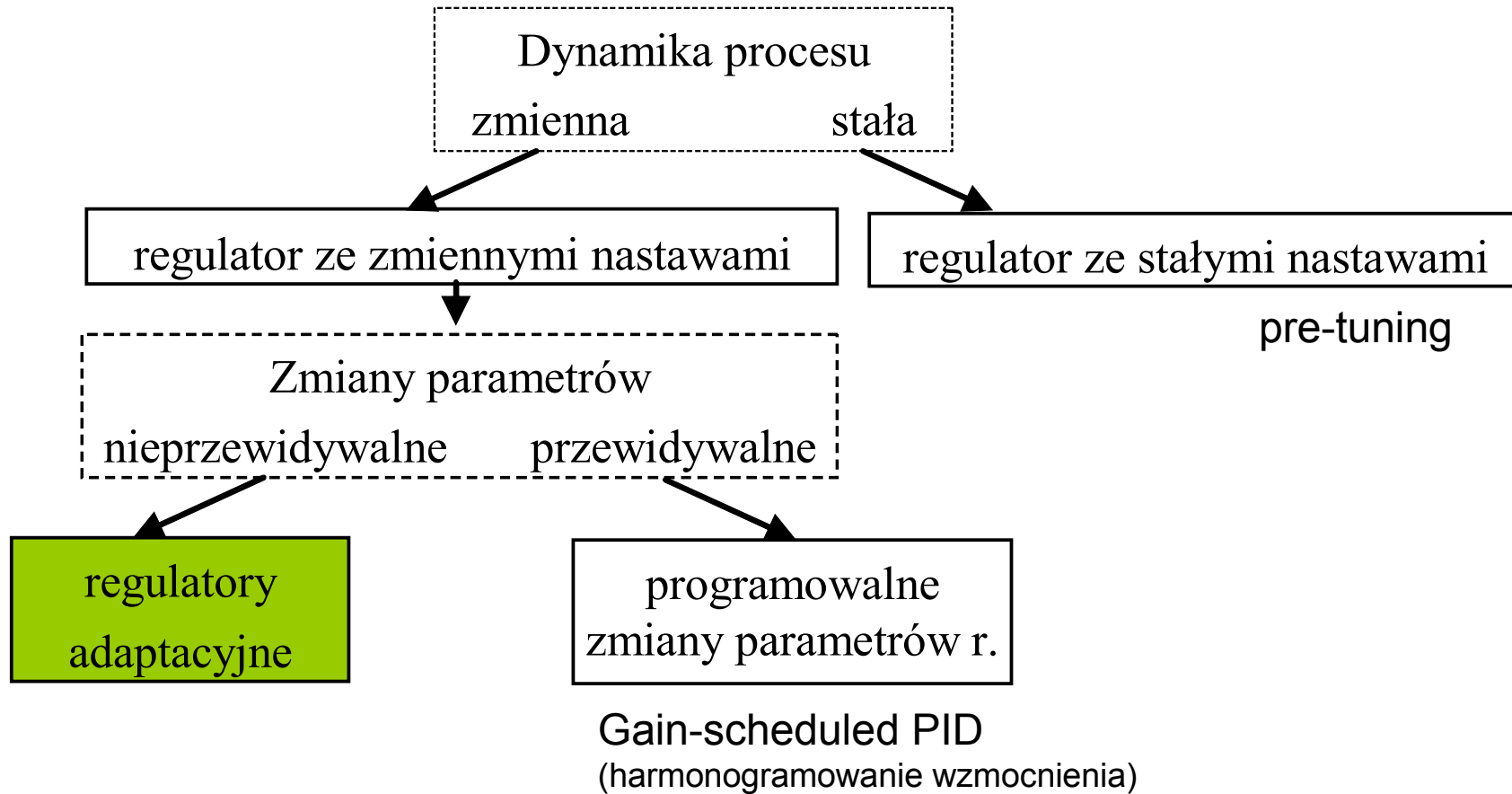


Sterowanie adaptacyjne

Sterowanie adaptacyjne polega na dostosowywaniu (adaptacji) nastaw regulatora do zmian parametrów obiektu (w trakcie pracy)

Techniki adaptacji



Sterowanie adaptacyjne a automatyczne strojenie (auto-tuning)

Zastosowanie technik adaptacji do automatycznego strojenia (auto-tuning)
(zarówno feedback jak i feedforward)

• Auto-tuning (pre-tuning)

• Pre-tuning

Åström, Hägglund

- dobór nastaw przed uruchomieniem procesu (i/lub na żądanie operatora)
- zatrzymanie procesu, eksperyment, zatwierdzenie nastaw

• Auto-tuning

Åström, Hägglund

- automatyczny dobór nastaw na żądanie operatora

• Regulator adaptacyjny (self-tuning)

• Regulator adaptacyjny

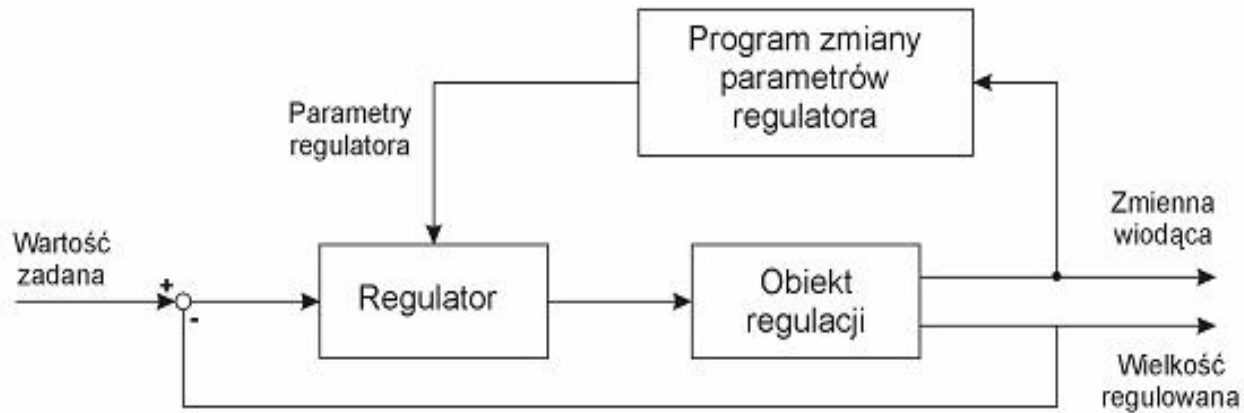
Åström, Hägglund

- korekcja nastaw w trakcie pracy
- inicjowana przez system gdy:
 - zmiana punktu pracy (układy nieliniowe)
 - zmiana parametrów (niestacjonarność, zużycie, ...)
- trzy tryby pracy: manual – automatic – adaptive

Układy o charakterze adaptacyjnym

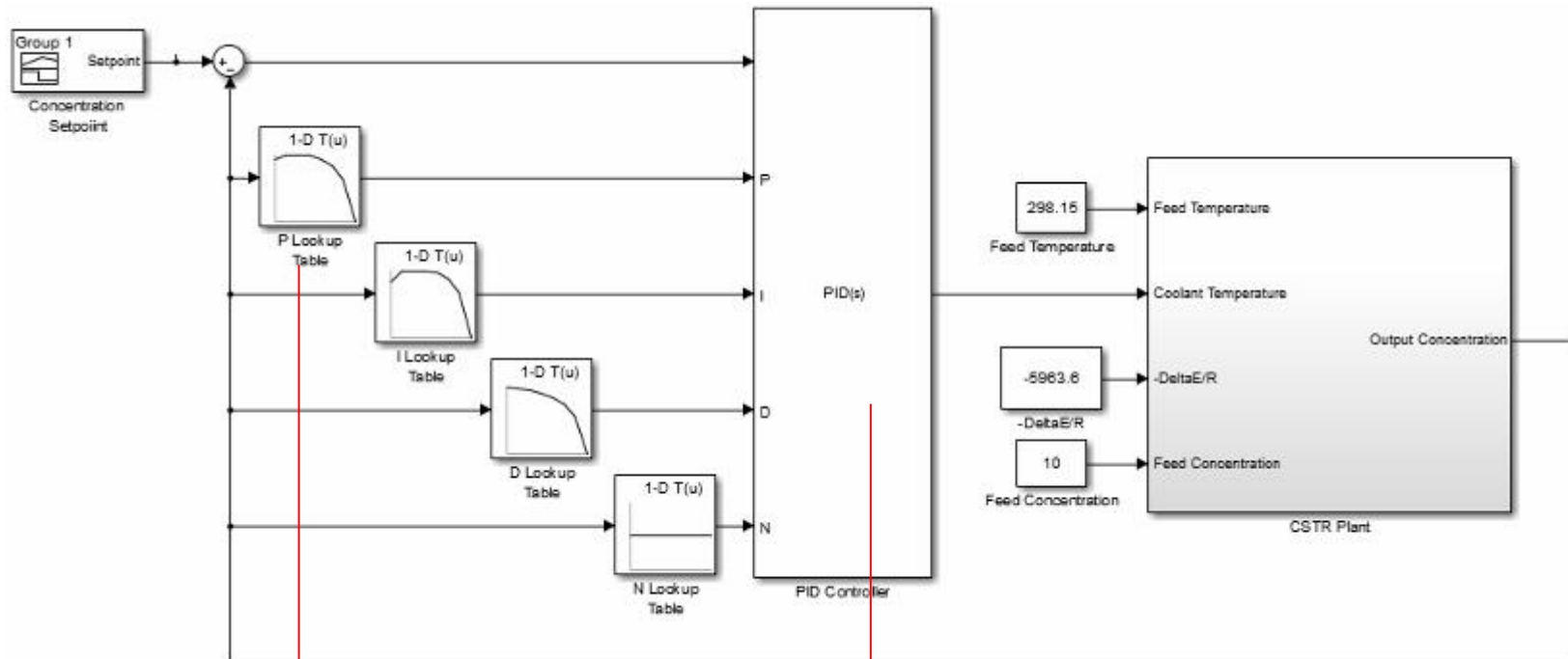
Układ z programowanymi zmianami parametrów regulatora

PID z harmonogramowaniem wzmacnienia (Gain-scheduled PID)



Układy o charakterze adaptacyjnym

PID z harmonogramowaniem wzmacnienia (Gain-scheduled PID)



Function Block Parameters: P Lookup Table

Lookup Table (n-D)

Perform n-dimensional interpolated table lookup including representation of a function in N variables. Breakpoint set first dimension corresponds to the top (or left) input port.

Table and Breakpoints Algorithm Data Types

Number of table dimensions: 1

Table data: Controllers.Kp

Breakpoints 1: C

Edit table and breakpoints...

Function Block Parameters: PID Controller

PID Controller

This block implements continuous- and discrete-time PID control with anti-windup, external reset, and signal track (requires Simulink Control Design).

Controller: PID

Time domain:

Continuous-time

Discrete-time

Main PID Advanced Data Types S

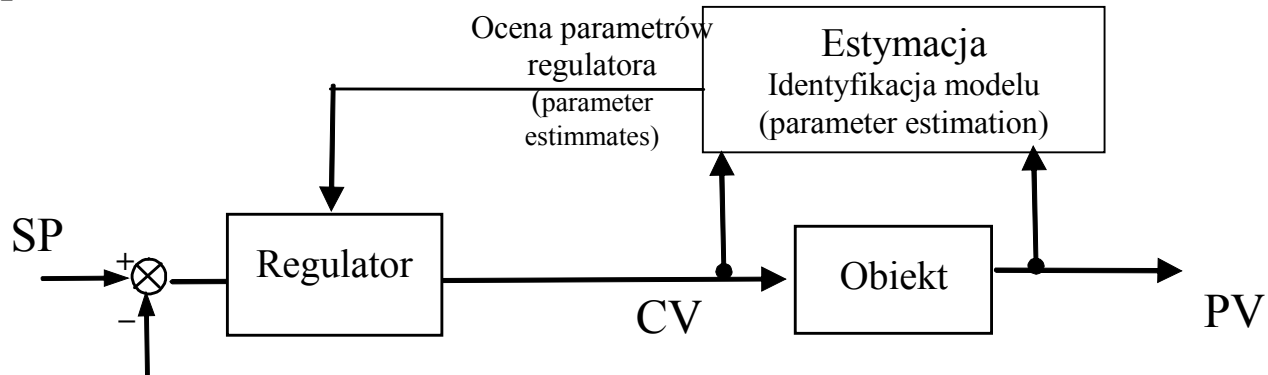
Controller parameters

Source: external

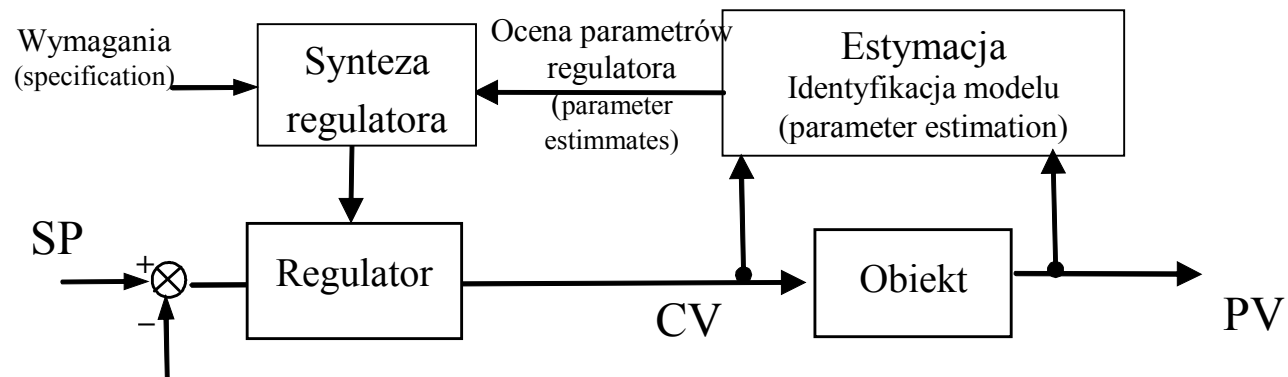
Układy adaptacyjne

Układy adaptacyjne zawierają w sobie metody estymacji parametrów obiektu (identyfikacji modelu).

Układy bezpośrednie



Układy pośrednie



Auto-tuning

Metody oparte na modelu:

- metody odpowiedzi przejściowej (transient response methods) – odp. skokowa/impulsowa
 - na podstawie odpowiedzi otwartej pętli (Open-Loop Tuning) - wymuszenie skokowe/impulsowe w stanie równowagi [patrz Identyfikacja]
 - na podstawie odpowiedzi zamkniętej pętli (Close-Loop Tuning) - wymuszenie skokowe/impulsowe SP lub zakłócenia – zastosowanie zależności pomiędzy parametrami odpowiedzi (tłumienie, przeregulowanie, czas regulacji) a nastawami regulatora
- metody odpowiedzi częstotliwościowej (frequency response methods)
 - metoda przekaźnikowa (Relay Method) – wymuszenie prostokątne [patrz Identyfikacja]
 - metoda (On-Line Method) – badanie różnych częstotliwości i odtwarzanie ch-ki częstotliwościowej [patrz Identyfikacja]
- metody estymacji parametrów (Parameter Estimation Methods)
 - rekurencyjna estymacja parametrów opisujących dyskretny model niskiego rzędu
 - zastosowanie wyznaczonych parametrów do obliczenia nastaw regulatora
 - wykorzystywane w sterownikach adaptacyjnych (ciągła korekta-adaptacja nastaw)
 - zaleta: nie wymagają określonego sygnału (identyfikacja on-line na podstawie sygnałów roboczych)
 - konieczna jest faza pre-tuning

Zazwyczaj jest używany rekurencyjny estymator najmniejszych kwadratów, opisany przez:

$$\hat{\Theta}(t) = \hat{\Theta}(t-1) + P(t)\varphi(t)\varepsilon(t)$$

$$\varepsilon(t) = y(t) - \varphi(t)^T \hat{\Theta}(t-1)$$

$$P(t) = P(t-1) - \frac{P(t-1)\varphi(t)\varphi(t)^T P(t-1)}{1 + \varphi(t)^T P(t-1)\varphi(t)}$$

gdzie:

Θ - parametry estymowane

P - macierz kowariancji

φ - wektor regresji

(zazwyczaj zawiera zmierzone opóźnienia i sygnały sterujące)

więcej *Advance Pid; Astrom/s.305n*

Auto-tuning

Metody oparte na regułach:

Nie używają „wyrażnego” modelu, tylko reguł (podobnie jak operator)

- Ogólne praktyczne zasady

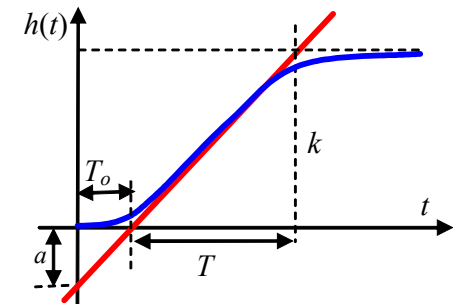
	Szybkość	Stabilność
K rośnie	rośnie	maleje
T_i rośnie	maleje	rośnie
T_d rośnie	rośnie	rośnie

Uwaga są wyjątki

lub mapa nastaw (tuning map) [tab.6.7]

T_0	IAE			aK	T_i/T_0
0.0	0				
0.2	0.14			0.94	2.9
0.5	0.60			1	2.2
1.0	1.5			1	1.4
2.0	3.2			1.2	1.0
5.0	7.7			2.1	0.6
10.0	15			3.7	0.53

Przykład mapy opracowanej dla obiektu $1/(s+1)e^{-sT_0}$ i regulatora PI z założeniem minimalizacji kryterium IAE dla zakłóceń

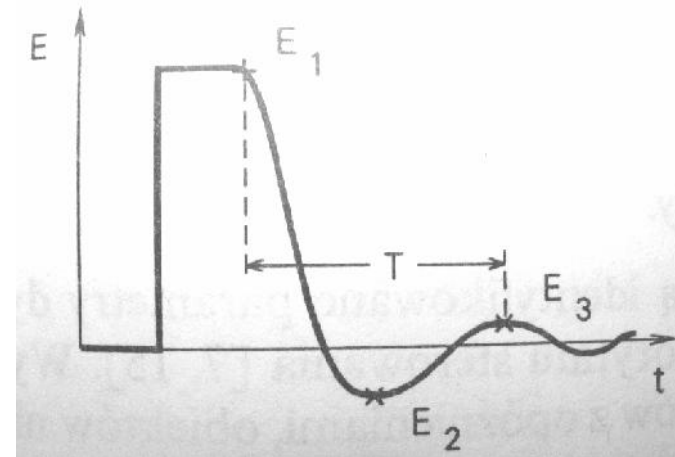


- Działanie:

- algorytm czeka na zdarzenia (np. zmiana wartości zadanej, zakłócenia)
- po wystąpieniu zdarzenia obserwuje parametry procesu (wyznacza wskaźniki jakości)
- jeśli wskaźniki odbiegają od zadanych, to koryguje nastawy zgodnie z regułami

Układy adaptacyjne – rozwiązania firmowe

Self-tuning - algorytm adaptacyjny Foxboro EXACT



- I. Oczekiwanie na istotne zakłócenie tzn. o amplitudzie większej niż trzykrotny poziom szumów – start algorytmu EXACT;
- II. Rejestruje trzy kolejne amplitudy E_1 , E_2 , E_3 oraz okres T .
- III. Wyznacza przeregulowanie $o = E_1/E_2$ oraz tłumienie $d = (E_2 + E_3)/(E_1 + E_2)$
- IV. Porównuje o , d z zadanymi wartościami o^* , d^*
- V. W razie konieczności koryguje nastawy

Układy adaptacyjne – rozwiązania firmowe

ABB [Advance Pid; Astrom/s.318]

Emerson Process Management [Advance Pid; Astrom/s.321]

Honeywell [Advance Pid; Astrom/s.322]

Yokogawa SLPC [Advance Pid; Astrom/s.323]

Techmation Protuner [Advance Pid; Astrom/s.324]

Zarządzanie działaniem reulatorów (supervision)

Każdy regulator wymaga kontroli działania.

Klasyczny PID

- funkcja antywindup (przed nasyceniem integratora)
- bezuderzeniowe przełączanie auto/manual
(Bumpless Control Transfer Between Manual and PID Control)¹⁾
- bezuderzeniowe przejście przy zmianie parametrów
- strefa martwa
- ograniczenie sygnału wyjściowego

Regulator adaptacyjny

- kontrola inicjalizacji – kiedy i z jakimi parametrami
- wykrywanie pobudzenia (zmiana na wejściu i uruchomienie adaptacji)
- wykrywanie zakłóceń (zakłócają wyznaczanie modelu obiektu)
- wykrywanie oscylacji i nasycenia sygnałów
- bezuderzeniowe przejście pomiędzy trybami: manual – automatic – adaptive
- ograniczenie estymowanych parametrów

1) <https://www.mathworks.com/help/simulink/examples/bumpless-control-transfer-between-manual-and-pid-control.html>