

## Obiekt sterowania



*Obiekt sterowania* – obiekt, który realizuje proces (zaplanowany).

- *Fizyczny obiekt* (proces, urządzenie) jest nieodłączną częścią problemu sterowania,
- Dla projektowania sterowania niezbędna jest wiedza o fizycznym obiekcie (identyfikacja obiektu – znajomość zmiennych stanu, przepływu informacji itp.),
- *Wejście* - sygnał wejściowy, steruje naszym obiektem,
- *Wyjście* - sygnał wyjściowy, określa stan interesującej nas cechy obiektu.

## Opis obiektu

- Obiekty mogą być:
  - *statyczne* - wyjście zależy tylko od wejścia (np. układy kombinacyjne, rezystor),
  - *dynamiczne* - wyjście zależy od wejścia i *stanów wewnętrznych* (układy sekwencyjne, kondensatory, cewki, sprężyny, wahadła itp.),
- Sposoby opisu obiektów:
  - *Równania stanu i wyjścia* - tak jak dla układów sekwencyjnych (automat Mealego),
  - *Transmitancja* - Laplace'a dla układów ciągłych, z-transmitancja dla układów dyskretnych,
- Czasowy opis obiektów
  - *ciągłe* - opisywane transmitancją Laplace'a albo równaniami różniczkowymi,
  - *dyskretne* - opisywane równaniami różnicowymi.

## Cele sterowania

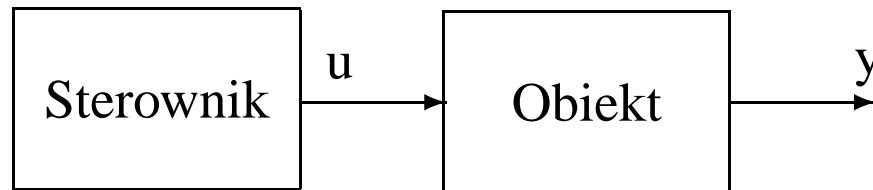
Zanim dobierzemy czujniki, elementy wykonawcze, zaprojektujemy architekturę układu regulacji musimy określić *cele* - efekty które należy osiągnąć w procesie sterowania lub po jego zakończeniu.

- *Co chcemy osiągnąć* (redukcja energii, zwiększenie zysku, ...)?
- *Jakie wielkości* należy sterować aby osiągnąć zamierzone cele?
- *Jakie są wymagania* (prędkość, dokładność, ...)?

## Reguła sterowania

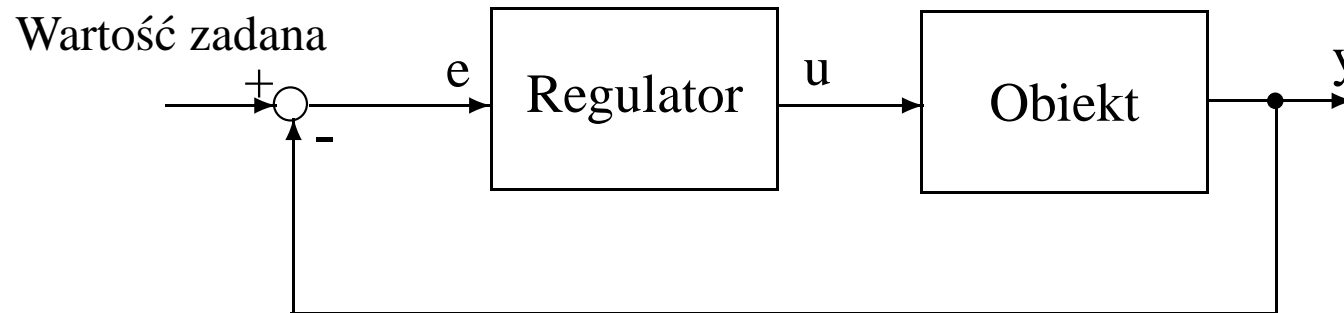
- *Zasada (algorytm)* przetwarzania informacji o stanie obiektu na sygnały sterowania elementami wykonawczymi.
- Podstawowe zasady sterowania:
  - Sterowanie w układzie otwartym,
  - Sterowanie w układzie zamkniętym ze sprzężeniem zwrotnym.

## Układ z otwartą pętlą sterowania



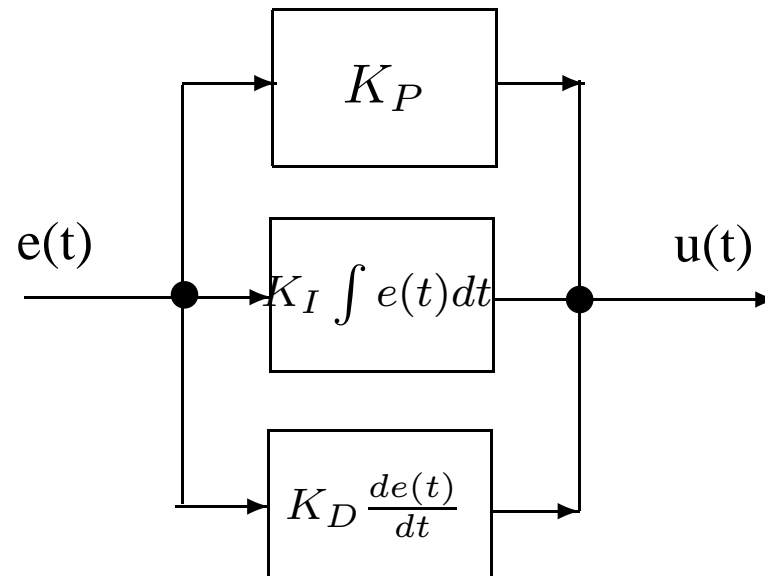
- Sterownik realizuje *cel sterowania* poprzez realizację *algorytmu sterowania*,
- Sterownik nie posiada żadnej informacji zwrotnej o przebiegu sterowania,
- Brak informacji *zwrotnej* powoduje to, że sterownik jest nieodporny na błędy sterownia.

## Układ z zamkniętą pętlą sprzężenia



- Rodzaje sprzężeń:
  - *dodatnie* - wyjście wzmacnia wejście - prowadzi do destabilizacji,
  - *ujemne* - wyjście osłabia wejście - ma charakter stabilizujący,
- Układy regulacji pracują z *ujemnym sprzężeniem* zwrotnym,
- Celem układu regulacji jest osiągnięcie poprzez wyjście *y* wartości zadanej,
- To, "jak daleko" jest do osiągnięcia celu regulacji określa *błąd regulacji* - *e*,
- Regulator w zależności od błędu regulacji *e* dobiera sterowanie *u*,
- Układ ten potrafi niwelować zakłócenia.

## Regulator PID (ang. *Proportional-Integral-Derivative*)



**Regulator PID** realizuje algorytm PID, opisany wzorem:

$$u(t) = K_P \cdot e(t) + K_I \cdot \int e(t) + K_D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

- Regulator składa się z członów *proporcjonalnego P*, *całkującego I* i *różniczkującego D*,
- *Nastawy regulatora* - wartości wzmocnień  $\{K_P, K_I, K_D\}$ .

## Regulator P, PD i PI

Możliwe jest, że z regulatora usuniemy niektóre człony regulacji. W praktyce stosuje się regulatory:

- *Regulator Proporcjonalny P* - składa się tylko z członu proporcjonalnego. W układach tego typu regulacji może występować *uchyb stacjonarny*.
- *Regulator Proporcjonalno-całkujący PI* - człon całkujący powoduje eliminację *uchybu stacjonarnego*, niestety wnosi oscylacje.
- *Regulator Proporcjonalno-różniczkowy PD*



## Regulator dyskretny PID

- **Regulator PID** za czasem dyskretnym reaguje w dyskretnych chwilach czasu.
- Interwał pomiędzy dwoma chwiałami  $T_N$  i  $T_{N-1}$  w których reaguje regulator nazywa się *okresem próbkowania*  $t_p = T_N - T_{N-1}$ .
- Regulator dyskretny PID realizuje algorytm PID w wersji dyskretnej, tj.:

$$u(nT) = K_P \cdot (nT) + K_I \cdot \sum_{k=0}^n e(kT) + K_D \cdot (e(nT) - e(n-1))$$

- Okres próbkowania powinien być możliwie mały.

## Charakterystyka mikroprocesorowych systemów sterowania

- Wykorzystanie zaawansowanej technologii elektronicznej – zastąpienie rozwiązań analogowych i elektromechanicznych,
- Idea stabilizującego sprzężenia zwrotnego – podstawowa zasada działania układów regulacji z wykorzystaniem systemów mikroprocesorowych,
- *Sposób pracy układów* – próbkowanie stanu procesu w dyskretnych przedziałach czasu i oddziaływaniu na proces w określonych odstępach czasu, zastosowanie logiki binarnej.
- *Projektowanie* mikroprocesorowych systemów sterowania wymaga znajomości:
  - teorii sterowania cyfrowego,
  - technologii mikroprocesorowej wraz z oprogramowaniem.

## **Charakterystyka mikroprocesorowych systemów sterowania - cd.**

- *Dokładność* – dyskretna postać sygnału odporna na szумы urządzeń pomiarowych, możliwość przesyłania na duże odległości.
- *Koszt* – rozwój technologiczny, zmniejszające się koszty wytworzenia mikrokontrolerów.
- *Nowe algorytmy* – systemy dyskretne mogą w skończonym czasie osiągnąć wartość zadaną.
- *Elastyczność* – łatwość konfiguracji regulatorów – oprogramowanie.
- *Błędy przetwarzania* – operacje: dodawania, odejmowania, błędy pomijalne w porównaniu do układów analogowych.

## **Sterowanie - przykład**

Celem sterowania jest możliwi szybki przejazd robotem zadanej odległości. Dla uproszczenia, zakładamy, że robot porusza się po prostej, brak jest przeszkód oraz elementy użyte do budowy robota są idealne.

- Sterowanie - napięcie podawane na silniki,
- Wyjście - przebyta droga proporcjonalna jest do średnicy koła i czasu trwania ruchu

## Sterowanie w otwartej pętli

Możemy tylko włączyć na zadaną chwilę silniki.

1. Musimy obliczyć jak długo powinny być włączone silniki,
2. Podać napięcie na silniki i wystartować timer na zadany czas,
3. Po zadanym czasie wyłączyć silniki.

Problemy:

1. Nieodporność na zakłócenia,
2. Bezwładność silnika. Wyłączenie napięć na silniku nie powoduje natychmiastowego zatrzymania silnika (silnik jest układem dynamicznym),
3. Bezwładność silnika może być uwzględniona w obliczeniach przed rozpoczęciem ruchu.

## **Sterowanie w zamkniętej pętli sterowania**

1. Określić częstotliwość próbkownia - Okres próbkowania musi być co najmniej dwukrotnie mniejszy niż potrzebny czas do przebycia zadanej drogi.
2. Wybrać algorytm sterowania
3. Określić nastawy regulatora - nastawy regulatora określa się w zależności od posiadanych silników, prędkości i dokładności sterowania.
4. Podać wartość zadaną na wejście układu z zamkniętą pętlą.