

Projektowanie układów sterowania

dr inż. Anna Czemplik (C-3/317a)

Katedra Automatyki, Mechatroniki i Systemów Sterowania

<http://www.kam.pwr.edu.pl/>

—————> Wyszukiwarka (zajęcia, konsultacje)



<http://anna.czemplik.staff.iiar.pwr.wroc.pl>

-> Kursy -> Projektowanie układów sterowania

(<http://anna.czemplik.staff.iiar.pwr.wroc.pl/index.php/pus>)

- Wykład (slajdy)
- Laboratorium (spis i „pomoc”)
- Literatura
- Terminy wykładów



materiał dodatkowy

Projektowanie układów sterowania – opis kursu

OCENA KOŃCOWA:

F1 – ocena z laboratorium (sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych)

P1 – ocena z wykładu (kolokwium pisemne z wykładów na ostatnim wykładzie)

Ocena końcowa $P = 0,5 \cdot F1 + 0,5 \cdot P2$ pod warunkiem, że $F1 \geq 3.0$ i $P1 \geq 3.0$

CELE PRZEDMIOTU

Nabywanie wiedzy o:

- budowie, własnościach i zastosowaniu klasycznych układów regulacji
- podstawowych metodach konstrukcji i identyfikacji modeli obiektów
- zasadach projektowania układów regulacji

Nabywanie umiejętności:

- projektowania podstawowych układów regulacji.
- badania i oceny stabilności i jakości podstawowych układów regulacji.
- prowadzenia badań symulacyjnych dynamiki obiektów i układów regulacji

Projektowanie układów sterowania – opis kursu

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA -

osoba, która zaliczyła kurs, ma następujące kompetencje:

Zna klasyfikację, własności oraz podstawy projektowania różnych układów regulacji przemysłowej.

- zna budowę, zastosowanie i klasyfikację podstawowych układów regulacji klasycznej.
- zna inżynierskie metody doboru nastaw regulatorów ciągłych.
- zna bezpośrednie i uniwersalne wskaźniki jakości regulacji.
- zna zasady wybranych metod projektowania układów regulacji.
- zna zasady i sposoby symulacyjnego badania i oceny układów regulacji.

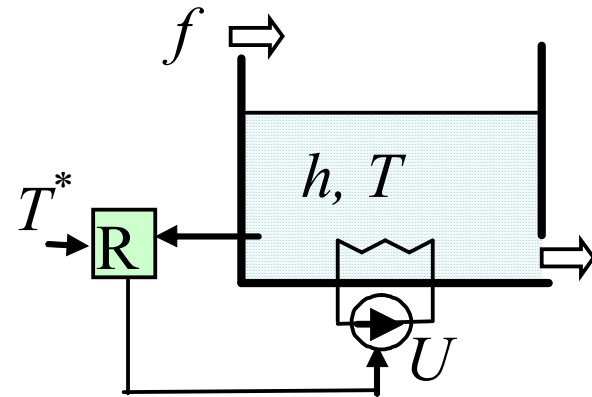
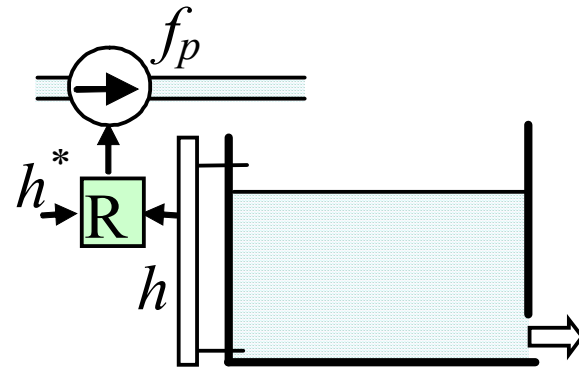
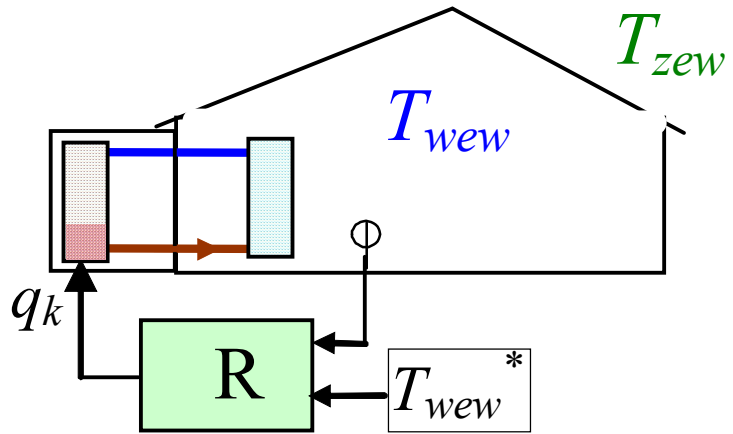
Umie zaprojektować ciągły układ regulacji i przeprowadzić podstawowe badania własności dynamicznych tego układu z zastosowaniem Matlab lub Scilaba.

- potrafi wybrać i wskazać zmienne procesowe i sterujące na obiekcie regulacji.
- potrafi wybrać układ regulacji odpowiedni do obiektu.
- umie dobrać nastawy dla jednoobwodowego układu regulacji.
- potrafi skonstruować schemat i napisać skrypt do symulacyjnego badania obiektów i układów regulacji przy użyciu pakietu Matlab i Simulink (lub Scilab).
- potrafi przeprowadzić poprawne badania symulacyjne i ocenić jakość regulacji.

Kompetencje społeczne:

- podstawowe doświadczenie w prowadzeniu i dokumentacji badań symulacyjnych,
- świadomość znaczenia krytycznej oceny własnych badań

Układy sterowania

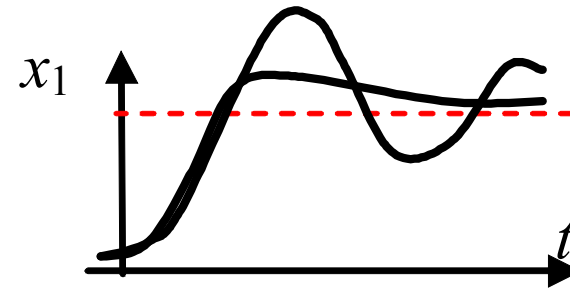


Układy sterowania

CEL?

Osiągnąć (utrzymać) żądany stan układu (temperaturę, ciśnienie, poziom, ...)

- z określoną dokładnością
- w określonym czasie



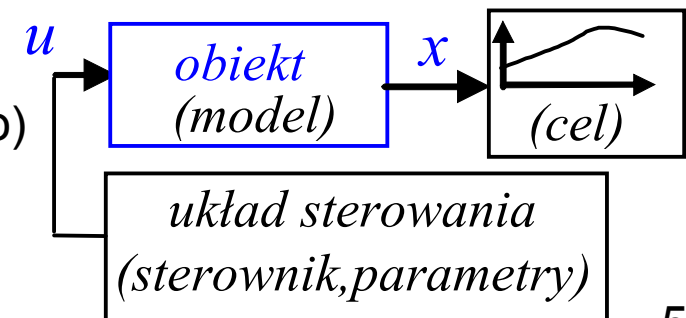
JAK?

- Obserwować wybraną zmienną wyjściową obiektu (x)
- Sterować za pomocą wybranej zmiennej wejściowej



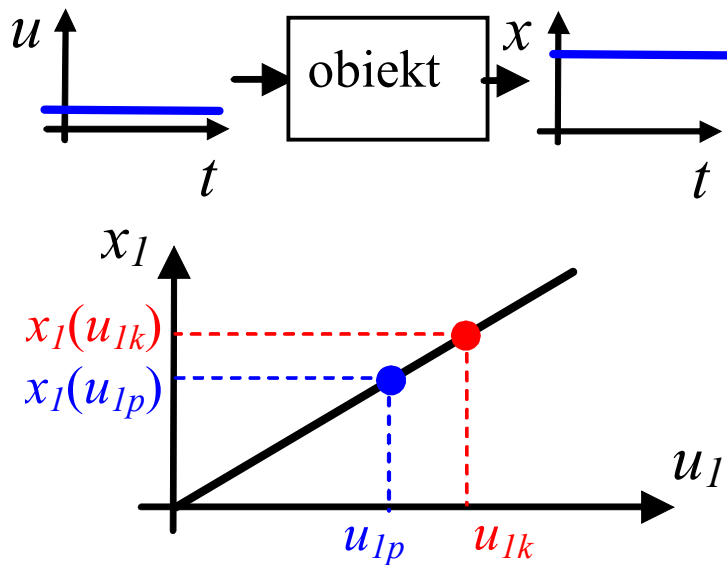
PROJEKTOWANIE

1. Zidentyfikować model obiektu (dynamiki)
2. Wybrać sposób sterowania (układ, sterownik)
3. Dobrać parametry sterownika (urządzenia sterującego)
4. Wyznaczyć wskaźniki jakości (szybkość, dokładność)

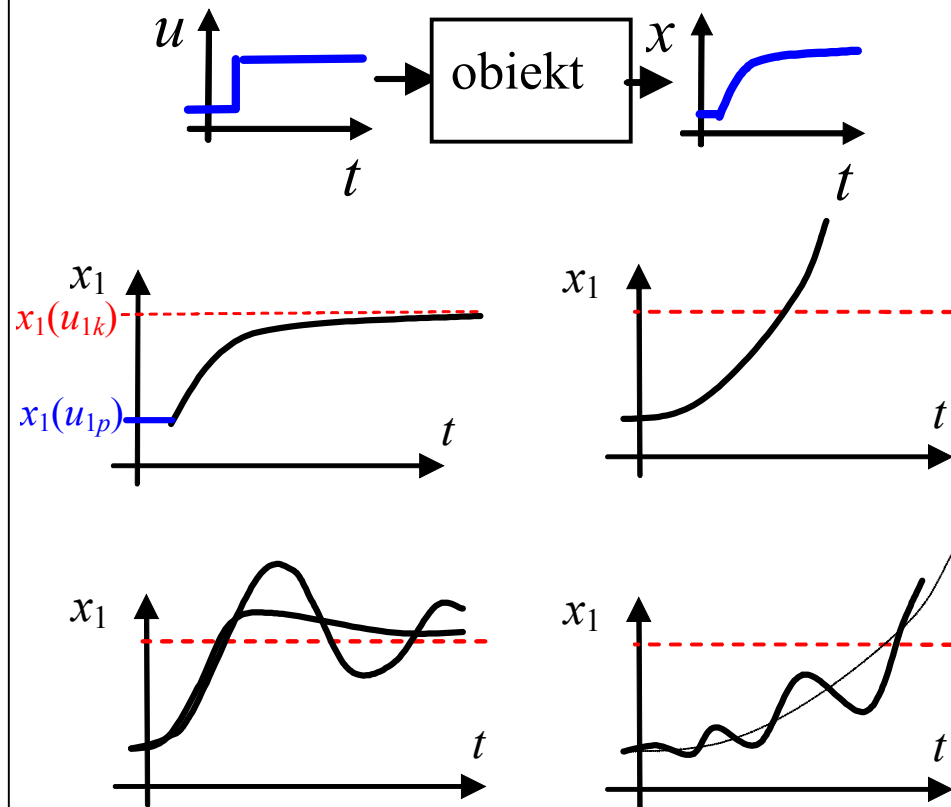


Opis obiektu (układu)

statyczny



dynamiki



charakterystyki statyczne

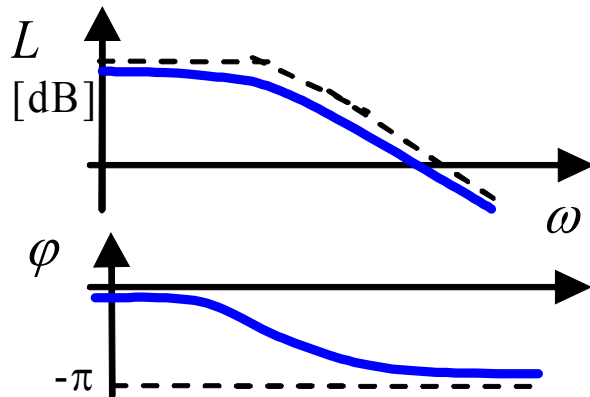
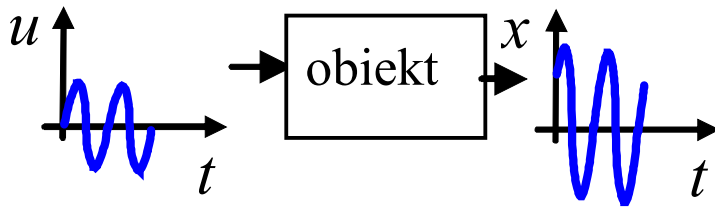
- stan równowagi (punkt równowagi)
- stan ustalony przy stałym wymuszeniu
- wzmacnienie, czułość, ...
- opis analityczny – **równania algebraiczne** $f(u, x)$

charakterystyki czasowe

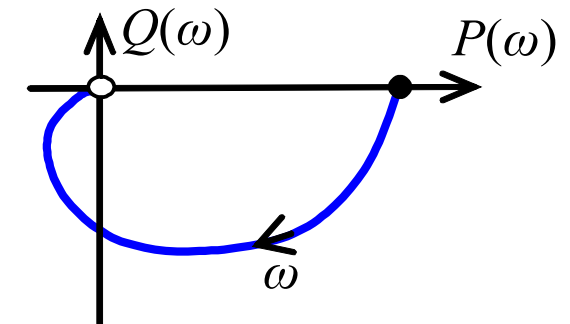
- odpowiedź skokowa (impulsowa)
- stabilność, oscylacyjność
- czas ustalania (czas reakcji)
- opis analityczny - **równania różniczkowe**

Opis obiektu (układu)

dynamiki



logarytmiczna ch. modułu $L(\omega)=20\lg M(\omega)$ i fazy $\varphi(\omega)$
(ch.Bodego)



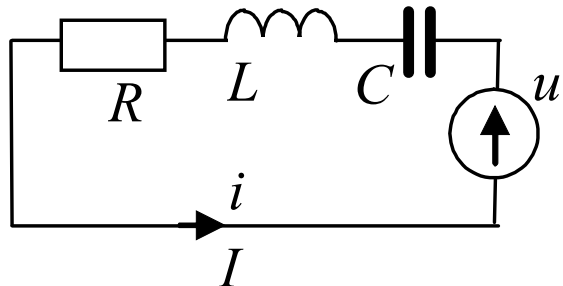
ch. amplitudowo-fazowa $Q(P)$
(ch.Nyquista)

$$G(j\omega) = \frac{L(j\omega)}{M(j\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega) = M(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

ch.częstotliwościowe

- przenoszenie sygnałów sinusoidalnych (wzmocnienie, przesunięcie fazy)
- pasmo przenoszenia
- opis analityczny - transmitancje

Modele obwodów elektrycznych



$$(1) \quad j\omega L I + R I + \frac{1}{j\omega C} I = U$$

$$(2) \quad L \frac{di(t)}{dt} + R i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = u(t)$$

$$(3) \quad L \ddot{q}(t) + R \dot{q}(t) + \frac{1}{C} q(t) = u(t)$$

$$(4) \quad sL i(s) + R i(s) + \frac{1}{sC} i(s) = u(s)$$

$$(5) \quad i(s) = \frac{sC}{s^2 LC + sRC + 1} u(s)$$

$$i(t) = I \sin(\omega t) \quad i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

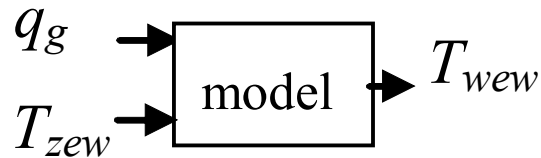
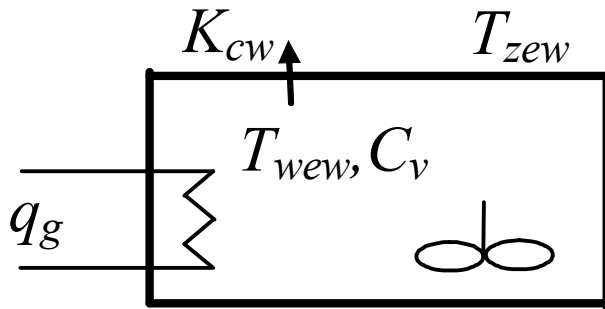
Modele dynamiki

Co opisuje dynamika – jakie stany, jakie własności, ...?

Jak opisać dynamikę – cechy, model, ...?

Skąd się „bierze” dynamika – dlaczego układy mają takie własności?

Modele obiektów termokinetycznych (1)



$$(1) \quad Q(t) = c_p \rho V_w T_{wew}(t) = C_v T_{wew}(t)$$

$$\frac{J}{kg \cdot K} = \frac{kg}{m^3} m^3 K$$

$$(2) \quad \frac{dQ(t)}{dt} = C_v \frac{dT_{wew}(t)}{dt}$$

$$\frac{J}{s} = \frac{Ws}{s} = W$$

$$(3) \quad C_v \dot{T}_{wew}(t) = q_g(t) - K_c (T_{wew}(t) - T_{zew}(t))$$

$$0 = q_g - K_c (T_{wew} - T_{zew})$$

Identyfikacja

- znamy $T_{zewN} = -20^\circ\text{C}$, $T_{wewN} = +20^\circ\text{C}$, $q_{gN} = 2\text{kW}$

$$0 = q_{gN} - K_c (T_{wewN} - T_{zewN})$$

$$K_c = \frac{q_{gN}}{T_{wewN} - T_{zewN}}$$

$$C_v = c_p \rho V_w$$

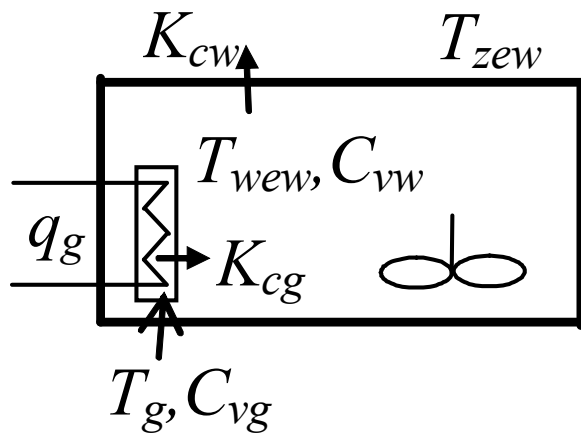
Punkt pracy (stan równowagi)

- wejścia T_{zew0} , q_0

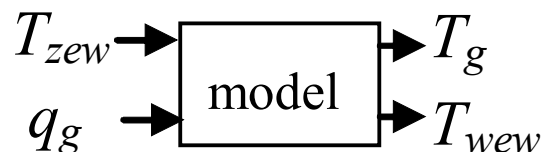
$$0 = q_{g0} - K_c (T_{wew0} - T_{zew0})$$

$$T_{wew0} = \frac{q_{g0}}{K_c} + T_{zew0}$$

Modele obiektów termokinetycznych (2)



$$\begin{cases} C_{vw} \dot{T}_{wew}(t) = K_{cg} (T_g(t) - T_{wew}(t)) - K_{cw} (T_{wew}(t) - T_{zew}(t)) \\ C_{vg} \dot{T}_g(t) = q_g(t) - K_{cg} (T_g(t) - T_{wew}(t)) \end{cases}$$



MIMO

Identyfikacja

- znamy $T_{zewN} = -20^\circ\text{C}$, $T_{wewN} = +20^\circ\text{C}$,

$$q_{gN} = 2\text{kW}, T_{gN} = 40^\circ\text{C}$$

$$\begin{cases} 0 = K_{cg} (T_{gN} - T_{wewN}) - K_{cw} (T_{wewN} - T_{zewN}) \\ 0 = q_g - K_{cg} (T_{gN} - T_{wewN}) \end{cases}$$

$$K_{cg} = \frac{q_g}{T_g - T_{wew}}, K_{cw} = \frac{q_g}{T_{wew} - T_{zew}}$$

$$C_{vw} = c_{pp} \rho_p V_w, C_{vg} = c_{po} \rho_o V_g$$

Punkt pracy

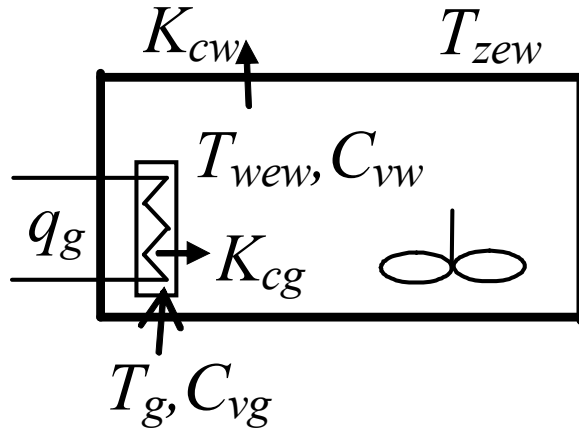
- wejścia T_{zew0} , q_{g0}

$$\begin{cases} 0 = K_{cg} (T_{g0} - T_{wew0}) - K_{cw} (T_{wew0} - T_{zew0}) \\ 0 = q_{g0} - K_{cg} (T_{g0} - T_{wew0}) \end{cases}$$

$$T_{wew0} = \frac{q_{g0}}{K_{cw}} + T_{zew0}$$

$$T_{g0} = \frac{q_{g0}}{K_{cg}} + T_{wew0}$$

Modele obiektów termokinetycznych (2)



$$\begin{cases} C_{vw} \dot{T}_{wew}(t) = K_{cg} (T_g(t) - T_{wew}(t)) - K_{cw} (T_{wew}(t) - T_{zew}(t)) \\ C_{vg} \dot{T}_g(t) = q_g(t) - K_{cg} (T_g(t) - T_{wew}(t)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{vw} \dot{T}_{wew}(t) = -(K_{cg} + K_{cw}) T_{wew}(t) + K_{cg} T_g(t) + K_{cw} T_{zew}(t) \\ C_{vg} \dot{T}_g(t) = K_{cg} T_{wew}(t) - K_{cg} T_g(t) + q_g(t) \end{cases}$$

*Układ równań
różniczkowych liniowych*

$$\begin{bmatrix} \dot{T}_{wew}(t) \\ \dot{T}_g(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-(K_{cg} + K_{cw})}{C_{vw}} & \frac{K_{cg}}{C_{vw}} \\ \frac{K_{cg}}{C_{vg}} & \frac{-K_{cg}}{C_{vg}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{wew}(t) \\ T_g(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \frac{K_{cw}}{C_{vw}} \\ \frac{1}{C_{vg}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_g(t) \\ T_{zew}(t) \end{bmatrix}$$

Równania stanu

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{Ax}(t) + \mathbf{Bu}(t)$$

Punkt pracy: $0 = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$

$$\mathbf{x} = -\mathbf{A}^{-1} \mathbf{Bu}$$