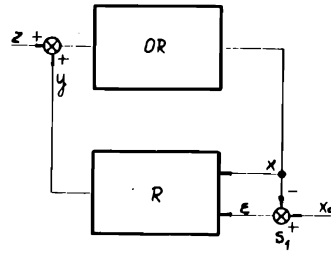


Fig. 1

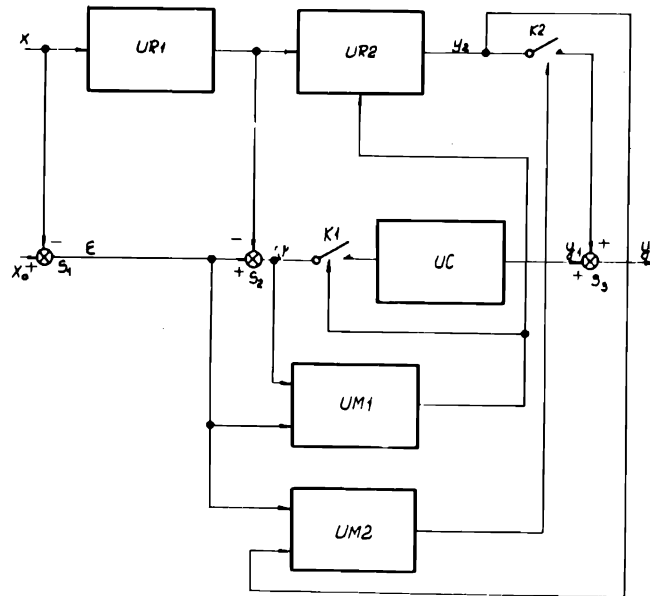


Fig 2

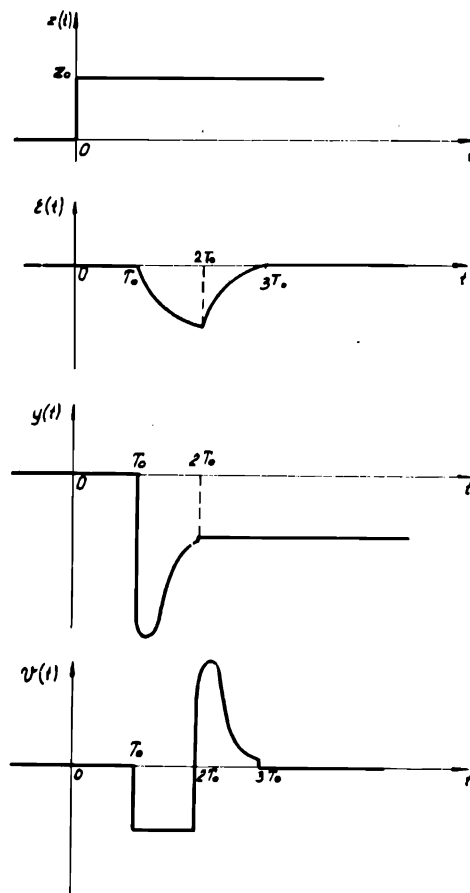


fig. 3.