

Podstawy Automatyki

Na tym wykładzie:

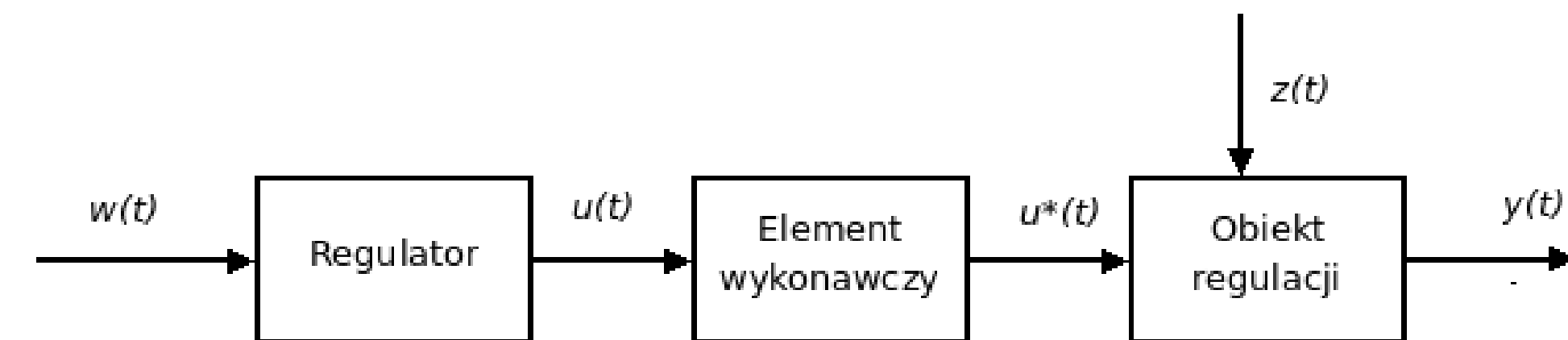
- Rodzaje regulacji
- Podział układów regulacji
- Wskaźniki jakości regulacji
- Zasada działania regulatora PID

Rodzaje regulacji

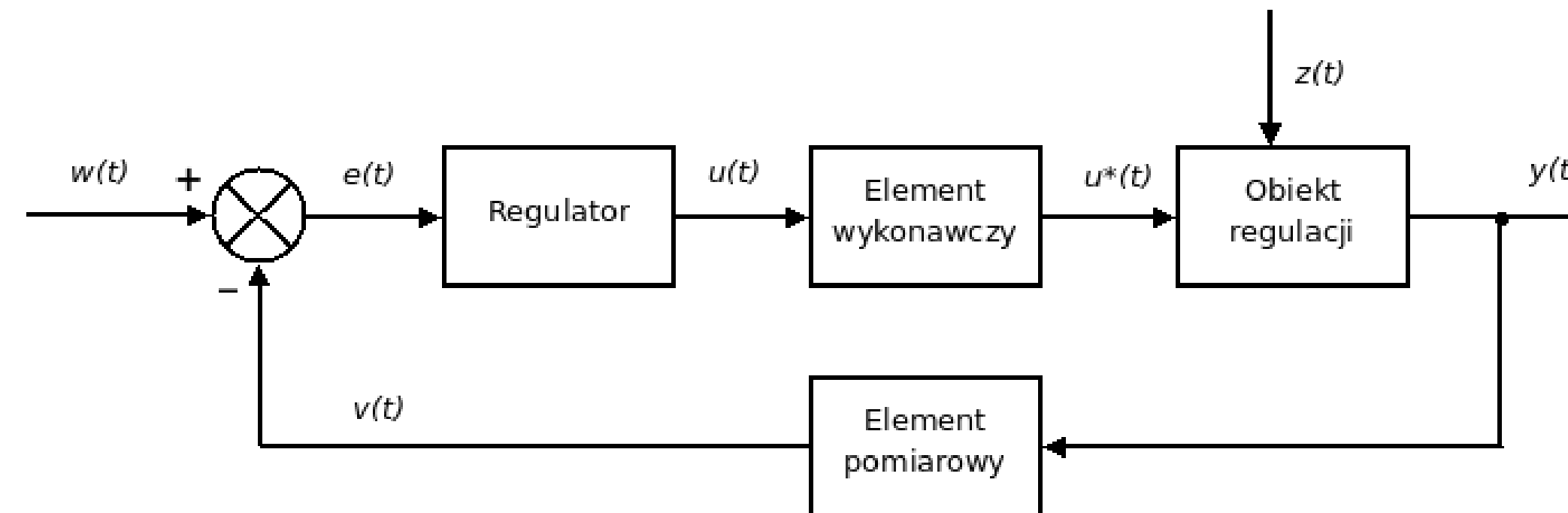
Sterowanie polega na takim oddziaływaniu na dany obiekt, aby osiągnąć określony cel. Samo sterowanie nie wiąże się zwykle bezpośrednio z wydatkiem energii, związane jest natomiast z pewną informacją w postaci sygnału. Obiekt, na który oddziałuje się podczas sterowania, nazywany jest obiektem sterowania.

Pętla otwarta

Przykładem układu z otwartą pętlą sprzężenia może być układ kierowania samochodem (ręcznego bez wspomagania elektrycznego) – system taki nie ma dostępu do dodatkowego źródła zasilania i nie dostosowuje się do zmieniającego się oporu związanego z kierunkiem skręcenia kół; kierowca musi odpowiednio reagować bez pomocy z układu sterującego.



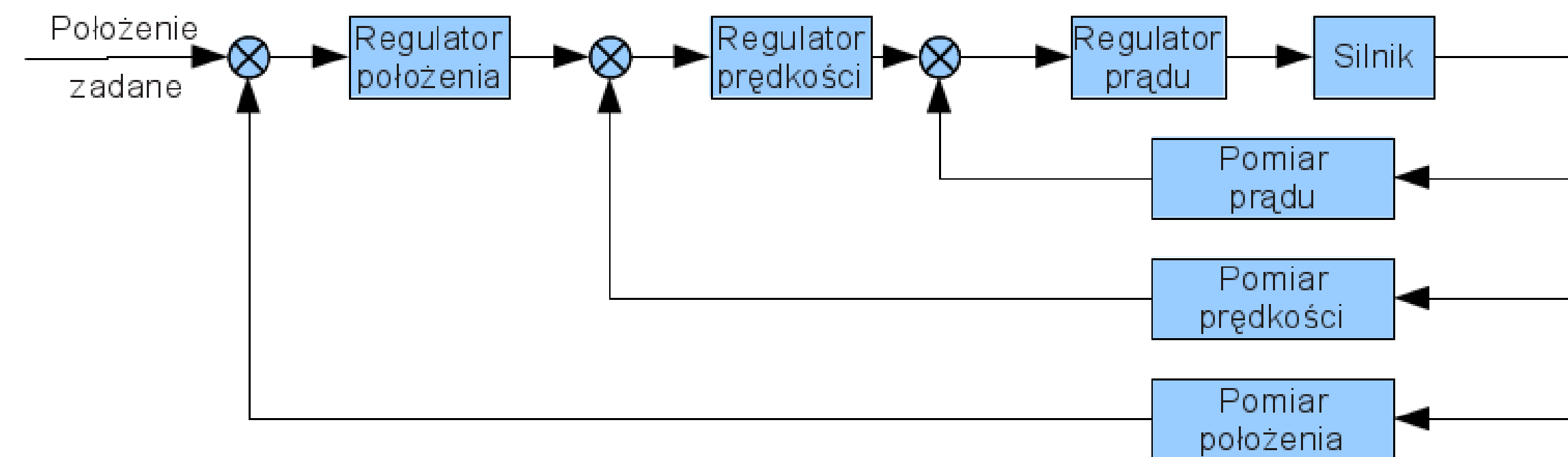
Pętla zamknięta



Rodzaje regulacji

Podział ze względu na sposób działania

Układy regulacji kaskadowej



Układy regulacji ekstremalnej

układ regulacji, w którym regulacja przebiega tak aby wielkości regulowane przybrały wartości ekstremalne (maksymalne lub minimalne).

W układach takich steruje się obiektami, których charakterystyki statyczne (na wykresach typu wejście-wejście przedstawiane jako krzywe np. paraboliczne) posiadają maksima i minima.

Układ regulacji z modelem

Układ regulacji z modelem (ang. model-reference control system) – w teorii sterowania to układ, w którym w celu wygenerowania sygnałów sterujących porównywane są wyjścia (ustalana jest też ich różnica) z modelu odniesienia (obiektu) i z samego obiektu.

Układy regulacji z modelem obiektu projektuje się w przypadku gdy zachodzi potrzeba uzyskania zadowalającego sterowania w trudnych przypadkach, gdy występują nieliniowości i zmiany parametrów w czasie.

Układy adaptacyjne

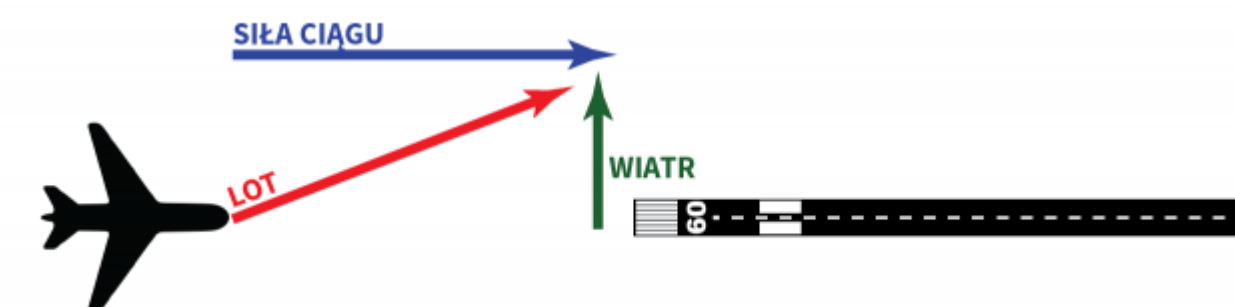
Sterowanie adaptacyjne – metoda sterowania, w której regulator dopasowuje parametry (które ulegają zmianie lub na początku są niepewne). Przykładowo podczas lotu masa samolotu, na skutek zużycia paliwa, powoli zmniejsza się - potrzebna jest więc zasada sterowania, która sama się dostosuje do takich zmiennych warunków.

Układy regulacji odpornej

Projektując regulatory krzepkie, otwarcie ujmuje się niepewność występującą w układzie regulacji. Układ krzepki ma działać prawidłowo o ile pewne parametry obarczone niepewnością lub zakłócenia pozostają w pewnym zakresie. Metody odporne mają na celu uzyskanie krzepkiego działania lub krzepkiej stabilności w obecności ograniczonych błędów modelowania.

Układy stochastyczne

Układy stochastyczne to takie, które dopuszczają istnienie zakłóceń oraz nieznanych sygnałów wewnątrz układu regulacji.



Rodzaje regulacji

Podział ze względu na cel sterowania

Układy stabilizujące

Układ regulacji stałowartościowej – w automatyce układ regulacji, którego algorytm działania realizuje utrzymanie wielkości regulowanej na stałym poziomie.

Układy śledzące (nadażne)

Układ regulacji nadażnej (ang. tracking system, set-point tracking, układy śledzące) – taki układ automatyki, którego algorytm działania realizuje pewien przebieg wielkości sterowanej, przy czym przebieg ten nie jest znany.

Zadaniem tego układu jest takie sterowanie obiektem, aby zmiany wielkości regulowanej nadażały za zmianami wartości zadanej. Wartość zadaną nazywa się także wielkością wiodącą.

Układy przełączające

Układy przełączające – regulacja odbywa się na zasadzie załączania lub wyłączenia odpowiednich urządzeń procesu w odpowiedniej kolejności (sekwencji), a rolę regulatora pełni najczęściej układ logiczny.

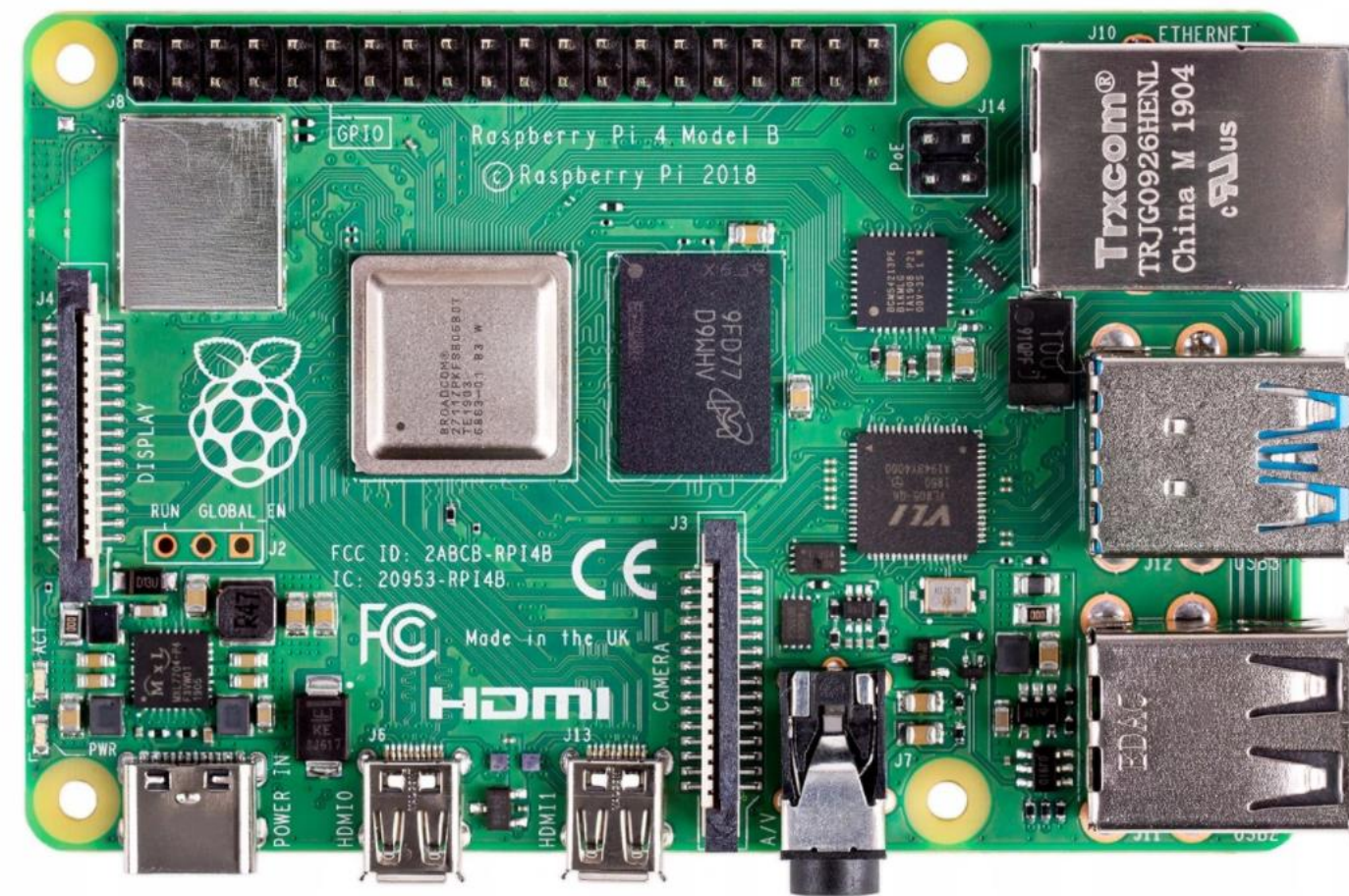
Rozróżnia się dwie grupy układów: kombinacyjne i sekwencyjne.

Układy kombinacyjne – układy w których stan sygnałów wyjściowych w danej chwili zależy tylko od stanu sygnałów wejściowych w danej chwili.

Układy sekwencyjne – układy w których stan sygnałów wyjściowych w danej chwili zależy od stanu sygnałów wejściowych w danej chwili oraz od stanu sygnałów wyjściowych w chwili poprzedniej.



Układy programowalne



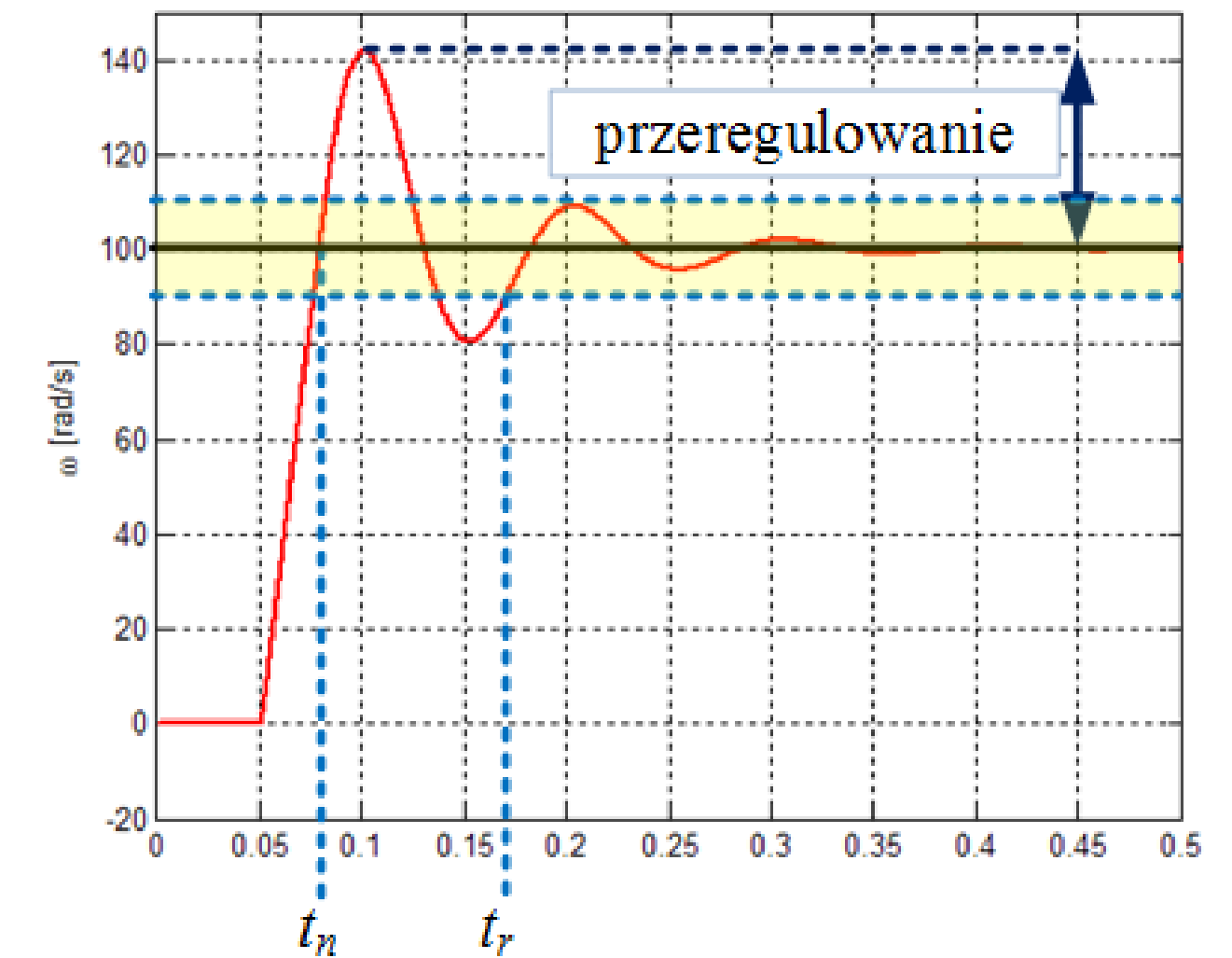
Układy optymalne

W sterowaniu optymalnym poszukuje się takiego sterowania dla danego układu, przy którym spełnione zostaną pewne kryteria optymalności. Problem sterowania ujmuje funkcjonal kosztów, który jest funkcją stanu i zmiennych związanych ze sterowaniem. Przedstawia się układ równań różniczkowych opisujących przebiegi zmiennych związanych ze sterowaniem. Zmienne te minimalizują funkcjonal kosztów.

Wskaźniki jakości regulacji

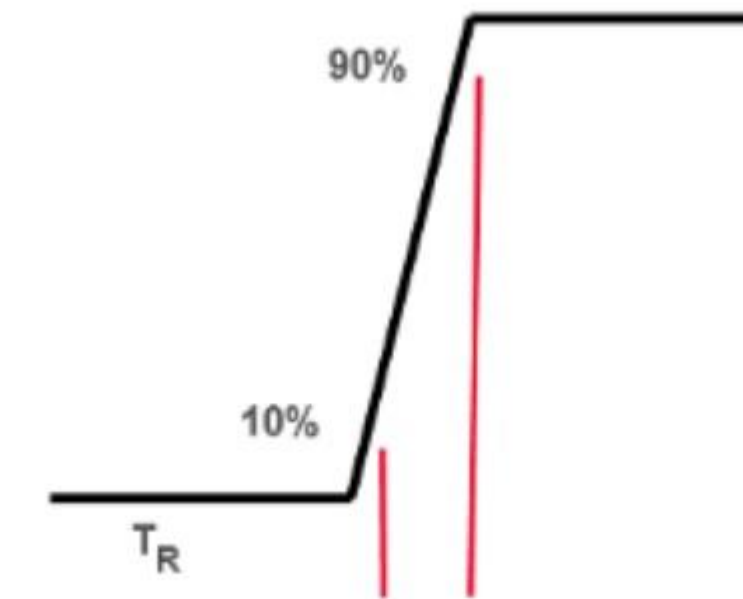
Przeregulowanie

Przeregulowanie – jeden z parametrów określających jakość dynamiczną odpowiedzi skokowej otwartego lub zamkniętego układu regulacji. Może występować w wyniku niekorzystnych warunków lub złych nastaw regulatora. Zbyt duże przeregulowanie może doprowadzić w niektórych przypadkach nawet do zniszczenia układu.



Czas narastania

Czas narastania – czas, w ciągu którego sygnał wyjściowy układu osiąga (najczęściej) od 10% do 90% wartości tego sygnału w stanie ustalonym. Jest miarą jakości dynamicznej odpowiedzi skokowej otwartego lub zamkniętego układu automatyki.



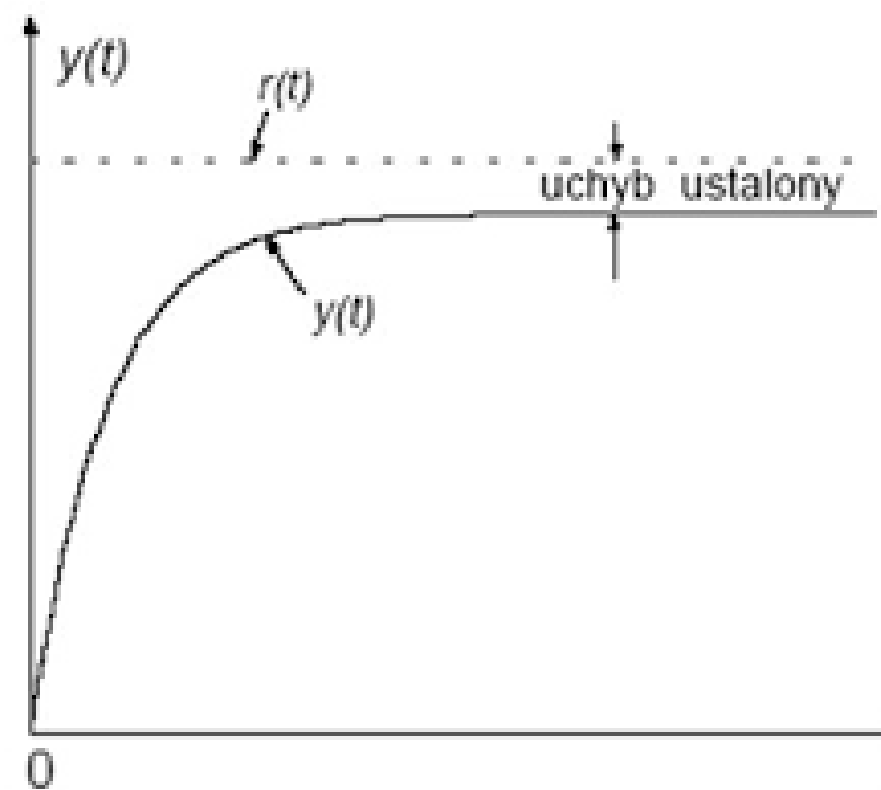
Czas regulacji

Czas regulacji, czas– czas od chwili wprowadzenia pobudzenia do chwili, gdy odchyłka regulacji osiąga wartości stale mieszczące się w strefie tolerancji $0,05 e$, gdzie e jest maksymalną odchyłką dynamiczną osiągniętą podczas regulacji ($5\% e$).

Czas regulacji jest miarą jakości dynamicznej odpowiedzi skokowej otwartego lub zamkniętego układu automatyki.

Uchyb w stanie ustalonym

Uchyb ustalony – w układzie regulacji, różnica między wartością zadaną sygnału oraz wartością sygnału wyjściowego w stanie ustalonym.



Kryteria sterowania

Kryteria sterowania

Kryterium sterowania – kryterium określające warunek najczęściej dotyczący czasu, energii lub błędu sterowania, kryterium to ma postać całki (sumy) po podanym przedziale czasu.

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} e^2 dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} |e| dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} (t - t_0) e^2 dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} (t - t_0) |e| dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} u^2 dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} (\mathbf{x}^T Q \mathbf{x} + \gamma u^2) dt$$

Kryteria sterowania

Kryterium sterowania – kryterium określające warunek najczęściej dotyczący czasu, energii lub błędu sterowania, kryterium to ma postać całki (sumy) po podanym przedziale czasu.

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} e^2 dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} |e| dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} (t - t_0) e^2 dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} (t - t_0) |e| dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} u^2 dt$$

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_k} (\mathbf{x}^T Q \mathbf{x} + \gamma u^2) dt$$

Sterowanie (regulacja)

Sterowanie polega na takim oddziaływaniu na dany obiekt, aby osiągnąć określony cel. Obiekt, na który oddziałuje się podczas sterowania, nazywany jest obiektem sterowania.

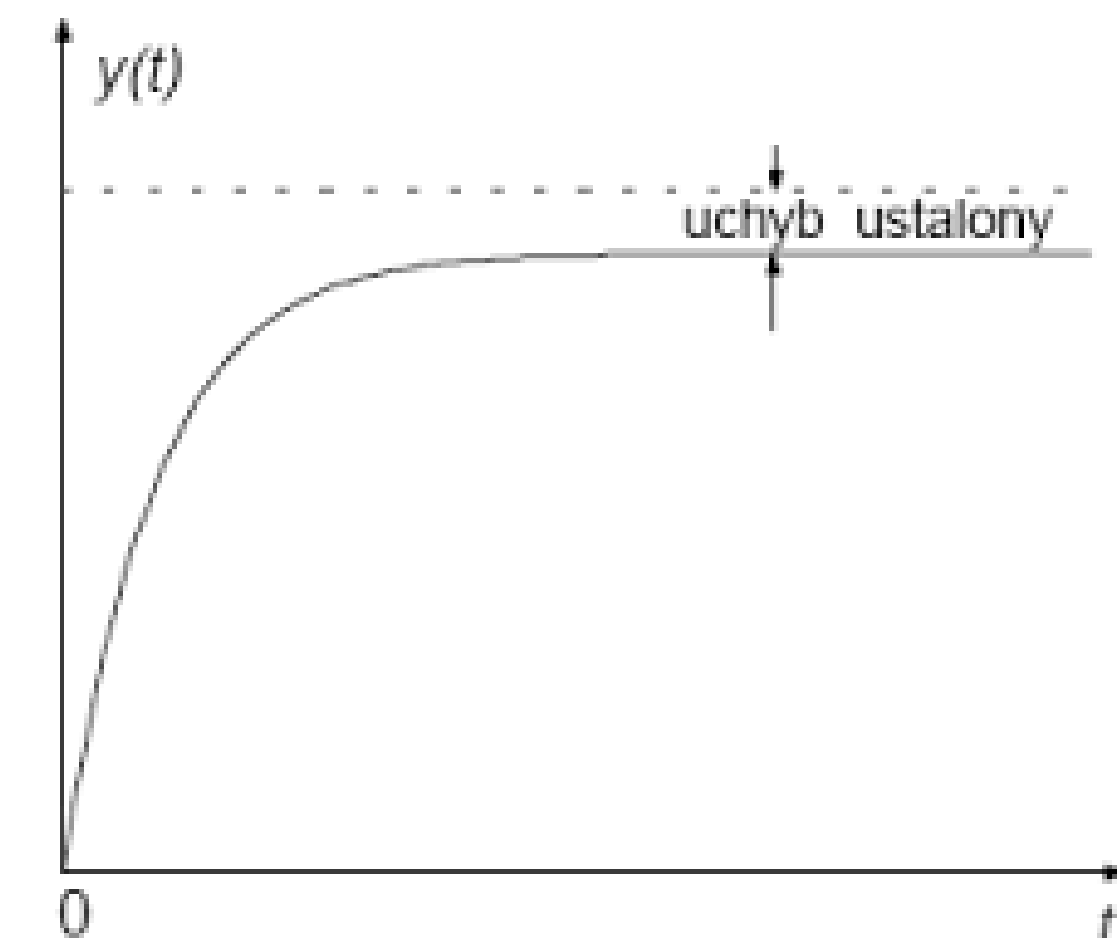
Regulator P

Regulator P

Na podstawie sygnału podawanego na wejście regulatora, wytwarza on proporcjonalny sygnał sterujący, przy czym celem jest utrzymanie wartości wyjściowej układu na pewnym z góry zadany poziomie, który jest zwany wartością zadaną (dążenie do eliminacji uchybu regulacji).

Układy regulacji z regulatorem typu P charakteryzują się niezerowym uchybem ustalonym

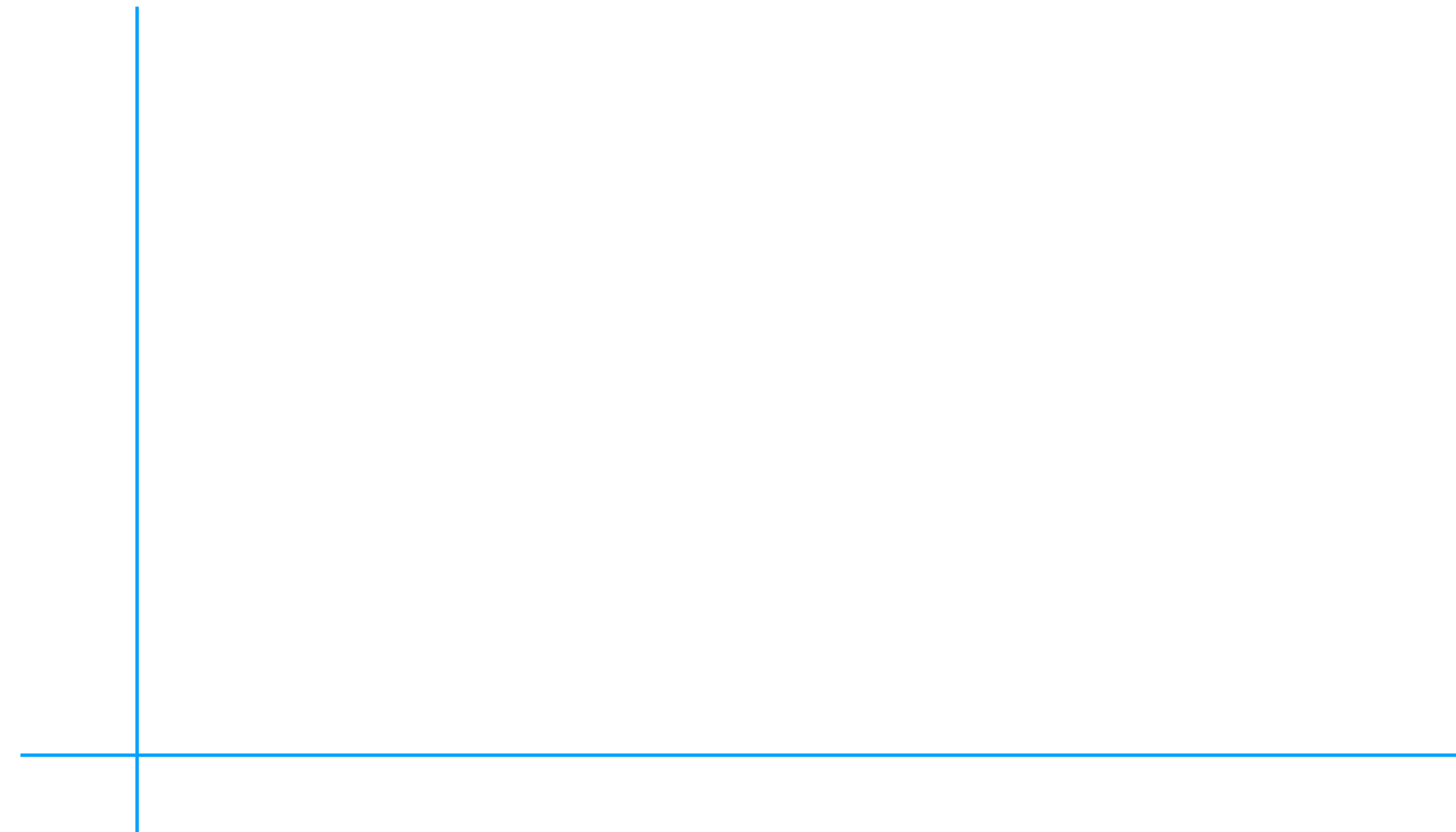
$$u(t) = K_p e(t)$$



Regulator P

$$u(t) = K_p e(t)$$

$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$



Regulator PI

Regulator PI

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt$$

$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Regulator PI (ang. proportional-integral controller) – w automatyce, regulator składający się z członu proporcjonalnego P o wzmacnieniu oraz całkującego I.

Regulatory typu PI pozwalają na eliminację wolnozmiennych zakłóceń, co przekłada się na zerowy uchyb ustalony, niemożliwy do osiągnięcia w regulatorach typu P lub typu PD[1]. Wzmacnienie członu całkującego musi być jednak ograniczone, ponieważ wprowadza on ujemne przesunięcie fazowe, które osłabia tłumienie uchybu regulacji.

Regulator PID

Regulator PID

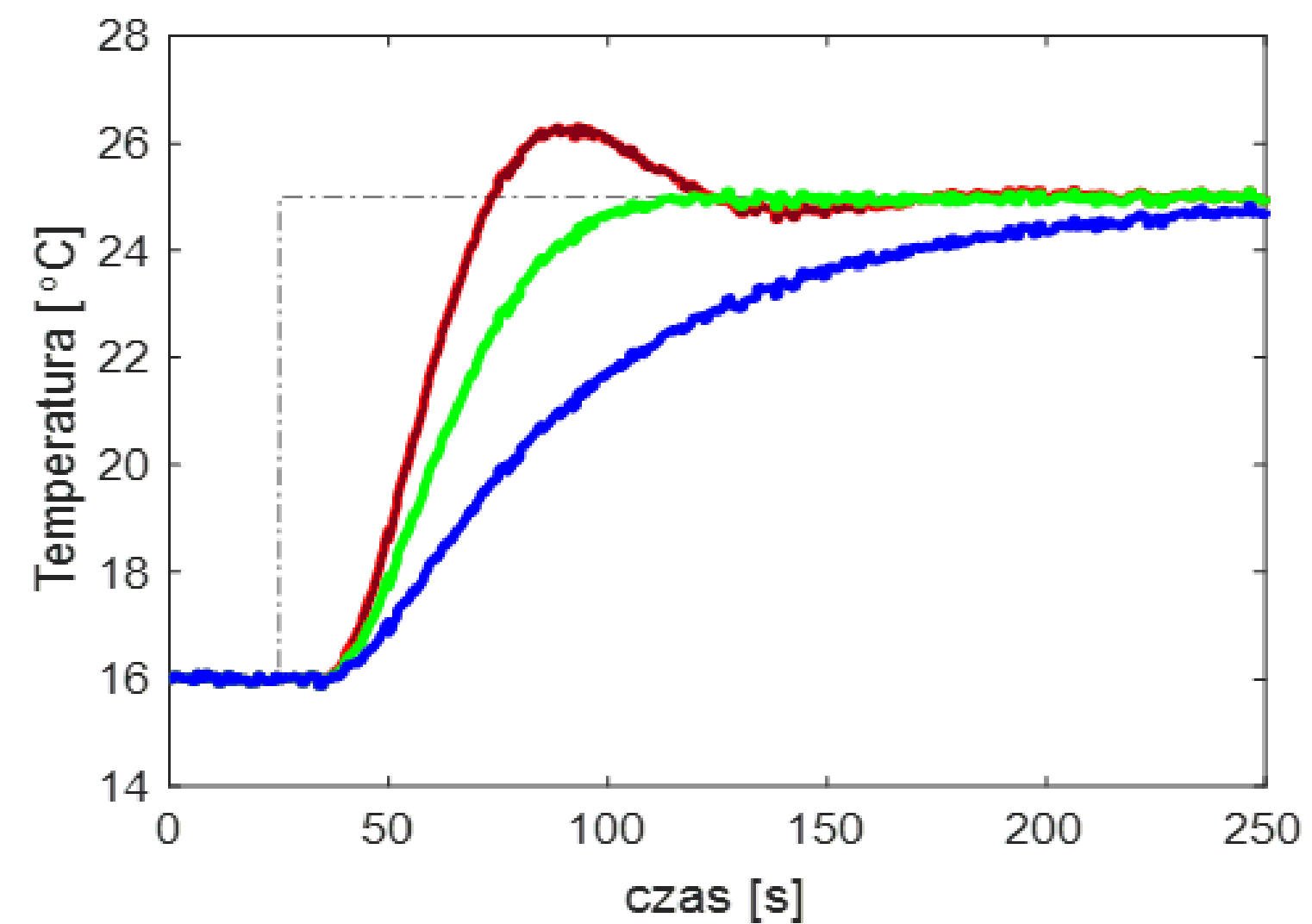
$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

Regulator proporcjonalno-całkująco-różniczkujący – regulator stosowany w układach regulacji składający się z trzech członów: proporcjonalnego, całkującego i różniczkującego.

Najczęściej jego celem jest utrzymanie wartości wyjściowej na określonym poziomie, zwanym wartością zadaną.

Dobór nastaw regulatora



Dziękuję za uwagę!