

Projektowanie systemów sterowania

OCENA KOŃCOWA:

F1 – ocena z laboratorium (sprawozdania/przygotowanie z ćwiczeń laboratoryjnych)

F2 – kolokwium pisemne z wykładu

Ocena końcowa $P = 0,5 \cdot F1 + 0,5 \cdot F2$ pod warunkiem, że $F1 \geq 3.0$ i $F2 \geq 3.0$

CELE PRZEDMIOTU

Nabywanie wiedzy o:

- wybranych metodach projektowania złożonych układów regulacji.
- narzędziach i funkcjach wspomagających projektowanie układów regulacji

Nabywanie umiejętności:

- wykorzystania narzędzi wspomagających projektowanie układów regulacji
- dokumentowania badań symulacyjnych

Projektowanie systemów sterowania

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA - osoba, która zaliczyła kurs:

Ma wiedzę o metodach matematycznych i symulacyjnych do modelowania i analizy działania złożonych systemów sterowania

- zna zaawansowane metody **identyfikacji** obiektów (Wy2)
- zna zasady **linearyzacji i upraszczania** modeli (Wy3)
- zna własności układów **niestacjonarnych i rezonansowych** (Wy4)
- zna zastosowanie i zasady projektowania wybranych **układów wieloobwodowych** (Wy6)
- zna przykłady i zastosowanie **sterowania z modelem** obiektu (Wy5,7)
- ma wiedzę na temat strategii **sterowania trudnych zadań** (Wy8-12)
- ma wiedzę na temat układów opisanych **równaniami różniczkowymi cząstkowymi** (13-14)

Potrafi wykorzystać poznane metody i modele matematyczne do analizy i projektowania systemów sterowania oraz opracować dokumentację i przedstawić prezentację wyników badań symulacyjnych

- potrafi zastosować wybrane metody **identyfikacji** obiektów (L2)
- potrafi opisać i zasymulować wybrane układy **rezonansowe** (L3)
- umie zaprojektować wybrane układy **wielobowodowe** (L4)
- potrafi skonstruować i zasymulować wybrany **układ sterowania z modelem** (L5)
- potrafi wskazać przykładowe rozwiązanie dla **trudnych zadań sterowania** (L6)
- potrafi zasymulować obiekty opisane **równaniami cząstkowymi** (L7)

LITERATURA PODSTAWOWA

<http://anna.czemplik.staff.iar.pwr.wroc.pl/index.php/kursy>

- [1] **Äström, Hägglund; PID Controllers: *Theory, Design and Tuning*, ISA - Instrument Society of America, 1995**
- [2] **Äström, Hägglund; *Advanced PID Control*, ISA - Instrumentation, Systems and Automation Society, 2006**
- [3] **Halawa J., *Symulacja i komputerowe projektowanie dynamiki układów sterowania*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007**
- [4] **Piegat A., Modelowanie i sterowanie rozmyte; Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 1999**
- [5] **Żuchowski A., Uproszczone modele dynamiki. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1998**
- [6] **Brzózka J., Regulatory i układy automatyki, Mikom, Wa-wa 2014**
- [7] **Franklin G.F. i in., *Feedback control of dynamic systems*, Pearson, 2010**

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Dokumentacja Matlab (dostęp on line)
- [2] **Greblicki W.; Podstaw automatyki, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2006**

Projektowanie układu sterowania

Etapy:

I. Wymagania/ograniczenia obiektowe

- cel sterowania, dokładność, ograniczenia

II. Struktura układu sterowania

- wybór struktury układu i typu regulatora

III. Synteza parametryczna

- cel: spełnić wymaganie stabilności, dokładności
- dobór parametrów regulatora/regulatorów zapewniających stabilność

IV. Optymalizacja

- poprawa jakości sterowania (wybór kryterium, strojenie parametrów)

Trudności:

- nieliniowość obiektu
- opóźnienia transportowe
- regulacja wieloobwodowa
- regulacja wieloparametrowa
- zmienność i niepewność obiektu
- ograniczenia

Klasyfikacja systemów sterowania

UR klasyczne – projektowanie:

classical control design, SISO Design

- na podstawie opisu układu zamkniętego
 - położenie biegunów transmitancji u.z.
 - charakterystyki częstotliwościowe u.z.
- na podstawie opisu układu otwartego
 - charakterystyki częstotliwościowe u.o.
- projektowanie optymalizacyjne

Układy sterowania z modelem

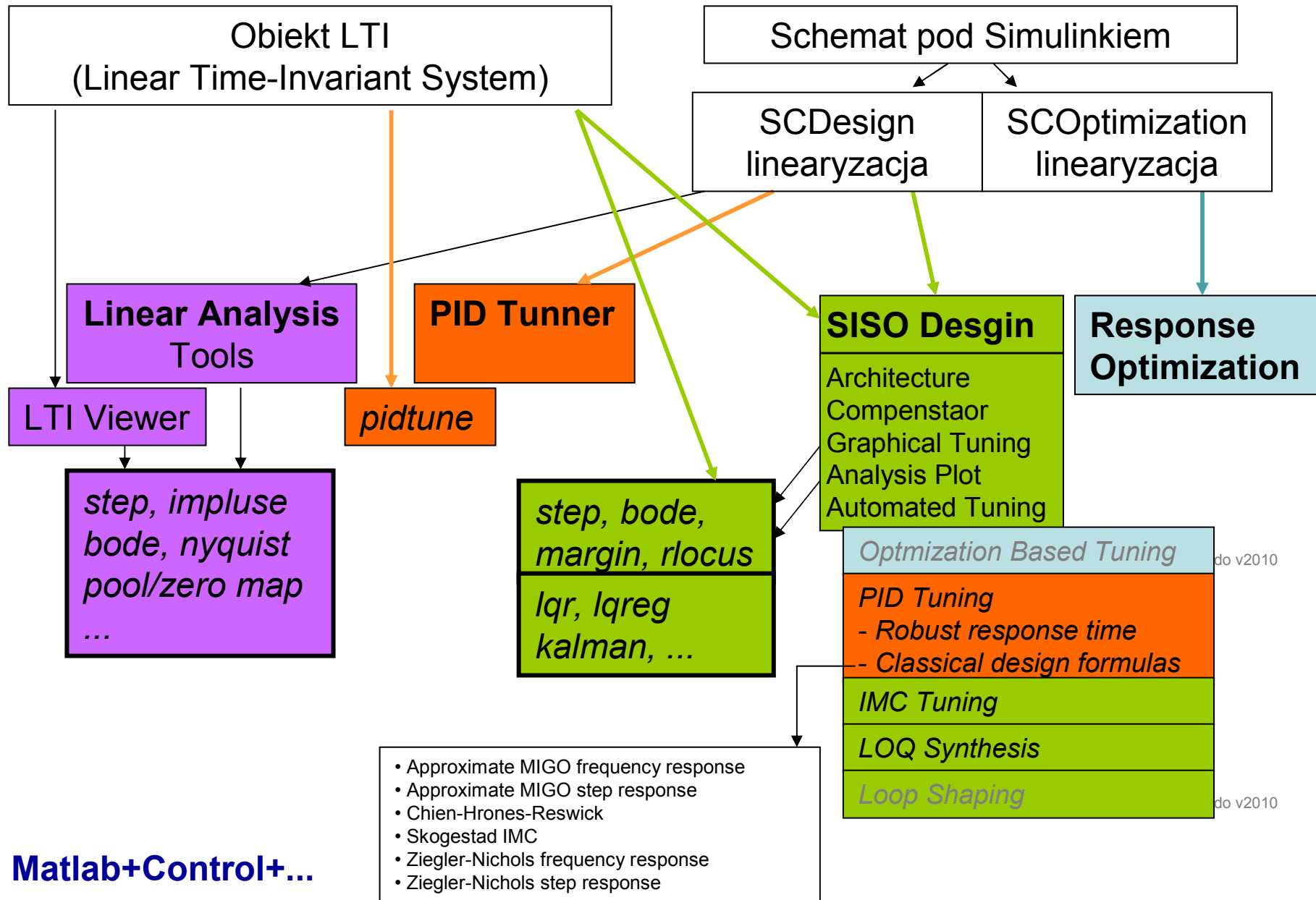
Sterowanie adaptacyjne, odporne, predykcyjne, rozmyte

Regulacja wieloobwodowa, regulacja wieloparametrowa

Sterowanie w przestrzeni stanów

state-space control design
modern control design

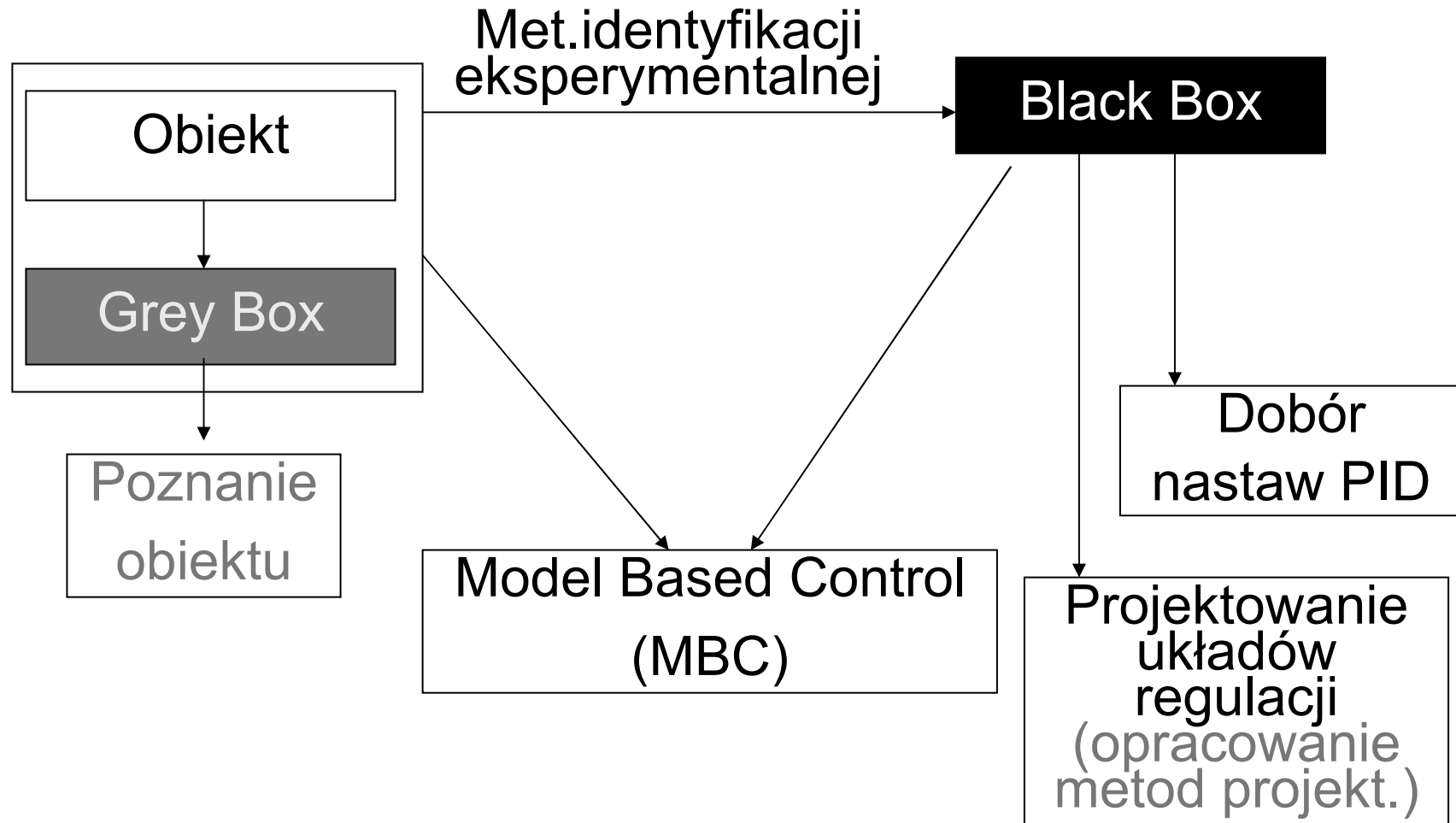
Narzędzia wspomagające projektowanie UR – SISO Design



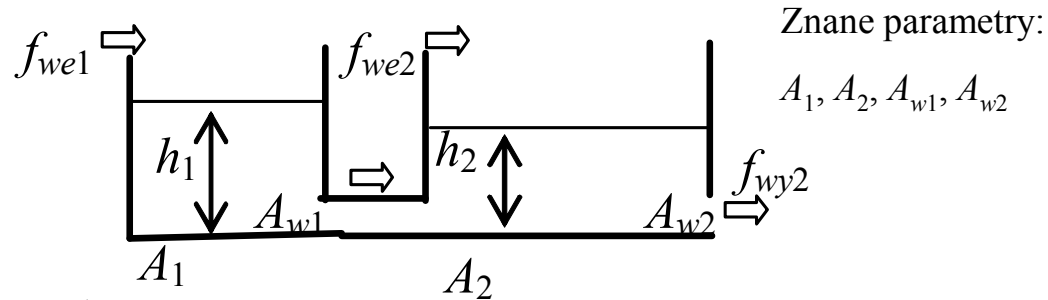
Matlab+Control+...

Model Predictive Control Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox

Modele w systemach sterowania

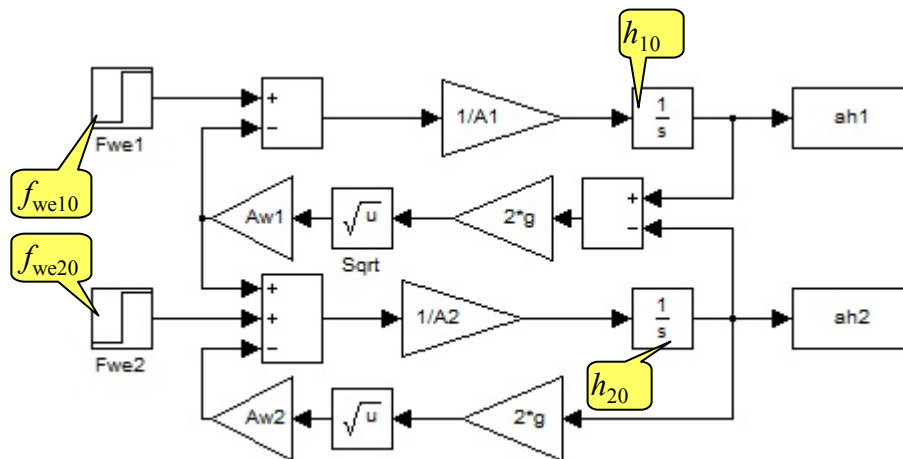


Przykładowe modele do ćwiczeń laboratoryjnych

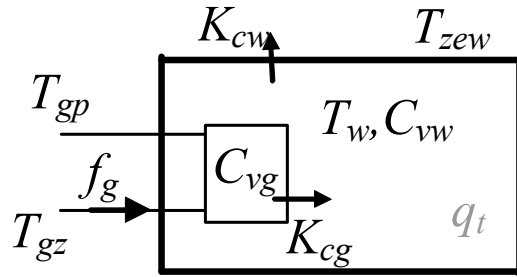


$$\begin{cases} A_1 \dot{h}_1(t) = f_{we1}(t) - A_{w1} \sqrt{2g(h_1(t) - h_2(t))} \\ A_2 \dot{h}_2(t) = f_{we2}(t) + A_{w1} \sqrt{2g(h_1(t) - h_2(t))} - A_{w2} \sqrt{2gh_2(t)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = f_{we1} - A_{w1} \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \\ 0 = f_{we2} + A_{w1} \sqrt{2g(h_1 - h_2)} - A_{w2} \sqrt{2gh_2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} h_{10} = F(f_{we10}, f_{we20}) \\ h_{20} = F(f_{we10}, f_{we20}) \end{cases}$$



Przykładowe modele do ćwiczeń laboratoryjnych



Znane parametry:

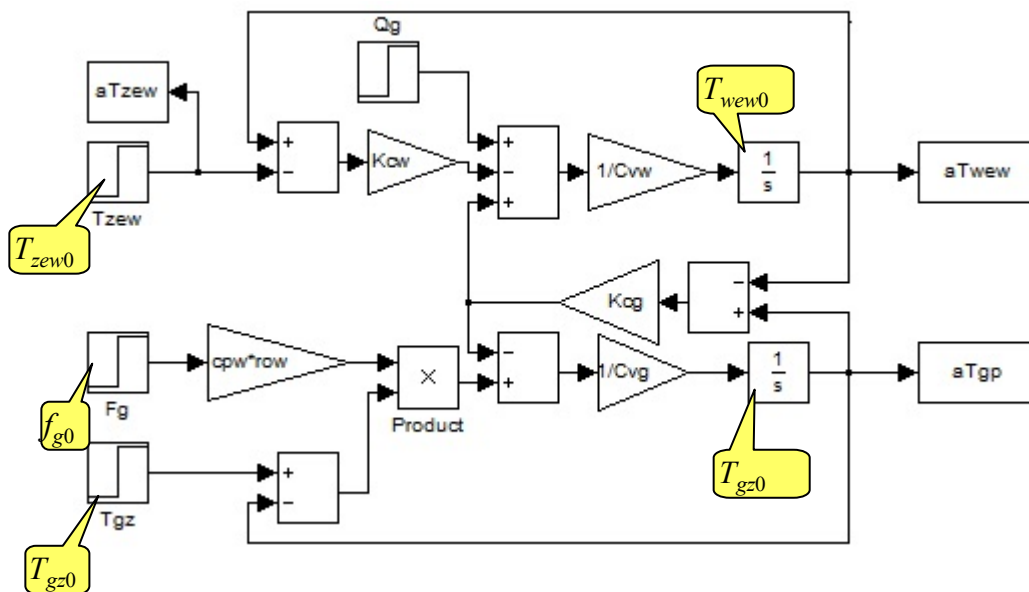
$$T_{gzN}, T_{gpN}, P_N, T_{zewN}, T_{wewN}, q_{tN}=0$$

$$90^\circ\text{C}, 70^\circ\text{C}, 2\text{kW}, -20^\circ\text{C}, 20^\circ\text{C}$$

$$c_{pw}\rho_{pw}f_{gN}(T_{gzN} - T_{gpN}) = K_{cg}(T_{gpN} - T_{wewN}) = K_{cw}(T_{wewN} - T_{zewN}) = P_N \longrightarrow f_N, K_{cg}, K_{cw}$$

$$\begin{cases} C_{vg}\dot{T}_{gp}(t) = c_{pw}\rho_{pw}f_g(t)(T_{gz}(t) - T_{gp}(t)) - K_{cg}(T_{gp}(t) - T_{wew}(t)) \\ C_{vw}\dot{T}_{wew}(t) = K_{cg}(T_{gp}(t) - T_{wew}(t)) - K_{cw}(T_{wew}(t) - T_{zew}(t)) + q_t(t) \end{cases}$$

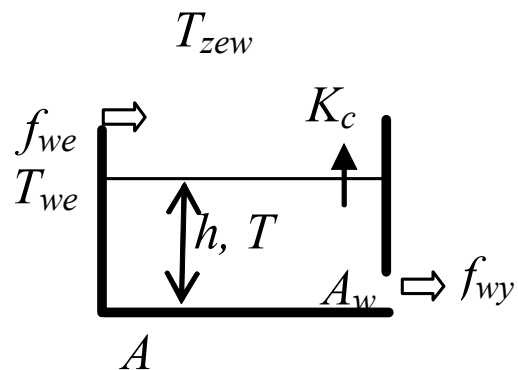
$$\begin{cases} 0 = c_{pw}\rho_{pw}f_g(T_{gz} - T_{gp}) - K_{cg}(T_{gp} - T_{wew}) \\ 0 = K_{cg}(T_{gp} - T_{wew}) - K_{cw}(T_{wew} - T_{zew}) \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} T_{wew0} = F(T_{gz0}, T_{zew0}, f_{g0}) \\ T_{gp0} = F(T_{gz0}, T_{zew0}, f_{g0}) \end{cases}$$



Modelowanie: Modele układów dynamicznych

<http://anna.czemplik.staff.iar.pwr.wroc.pl/index.php/modele-ukladow-dynamiki>

Przykładowe modele do ćwiczeń laboratoryjnych



Znane parametry:

$$A, A_w, f_{weN}, T_{weN}, T_{zewN} \longrightarrow K_c$$

$$\begin{cases} Ah(t) = f_{we}(t) - f_{wy}(t) \\ c_p \rho \frac{d(Ah(t) \cdot T(t))}{dt} = c_p \rho f_{we}(t) T_{we}(t) - c_p \rho f_{wy}(t) T(t) - K_c (T(t) - T_{zew}(t)) \end{cases}$$

gdzie $f_{wy}(t) = A_w \sqrt{2gh(t)}$

$$\begin{cases} Ah(t) = f_{we}(t) - f_{wy}(t) \\ c_p \rho Ah(t) T(t) + c_p \rho Ah(t) \dot{T}(t) = c_p \rho f_{we}(t) T_{we}(t) - c_p \rho f_{wy}(t) T(t) - K_c (T(t) - T_{zew}(t)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Ah(t) = f_{we}(t) - f_{wy}(t) \\ c_p \rho (f_{we}(t) - f_{wy}(t)) T(t) + c_p \rho Ah(t) \dot{T}(t) = c_p \rho f_{we}(t) T_{we}(t) - c_p \rho f_{wy}(t) T(t) - K_c (T(t) - T_{zew}(t)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Ah(t) = f_{we}(t) - f_{wy}(t) \\ c_p \rho f_{we}(t) T(t) - c_p \rho f_{wy}(t) T(t) + c_p \rho Ah(t) \dot{T}(t) = c_p \rho f_{we}(t) T_{we}(t) - c_p \rho f_{wy}(t) T(t) - K_c (T(t) - T_{zew}(t)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Ah(t) = f_{we}(t) - A_w \sqrt{2gh(t)} \\ c_p \rho Ah(t) \dot{T}(t) = c_p \rho f_{we}(t) T_{we}(t) - c_p \rho f_{we}(t) T(t) - K_c (T(t) - T_{zew}(t)) \end{cases}$$

$$h_0 = F(f_{we0}, T_{we0}, T_{zew0})$$

$$T_0 = F(f_{we0}, T_{we0}, T_{zew0})$$

Wybór strategii sterowania